



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Química

**EVALUACIÓN DE LA MANUFACTURA ARTESANAL DEL ABONO ORGÁNICO *BOCASHI*, MEDIANTE LA INCORPORACIÓN DE LEVADURA (*Saccharomyces cerevisiae*) EN FUNCIÓN DEL PERÍODO DE FERMENTACIÓN AEROBIA, REALIZADO EN LA ALDEA BREA, QUESADA, JUTIAPA**

**Evelyn Edith Bran Avalos**

Asesorado por el Ing. César Alfonso García Guerra

Guatemala, abril de 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**EVALUACIÓN DE LA MANUFACTURA ARTESANAL DEL ABONO ORGÁNICO *BOCASHI*, MEDIANTE LA INCORPORACIÓN DE LEVADURA (*Saccharomyces cerevisiae*) EN FUNCIÓN DEL PERÍODO DE FERMENTACIÓN AEROBIA, REALIZADO EN LA ALDEA BREA, QUESADA, JUTIAPA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**EVELYN EDITH BRAN AVALOS**

ASESORADO POR EL ING. CÉSAR ALFONSO GARCÍA GUERRA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERA QUÍMICA**

GUATEMALA, ABRIL DE 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
VOCAL V	Br. Sergio Alejandro Donis Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADORA	Inga. Thelma Maricela Cano Morales
EXAMINADOR	Ing. Jorge Rodolfo García Carrera
EXAMINADOR	Ing. Jorge Mario Estrada Asturias
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**EVALUACIÓN DE LA MANUFACTURA ARTESANAL DEL ABONO ORGÁNICO *BOCASHI*, MEDIANTE LA INCORPORACIÓN DE LEVADURA (*Saccharomyces cerevisiae*) EN FUNCIÓN DEL PERÍODO DE FERMENTACIÓN AEROBIA, REALIZADO EN LA ALDEA BREA, QUESADA, JUTIAPA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química, con fecha 30 de noviembre de 2011.



**Evelyn Edith Bran Avalos**



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA.

Guatemala, 16 de octubre de 2012

Ingeniero  
Victor Manuel Monzón  
Director  
Escuela de Ingeniería Química USAC

Respetable Ingeniero Monzón:

Con un cordial saludo me dirijo a usted para informarle que he asesorado y aprobado el Informe Final de Trabajo de Graduación titulado: **“EVALUACIÓN DE LA MANUFACTURA ARTESANAL DEL ABONO ORGÁNICO BOCASHI, MEDIANTE LA INCORPORACIÓN DE LEVADURA (*Saccharomyces cerevisiae*) EN FUNCIÓN DEL PERÍODO DE FERMENTACIÓN AEROBIA, REALIZADO EN LA ALDEA BREA, QUESADA, JUTIAPA”** desarrollado por la estudiante Evelyn Edith Bran Avalos, con número de carné 2004-13149.

Por lo cual, después de haber realizado la revisión del respectivo Informe Final y de haberle hecho las correcciones pertinentes, considero que llena los requisitos exigidos para su aprobación.

Agradezco a usted la atención a la presente.

Atentamente,

  
Ing. Qco. Cesar Alfonso Garcia Guerra

Asesor

Jefatura

Sección Química Industrial

CII/USAC

ÁREA DE QUÍMICA  
ESC. INGENIERÍA QUÍMICA  
FAC. INGENIERÍA - USAC -



PROGRAMA DE INGENIERÍA  
QUÍMICA ACREDITADO POR

Agencia Centroamericana de Acreditación de







UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

Guatemala, 09 de noviembre de 2012  
Ref. EIQ.TG-IF.051.2012

Ingeniero  
**Víctor Manuel Monzón Valdez**  
DIRECTOR  
Escuela Ingeniería Química  
Facultad de Ingeniería

Estimado Ingeniero Monzón:

Como consta en el Acta TG-199-2011-IF le informo que reunidos los Miembros de la Terna nombrada por la Escuela de Ingeniería Química, se practicó la revisión del:

**INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADUACIÓN**

Solicitado por la estudiante universitaria: **Evelyn Edith Bran Avalos**

Identificada con número de carné: **2004-13149**

Previo a optar al título de INGENIERA QUÍMICA.


Siguiendo los procedimientos de revisión interna de la Escuela de Ingeniería Química, los Miembros de la Terna han procedido a **APROBARLO** con el siguiente título:

**EVALUACIÓN DE LA MANUFACTURA ARTESANAL DEL ABONO ORGÁNICO  
BOCASHI, MEDIANTE LA INCORPORACIÓN DE LEVADURA  
(Saccharomyces cerevisiae) EN FUNCIÓN DEL PERÍODO DE FERMENTACIÓN  
AEROBIA, REALIZADO EN LA ALDEA BREA, QUESADA, JUTIAPA**

El Trabajo de Graduación ha sido asesorado por el Ingeniero Químico: **César García**.

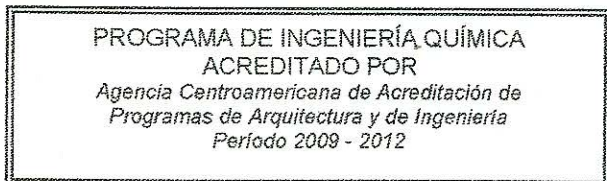
Habiendo encontrado el referido informe final del trabajo de graduación **SATISFACTORIO**, se autoriza al estudiante, proceder con los trámites requeridos de acuerdo a las normas y procedimientos establecidos por la Facultad para su autorización e impresión.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

  
Inga. Hilda Piedad Palma  
COORDINADORA DE TERNA  
Tribunal de Revisión  
Trabajo de Graduación



C.c.: archivo





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

Ref.EIQ.TG.085.2013

El Director de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor y de los Miembros del Tribunal nombrado por la Escuela de Ingeniería Química para revisar el Informe del Trabajo de Graduación de la estudiante, **EVELYN EDITH BRAN AVALOS** titulado: **"EVALUACIÓN DE LA MANUFACTURA ARTESANAL DEL ABONO ORGÁNICO BOCASHI, MEDIANTE LA INCORPORACIÓN DE LEVADURA (*Saccharomyces cerevisiae*) EN FUNCIÓN DEL PERÍODO DE FERMENTACIÓN AEROBIA, REALIZADO EN LA ALDEA BREA, QUESADA, JUTIAPA"**. Procede a la autorización del mismo, ya que reúne el rigor, la secuencia, la pertinencia y la coherencia metodológica requerida.

  
Ing. Víctor Manuel Monzón Valdez  
DIRECTOR  
Escuela de Ingeniería Química

Guatemala, abril 2013



Cc: Archivo  
VMMV/ale





DTG. 250 .2013

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, al Trabajo de Graduación titulado: **EVALUACIÓN DE LA MANUFACTURA ARTESANAL DEL ABONO ORGÁNICO BOCASHI, MEDIANTE LA INCORPORACIÓN DE LEVADURA (*Saccharomyces cerevisiae*) EN FUNCIÓN DEL PERÍODO DE FERMENTACIÓN AEROBIA, REALIZADO EN LA ALDEA BREA, QUESADA, JUTIAPA**, presentado por la estudiante universitaria: **Evelyn Edith Bran Avalos**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos  
Decano

Guatemala, 9 de abril de 2013

/gdech





## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Dios** Por estar conmigo durante toda mi vida y a lo largo de mi carrera. Gracias.
- Mis padres** Miguel Angel Bran Taracena y María Edilsa Avalos Vásquez, por su apoyo incondicional y su ejemplo de valentía, perseverancia y lucha.
- Mis abuelos** César Avalos (q.e.p.d.), Catalina Vásquez de Avalos (q.e.p.d.), Juan Bran (q.e.p.d.) e Isabel Taracena de Bran (q.e.p.d.), por ser mis raíces y llenarme de orgullo.
- Mis hermanos** Jackeline Bran Avalos, Alfredo Bran Avalos y Astrid Bran Avalos, con todo mi cariño.
- Mis sobrinos** Katia Lourdes Aguilar Bran y Juan Miguel Aguilar Bran, los quiero.
- Mis amigos** Por su amistad y apoyo.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

**Universidad de San  
Carlos de Guatemala**

Por brindarme la oportunidad de convertirme en profesional. Gracias a Dios por ser sancarlista.

**Facultad de Ingeniería**

Porque en sus aulas y con sus maestros alcance mi meta.

**Escuela de Ingeniería  
Química**

Por enseñarme el valor y la importancia de la ingeniería química.

**Ing. César Alfonso  
García Guerra**

Por su valioso tiempo y asesoría. Sin usted este proyecto no me habría enseñado tanto.

**Ing. Humberto Jiménez**

Porque cuando le pedí su ayuda no dudo en brindármela

**Analab**

Por el gran apoyo que brindaron a mi proyecto de investigación.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	V
LISTA DE SÍMBOLOS .....	IX
GLOSARIO .....	XI
RESUMEN .....	XIII
OBJETIVOS/HIPÓTESIS .....	XV
INTRODUCCIÓN .....	XVII
1. ANTECEDENTES .....	1
2. MARCO TEÓRICO .....	3
2.1. Abono orgánico fermentado <i>Bocashi</i> .....	3
2.1.1. Definición de <i>Bocashi</i> .....	3
2.1.2. Ventajas del <i>Bocashi</i> .....	4
2.1.3. El <i>Bocashi</i> Tradicional .....	5
2.1.4. Preparación del <i>Bocashi</i> Tradicional .....	6
2.1.5. Uso de microorganismos benéficos para la preparación de <i>Bocashi</i> .....	8
2.1.6. Microorganismos Eficaces (EM) .....	9
2.1.7. Principales factores que afectan el proceso de fabricación de abonos orgánicos .....	9
2.1.8. Principales aportes de los ingredientes de los abonos orgánicos fermentados .....	11
2.1.9. Efecto que tiene el <i>Bocashi</i> .....	14
2.1.10. La fuente del efecto especial del <i>Bocashi</i> .....	15
2.2. Fermentaciones .....	16

2.2.1.	Fermentación aerobia.....	16
2.2.2.	Microorganismos como catalizadores .....	18
2.2.2.1.	Levadura ( <i>Saccharomyces cerevisiae</i> ) .	18
2.2.2.2.	Condiciones necesarias para la fermentación .....	20
2.3.	Generalidades sobre la tecnología de la fermentación .....	21
2.4.	Humus.....	22
2.4.1.	Ácidos húmicos .....	22
2.5.	Actividad del agua.....	24
3.	DISEÑO METODOLÓGICO.....	25
3.1.	Variables .....	25
3.1.1.	Variables independientes .....	26
3.1.2.	Variables dependientes .....	26
3.2.	Recursos humanos disponibles.....	27
3.3.	Recursos materiales disponibles y equipo.....	28
3.4.	Técnica cualitativa o cuantitativa. ....	29
3.5.	Recolección y ordenamiento de la información .....	29
3.6.	Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información .	33
3.7.	Análisis estadístico.....	37
4.	RESULTADOS .....	41
5.	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .....	75
	CONCLUSIONES .....	83
	RECOMENDACIONES .....	85
	BIBLIOGRAFÍA.....	87
	APÉNDICES .....	89



ANEXOS ..... 117



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Ciclo de vida digenético de la <i>Saccharomyces cerevisiae</i> (subcl. Endomicétidos) .....	19
2.	Descripción para toma de muestras de abono <i>Bocashi</i> en función del tiempo para la fermentación aerobia .....	32
3.	Desarrollo del proceso .....	38
4.	Evaluación de Nitrógeno en función del tiempo de fermentación en el <i>Bocashi</i> 0,20 % composición de levadura ( <i>Saccharomyces cerevisiae</i> ) .....	41
5.	Evaluación de nitrógeno en función del tiempo de fermentación en el <i>Bocashi</i> 0% composición de levadura ( <i>Saccharomyces cerevisiae</i> ).....	42
6.	Evaluación de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> en función del tiempo de fermentación en el <i>Bocashi</i> 0,20 % composición de levadura ( <i>Saccharomyces cerevisiae</i> ) .....	43
7.	Evaluación de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> en función del tiempo de fermentación en el <i>Bocashi</i> 0 % composición de levadura ( <i>Saccharomyces cerevisiae</i> ).....	44
8.	Evaluación de K <sub>2</sub> O en función del tiempo de fermentación en el <i>Bocashi</i> 0,20 % composición de levadura ( <i>Saccharomyces cerevisiae</i> ) .....	45
9.	Evaluación de K <sub>2</sub> O en función del tiempo de fermentación en el <i>Bocashi</i> 0 % composición de levadura ( <i>Saccharomyces cerevisiae</i> ).....	46
10.	Evaluación de CaO en función del tiempo de fermentación en el <i>Bocashi</i> 0,20 % composición de levadura ( <i>Saccharomyces cerevisiae</i> ) .....	47

11.	Evaluación de CaO en función del tiempo de fermentación en el <i>Bocashi</i> 0 % composición de levadura ( <i>Saccharomyces cerevisiae</i> ) ....	48
12.	Evaluación de MgO en función del tiempo de fermentación en el <i>Bocashi</i> 0,20 % composición de levadura ( <i>Saccharomyces cerevisiae</i> ).....	49
13.	Evaluación de MgO en función del tiempo de fermentación en el <i>Bocashi</i> 0 % composición de levadura ( <i>Saccharomyces cerevisiae</i> ) ....	50
14.	Evaluación de cobre en función del tiempo de fermentación en el <i>Bocashi</i> 0,20 % composición de levadura ( <i>Saccharomyces cerevisiae</i> ).....	51
15.	Evaluación de cobre en función del tiempo de fermentación en el <i>Bocashi</i> 0 % composición de levadura ( <i>Saccharomyces cerevisiae</i> ) ....	52
16.	Evaluación de hierro en función del tiempo de fermentación en el <i>Bocashi</i> 0,20 % composición de levadura ( <i>Saccharomyces cerevisiae</i> ).....	53
17.	Evaluación de hierro en función del tiempo de fermentación en el <i>Bocashi</i> 0 % composición de levadura ( <i>Saccharomyces cerevisiae</i> ) ...	54
18.	Evaluación de manganeso en función del tiempo de fermentación en el <i>Bocashi</i> 0,20 % composición de levadura ( <i>Saccharomyces cerevisiae</i> ).....	55
19.	Evaluación de manganeso en función del tiempo de fermentación en el <i>Bocashi</i> 0 % composición de levadura ( <i>Saccharomyces cerevisiae</i> ).	56
20.	Evaluación de zinc en función del tiempo de fermentación en el <i>Bocashi</i> 0,20 % composición de levadura ( <i>Saccharomyces cerevisiae</i> ) .....	57
21.	Evaluación de zinc en función del tiempo de fermentación en el <i>Bocashi</i> 0 % composición de levadura ( <i>Saccharomyces cerevisiae</i> ) ....	58



22.	Evaluación de la relación carbono nitrógeno en función del tiempo de fermentación en el <i>Bocashi</i> 0,20 % composición de levadura ( <i>Saccharomyces cerevisiae</i> ) .....	59
23.	Evaluación de la relación carbono nitrógeno en función del tiempo de fermentación en el <i>Bocashi</i> 0 % composición de levadura ( <i>Saccharomyces cerevisiae</i> ) .....	60
24.	Evaluación de carbono orgánico en función del tiempo de fermentación en el <i>Bocashi</i> 0,20 % composición de levadura ( <i>Saccharomyces cerevisiae</i> ) .....	61
25.	Evaluación de carbono orgánico en función del tiempo de fermentación en el <i>Bocashi</i> 0 % composición de levadura ( <i>Saccharomyces cerevisiae</i> ) .....	62
26.	Evaluación de materia orgánica en función del tiempo de fermentación en el <i>Bocashi</i> 0,20 % composición de levadura ( <i>Saccharomyces cerevisiae</i> ) .....	63
27.	Evaluación de materia orgánica en función del tiempo de fermentación en el <i>Bocashi</i> con 0 % composición de levadura ( <i>Saccharomyces cerevisiae</i> ) .....	64
28.	Evaluación de ceniza en función del tiempo de fermentación en el <i>Bocashi</i> 0,20 % composición de levadura ( <i>Saccharomyces cerevisiae</i> ) .....	65
29.	Evaluación de ceniza en función del tiempo de fermentación en el <i>Bocashi</i> 0 % composición de levadura ( <i>Saccharomyces cerevisiae</i> ).....	66
30.	Evolución del pH en función del tiempo de fermentación en el <i>Bocashi</i> 0,20 % composición de levadura ( <i>Saccharomyces cerevisiae</i> ) .....	67
31.	Evolución del pH en función del tiempo de fermentación en el <i>Bocashi</i> 0 % composición de levadura ( <i>Saccharomyces cerevisiae</i> )....	68

32.	Evolución de la temperatura en función del tiempo de fermentación en el <i>Bocashi</i> 0,20 % composición de levadura ( <i>Saccharomyces cerevisiae</i> ) .....	69
33.	Evolución de la temperatura en función del tiempo de fermentación en el <i>Bocashi</i> 0 % composición de levadura ( <i>Saccharomyces cerevisiae</i> ) .....	70
34.	Evolución de la humedad en función del tiempo de fermentación en el <i>Bocashi</i> 0,20 % composición de levadura ( <i>Saccharomyces cerevisiae</i> ) .....	71
35.	Evolución de la humedad en función del tiempo de fermentación en el <i>Bocashi</i> 0 % composición de levadura ( <i>Saccharomyces cerevisiae</i> ) ....	72
36.	Presión de vapor del agua en función de la temperatura .....	82

## TABLAS

I.	Variables involucradas en la evaluación del contenido nutricional del abono orgánico .....	25
II.	Metodología a seguir para realizar la investigación.....	30
III.	Tabla de toma de datos por lote producido de abono <i>Bocashi</i> .....	33
IV.	Tabla de toma de datos por lote producido de abono <i>Bocashi</i> .....	34
V.	Tabla de monitoreo del abono <i>Bocashi</i> .....	35
VI.	Tabla de monitoreo del abono <i>Bocashi</i> sin levadura.....	36
VII.	Tratamientos del experimento.....	37
VIII.	Análisis de varianza para el experimento de bloque aleatorio.....	39
IX.	Presupuesto del costo del abono <i>Bocashi</i> con 0,20 % de levadura ( <i>Saccharomyces cerevisiae</i> ) en su composición.....	73
X.	Presupuesto del costo del abono <i>Bocashi</i> sin levadura ( <i>Saccharomyces cerevisiae</i> ) en su composición.....	74

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>A-MO-2</b>	Análisis de abonos orgánicos
<b>C.O</b>	Carbono orgánico
<b>°C</b>	Grado Celsius
<b>gl</b>	Grados de libertad
<b>g</b>	Gramo
<b>Ha</b>	Hipótesis alterna
<b>Ho</b>	Hipótesis nula
<b>I.C.</b>	Intervalo de confianza
<b>kg</b>	Kilogramo
<b>M.O</b>	Materia orgánica
<b>m1</b>	Muestra 1
<b>m2</b>	Muestra 2

<b>m3</b>	Muestra 3
<b>m4</b>	Muestra 4
<b>m5</b>	Muestra 5
<b>ppm</b>	Partes por millón
<b>pH</b>	Potencial de hidrógeno
<b>Q</b>	Quetzales
<b>C/N</b>	Relación carbono nitrógeno
<b>T</b>	Temperatura



## GLOSARIO

<b>Analab</b>	Laboratorio de Suelos de Anacafe.
<b>Contenido nutricional</b>	Contenido de nutrientes minerales disponibles para el óptimo crecimiento de las plantas.
<b>Fermentación aerobia</b>	Asimilación de materia orgánica por parte de microorganismos en presencia de oxígeno y nutrientes.
<b>Fertilizante orgánico</b>	Fertilizante proveniente de una fuente orgánica y natural.
<b>Manufactura artesanal</b>	Método de fabricación no industrial.
<b>Microrganismo</b>	Ser vivo que solo puede visualizarse con el microscopio.



## RESUMEN

En la aldea La Brea del municipio de Quesada en el departamento de Jutiapa, se produce un abono orgánico tipo *Bocashi* el cual es comercializado por un agricultor local. El propósito de esta investigación, fue obtener información sobre el contenido nutricional para las plantas proveniente de dos diferentes formas de preparación, y cinco tiempos de fermentación del abono orgánico tipo *Bocashi*.

Para ello se analizaron y evaluaron dos lotes de producción de abono, uno con levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) y otro sin levadura, en intervalos de tiempo de 5, 10, 15, 20 y 25 días, además de mejorarse aspectos técnicos de la manufactura del abono realizando para ello mediciones de pH, humedad y temperatura a lo largo de todo el proceso fermentativo; realizándose tres repeticiones. Se determinó el contenido nutricional del abono mediante análisis A-MO-2 realizados en el Laboratorio de Suelos de Anacafe.

Se realizó un análisis del costo que conlleva la fabricación del abono orgánico mediante manufactura artesanal, al agregar levadura.





## OBJETIVOS

### General

Evaluar el proceso fermentativo de obtención de abono orgánico tipo *Bocashi* en base a la utilización de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) monitoreando la evolución del contenido de nutrientes vegetales y parámetros fisicoquímicos (temperatura, humedad y pH) en función del tiempo de fermentación.

### Específicos

1. Evaluar el contenido de elementos mayores, elementos reguladores del pH, oligoelementos y relación carbono nitrógeno, para el *Bocashi* incorporando y no incorporando levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) en su fabricación en función del tiempo del proceso fermentativo, mediante análisis A-MO-2.
2. Estimar el contenido de materia orgánica, carbono orgánico, ceniza y la relación carbono nitrógeno incorporando y no incorporando levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) en su fabricación en función del tiempo del proceso fermentativo.
3. Valorar la evolución del pH, temperatura y humedad porcentual en el proceso fermentativo del abono incorporando y no incorporando levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) en su fabricación.

4. Estimar los costos de producción del *Bocashi* incorporando y no incorporando levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) en su manufactura.

## HIPÓTESIS

1. **H<sub>o1</sub>**: No existe diferencia significativa en el contenido de nutrientes en el abono orgánico *Bocashi*, por la adición de levadura.  
**H<sub>a1</sub>**: Existe diferencia significativa en el contenido de nutrientes, el abono orgánico *Bocashi*, por la adición de levadura.
2. **H<sub>o2</sub>**: No existe diferencia significativa en el contenido de nutrientes en el abono orgánico *Bocashi*, en función del tiempo de fermentación.  
**H<sub>a2</sub>**: Existe diferencia significativa en el contenido de nutrientes en el abono orgánico *Bocashi*, en función del tiempo de fermentación.

## INTRODUCCIÓN

El *Bocashi* es un fertilizante orgánico fermentado de fácil preparación y bajo costo, funciona muy bien como fertilizante, tanto que puede sustituir al abono químico. Durante la fabricación de este abono no se producen gases tóxicos ni malos olores y puede hacerse uso del él en muy corto tiempo en los cultivos.

El abono *Bocashi* mejora la fertilidad del suelo, dado que provee a la planta tanto de macronutrientes como de micronutrientes. Reduce las enfermedades que pueden afectar la planta y la vigoriza. Su efecto es duradero, es de efecto lento pero durable; ya que la raíz de la planta absorbe el nutriente retenido en el suelo gradualmente.

Dado que es un abono de fácil fabricación su uso se ha popularizado, pero es necesario obtener el mayor contenido de nutrientes en un corto tiempo de fermentación y a un bajo costo. Por ello se realizará este estudio para evaluar el contenido nutricional del *Bocashi* a medida que avanza el tiempo de fermentación en función de mejorar algunos aspectos de la manufactura del abono.



## 1. ANTECEDENTES

En noviembre de 2000 en la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, Juan Carlos Galeano Fernández realizó un trabajo sobre la evaluación de tres formas de preparación y cuatro proporciones de pulpa de café para la elaboración de abono orgánico tipo *Bocashi*, para la región cafetalera del municipio de Palín, Escuintla. Este estudio se llevo a cabo para “determinar la proporción que aporta el mejor contenido de nutrientes asimilables por las plantas. Se evaluaron cuatro proporciones de pulpa de café, (10%, 20%, 30% y 40%) como componentes del abono orgánico.”<sup>1</sup>

Asimismo, se probaron tres formas distintas de preparar el abono, es decir, el proceso de homogenizado de las distintas capas que lo componen y el momento de humedecer la mezcla con una disolución compuesta por rapadura quebrantada disuelta en agua. Para el análisis estadístico se trabajo con cuatro tratamientos, consistentes en abonos preparados con varios componentes en las mismas proporciones variando únicamente la proporción de pulpa de café y tres repeticiones, de las cuales cada una era una forma distinta de preparar el abono. Con los datos obtenidos se calculó para cada tratamiento la dosis para suplir los requerimientos nutricionales del cultivo del café y la complementación mineral con otros fertilizantes, el mismo análisis se aplicó a la pulpa de café sola y a la gallinaza para realizar comparaciones.

---

<sup>1</sup>GALEANO FERNÁNDEZ, Juan Carlos. Evaluación de tres formas de preparación y cuatro proporciones de pulpa de café para la elaboración de abono orgánico tipo *Bocashi* para la región cafetalera del municipio de Palín, Escuintla.2000. p.X.



## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Abono orgánico fermentado *Bocashi*

“*Bocashi*; es una palabra japonesa que significa materia orgánica fermentada. Una traducción de esta palabra al español (refiriéndose al abono) es abono orgánico fermentado.

#### 2.1.1. Definición de *Bocashi*

“Tradicionalmente, para la preparación del *Bocashi*, los agricultores japoneses usan materia orgánica como semolina de arroz, torta de soya, harina de pescado y suelo de los bosques como inoculante de microorganismos.

Estos suelos contienen varios microorganismos benéficos que aceleran la preparación del abono. El *Bocashi* ha sido utilizado por los agricultores japoneses como un mejorador del suelo que aumenta la diversidad microbiana, mejora las condiciones físicas y químicas, previene enfermedades del suelo y lo supe de nutrientes para el desarrollo de los cultivos”.<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup>SHINTANI, Masaki; LEBLANC, Humberto; TABORA Panfilo. *Bocashi (abono orgánico fermentado)*. 2000. p. 9.

“La fabricación de fertilizantes orgánicos fermentados se puede entender como un proceso de descomposición aeróbica y termofílica y de residuos orgánicos a través de poblaciones de microorganismos quimicorganotróficos, que existan en los propios residuos, bajo condiciones controladas, que producen un material parcialmente estable de lenta descomposición en condiciones favorables.

En buenas condiciones de humedad y temperatura, los microorganismos descomponen la fracción más simple del material orgánico, como azúcares, almidones y proteínas, liberando sus nutrientes.”<sup>3</sup>

### **2.1.2. Ventajas del *Bocashi***

Se mantiene un mayor contenido energético de la masa orgánica pues al no alcanzar temperaturas tan elevadas hay menos pérdidas por volatilización. Además suministra órgano compuestos (vitaminas, aminoácidos, ácido orgánico, enzimas y sustancias antioxidantes) directamente a las plantas y al mismo tiempo activa los micro y macroorganismos benéficos durante el proceso de fermentación. También ayuda en la formación de la estructura de los agregados del suelo.

---

<sup>3</sup>GALEANO FERNÁNDEZ, Juan Carlos. *Evaluación de tres formas de preparación y cuatro proporciones de pulpa de café para la elaboración de abono orgánico tipo Bocashi para la región cafetalera del municipio de Palín, Escuintla.*2000. p. 11.



La fabricación del abono orgánico fermentado presenta además las siguientes ventajas:

- La no formación de gases tóxicos y malos olores.
- El manejo del volumen, facilitando su almacenamiento, transporte y la disposición de los materiales para fabricarlo.
- La desactivación de los agentes patogénicos, muchos de ellos perjudiciales a los cultivos.
- La posibilidad de utilización del producto final en los cultivos en un período de tiempo muy corto y a costos muy bajos.

### **2.1.3. El *Bocashi* Tradicional**

Como se mencionó anteriormente, el *Bocashi* es una técnica usada por agricultores japoneses hace muchos años. Por esta razón este *Bocashi* se conoce como *Bocashi* Tradicional en comparación con otras técnicas más modernas para preparar este abono.

El *Bocashi* Tradicional posee algunas características que permiten diferenciarlo fácilmente:

- El uso de altos volúmenes de suelo de bosque o montaña (suelo que contiene microorganismos benéficos, y a la vez no contiene patógenos).
- El uso de materia orgánica de alta calidad como sémola de arroz, gallinaza y torta de soya.
- El proceso se realiza bajo condiciones aeróbicas

Los siguientes son ejemplos de materiales a usar en la preparación de *Bocashi* Tradicional.

Ejemplo n°1:

- Suelo del bosque 300 kg
- Gallinaza 60 kg
- Torta de soya 20 kg
- Semolina de arroz 20 kg
- Roca fosfórica 15 kg
- Carbón de granza de arroz 40 kg

Ejemplo n° 2:

- Suelo del bosque 2 sacos
- Semolina de arroz 1 saco
- Carbón molido 1 saco
- Granza de arroz 1 saco
- Gallinaza 1 saco

Hay una diversidad de recetas de *Bocashi* Tradicional, porque cada agricultor lo prepara a su manera. Algunos productores agregan levaduras comerciales. Otros agregan diferentes materiales como leche pasada, yogurty otros fermentadores como los sedimentos de fermentación.

#### **2.1.4. Preparación del *Bocashi* Tradicional**

El proceso de preparación del *Bocashi* Tradicionales bastante sencillo, pero se debe tener cuidado de seguir las indicaciones para evitar que el proceso fracase.

A continuación se presenta una secuencia a seguir para la preparación de *Bocashi* Tradicional.

- En un lugar bajo techo, coloque los materiales en capas uno sobre el otro, hasta formar un montículo.
- Agregue agua para humedecer hasta alcanzar entre 30 –40% de humedad y mezcle los materiales.
- Revise el contenido de agua; no debe haber exceso de humedad. Para verificar, comprima un puñado de la mezcla en la mano; esta debe quedar como una unidad sin desmoronarse y sin que gotee líquido. Sin embargo, al tocar el puñado con el dedo, debe desmoronarse fácilmente.
- Cubra la mezcla con bolsas, sacos, paja, etc. Esto tiene la finalidad de mantener la temperatura.

Una vez preparado el *Bocashi*, es necesario seguir controlando el proceso. Lo primero a tener en cuenta, si no hay exceso de humedad, es que en condiciones aeróbicas la mezcla se fermenta muy rápido y la temperatura aumenta en cuestión de horas, por lo cual podría sobre calentarse.

La temperatura se debe mantener entre 35°C – 50°C. Para medir esto, se puede usar un termómetro normal o introducir un machete a la pila; si es posible mantener la hoja de metal entre las manos, la temperatura es adecuada. Si la temperatura sobrepasa los 50°C, se debe mezclar bien la pila para reducir la temperatura y oxigenar la mezcla. Si la temperatura todavía se mantiene alta, trate de extender la pila para reducir la altura y conseguir con esto la reducción de la temperatura.

El proceso de fermentación dura entre 7 – 30 días, dependiendo de los materiales que se utilicen y de la temperatura ambiente. El *Bocashi* está listo para ser utilizado cuando libera un olor dulce fermentado y aparecen hongos blancos en su superficie. Si la pila libera un olor a podrido, el proceso ha fracasado.

El *Bocashi* se debe utilizar lo antes posible luego de su elaboración. Si es necesario almacenarlo, dispérselo sobre un piso de cemento, séquelo bien bajo la sombra y luego colóquelo en una bolsa plástica.

#### **2.1.5. Uso de microorganismos benéficos para la preparación de *Bocashi***

El *Bocashi* Tradicional es una tecnología adecuada para agricultores pequeños. Sin embargo, cuando se quiere producir gran cantidad de *Bocashi*, es poco práctica porque el costo de sacar y transportar el suelo es generalmente muy alto. Por esa razón en Japón, el *Bocashi* comercial utiliza preparados microbianos como inóculo en lugar del suelo. En la actualidad en Japón se pueden conseguir varios libros que informan cómo coleccionar y cultivar los microorganismos benéficos en la finca.

Además, es posible comprar muchos preparados microbianos como inóculo para producir *Bocashi*, por ejemplo, Coran, Bimfood, VS-kin, Cofuna, EM, Nu-Soil, etc.

### **2.1.6. Microorganismos Eficaces (EM)**

“EM es una solución que contiene varios microorganismos benéficos tanto aeróbicos como anaeróbicos, los cuales tienen diferentes funciones. Entre estos se encuentran bacterias ácidos lácticos y fotosintéticos, levaduras, actinomicetos y hongos fermentadores. Estos microorganismos existen en todos los ecosistemas naturales y son usados para el procesamiento de alimentos y de comida animal fermentada. Son totalmente seguros para los seres humanos y animales. Como EM está compuesto por microorganismos, es una entidad viviente. Es importante mencionar que EM aumenta la población de microorganismos benéficos en el suelo y todos estos microorganismos necesitan tener alimento, agua y un medio para vivir y prosperar.”<sup>4</sup>

### **2.1.7. Principales factores que afectan el proceso de fabricación de abonos orgánicos**

- Temperatura: está en función del incremento de la actividad microbiológica del abono, que comienza luego de la etapa de la mezcla de todos los ingredientes. Aproximadamente, después de 14 horas de haberlo preparado, el abono deber presentar temperaturas que pueden superar fácilmente los 50°C, lo que es una buena señal, para continuar con las demás etapas del proceso.

---

<sup>4</sup>SHINTANI, Masaki; LEBLANC, Humberto; TABORA, Panfilo. *Bocashi (abono orgánico fermentado)*. 2000. p. 15.

- La humedad: la humedad óptima, para lograr la máxima eficiencia del proceso de la fermentación del abono oscila entre un 60 y 50% (en peso). Abajo del 40% de humedad, hay una descomposición aeróbica muy lenta de los materiales orgánicos forman parte del compuesto. Por otro lado, cuando la humedad supera el 60%, la cantidad de poros que están libres de agua son muy pocos, lo que dificulta la oxigenación de la fermentación.
- La aireación: la presencia del oxígeno es necesaria para que no existan limitaciones en el proceso aeróbico de la fermentación del abono. Se calcula que como mínimo debe existir entre un 5 a un 10% de concentración de oxígeno en los macro poros de la masa. Sin embargo, cuando los microporos se encuentran en estado anaeróbico por un exceso de humedad, pueden perjudicar la aireación del proceso y consecuentemente obtener un producto final de mala calidad.
- Relación carbono-nitrógeno: la relación teórica e ideal para la fabricación de un buen abono de rápida fermentación se calcula que sea entre 25 a 35. Las relaciones menores pueden resultar en pérdidas considerables de nitrógeno por volatilización, por otro lado, relaciones mayores resultan en una fermentación más lenta.
- El pH: la fabricación de este tipo de abono requiere que el pH oscile entre 6 y 7,5, ya que los valores extremos inhiben la actividad microbológica durante el proceso de la degradación de los materiales.
- El tamaño de la partícula de los ingredientes: la reducción del tamaño de las partículas de los componentes del abono, pueden preservar la ventaja de aumentar la superficie para la descomposición microbológica

de los mismos. Sin embargo, el exceso de partículas muy pequeñas pueden llevar fácilmente a una compactación favoreciendo el desarrollo de un proceso anaeróbico, lo que no es ideal para obtener un abono orgánico fermentado. En algunos casos, este fenómeno se corrige mezclando al abono materiales de relleno de partículas mayores como son pedazos picados de madera, carbón vegetal grueso, etc. Por otro lado, la forma de preparar el *Bocashies* variada y se ajusta a las condiciones y a los materiales que cada campesino dispone en su finca o comunidad, o sea, no existe una receta única para hacer el biofertilizante.

#### **2.1.8. Principales aportes de los ingredientes de los abonos orgánicos fermentados**

- El carbón: mejora las características físicas del suelo con aireación absorción de humedad y calor (energía). Su alto grado de porosidad beneficia la actividad macro y microbiológica de la tierra, al mismo tiempo funciona con el efecto tipo, esponja sólida, el cual consiste en la capacidad de retener, filtrar y liberar gradualmente nutrientes útiles a las plantas, disminuyendo la pérdida y el lavado de los mismos en el suelo. La uniformidad de las partículas influenciará sobre la buena calidad del abono que se utilizará en el campo, por la práctica se recomienda que las partículas o pedazos de carbón no sean muy grandes, las medidas de una pulgada de largo por media pulgada de diámetro da una aproximación del tamaño ideal de las mismas. Cuando se desea trabajar con hortalizas en el sistema de almácigos con bandejas, las partículas del carbón a utilizarse en la fabricación del abono fermentado deben ser menores (semipulverizadas) para facilitar llenar las bandejas y permitir sacar las plántulas sin estropear sus raíces, antes del trasplante definitivo en el campo.

- La gallinaza: es la principal fuente de nitrógeno en la fabricación de los abonos fermentados. Su principal aporte consiste en mejorar las características de la fertilidad del suelo con algunos nutrientes, principalmente con fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, manganeso, zinc, cobre y boro. Dependiendo de su origen, puede aportar otros materiales orgánicos en mayor y menor cantidad, los cuales mejoraran las condiciones físicas del suelo. La experiencia desarrollada por algunos agricultores en Centroamérica y Brasil viene demostrando que la mejor gallinaza para la fabricación de los abonos orgánicos es la que se origina de la cría de gallinas ponedoras bajo techo y con piso cubierto. Evitando el uso de la gallinaza que se origina a partir de la crianza de pollos de engorde.
- La cascarilla de arroz: mejora las características físicas del suelo y de los abonos orgánicos, facilitando la aireación, absorción de humedad y filtraje de nutrientes. Beneficia la actividad macro y microbiológica de la tierra al mismo tiempo que estimula el desarrollo uniforme y abundante del sistema radical de las plantas. Es una fuente rica en sílice, lo que favorece a los vegetales para darle una mayor resistencia contra insectos y microorganismos. A largo plazo, se convierte en una constante fuente de humus. En la forma de cascarilla carbonizada, aporta principalmente fósforo y potasio, al mismo tiempo que ayuda a corregir la acidez de los suelos. La cascarilla de arroz puede ocupar, en muchos casos, hasta un tercio del volumen total de los ingredientes de los abonos orgánicos. Es recomendable para controlar los excesos de humedad cuando se están preparando los abonos fermentados. Puede ser sustituida por cascarilla de café y pajas bien secas y trituradas. En algunos casos en menor proporción, los pedazos de madera pueden sustituirla en alguna proporción.



- Miel de purga o melaza de caña: es la principal fuente energética para la fermentación de los abonos orgánicos, favoreciendo la multiplicación de la actividad microbológica. Es rica en potasio, calcio, magnesio y contiene micronutrientes principalmente el boro. Para conseguir una aplicación homogénea de la melaza durante la fabricación de los abonos orgánicos fermentados, se recomienda diluirla en una parte del volumen de agua que se utilizara al inicio de la preparación de los abonos.
- Levadura/tierra de floresta virgen/*Bocashi*: estos tres ingredientes se constituyen en la principal fuente de inoculación microbológica para la fabricación de abonos fermentados. Los agricultores centroamericanos, inicialmente para desarrollar su primera experiencia en la fabricación de los abonos fermentados, utilizaron con éxito la levadura para pan, tierra de floresta o los dos ingredientes al mismo tiempo. Después de algún tiempo seleccionaron una buena cantidad de su mejor abono curtido, tipo *Bocashi*, para utilizarlo constantemente como su principal fuente de inoculación, acompañada de una cantidad de levadura. Después de haber logrado fabricar el abono fermentado y ensayarlo con éxito en los cultivos, es recomendable separar un poco para utilizarlo como fuente de inoculación en la elaboración de un nuevo abono, el cual puede ir acompañado de levadura para acelerar el proceso de fermentación.
- Tierra común: en muchos casos, ocupa hasta una tercera parte del volumen total del abono que se desea fabricar. Entre muchos aportes, tiene la función de darle homogeneidad física al abono y distribuir su humedad; con su volumen, aumenta el medio propicio para el desarrollo de la actividad microbológica de los abonos y consecuentemente, lograr una buena fermentación. Por otro lado, funciona como una esponja, al tener la capacidad de retener, filtrar y liberar gradualmente los nutrientes

a las plantas de acuerdo con sus necesidades. Dependiendo de su origen puede aportar variados tipos de arcillas, inoculación microbiológica y otros elementos indispensables para el desarrollo normal de los vegetales.

- Carbonatos de calcio o cal agrícola: su función principal es regular la acidez que presenta durante todo el proceso de fermentación cuando se está elaborando el abono orgánico, dependiendo de su origen, natural o fabricada puede contribuir con otros minerales útiles a las plantas.

#### **2.1.9. Efecto que tiene el *Bocashi***

- Mejoramiento de la fertilidad del suelo: igual que el abono químico la planta desarrolla bien por la aplicación del *Bocashi*. Sin embargo, la forma del crecimiento es diferente. Por ejemplo, la planta echar la raíz más fina, en cuanto al tamaño, la planta crece más pequeña pero más robusta, crea la presencia, no solo de macroelementos sino también de microelementos.
- Reducción de las enfermedades: el cultivo abonado con el *Bocashino* se enferma fácilmente. Porque la planta se vigoriza por las sustancias activas fisiológicas producidas por los microorganismos, como hormonas vegetales, vitaminas y enzimas.
- Activación de la planta: el crecimiento robusto de la planta. Se hace *Bocashia* través de la fermentación, en la cual existen microorganismos que realizan un trabajo específico en la degradación de sustancias. En el caso del *Bocashides* componen la materia orgánica y producen sustancias fisiológicamente activas. Estas sustancias tienen mucha

influencia al activar o vigorizar la planta, a pesar que se necesitan en cantidad mínima.

Un buen *Bocashise* obtiene por la presencia de sustancias fisiológicamente activas.

- Durabilidad del efecto: el efecto del *Bocashies* lento pero durable. En la preparación del *Bocashise* utiliza el humus o suelo virgen, que nunca ha sido cultivado, mitad del total del material, esta tierra tiene la capacidad de retener el nutriente que se pierde con el vapor. La raíz de la planta absorbe el nutriente retenido poco a poco.

#### **2.1.10. La fuente del efecto especial del *Bocashi***

- Enzima: es una sustancia química hecha de proteína, que actúa como catalizador en los procesos de metabolismo. La enzima es la que promueve la reacción química u orgánica. En el procedimiento del *Bocashi*, muchas clases de la enzima se producen por microorganismos. Las enzimas producidas por los microorganismos, descomponen la materia orgánica y sintetizan otros componentes efectivos.
  - El mecanismo de la reacción: la forma de la enzima es esférica. Tiene la parte hundida que se llama centro activo. Aquí se pega la sustancia específica para reaccionar. La sustancia que se pega a esta parte hundida es únicamente una clase. Es decir una clase de enzima reacciona con solo una clase de sustancia. Es la relación de llave y candado.

- **Hormona vegetal:** es la sustancia que controla todos los fenómenos fisiológicos de la planta, tales como el crecimiento de la planta, la germinación y otros, con concentración muy baja, la hormona vegetal se produce por la planta misma y por los microorganismos también. En el caso del *Bocashi*, la citocinina tiene mucha influencia al crecimiento particular que se observa en la planta cuando se aplica el abono.
- **Vitamina:** tiene el papel de lubricante para que el nutriente pueda funcionar y ser absorbido fácilmente. Ayuda a la activación de la enzima. Sin vitamina, la enzima no funciona bien y el nutriente no es absorbido eficientemente por la planta.

## **2.2. Fermentaciones**

La fermentación consiste en la asimilación de la materia orgánica por parte de microorganismos en presencia de oxígeno y nutrientes. El abono *Bocashi* se produce por fermentación aerobia

### **2.2.1. Fermentación aerobia**

El proceso de fermentación aerobia de la materia orgánica se produce en tres fases secuenciales desde las primeras descomposiciones microbianas de la materia orgánica hasta la estabilización del producto con la producción de H<sub>2</sub>O y CO<sub>2</sub>. Estas fases son las siguientes:

**Fase mesófila:** esta fase se caracteriza por una reacción de síntesis o de asimilación, consistente en la asimilación de elementos nutritivos, de materia orgánica, a los microorganismos, utilizando una parte de los compuestos orgánicos como fuente de energía y otra para formar microorganismos. En este

proceso se produce un rápido aumento de la temperatura que puede llegar a alcanzar un pico alrededor de 75°C.

El aumento de temperatura representa la retención de calor producido por la explosión del crecimiento microbiano que degrada los sustratos simples contenidos en la materia orgánica, estimulando el crecimiento de la microflora mesófila.

Fase termófila. En esta segunda fase se producen reacciones de auto oxidación de los microorganismos cuando comienza a faltar la materia orgánica usada como alimento en la fase mesófila. En su desarrollo se liberan los nutrientes usados previamente en la síntesis de nuevas células.

En el curso de las fases sucesivas de asimilación, una fracción de los microorganismos es transformado en H<sub>2</sub>O y CO<sub>2</sub>, de tal forma que la masa orgánica disminuye y tiende a cero. Este proceso comienza por encima de 40°C, provocando una disminución del crecimiento de la microflora mesófila. Estas temperaturas inician, sin embargo, una nueva explosión de actividad por parte de microorganismos termófilos contenidos en la materia orgánica, conduciendo a condiciones mesófilas hasta la metabolización completa de los sustratos simples quedando los materiales más resistentes degradándose a ritmos mucho más lentos.

Fase de enfriamiento y maduración: a medida que se reduce la actividad microbiana se pierde más calor del sistema del que se genera. El material se enfría, llegando a la estabilización del mismo o maduración. El proceso del *Bocashies*, pues, una compleja interacción entre el sustrato, los microorganismos, la aireación y la producción de agua y de calor.

### **2.2.2. Microorganismos como catalizadores**

En la técnica pueden llevarse a cabo innumerables reacciones hidrolíticas y muchas reacciones redox enzimáticas con ayuda de preparados enzimáticos libres de células, pero las reacciones enzimáticas complejas que llevan hasta el producto deseado mediante transporte de energía necesitan, en la mayoría de los casos, el empleo de microorganismos vivos como productores de enzimas y preparados enzimáticos.

Los microorganismos de mayor importancia técnica se encuentran sobre todo entre las bacterias (*Schizomycetes*) y hongos (*Fungi*), aunque también las algas tienen cierto papel.

Entre las bacterias se encuentran hongos altamente organizados, que de acuerdo con la estructura de sus hifas se dividen en eumicetos y ficomicetos. Los eumicetos se diferencian en hifas tabicadas y además sus formas más evolucionadas se reproducen sexualmente. De acuerdo con la estructura de las esporas sexuales, los eumicetos se diferencian en ascomicetos (con ascosporas) y basidiomicetos (con basidiosporas). La disposición de los esporangios en los cuerpos fructíferos proporciona cuadros característicos. Entre los ascomicetos con importancia técnica tenemos a las levaduras, especialmente las distintas cepas del *Saccharomyces cerevisiae* (vino, cerveza, aguardientes y fabricación de alcohol, cultivo de levadura de panadería, fermentación de la masa en panadería).

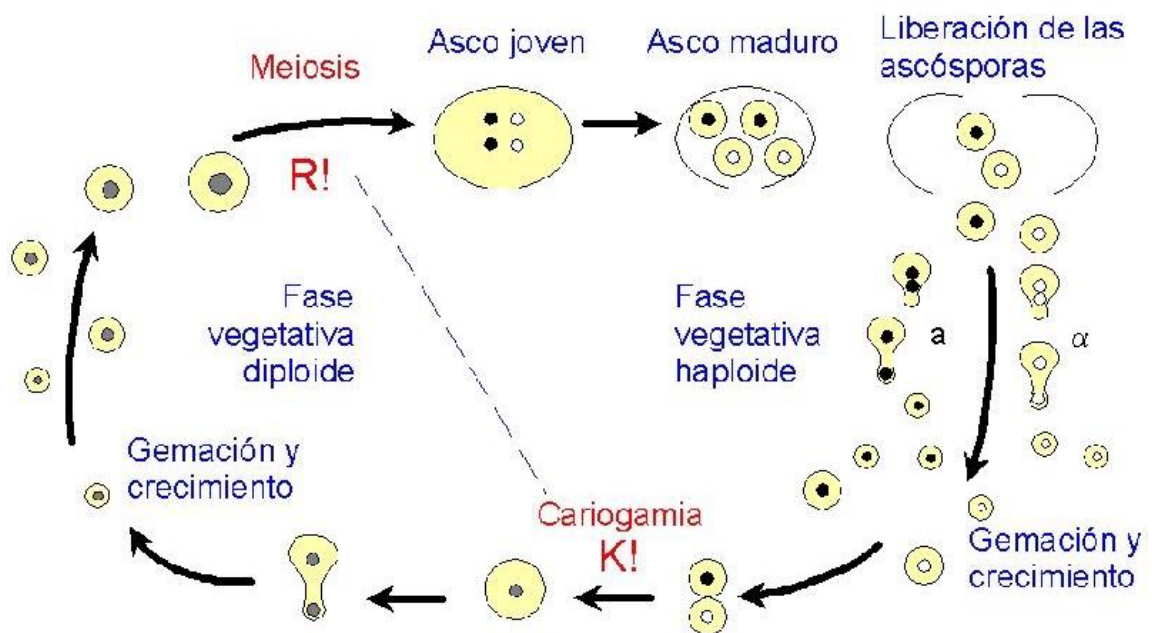
#### **2.2.2.1. Levadura (*Saccharomyces cerevisiae*)**

Las levaduras lo mismo que los mohos, son hongos, pero se distinguen de los mohos porque su forma dominante es unicelular. Como células solas,

crecen y se reproducen más a prisa que los mohos filamentosos y en proporción a su peso, son más aptas para efectuar cambios químicos porque tienen mayor área superficial en relación a su volumen. No realizan fotosíntesis.

Se las utiliza en muchos procesos fermentativos y para sintetizar algunas vitaminas, grasas y proteínas a partir de azúcares simples y amoniaco. Las levaduras también han contribuido al progreso científico por ser un buen modelo para el estudio y aclaración de los procesos bioquímicos y metabólicos básicos de las células eucarióticas vivas.

Figura 1. **Ciclo de vida digenético de la *Saccharomyces cerevisiae* (subcl. Endomicétidos)**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio 2010

### **2.2.2.2. Condiciones necesarias para la fermentación**

Para que se lleve a cabo la fermentación deben tenerse en cuenta diferentes factores.

- **Temperatura:** las levaduras son microorganismos mesófilos, esto hace que la fermentación pueda tener lugar en un rango de temperaturas desde los 13-14°C hasta los 33-35°C. Dentro de este intervalo, cuanto mayor sea la temperatura mayor será la velocidad del proceso fermentativo siendo también mayor la proporción de productos secundarios.
- **Aireación:** durante mucho tiempo se pensó que las levaduras eran microorganismos anaerobios estrictos, es decir, debía realizarse la fermentación en ausencia de oxígeno. Sin embargo, es un hecho erróneo ya que requieren una cierta aireación.



- pH: el pH debe mantenerse en un intervalo de 4 a 6, para el crecimiento óptimo de la cepa de levadura; si el pH es alcalino, su crecimiento es más lento.
- Nutrientes y activadores: las levaduras fermentativas necesitan los azúcares para su catabolismo, es decir para obtener la energía necesaria para sus procesos vitales, pero además necesitan otros sustratos para su anabolismo como el nitrógeno, fósforo, carbono, azufre, potasio, magnesio, calcio y vitaminas, especialmente tiamina (vitamina B1). Por ello es de vital importancia que el medio disponga de una base nutricional adecuada para poder llevar a cabo la fermentación. El nitrógeno es de todos el más importante. Una deficiencia hará que no les quede más remedio que atacar contra su pesar las gigantescas proteínas liberándose  $H_2S$  (aroma a huevos podridos).

### **2.2.3. Generalidades sobre la tecnología de la fermentación**

En la técnica bioquímica por lo general los microorganismos se desarrollan sobre el propio sustrato fermentable; que es por lo tanto apropiado como medio de cultivo, ya que contiene todas las sustancias alimenticias requeridas. El transcurso de la fermentación y el rendimiento en producto pueden ser influidos en gran manera por la variación del sustrato.

Las materias primas en la industria de la fermentación proceden sobre todo de las plantas. Contienen hidratos de carbono, compuestos nitrogenados y demás principios nutritivos. Entre las materias que contienen azúcar tenemos las melazas, suero, lejías sulfíticas, hidrolizados de madera, glucosa técnica y lactosa. Las materias que contienen almidón son los cereales, como el trigo, maíz, centeno, cebada y las patatas.

## **2.4. Humus**

El humus se caracteriza por un color oscuro que señala su riqueza en carbono orgánico. El humus está compuesto por ciertos productos orgánicos, de naturaleza coloidal, que proviene de la descomposición de los restos orgánicos. Se caracteriza por su color negrozco debido a la gran cantidad de carbono que contiene. Se encuentra principalmente en las partes altas de los suelos con actividad orgánica. Los elementos orgánicos que componen el humus son muy estables, es decir, su grado de descomposición es tan elevado que ya no se descomponen más y no sufren transformaciones considerables.

Presenta ácidos húmicos y fúlvicos que mejoran las condiciones del suelo, retienen la humedad y puede con facilidad unirse al nivel básico del suelo. Otorga líquido a los frutos. Introduce grandes cantidades de microorganismos benéficos al sustrato, que corresponden a los principales grupos fisiológicos del suelo.

### **2.4.1. Ácidos húmicos**

Las fuentes de minerales derivados de las plantas se conocen como el sustrato húmico del suelo o depósitos húmicos, y usualmente están en las capas superiores del suelo. El humus es producido a partir de fuentes vegetales en descomposición. Cuando estos depósitos contienen elementos biodisponibles, solubles en agua, también contendrán ácidos húmicos.

Los ácidos húmicos son una mezcla compleja de material orgánico, procedente de las hojas, ramas, troncos y demás, que están decayendo en el suelo. El proceso es llevado a cabo por microorganismos y hongos, produciéndose el ácido fúlvico.

Estos ácidos tienen la propiedad de formar compuestos de muy bajo peso molecular con iones de carga positiva, un proceso conocido como quelación. Los compuestos quelados de minerales, son altamente absorbibles por las plantas y animales. Este proceso de quelación natural, permite a las plantas almacenar, tanto vitaminas como minerales.

Los ácidos húmicos tienen estructura aromática compleja y variable, son compuestos de masa molecular entre 10 000 y 50 000 g/mol. Se clasifican en tres grupos: ácidos fúlvicos, ácidos húmicos y huminas de acuerdo a su solubilidad en diferentes solventes como agua, bromuro de acetilo, alcohol etílico y el hidróxido de sodio en solución.

Los ácidos fúlvicos representan la fracción de humus extraíble por álcali, que no precipita por ácidos y que tiene color amarillento rojo. Generalmente son compuestos fenólicos de peso molecular bajo.

Los ácidos húmicos se extraen con hidróxido de sodio y que puede precipitar por ácidos como el ácido clorhídrico. Generalmente son polímeros de alto peso molecular que forman coloides esferoidales, su capacidad de intercambio catiónico se debe a la presencia de la función ácido orgánico (-COOH) y de la función hidroxilo. La fracción de los ácidos húmicos soluble en etanol se denomina ácido himatomelánico, que es de color marrón rojizo.

Las huminas representan la fracción que sólo es soluble en solución de hidróxido de sodio caliente.

## 2.5. Actividad del agua

“Se define como la relación que existe entre la presión de vapor de un alimentado en relación con la presión de vapor del agua pura a la misma temperatura. Se denomina por regla general como  $a_w$  del idioma inglés (Wateractivity,  $a_w$ ). La actividad acuosa es un parámetro estrechamente ligado a la humedad del alimento lo que permite determinar su capacidad de conservación, de propagación microbiana, etc. La actividad acuosa junto con la temperatura, el pH y el oxígeno son los factores que más influyen en la estabilidad de los productos alimenticios.”<sup>5</sup>

---

<sup>5</sup>Oscar M Mayo [en línea] <http://oscarmm.mayo.uson.mx/alimentos.htm>. Consulta: 6 de noviembre de 2011.

### 3. DISEÑO METODOLÓGICO

#### 3.1. Variables

Para realizar la investigación deben tomarse en cuenta distintas variables.

**Tabla I. Variables involucradas en la evaluación del contenido nutricional del abono orgánico**

Variable		Factores perturbadores		Factor de diseño		Variable Respuesta
		Controlables	No controlables	Dependiente	Independiente	
Variantes	Tiempo de muestreo	x			x	
	Masa de levadura adicionada	x			x	
Parámetros fisicoquímicos	pH		x	x		
	Humedad		x	x		
	Temperatura		x	x		
Elementos mayores	Nitrógeno		x	x		x
	Fósforo		x	x		x
	Potasio		x	x		x
Reguladores del pH	Calcio		x	x		x
	Magnesio		x	x		x
Oligoelementos	Cobre		x	x		x
	Hierro		x	x		x
	Manganeso		x	x		x
	Zinc		x	x		x

Continuación de la tabla I.

	Aluminio		x	x		x
Otros parámetros	Ceniza		x	x		x
	Materia orgánica		x	x		x
	Relación C/N		x	x		x
	C orgánico		x	x		x

Fuente: elaboración propia.

### 3.1.1. Variables independientes

- Tiempo de fermentación: se evaluarán cinco tiempos de fermentación del abono orgánico.
- Levadura: se agregará levadura a la fabricación del abono.

### 3.1.2. Variables dependientes

- Humedad: se realizarán medidas de humedad del abono diarias, dos veces al día, durante el curso del proceso fermentativo; adicionando agua si ésta es menor al 40%.
- Temperatura: se realizarán lecturas diarias de la temperatura del abono, diariamente dos veces al día.
- pH: se medirá el índice de acidez del abono dos veces al día a lo largo de todo el proceso fermentativo.

- Fósforo: se medirá el fósforo del abono mediante análisis A-MO-2.
- Potasio: se medirá el potasio del abono mediante análisis A-MO-2.
- Calcio: se medirá el calcio del abono mediante análisis A-MO-2.
- Magnesio: se medirá el magnesio del abono mediante análisis A-MO-2.
- Cobre: se medirá el cobre del abono mediante análisis A-MO-2.
- Hierro: se medirá el hierro del abono mediante análisis A-MO-2.
- Manganeso: se medirá el manganeso del abono mediante un análisis A-MO-2.
- Zinc: se medirá el zinc del abono orgánico mediante análisis A-MO-2.
- Aluminio: se medirá el aluminio en el abono mediante análisis A-MO-2.
- Acidez intercambiable: se medirá la acidez intercambiable en el abono mediante análisis A-MO-2.
- Materia orgánica: se medirá el contenido de materia orgánica del abono mediante análisis A-MO-2.

### **3.2. Recursos humanos disponibles**

Investigador: Evelyn Edith Bran Avalos

Asesor: Ing. Qco. César Alfonso García Guerra

### 3.3. Recursos materiales disponibles y equipo

Fabricación del abono orgánico fermentado *Bocashi* mediante manufactura artesanal.

- Materiales para el proceso fermentativo
  - Orgánicos
    - 1800 kg de broza de encino
    - 1200 kg de gallinaza
    - 120 kg de carbón vegetal
    - 12 kg de concentrado de ganado
    - 12 kg de panela
  - Inorgánicos
    - 120 kg de ceniza de poyetón
    - 60 kg de tierra negra
  - Inoculante
    - 4 kg de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*)
  - Instrumentos de medición
    - Potenciómetro
    - Balanza
    - Termómetro
- Equipo
  - 4 palas
  - Bolsas de plástico
  - Recipientes de muestreo
  - Cubeta para la homogenización de la muestra compuesta
  - 2 Palas de jardinería



### **3.4. Técnica cualitativa o cuantitativa**

La información pertinente a cada lote de producción del abono, se determinó por un abanico de análisis cuantitativos, durante y después del proceso de fabricación artesanal. La investigación fue de tipo cuantitativa.

En cuanto a la información del estudio, se debió indicar por medio de hojas de control de los lotes, toda la información pertinente, en cuanto a las variables de monitoreo y operación. Una vez se hubo reunido toda la información requerida para validar o rechazar la hipótesis estadística en cuanto al análisis de variables, se procedió a analizar la información, para su posterior uso en el desarrollo del proceso de investigación.

### **3.5. Recolección y ordenamiento de la información**

La recolección de los datos a evaluar para la realización de la investigación se llevara a cabo a partir de la siguiente metodología.

Tabla II. Metodología a seguir para realizar la investigación

	Lote de fermentación	Variable	Tiempo de fabricación	Parámetros	
				In situ	Ex situ
<b>Bocashi</b>	1	Con levadura	Diciembre	T , pH, Humedad del abono	Elementos mayores (N, P, K). Reguladores del pH (Ca, Mg). Oligoelementos (Mn, Cu, Zn, Cu, Fe y Al). Acidez Intercambiable y Materia orgánica
		Sin levadura			
	2	Con levadura	Enero	T , pH, Humedad del abono	Elementos mayores (N, P, K). Reguladores del pH (Ca, Mg). Oligoelementos (Mn, Cu, Zn, Cu, Fe y Al). Acidez Intercambiable y Materia orgánica
		Sin levadura			
	3	Con levadura	Febrero	T , pH, Humedad del abono	Elementos mayores (N, P, K). Reguladores del pH (Ca, Mg). Oligoelementos (Mn, Cu, Zn, Cu, Fe y Al). Acidez Intercambiable y Materia orgánica
		Sin levadura			

Fuente: elaboración propia.

Formulación del abono orgánico tipo *Bocashi* de fermentación aerobia mediante manufactura artesanal

- Materiales
  - 180 kg de broza de encino

- 120 kg de gallinaza
- 50 kg de ceniza de poyetón
- 100 kg de carbón vegetal
- 15 kg de concentrado de ganado
- 5 kg de panela
- Palas
- Factor de variación
  - 1 kg de levadura

Nota: se producen 30 sacos de abono basándose en esas proporciones.

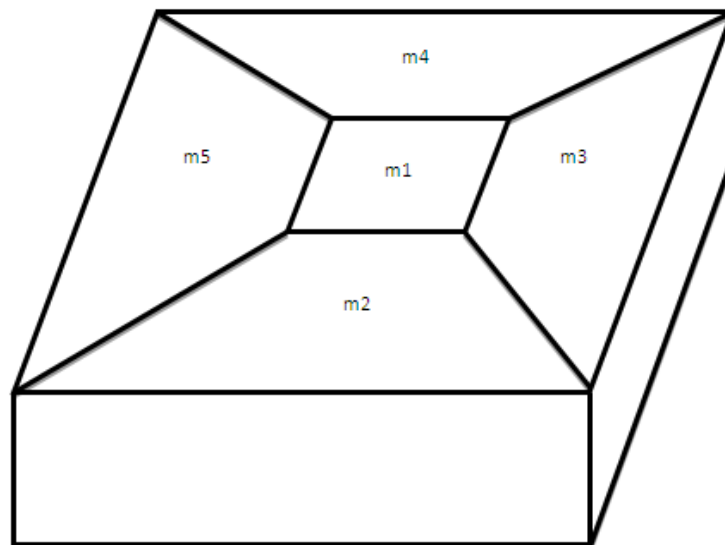
- Procedimiento
  - Disolver la panela en 18 galones de agua caliente.
  - Agregar a la solución de azúcares invertidas la levadura.
  - Mezclar todos los ingredientes con palas y regarlos con la solución de azúcares invertidas y levadura.
  - Homogenizar la mezcla y saturarla de aire dos veces por día con palas durante veinticinco días.
  - Monitorear la temperatura del abono dos veces por día, durante todo el proceso fermentativo del lote, en cinco puntos de muestreo, generando así una muestra combinada.
  - Si la temperatura sobrepasaba los 50°C, voltear la pila de abono manualmente y extenderla en el suelo.
  - De la muestra combinada, pesar 20 g de abono, agregar agua hasta obtener una solución de concentración 50% en peso, agitar y dejar reposar para medir después el pH con la ayuda de un potenciómetro.
  - Pesar 20 gramos de abono de la muestra combinada, y dejar secar al sol para luego volver a pesar.

- Calcular la humedad de la muestra restando al peso de la muestra húmeda el peso de la muestra seca; obteniendo así el contenido de agua del abono en gramos.
- Si la humedad del abono es menor al 40%, se adiciona agua hasta que la humedad sea la deseada.

Nota: se realizaron dos lotes de producción de abono *Bocashi*, uno de los cuales no contenía levadura y se realizaron tres repeticiones.

Se tomaron muestras de los dos lotes de *Bocashi* a los 5, 10, 15, 20 y 25 días de fermentación. Se enviaron las muestras al laboratorio de suelos de Anacafe para poder evaluar el contenido de nutrientes en cada una de las muestras.

**Figura 2. Descripción para toma de muestras de abono *Bocashi* en función del tiempo para la fermentación aerobia**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio 2010

- De cada punto marcado se tomo una submuestra de aproximadamente 0,5 kg, para formar la muestra compuesta.
- Se homogenizo la muestra, en un recipiente de plástico manualmente.
- Se tomó una muestra de 0,5 kg de la muestra compuesta.

### 3.6. Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información

La recopilación de datos, se llevó en hojas de control, que detallen la siguiente información:

Tabla III. **Tabla de toma de datos por lote producido de abono *Bocashi***

Lote	Tiempo de fermentación	Parámetro	Valor	Unidades
Con levadura	5 días	pH		
		Nitrógeno		
		Fósforo		
		Potasio		
		Calcio		
		Magnesio		
		Cobre		
		Hierro		
		Manganeso		
		Zinc		
		% Materia orgánica		
		% Cenizas		
		Relación C/N		

Fuente: elaboración propia.

Tabla IV. **Tabla de toma de datos por lote producido de abono *Bocashi***

<b>Lote</b>	<b>Tiempo de fermentación</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidades</b>
Sin levadura	5 días	Nitrógeno	Valor <sub>1</sub>	%
		Fósforo	Valor <sub>2</sub>	%
		Potasio	Valor <sub>3</sub>	%
		Calcio	Valor <sub>4</sub>	%
		Magnesio	Valor <sub>5</sub>	%
		Cobre	Valor <sub>6</sub>	ppm
		Hierro	Valor <sub>7</sub>	ppm
		Manganeso	Valor <sub>8</sub>	ppm
		Zinc	Valor <sub>9</sub>	ppm
		% Carbono orgánico	Valor <sub>10</sub>	%
		% Materia orgánica	Valor <sub>11</sub>	%
		% Cenizas	Valor <sub>12</sub>	%
		Relación C/N	Valor <sub>13</sub>	--

Fuente: elaboración propia.

Nota: el formato de la tabla se realizó para los seis lotes de abono y para los cinco diferentes tiempos de fermentación.

Tabla V. Tabla de monitoreo del abono *Bocashi*

Lote	Día No.	pH	Peso de muestra húmeda (gr)	Peso de la muestra seca (gr)	Temperatura (°C)
Con levadura	1	pH <sub>1</sub>	Peso <sub>1</sub>	Peso <sub>1</sub>	Temperatura <sub>1</sub>
	2	pH <sub>2</sub>	Peso <sub>2</sub>	Peso <sub>2</sub>	Temperatura <sub>2</sub>
	3	pH <sub>3</sub>	Peso <sub>3</sub>	Peso <sub>3</sub>	Temperatura <sub>3</sub>
	4	pH <sub>4</sub>	Peso <sub>4</sub>	Peso <sub>4</sub>	Temperatura <sub>4</sub>
	5	pH <sub>5</sub>	Peso <sub>5</sub>	Peso <sub>5</sub>	Temperatura <sub>5</sub>
	6	pH <sub>6</sub>	Peso <sub>6</sub>	Peso <sub>6</sub>	Temperatura <sub>6</sub>
	7	pH <sub>7</sub>	Peso <sub>7</sub>	Peso <sub>7</sub>	Temperatura <sub>7</sub>
	8	pH <sub>8</sub>	Peso <sub>8</sub>	Peso <sub>8</sub>	Temperatura <sub>8</sub>
	9	pH <sub>9</sub>	Peso <sub>9</sub>	Peso <sub>9</sub>	Temperatura <sub>9</sub>
	10	pH <sub>10</sub>	Peso <sub>10</sub>	Peso <sub>10</sub>	Temperatura <sub>10</sub>
	11	pH <sub>11</sub>	Peso <sub>11</sub>	Peso <sub>11</sub>	Temperatura <sub>11</sub>
	12	pH <sub>12</sub>	Peso <sub>12</sub>	Peso <sub>12</sub>	Temperatura <sub>12</sub>
	13	pH <sub>13</sub>	Peso <sub>13</sub>	Peso <sub>13</sub>	Temperatura <sub>13</sub>
	14	pH <sub>14</sub>	Peso <sub>14</sub>	Peso <sub>14</sub>	Temperatura <sub>14</sub>
	15	pH <sub>15</sub>	Peso <sub>15</sub>	Peso <sub>15</sub>	Temperatura <sub>15</sub>
	16	pH <sub>16</sub>	Peso <sub>16</sub>	Peso <sub>16</sub>	Temperatura <sub>16</sub>
	17	pH <sub>17</sub>	Peso <sub>17</sub>	Peso <sub>17</sub>	Temperatura <sub>17</sub>
	18	pH <sub>18</sub>	Peso <sub>18</sub>	Peso <sub>18</sub>	Temperatura <sub>18</sub>
	19	pH <sub>19</sub>	Peso <sub>19</sub>	Peso <sub>19</sub>	Temperatura <sub>19</sub>
	20	pH <sub>20</sub>	Peso <sub>20</sub>	Peso <sub>20</sub>	Temperatura <sub>20</sub>
	21	pH <sub>21</sub>	Peso <sub>21</sub>	Peso <sub>21</sub>	Temperatura <sub>21</sub>
	22	pH <sub>22</sub>	Peso <sub>22</sub>	Peso <sub>22</sub>	Temperatura <sub>22</sub>
	23	pH <sub>23</sub>	Peso <sub>23</sub>	Peso <sub>23</sub>	Temperatura <sub>23</sub>
	24	pH <sub>24</sub>	Peso <sub>24</sub>	Peso <sub>24</sub>	Temperatura <sub>24</sub>
	25	pH <sub>25</sub>	Peso <sub>25</sub>	Peso <sub>25</sub>	Temperatura <sub>25</sub>

Fuente: elaboración propia.

Tabla VI. **Tabla de monitoreo del abono *Bocashi* sin levadura**

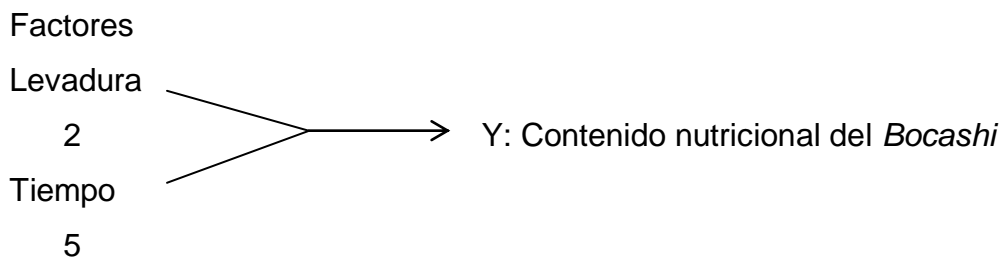
Lote	Día No.	pH	Peso de muestra húmeda (gr)	Peso de la muestra seca (gr)	Temperatura (°C)
Sin levadura	1	pH <sub>1</sub>	Peso <sub>1</sub>	Peso <sub>1</sub>	Temperatura <sub>1</sub>
	2	pH <sub>2</sub>	Peso <sub>2</sub>	Peso <sub>2</sub>	Temperatura <sub>2</sub>
	3	pH <sub>3</sub>	Peso <sub>3</sub>	Peso <sub>3</sub>	Temperatura <sub>3</sub>
	4	pH <sub>4</sub>	Peso <sub>4</sub>	Peso <sub>4</sub>	Temperatura <sub>4</sub>
	5	pH <sub>5</sub>	Peso <sub>5</sub>	Peso <sub>5</sub>	Temperatura <sub>5</sub>
	6	pH <sub>6</sub>	Peso <sub>6</sub>	Peso <sub>6</sub>	Temperatura <sub>6</sub>
	7	pH <sub>7</sub>	Peso <sub>7</sub>	Peso <sub>7</sub>	Temperatura <sub>7</sub>
	8	pH <sub>8</sub>	Peso <sub>8</sub>	Peso <sub>8</sub>	Temperatura <sub>8</sub>
	9	pH <sub>9</sub>	Peso <sub>9</sub>	Peso <sub>9</sub>	Temperatura <sub>9</sub>
	10	pH <sub>10</sub>	Peso <sub>10</sub>	Peso <sub>10</sub>	Temperatura <sub>10</sub>
	11	pH <sub>11</sub>	Peso <sub>11</sub>	Peso <sub>11</sub>	Temperatura <sub>11</sub>
	12	pH <sub>12</sub>	Peso <sub>12</sub>	Peso <sub>12</sub>	Temperatura <sub>12</sub>
	13	pH <sub>13</sub>	Peso <sub>13</sub>	Peso <sub>13</sub>	Temperatura <sub>13</sub>
	14	pH <sub>14</sub>	Peso <sub>14</sub>	Peso <sub>14</sub>	Temperatura <sub>14</sub>
	15	pH <sub>15</sub>	Peso <sub>15</sub>	Peso <sub>15</sub>	Temperatura <sub>15</sub>
	16	pH <sub>16</sub>	Peso <sub>16</sub>	Peso <sub>16</sub>	Temperatura <sub>16</sub>
	17	pH <sub>17</sub>	Peso <sub>17</sub>	Peso <sub>17</sub>	Temperatura <sub>17</sub>
	18	pH <sub>18</sub>	Peso <sub>18</sub>	Peso <sub>18</sub>	Temperatura <sub>18</sub>
	19	pH <sub>19</sub>	Peso <sub>19</sub>	Peso <sub>19</sub>	Temperatura <sub>19</sub>
	20	pH <sub>20</sub>	Peso <sub>20</sub>	Peso <sub>20</sub>	Temperatura <sub>20</sub>
	21	pH <sub>21</sub>	Peso <sub>21</sub>	Peso <sub>21</sub>	Temperatura <sub>21</sub>
	22	pH <sub>22</sub>	Peso <sub>22</sub>	Peso <sub>22</sub>	Temperatura <sub>22</sub>
	23	pH <sub>23</sub>	Peso <sub>23</sub>	Peso <sub>23</sub>	Temperatura <sub>23</sub>
	24	pH <sub>24</sub>	Peso <sub>24</sub>	Peso <sub>24</sub>	Temperatura <sub>24</sub>
	25	pH <sub>25</sub>	Peso <sub>25</sub>	Peso <sub>25</sub>	Temperatura <sub>25</sub>

Fuente: elaboración propia.



### 3.7. Análisis estadístico

Se realizaran 2 tratamientos previos con 3 repeticiones dando un total de 6 preparaciones de abono como muestras. Se tomarán muestras de cada lote en cinco tiempos de fermentación.



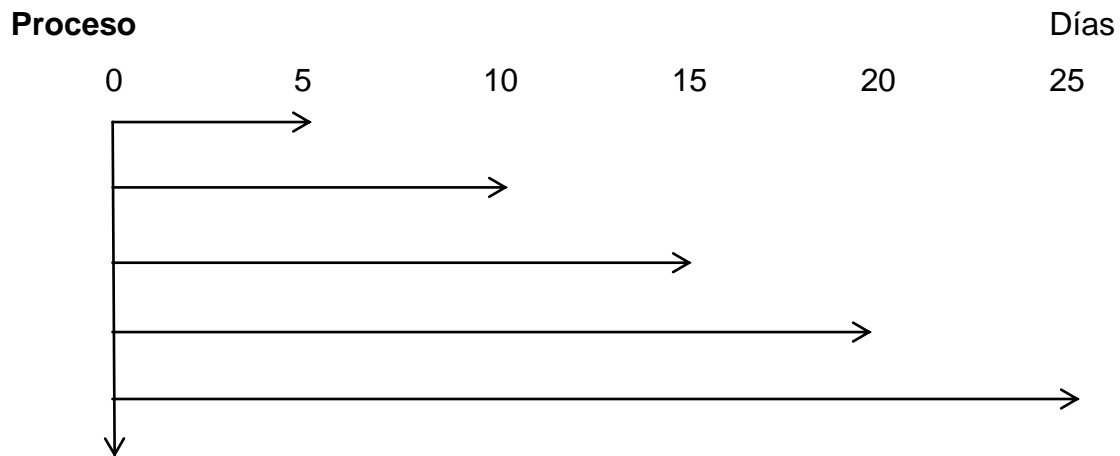
Experimento factorial 2 x 5 en un diseño en bloques al azar con 3 repeticiones

Tabla VII. **Tratamientos del experimento**

Tiempo	Levadura	
	Con levadura	Sin levadura
B <sub>1</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>1</sub>
B <sub>2</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>2</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>2</sub>
B <sub>3</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>3</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>3</sub>
B <sub>4</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>4</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>4</sub>
B <sub>5</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>5</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>5</sub>

Fuente: elaboración propia.

Figura 3. Desarrollo del proceso



Fuente: elaboración propia.

- El criterio para formar los bloques son los meses en que se elaborará el *Bocashi* (diciembre, enero y febrero).
- La unidad experimental: cantidad de *Bocashi* premezclado, para cada medición.
- Aleatorización: el proceso de medición debe de ser al azar, a cada muestra se le asignara un numero al azar.

Manejo del experimento

Variables de respuesta: contenido nutricional del abono (N, P, K, Ca, Mg, Cu, Zn, contenido de materia orgánica, contenido de acidez intercambiable)

Análisis Estadístico

Se realizará un ANDEVA (análisis de varianza) a los resultados:

El modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + R_k + \Sigma_{ijk}$$

Donde:

$\alpha_i$ : efecto de la levadura

$\beta_j$ : efecto del tiempo de fermentación

$\alpha\beta_{ij}$ : la interacción entre el efecto de la levadura y el tiempo de fermentación

$R_k$ : efecto de los meses en que se preparará el abono

$\Sigma_{ijk}$ : error experimental

Tabla VIII. **Análisis de varianza para el experimento de bloque aleatorio**

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrática	Fo
Tratamientos	$a$ $\sum_{i=1} y_i^2 / b - y^2 / ab$	$a - 1$	$(SS_{\text{tratamientos}}) / (a - 1)$	$(MS_{\text{tratamientos}}) / MS_E$
Bloques	$b$ $\sum_{j=1} y_j^2 / a - y^2 / ab$	$b - 1$	$(SS_{\text{bloques}}) / (b - 1)$	
Error	$SS_E$ (por sustracción)	$(a - 1)(b - 1)$	$(SS_E) / [(a - 1)(b - 1)]$	
Total	$A \ b$ $\sum_{i=1} \sum_{j=1} y_{ij}^2 - y^2 / ab$	$ab - 1$		

Fuente: elaboración propia.

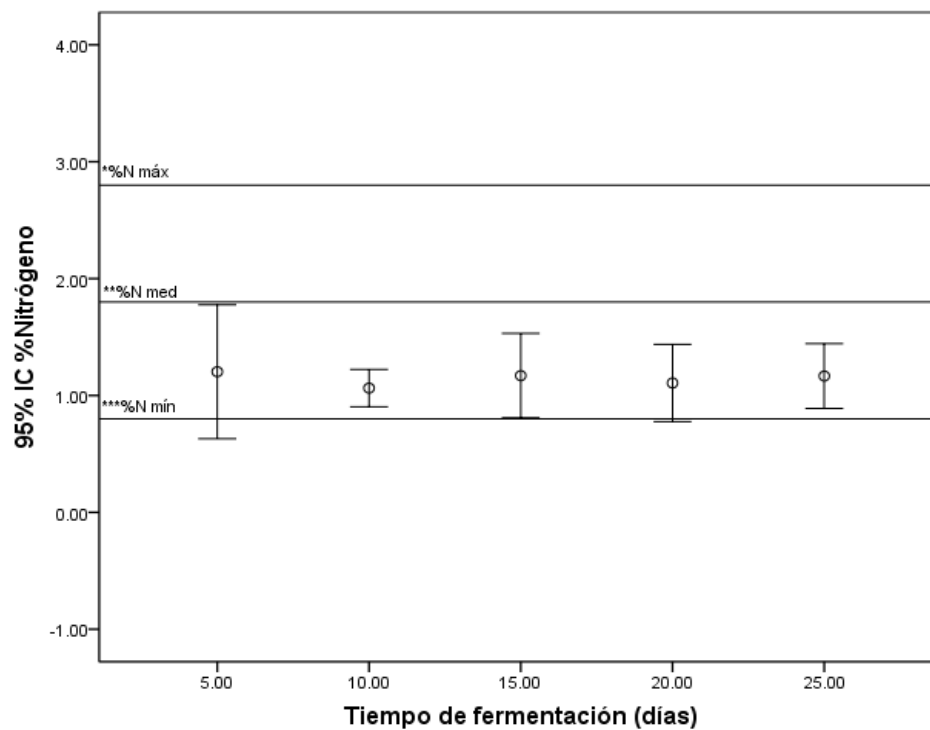
Decisión: Si  $F \geq F_{\text{tabla}}$  se rechaza la hipótesis nula



## 4. RESULTADOS

Los resultados obtenidos en la investigación se compararon y evaluaron de manera gráfica.

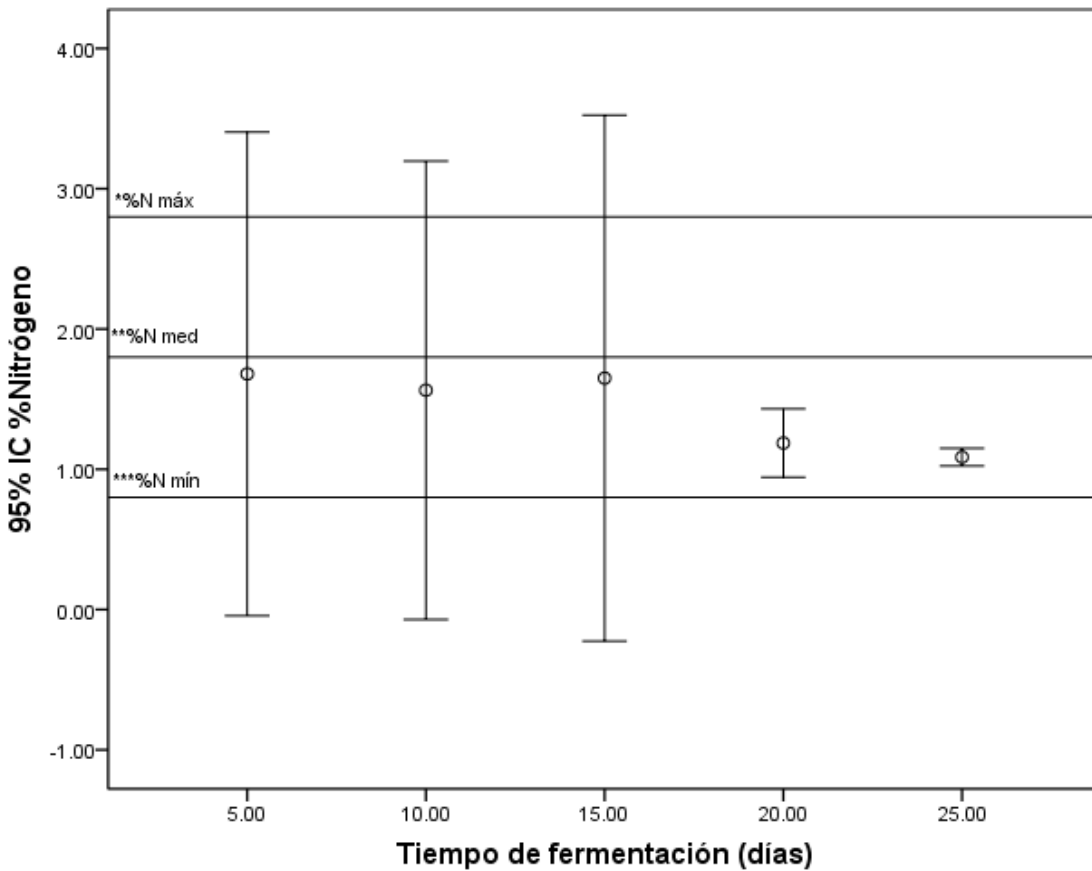
Figura 4. **Evaluación de Nitrógeno en función del tiempo de fermentación en el *Bocashi* con 0,20% composición de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*)**



\*%Nitrógeno adecuado máximo recomendado por Analab para abonos orgánicos  
\*\*%Nitrógeno adecuado medio recomendado por Analab para abonos orgánicos  
\*\*\*%Nitrógeno adecuado mínimo recomendado por Analab para abonos orgánicos

Fuente: elaboración propia.

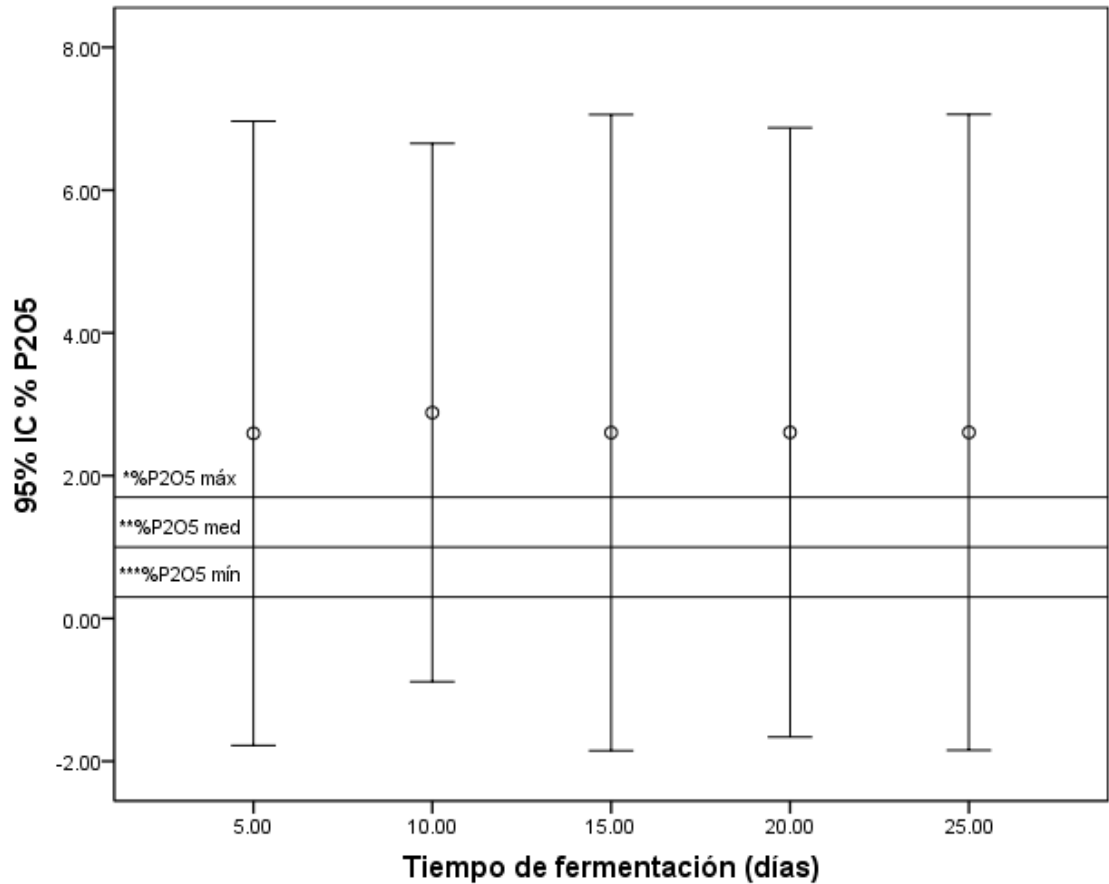
Figura 5. Evaluación de nitrógeno en función del tiempo de fermentación en el *Bocashi* 0% composición de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*)



\*%Nitrógeno adecuado máximo recomendado por Analab para abonos orgánicos  
 \*\*%Nitrógeno adecuado medio recomendado por Analab para abonos orgánicos  
 \*\*\*%Nitrógeno adecuado mínimo recomendado por Analab para abonos orgánicos

Fuente: elaboración propia.

Figura 6. Evaluación de  $P_2O_5$  en función del tiempo de fermentación en el *Bocashi* 0,20% composición de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*)



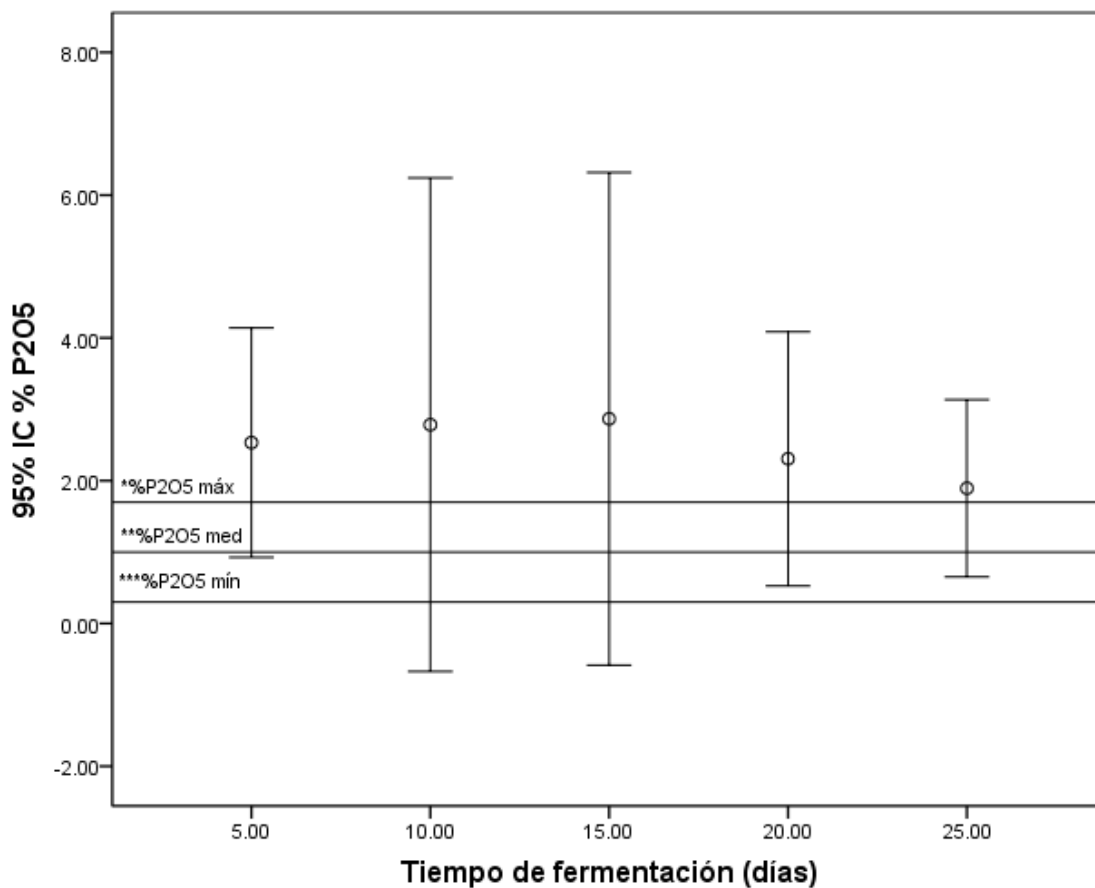
\*% $P_2O_5$  adecuado máximo recomendado por Analab para abonos orgánicos

\*\*% $P_2O_5$  adecuado medio recomendado por Analab para abonos orgánicos

\*\*\*% $P_2O_5$  adecuado mínimo recomendado por Analab para abonos orgánicos

Fuente: elaboración propia.

Figura 7. Evaluación de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> en función del tiempo de fermentación en el *Bocashi 0%* composición de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*)



\*%P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> adecuado máximo recomendado por Analab para abonos orgánicos

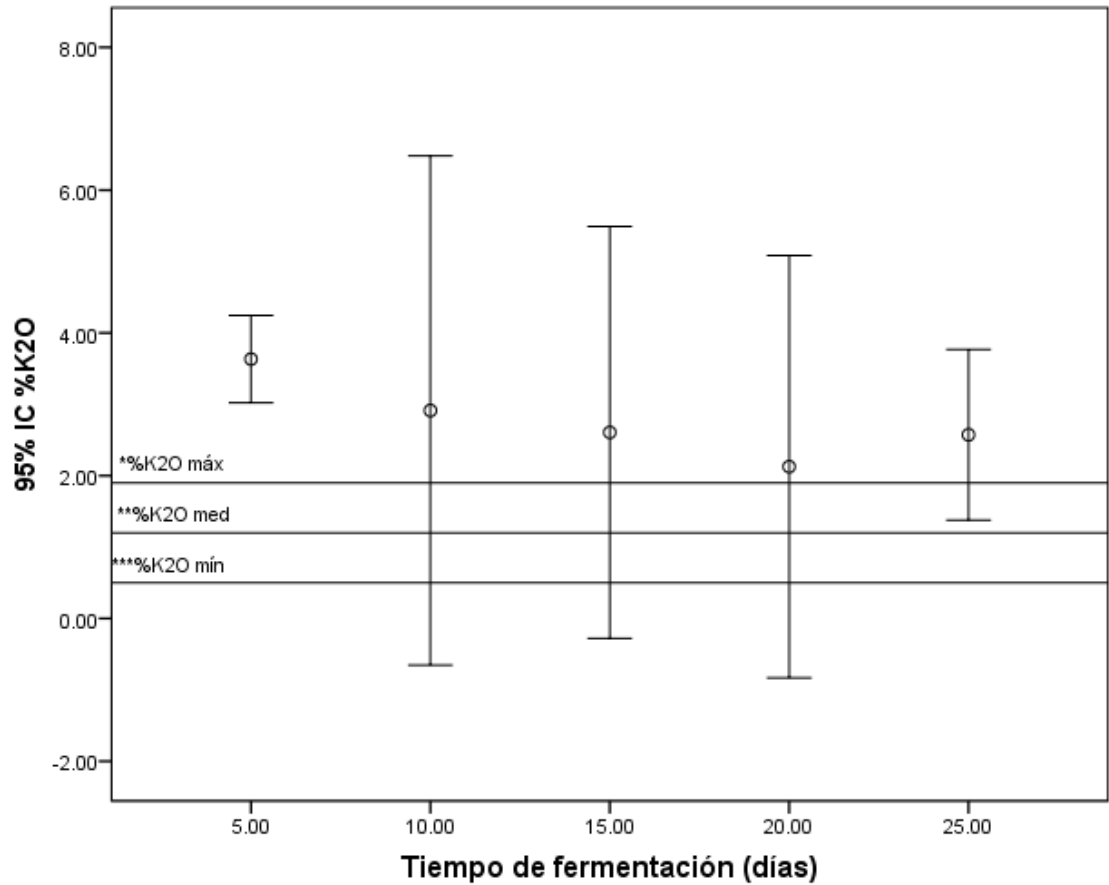
\*\*%P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> adecuado medio recomendado por Analab para abonos orgánicos

\*\*\*%P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> adecuado mínimo recomendado por Analab para abonos orgánicos

Fuente: elaboración propia.



Figura 8. Evaluación de  $K_2O$  en función del tiempo de fermentación en el *Bocashi* 0,20% composición de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*)



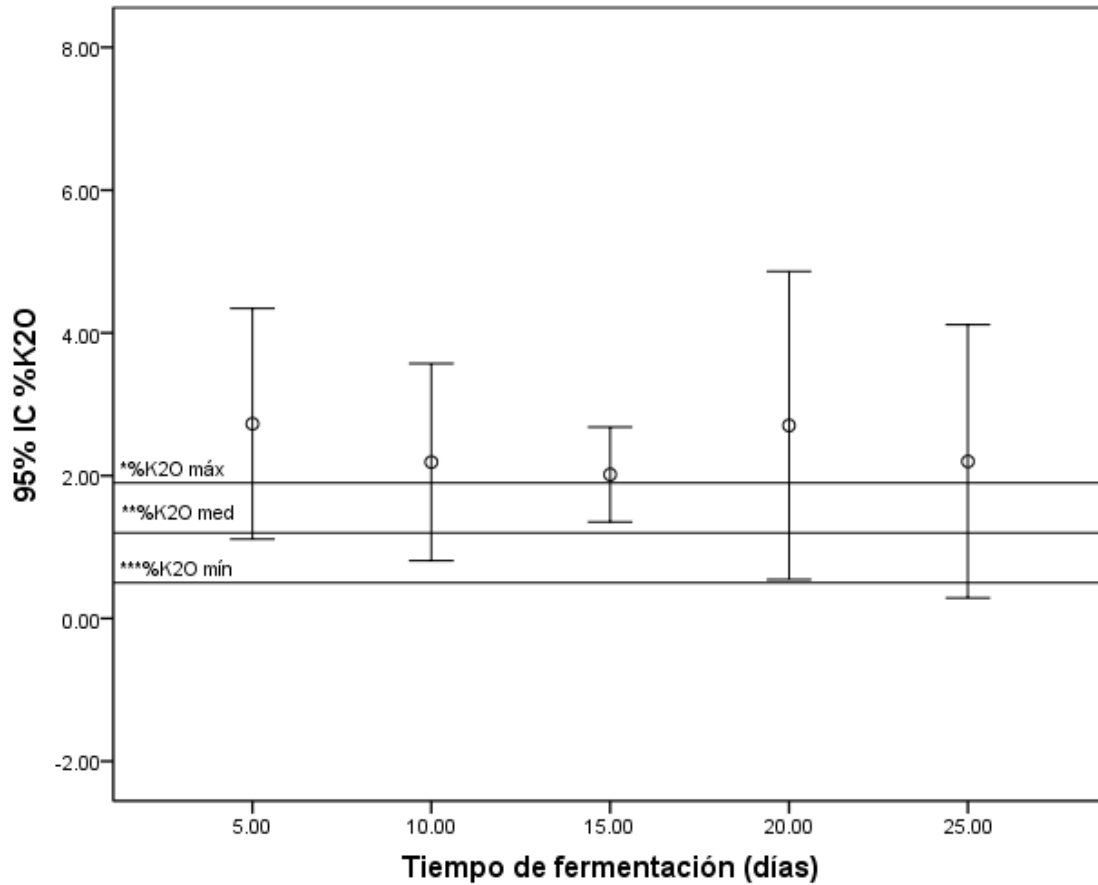
\*%K<sub>2</sub>O adecuado máximo recomendado por Analab para abonos orgánicos

\*\*%K<sub>2</sub>O adecuado medio recomendado por Analab para abonos orgánicos

\*\*\*%K<sub>2</sub>O adecuado mínimo recomendado por Analab para abonos orgánicos

Fuente: elaboración propia.

Figura 9. Evaluación de  $K_2O$  en función del tiempo de fermentación en el *Bocashi* 0% composición de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*)



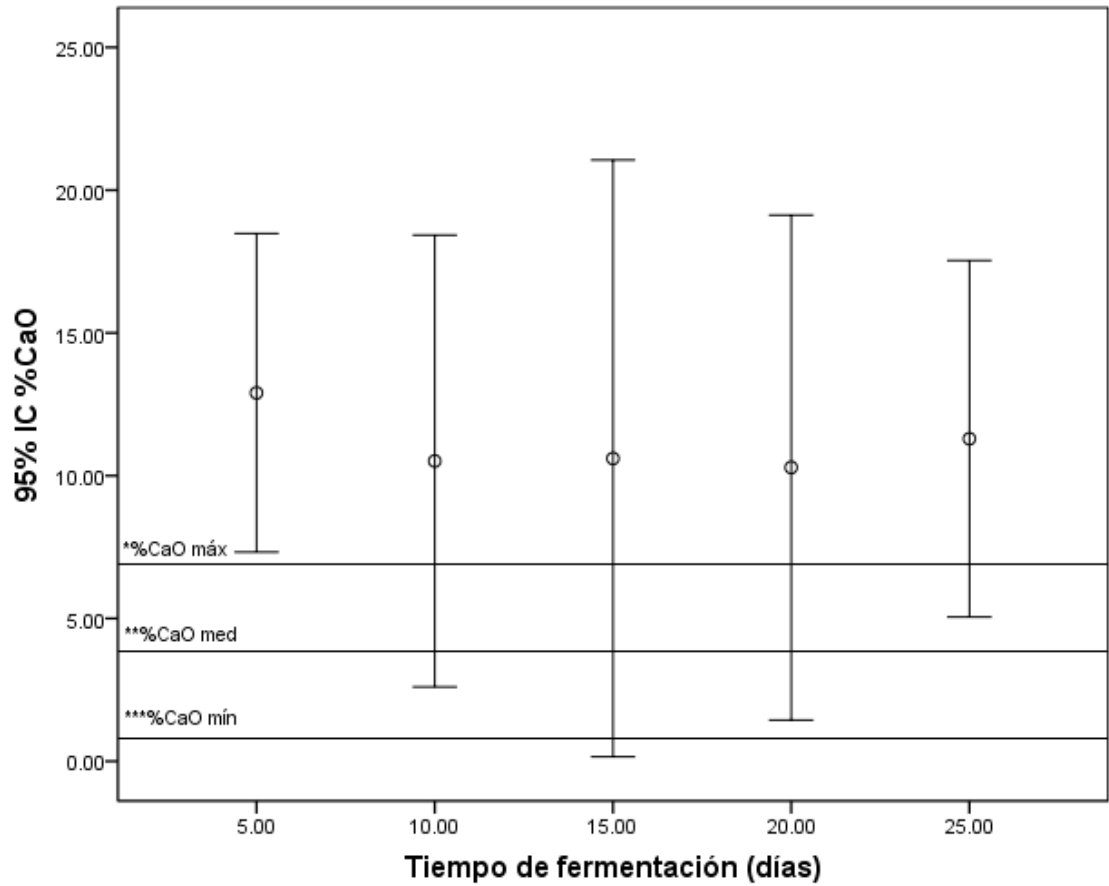
\*% $K_2O$  adecuado máximo recomendado por Analab para abonos orgánicos

\*\*% $K_2O$  adecuado medio recomendado por Analab para abonos orgánicos

\*\*\*% $K_2O$  adecuado mínimo recomendado por Analab para abonos orgánicos

Fuente: elaboración propia.

Figura 10. Evaluación de CaO en función del tiempo de fermentación en el *Bocashi* 0,20% composición de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*)



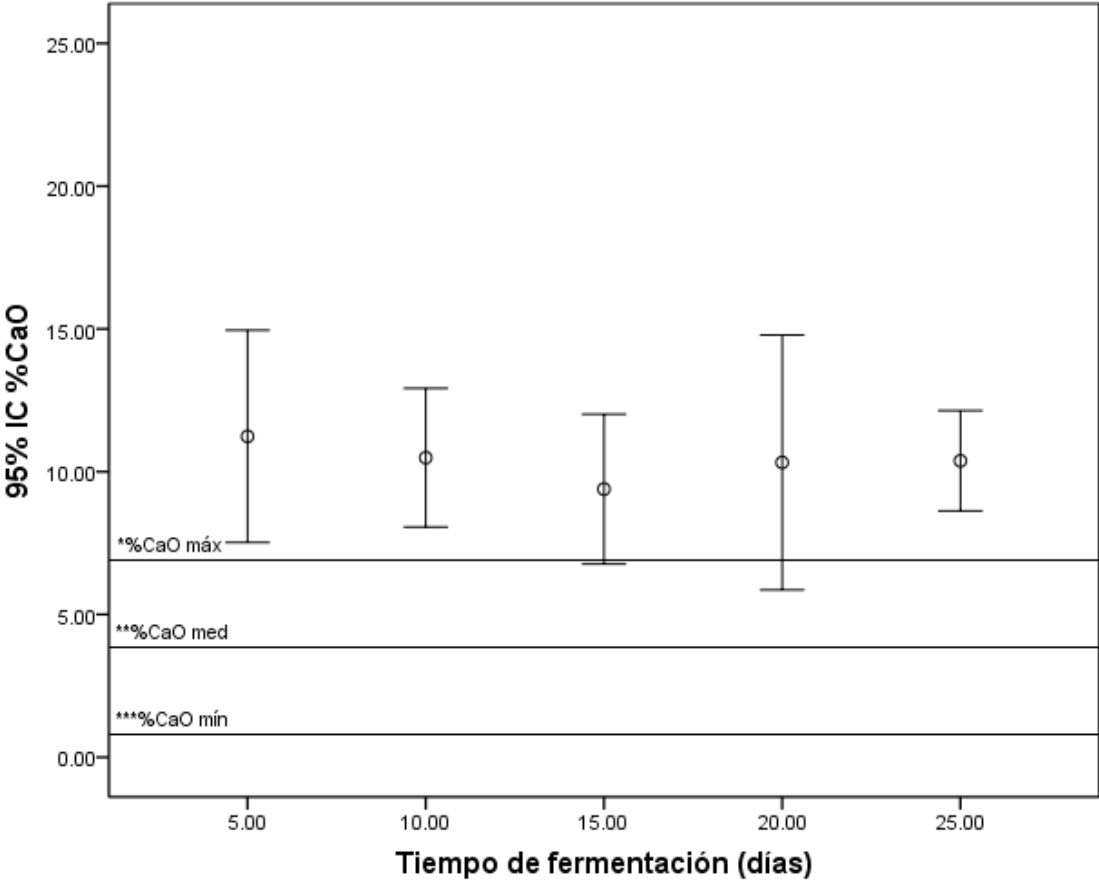
\*%CaO adecuado máximo recomendado por Analab para abonos orgánicos

\*\*%CaO adecuado medio recomendado por Analab para abonos orgánicos

\*\*\*%CaO adecuado mínimo recomendado por Analab para abonos orgánicos

Fuente: elaboración propia.

Figura 11. Evaluación de CaO en función del tiempo de fermentación en el *Bocashi* 0% composición de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*)



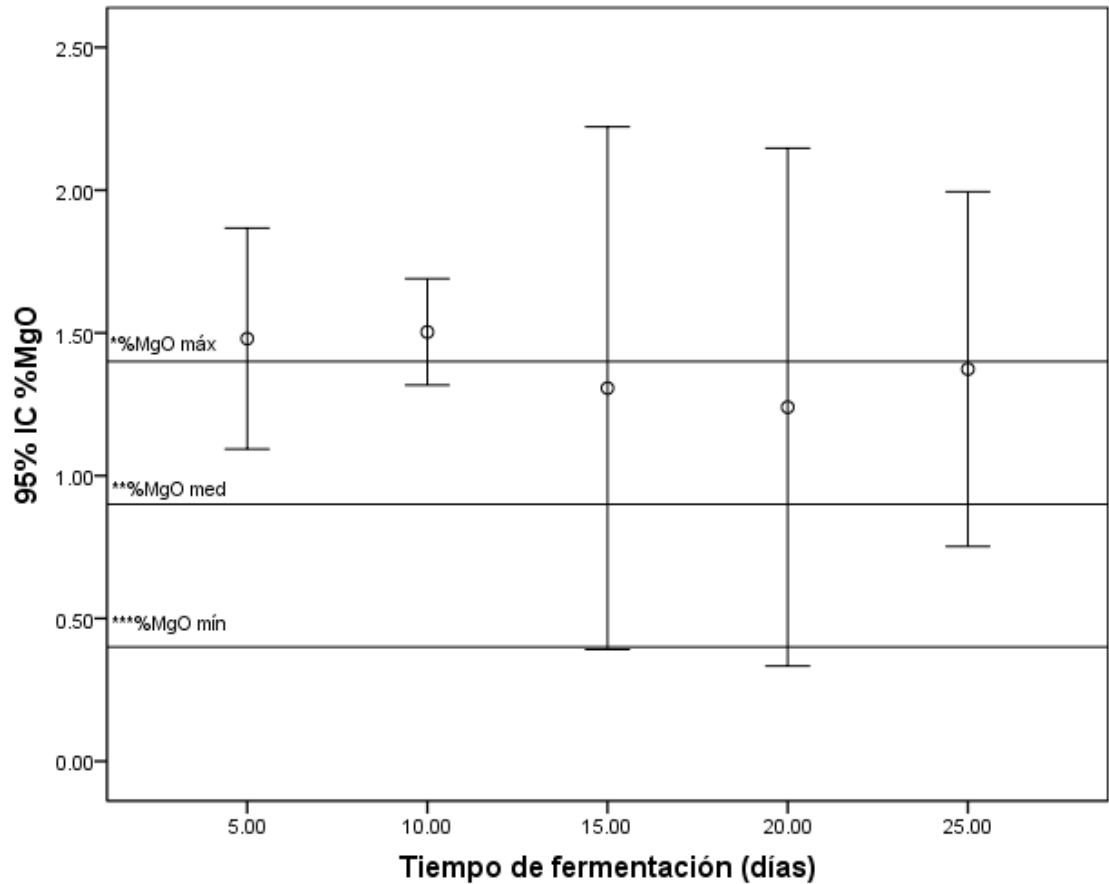
\*%CaO adecuado máximo recomendado por Analab para abonos orgánicos

\*\*%CaO adecuado medio recomendado por Analab para abonos orgánicos

\*\*\*%CaO adecuado mínimo recomendado por Analab para abonos orgánicos

Fuente: elaboración propia.

Figura 12. Evaluación de MgO en función del tiempo de fermentación en el *Bocashi* 0,20% composición de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*)



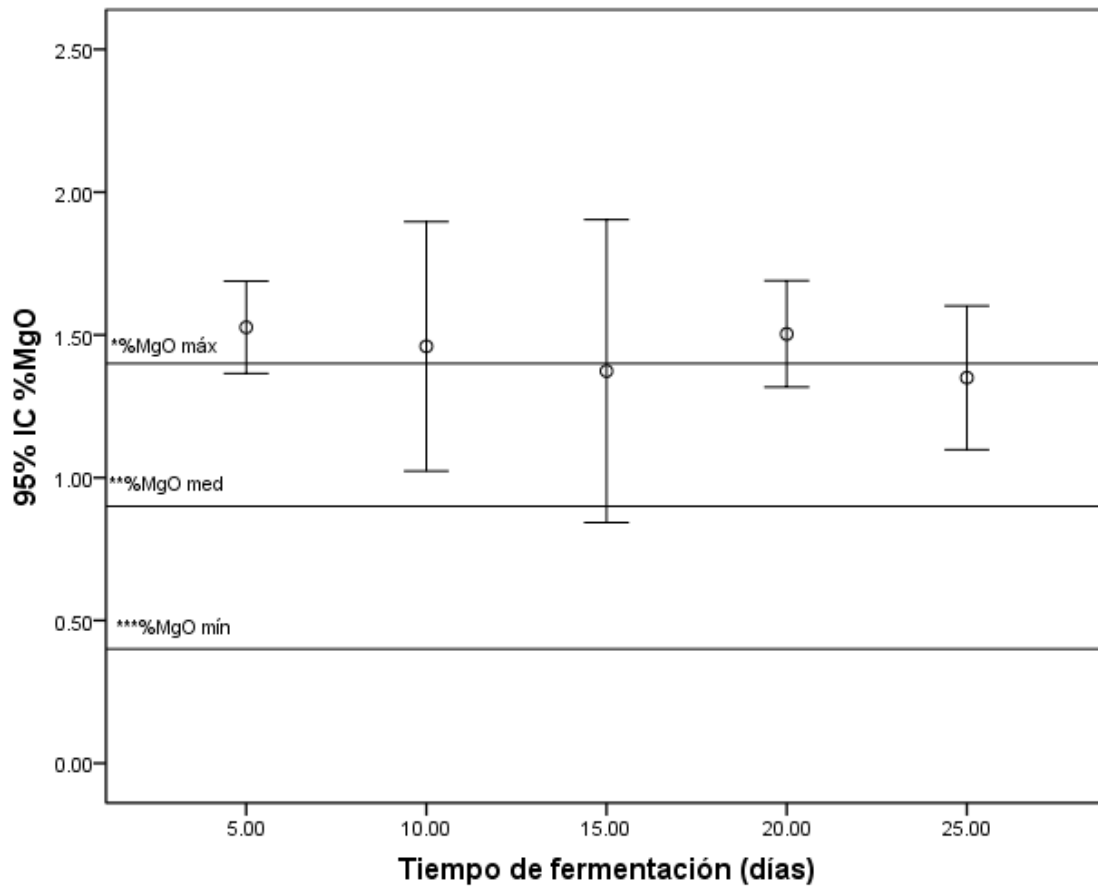
\*%MgO adecuado máximo recomendado por Analab para abonos orgánicos

\*\*%MgO adecuado medio recomendado por Analab para abonos orgánicos

\*\*\*%MgO adecuado mínimo recomendado por Analab para abonos orgánicos

Fuente: elaboración propia.

Figura 13. Evaluación de MgO en función del tiempo de fermentación en el *Bocashi* 0% composición de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*)



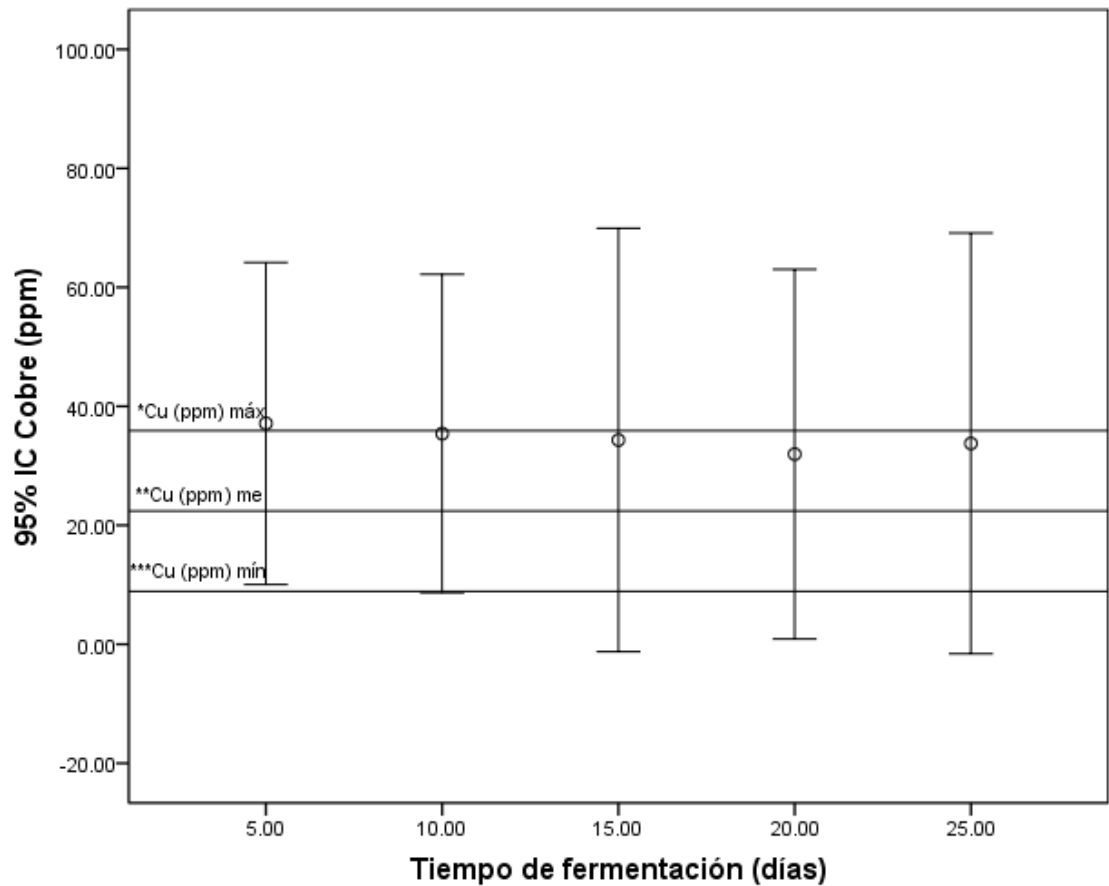
\*%MgO adecuado máximo recomendado por Analab para abonos orgánicos

\*\*%MgO adecuado medio recomendado por Analab para abonos orgánicos

\*\*\*%MgO adecuado mínimo recomendado por Analab para abonos orgánicos

Fuente: elaboración propia.

Figura 14. Evaluación de cobreen función del tiempo de fermentación en el *Bocashi* 0,20% composición de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*)



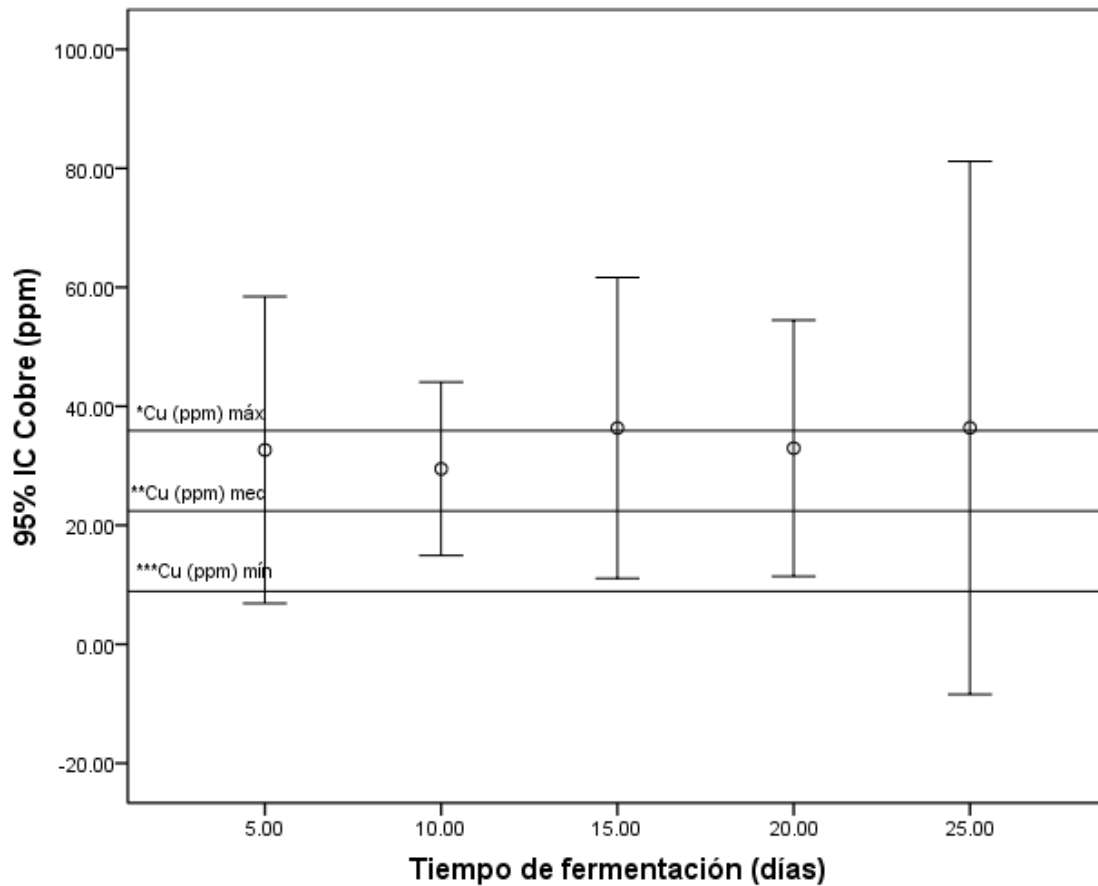
\*%Cobre (ppm) adecuado máximo recomendado por Analab para abonos orgánicos

\*\*%Cobre (ppm) adecuado medio recomendado por Analab para abonos orgánicos

\*\*\*%Cobre (ppm) adecuado mínimo recomendado por Analab para abonos orgánicos

Fuente: elaboración propia.

Figura 15. Evaluación de cobreen función del tiempo de fermentación en el *Bocashi* 0% composición de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*)



\*%Cobre (ppm) adecuado máximo recomendado por Analab para abonos orgánicos

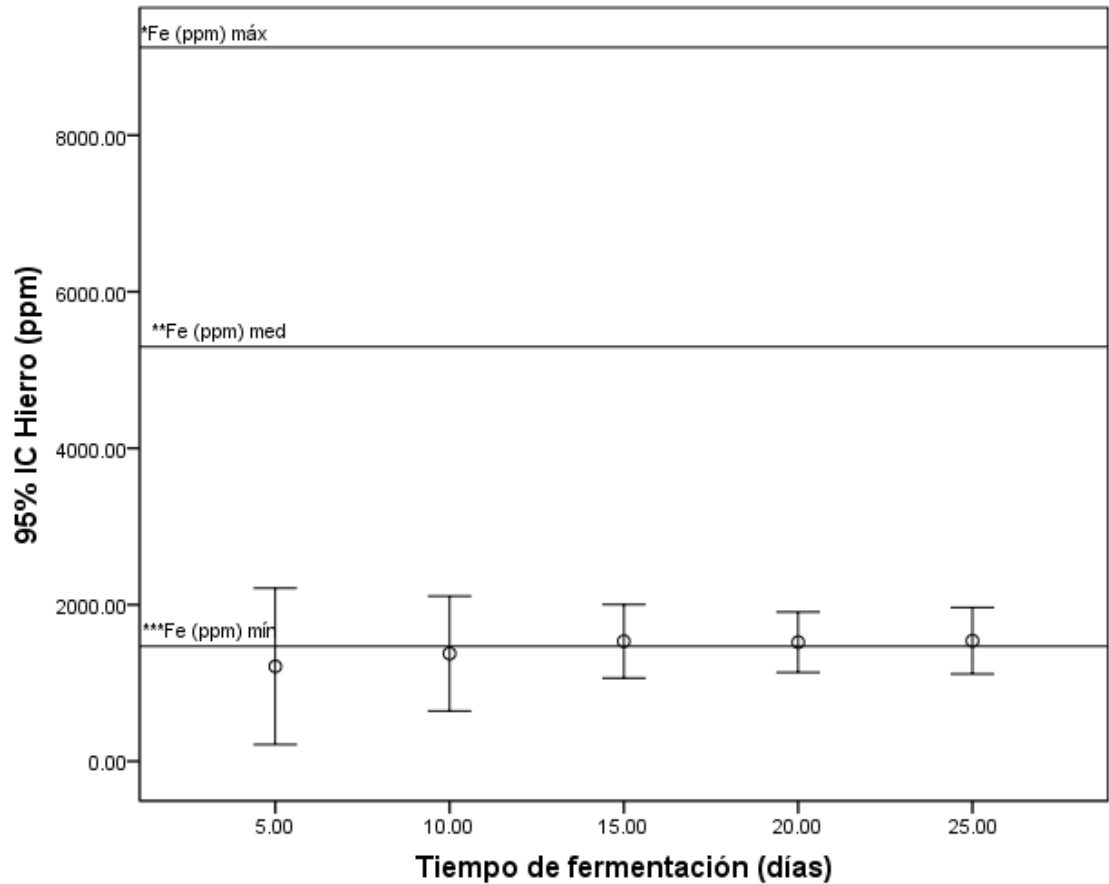
\*\*%Cobre (ppm) adecuado medio recomendado por Analab para abonos orgánicos

\*\*\*%Cobre (ppm) adecuado mínimo recomendado por Analab para abonos orgánicos

Fuente: elaboración propia.



Figura 16. Evaluación de hierro en función del tiempo de fermentación en el *Bocashi* 0,20% composición de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*)



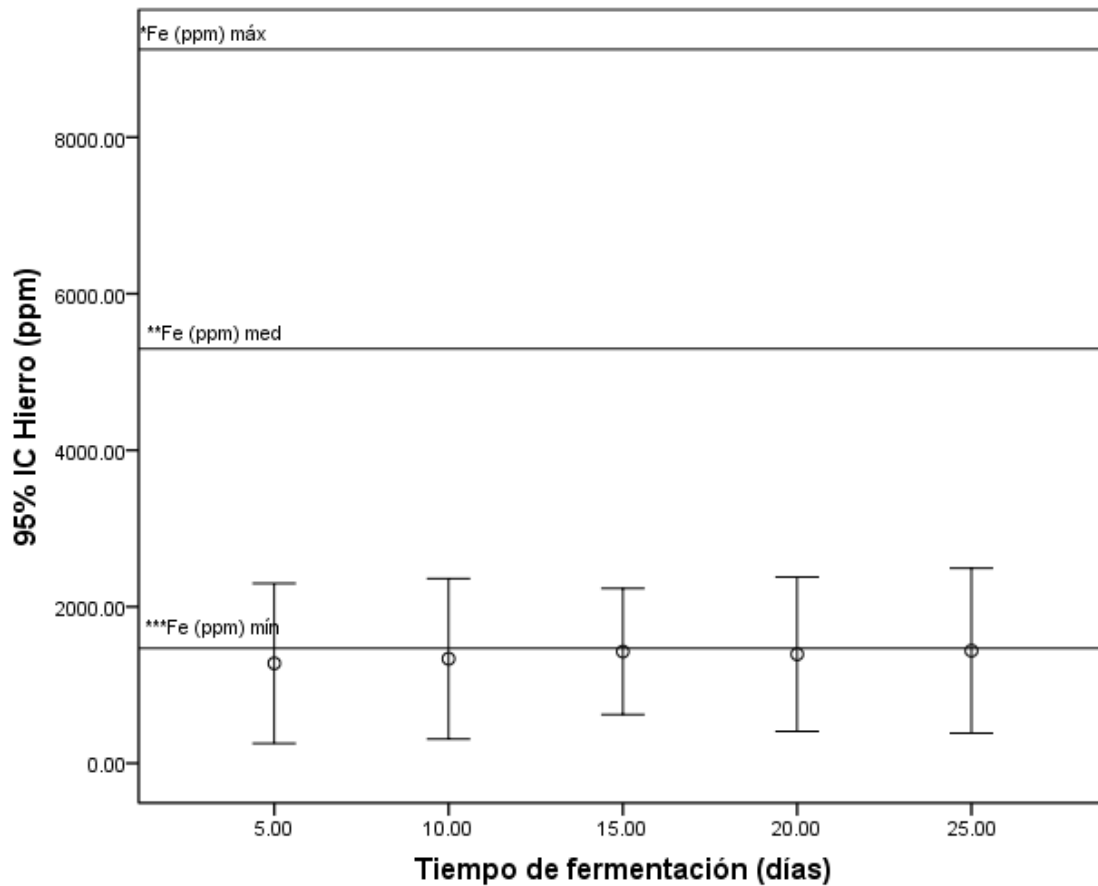
\*%Hierro (ppm) adecuado máximo recomendado por Analab para abonos orgánicos

\*\*%Hierro (ppm) adecuado medio recomendado por Analab para abonos orgánicos

\*\*\*%Hierro (ppm) adecuado mínimo recomendado por Analab para abonos orgánicos

Fuente: elaboración propia.

Figura 17. Evaluación de hierro en función del tiempo de fermentación en el *Bocashi* 0% composición de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*)



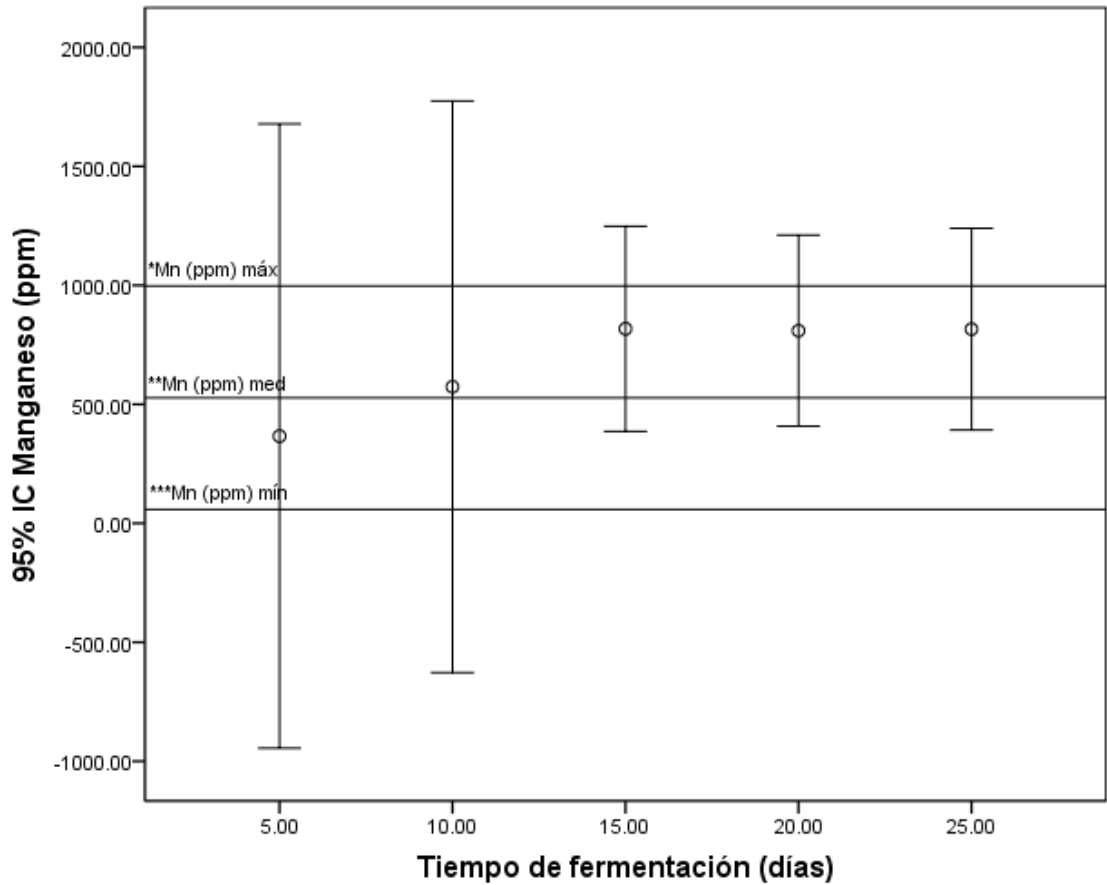
\*%Hierro (ppm) adecuado máximo recomendado por Analab para abonos orgánicos

\*\*%Hierro (ppm) adecuado medio recomendado por Analab para abonos orgánicos

\*\*\*%Hierro (ppm) adecuado mínimo recomendado por Analab para abonos orgánicos

Fuente: elaboración propia.

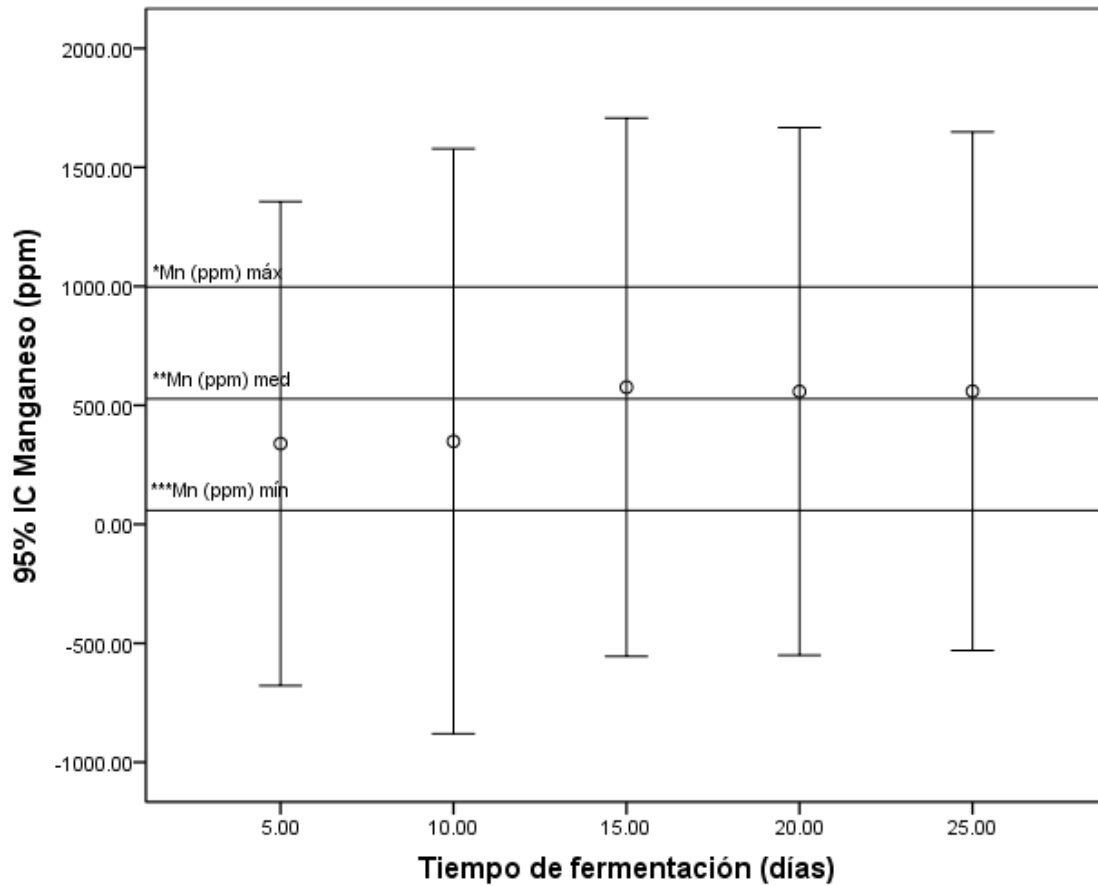
Figura 18. Evaluación de manganeso en función del tiempo de fermentación en el *Bocashi* 0,20% composición de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*)



\*%Mn (ppm) adecuado máximo recomendado por Analab para abonos orgánicos  
 \*\*%Mn (ppm) adecuado medio recomendado por Analab para abonos orgánicos  
 \*\*\*%Mn (ppm) adecuado mínimo recomendado por Analab para abonos orgánicos

Fuente: elaboración propia.

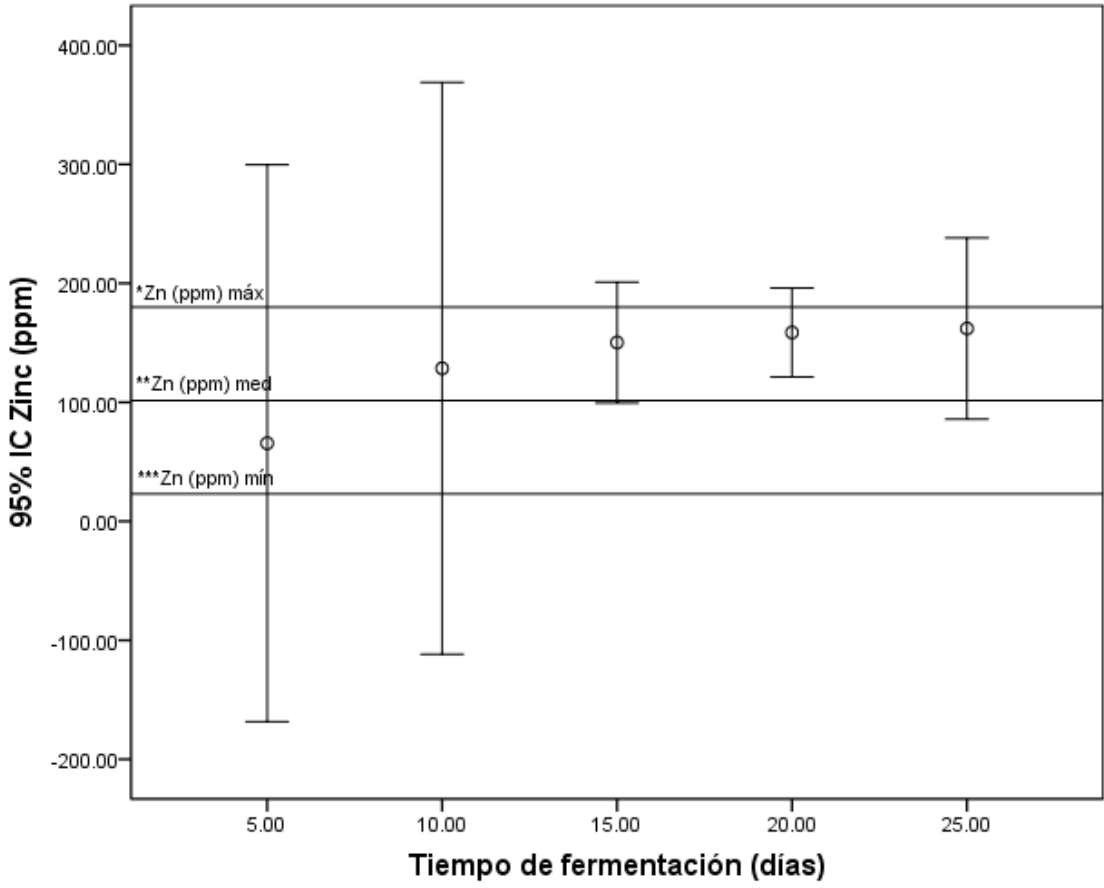
Figura 19. Evaluación de manganeso en función del tiempo de fermentación en el *Bocashi* 0% composición de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*)



\*%Mn (ppm) adecuado máximo recomendado por Analab para abonos orgánicos  
 \*\*%Mn (ppm) adecuado medio recomendado por Analab para abonos orgánicos  
 \*\*\*%Mn (ppm) adecuado mínimo recomendado por Analab para abonos orgánicos

Fuente: elaboración propia.

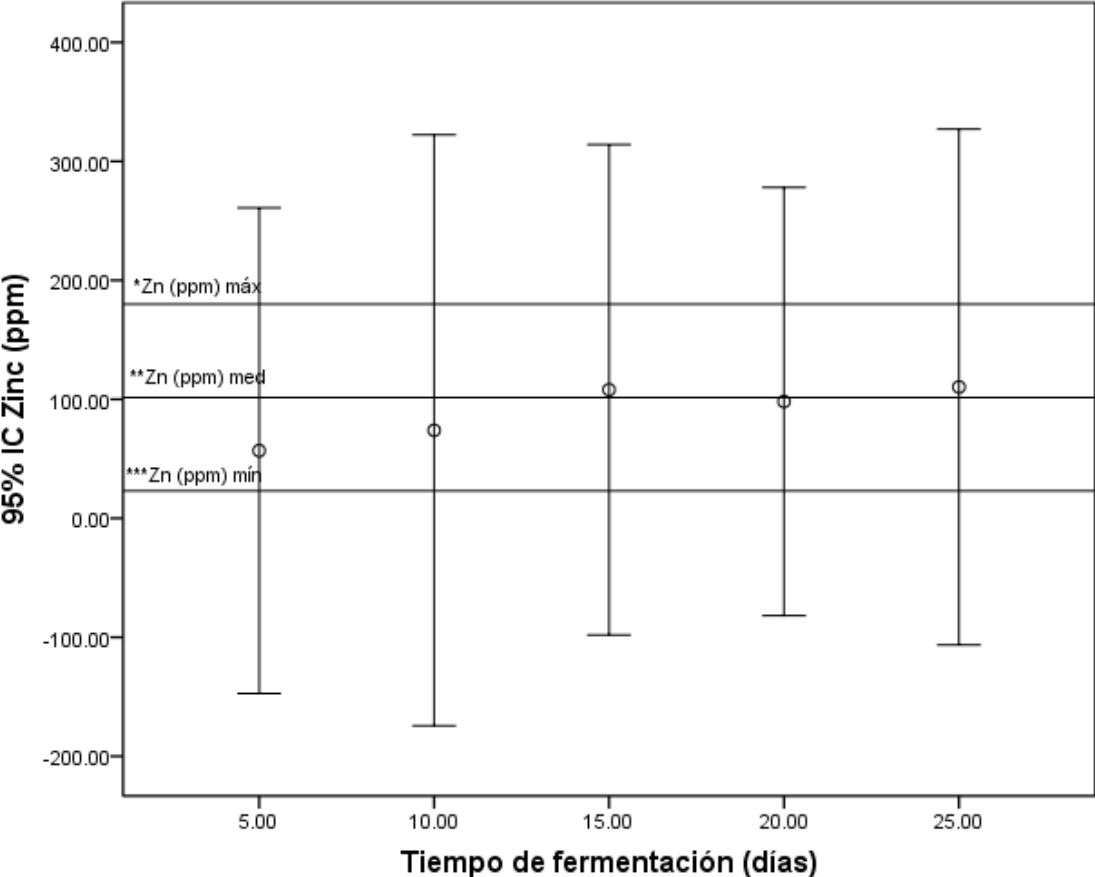
Figura 20. Evaluación de zincen función del tiempo de fermentación en el *Bocashi*0,20% composiciónde levadura (*Saccharomycescerevisiae*)



\*%Zinc (ppm) adecuado máximo recomendado por Analab para abonos orgánicos  
 \*\*%Zinc (ppm) adecuado medio recomendado por Analab para abonos orgánicos  
 \*\*\*%Zinc (ppm) adecuado mínimo recomendado por Analab para abonos orgánicos

Fuente: elaboración propia.

Figura 21. Evaluación de zincen función del tiempo de fermentación en el *Bocashi 0 %* composición delevadura (*Saccharomycescerevisiae*)



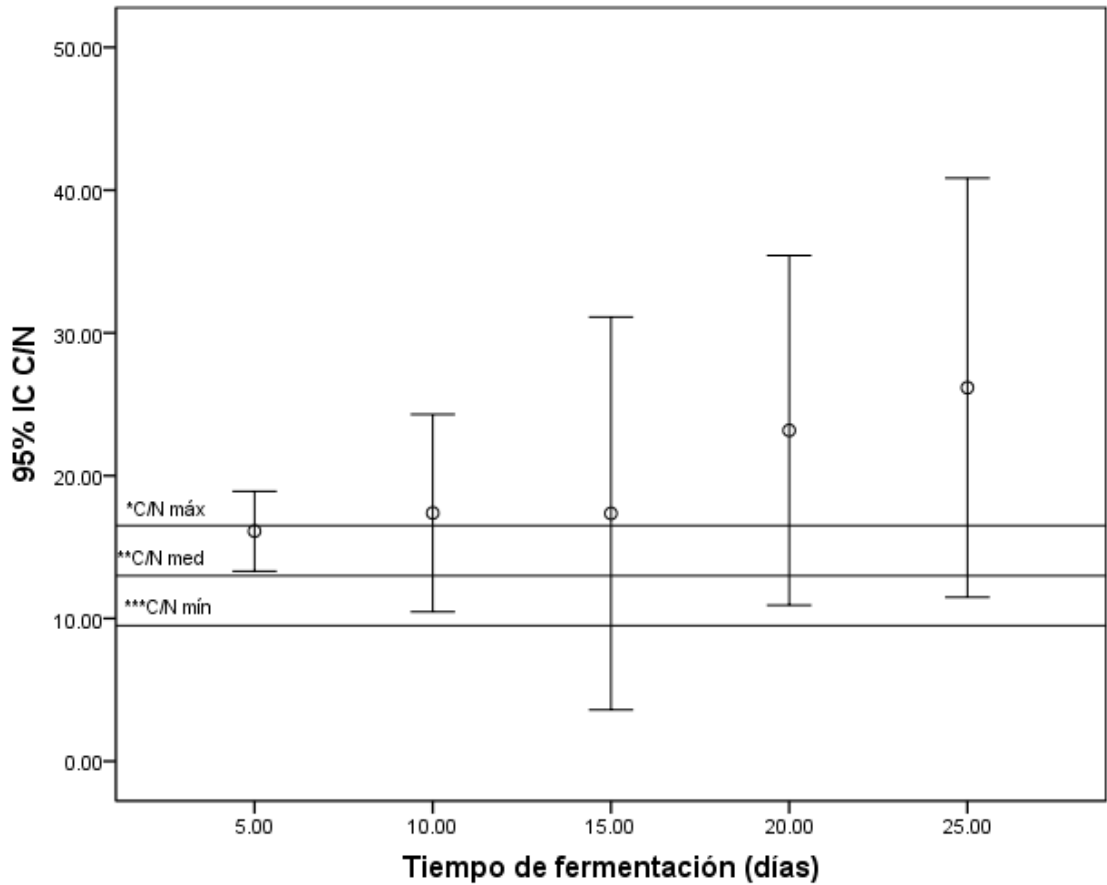
\*%Zinc (ppm) adecuado máximo recomendado por Analab para abonos orgánicos

\*\*%Zinc (ppm) adecuado medio recomendado por Analab para abonos orgánicos

\*\*\*%Zinc (ppm) adecuado mínimo recomendado por Analab para abonos orgánicos

Fuente: elaboración propia.

Figura 22. Evaluación de la relación carbono nitrógeno en función del tiempo de fermentación en el *Bocashi* 0,20% composición de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*)



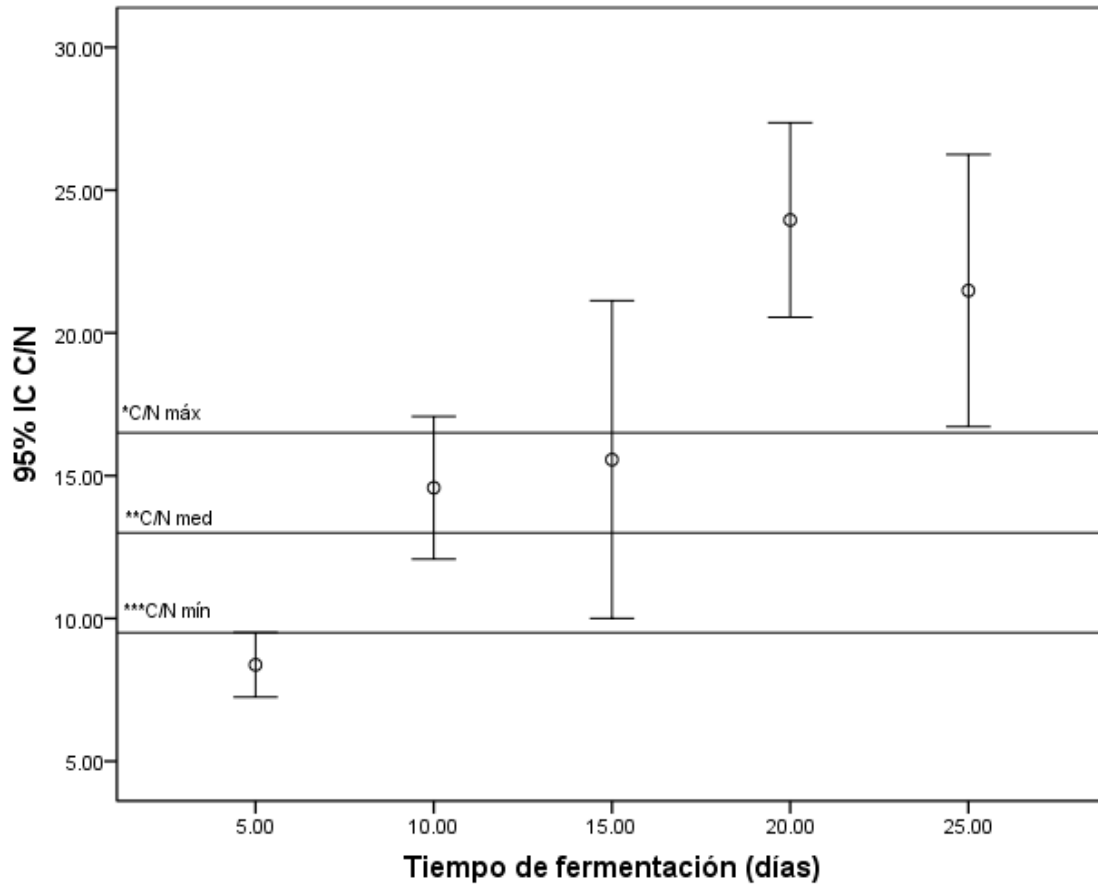
\*Relación carbono nitrógeno adecuado máximo recomendado por Analab para abonos orgánicos

\*\*Relación carbono nitrógeno adecuado medio recomendado por Analab para abonos orgánicos

\*\*\*Relación carbono nitrógeno adecuado mínimo recomendado por Analab para abonos orgánicos

Fuente: elaboración propia.

Figura 23. Evaluación de la relación carbono nitrógeno en función del tiempo de fermentación en el *Bocashi* 0% composición de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*)



\*Relación carbono nitrógeno adecuada máximo recomendado por Analab para abonos orgánicos

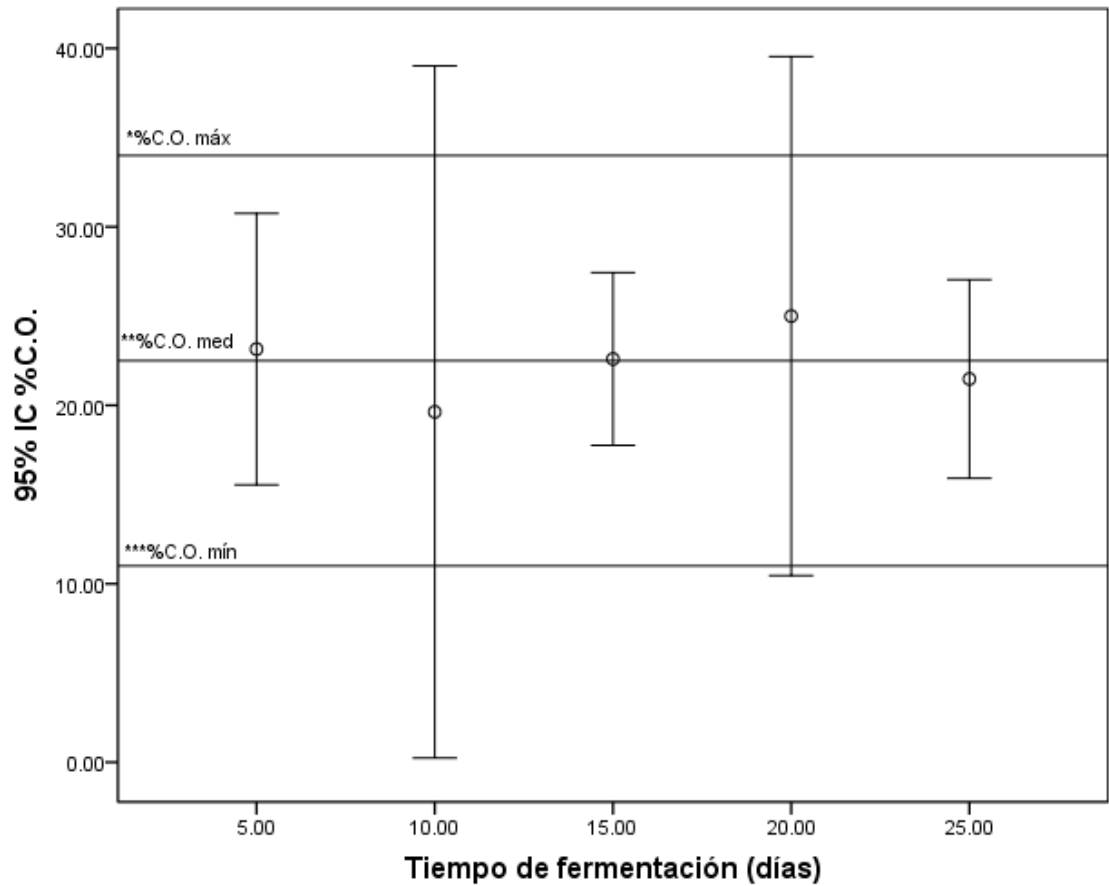
\*\*Relación carbono nitrógeno adecuada medio recomendado por Analab para abonos orgánicos

\*\*\*Relación carbono nitrógeno adecuada mínimo recomendado por Analab para abonos orgánicos

Fuente: elaboración propia.



Figura 24. Evaluación de carbono orgánico en función del tiempo de fermentación en el *Bocashi* 0,20 % composición de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*)



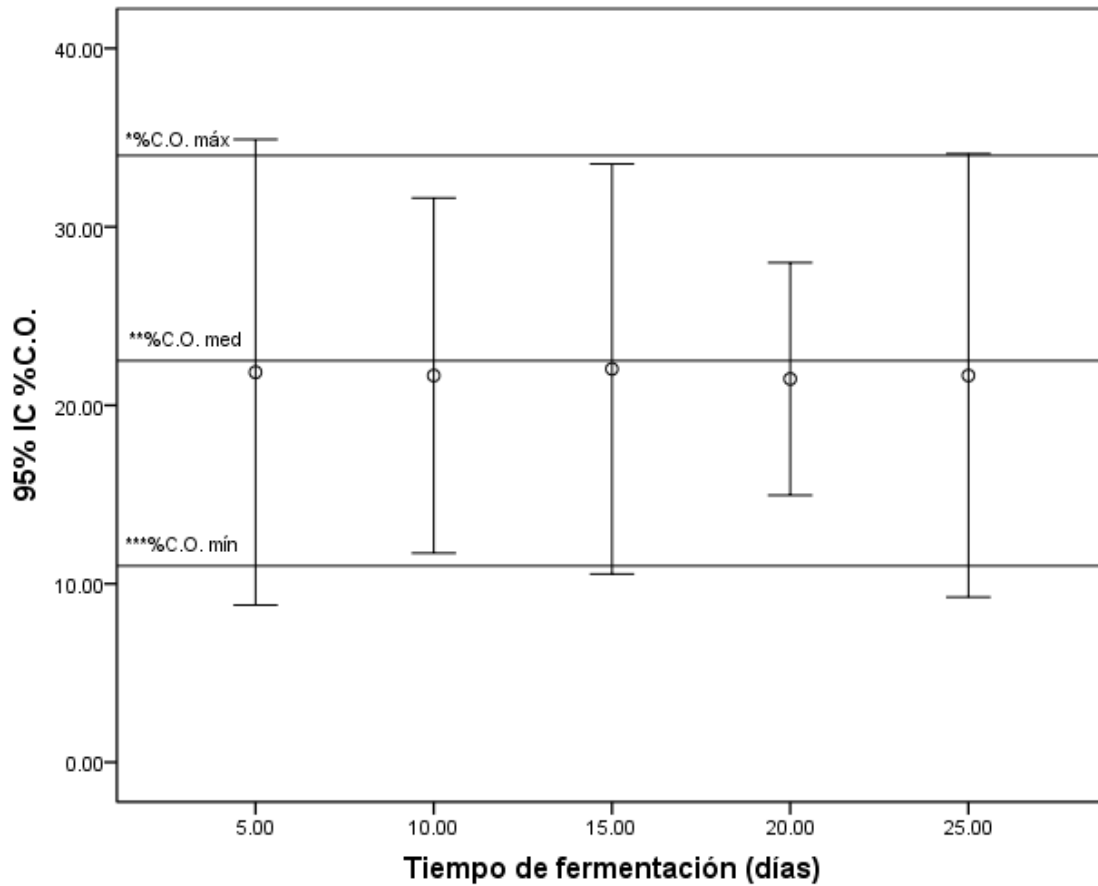
\*%Carbono orgánico adecuado máximo recomendado por Analab para abonos orgánicos

\*\*%Carbono orgánico adecuado medio recomendado por Analab para abonos orgánicos

\*\*\*%Carbono orgánico adecuado mínimo recomendado por Analab para abonos orgánicos

Fuente: elaboración propia.

Figura 25. Evaluación de carbono orgánico en función del tiempo de fermentación en el *Bocashi* 0 % composición de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*)



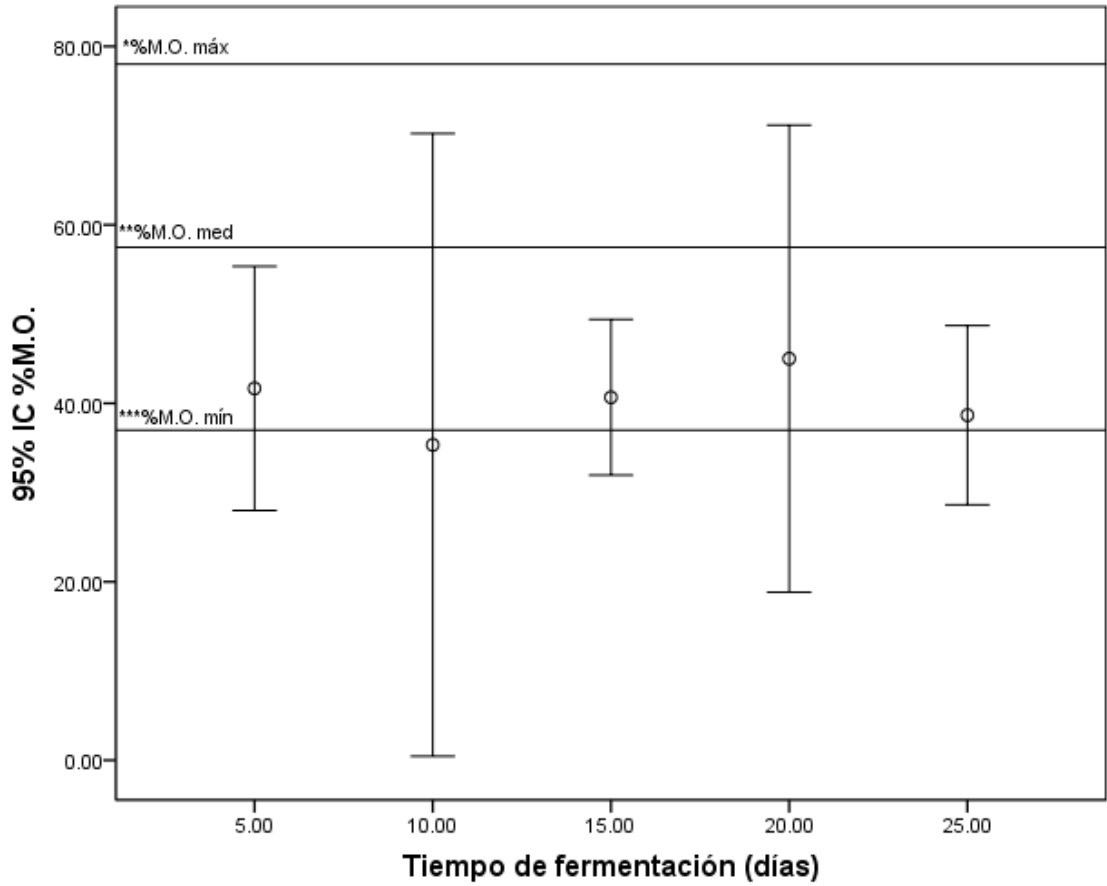
\*%Carbono orgánico adecuado máximo recomendado por Analab para abonos orgánicos

\*\*%Carbono orgánico adecuado medio recomendado por Analab para abonos orgánicos

\*\*\*%Carbono orgánico adecuado mínimo recomendado por Analab para abonos orgánicos

Fuente: elaboración propia.

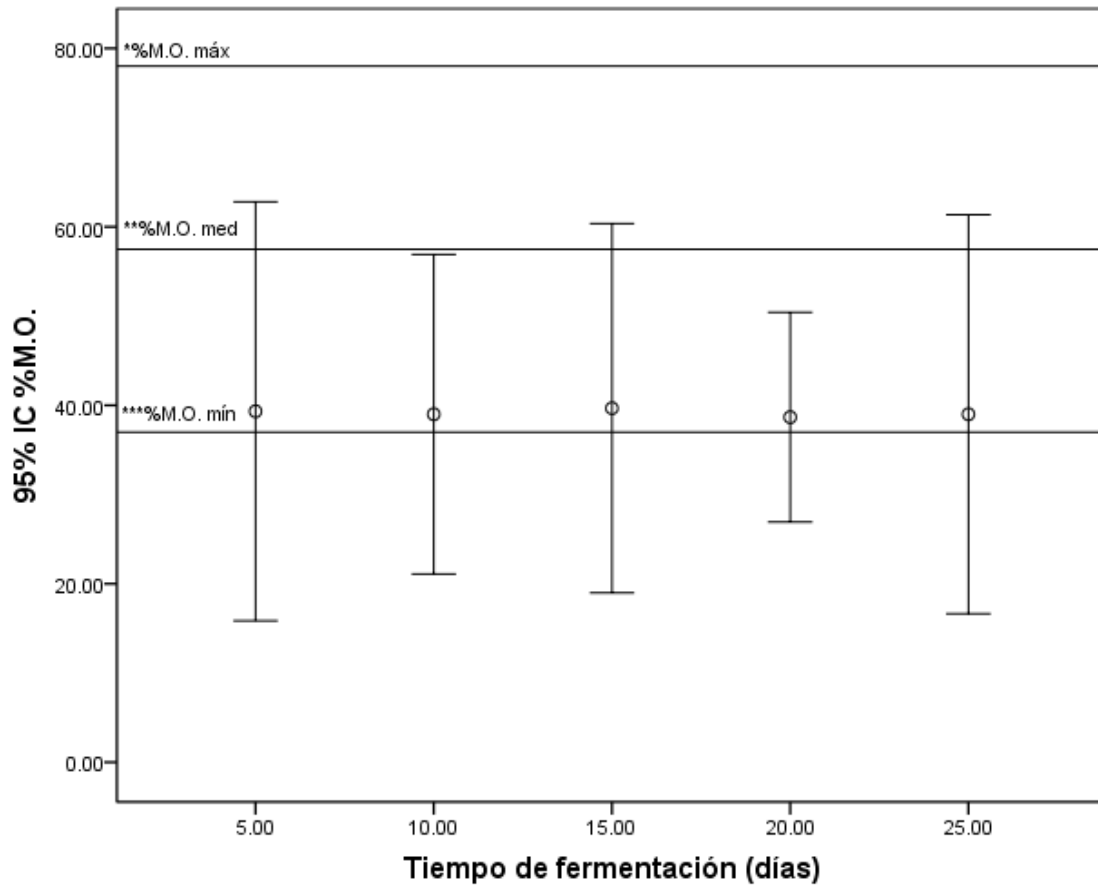
Figura 26. Evaluación de materia orgánica en función del tiempo de fermentación en el *Bocashi* 0,20% composición de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*)



\*%Materia orgánica adecuado máximo recomendado por Analab para abonos orgánicos  
 \*\*%Materia orgánica adecuado medio recomendado por Analab para abonos orgánicos  
 \*\*\*%Materia orgánica adecuado mínimo recomendado por Analab para abonos orgánicos

Fuente: elaboración propia.

Figura 27. Evaluación de materia orgánica en función del tiempo de fermentación en el *Bocashi 0* % composición de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*)



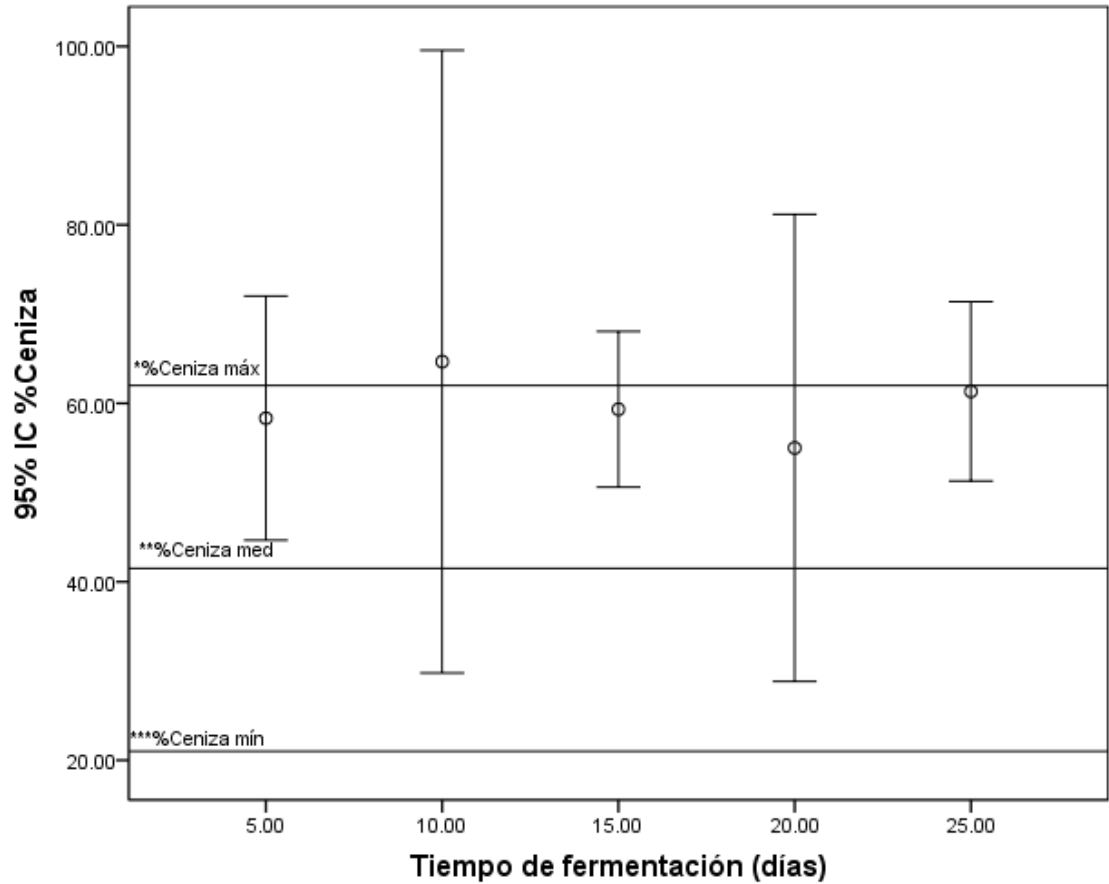
\*%Materia orgánica adecuado máximo recomendado por Analab para abonos orgánicos

\*\*%Materia orgánica adecuado medio recomendado por Analab para abonos orgánicos

\*\*\*%Materia orgánica adecuado mínimo recomendado por Analab para abonos orgánicos

Fuente: elaboración propia.

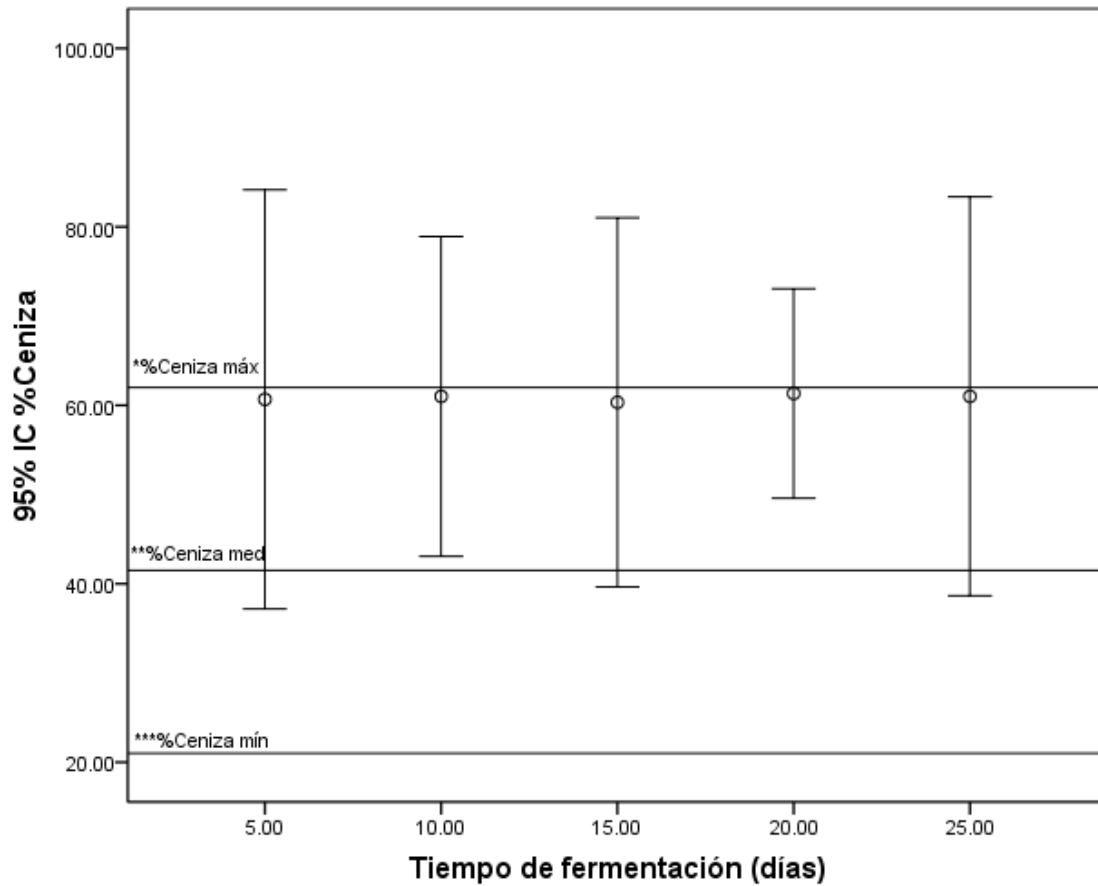
Figura 28. Evaluación de ceniza en función del tiempo de fermentación en el *Bocashi* 0,20% composición de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*)



\*%Ceniza adecuado máximo recomendado por Analab para abonos orgánicos  
 \*\*%Ceniza adecuado medio recomendado por Analab para abonos orgánicos  
 \*\*\*%Ceniza adecuado mínimo recomendado por Analab para abonos orgánicos

Fuente: elaboración propia.

Figura 29. Evaluación de ceniza en función del tiempo de fermentación en el *Bocashi* 10% composición de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*)



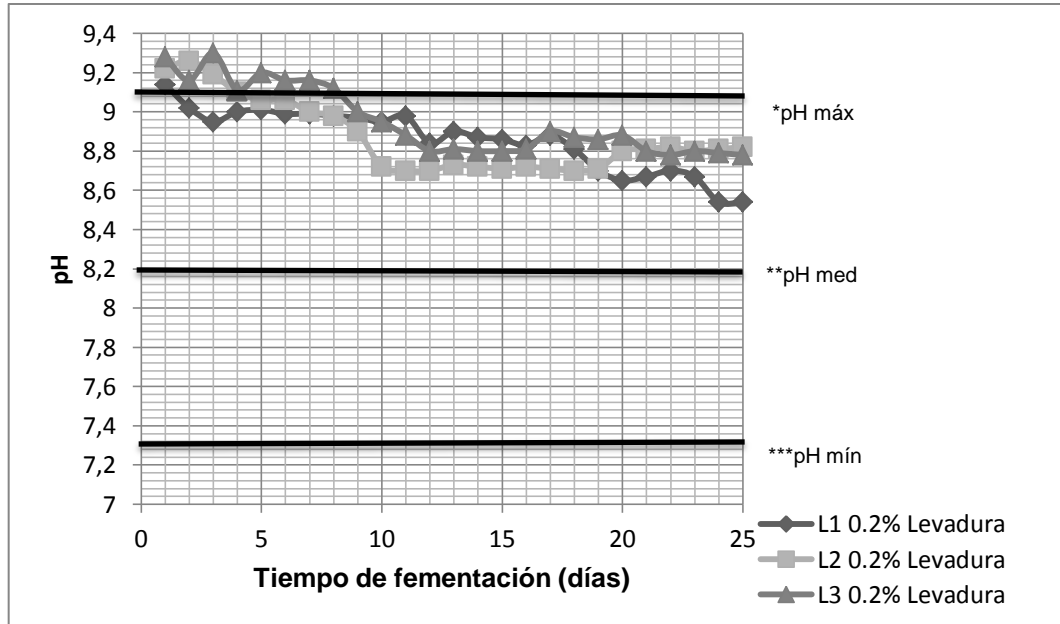
\*%Ceniza adecuado máximo recomendado por Analab para abonos orgánicos

\*\*%Ceniza adecuado medio recomendado por Analab para abonos orgánicos

\*\*\*%Ceniza adecuado mínimo recomendado por Analab para abonos orgánicos

Fuente: elaboración propia.

Figura 30. Evolución del pH en función del tiempo de fermentación en el *Bocashi* 0,20% composición de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*)



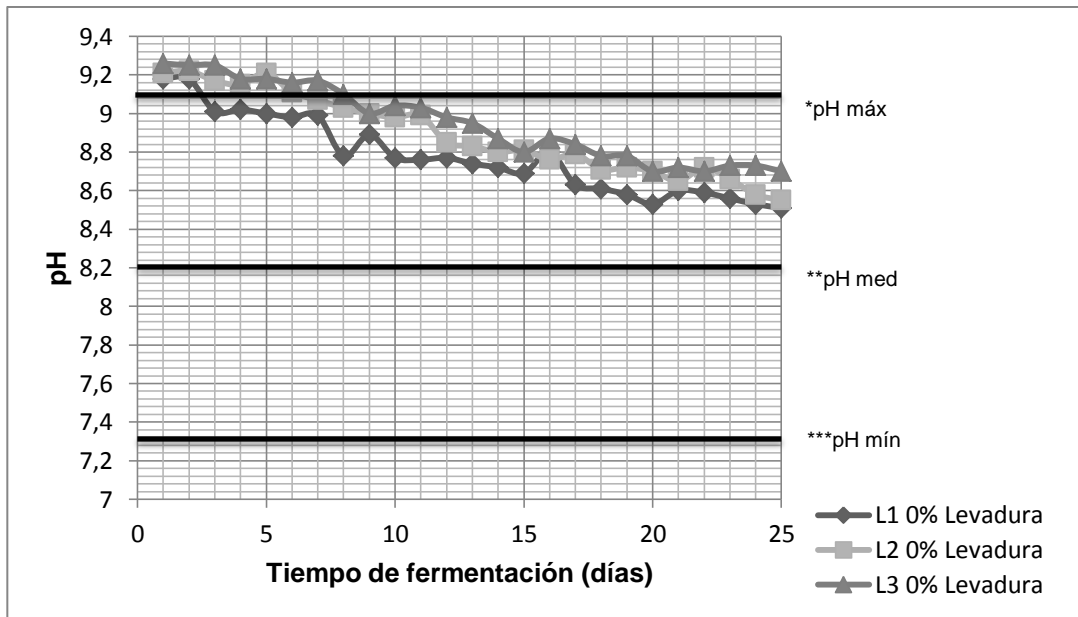
\*pH adecuado máximo recomendado por Analab para abonos orgánicos

\*\*pH adecuado medio recomendado por Analab para abonos orgánicos

\*\*\*pH adecuado mínimo recomendado por Analab para abonos orgánicos

Fuente: elaboración propia.

Figura 31. Evolución del pH en función del tiempo de fermentación en el *Bocashi* 0% composición de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*)



\*pH adecuado máximo recomendado por Analab para abonos orgánicos

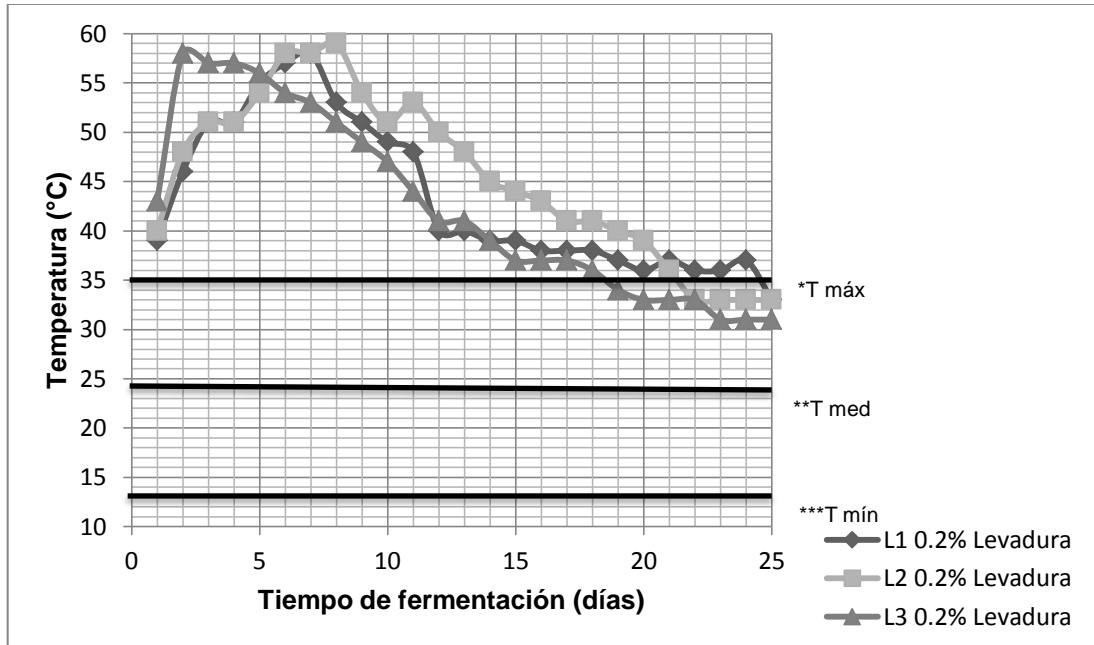
\*\*pH adecuado medio recomendado por Analab para abonos orgánicos

\*\*\*pH adecuado mínimo recomendado por Analab para abonos orgánicos

Fuente: elaboración propia.



Figura 32. Evolución de la temperatura en función del tiempo de fermentación en el *Bocashi* 0,20% composición de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*)



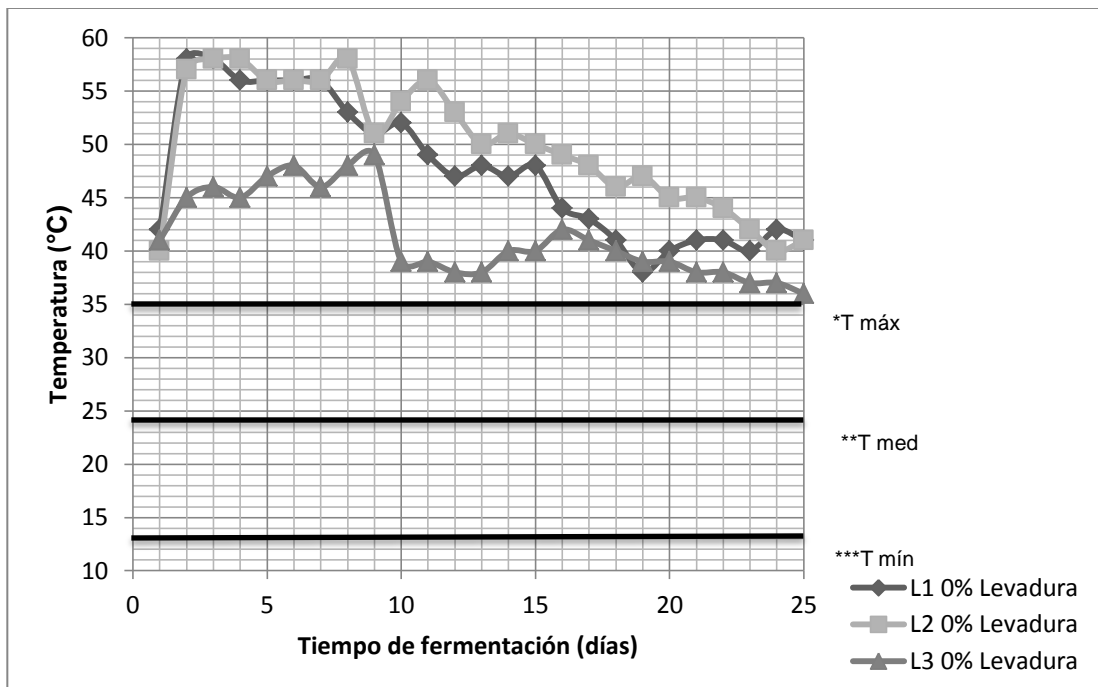
\*Temperatura (°C) máxima del rango de fermentación de la levadura (*Saccharomyces cerevisiae*)

\*\*Temperatura (°C) media del rango de fermentación de la levadura (*Saccharomyces cerevisiae*)

\*\*\*Temperatura (°C) mínima del rango de fermentación de la levadura (*Saccharomyces cerevisiae*)

Fuente: elaboración propia.

Figura 33. Evolución de la temperatura en función del tiempo de fermentación en el *Bocashi* 0% composición de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*)



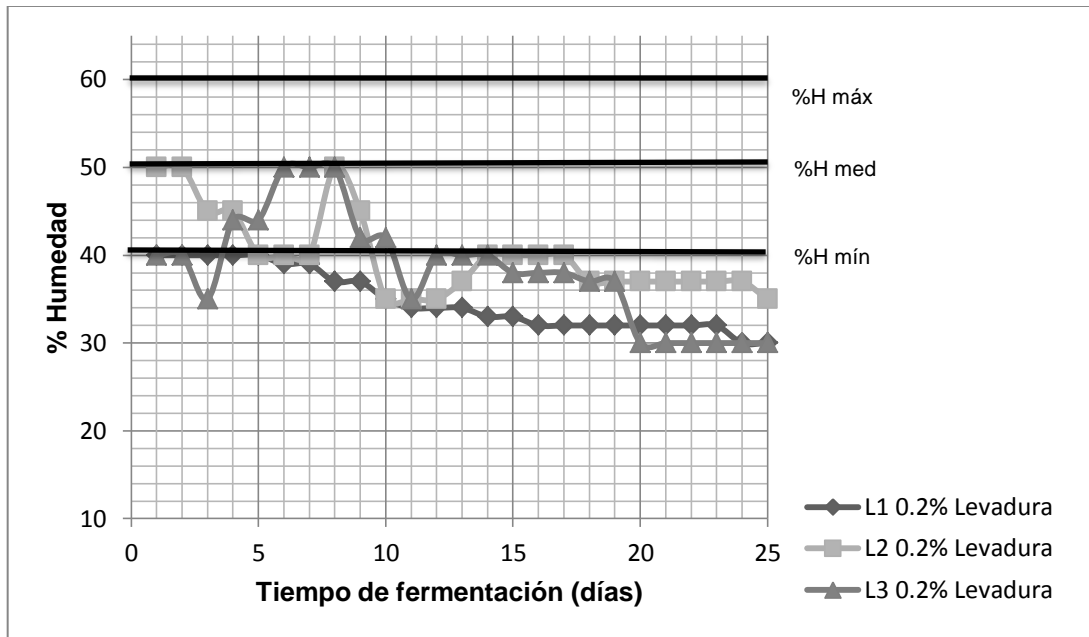
\*Temperatura (°C) máxima del rango de fermentación de la levadura (*Saccharomyces cerevisiae*)

\*\*Temperatura (°C) media del rango de fermentación de la levadura (*Saccharomyces cerevisiae*)

\*\*\*Temperatura (°C) mínima del rango de fermentación de la levadura (*Saccharomyces cerevisiae*)

Fuente: elaboración propia.

Figura 34. Evolución de la humedad en función del tiempo de fermentación en el *Bocashi* 0,20% composición de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*)



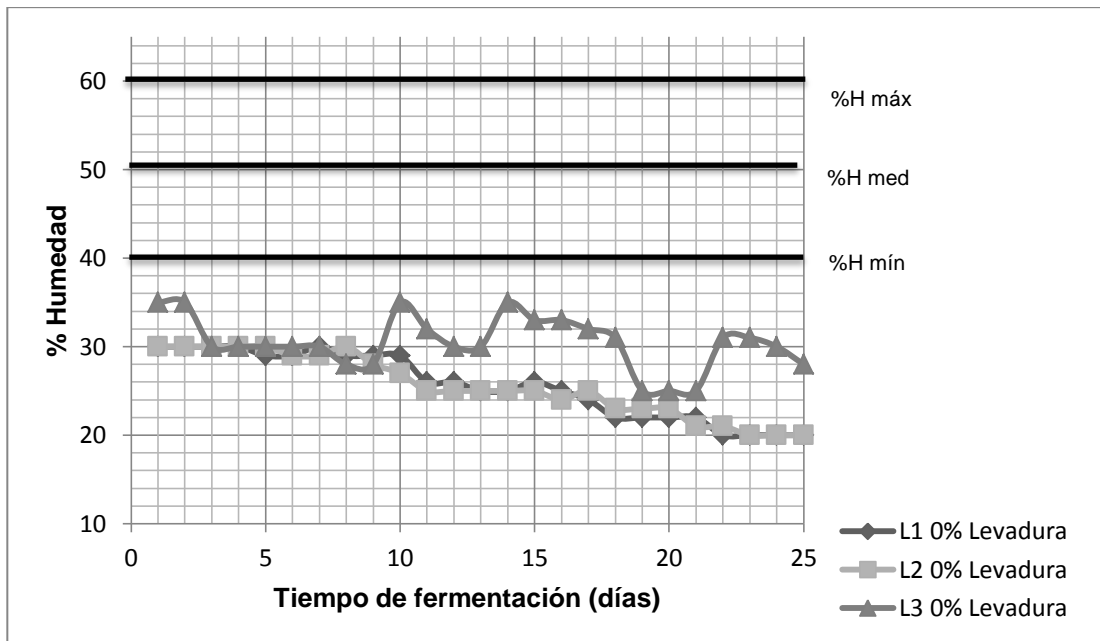
\*%Humedad máximo para el *Bocashi*

\*\*%Humedad medio para el *Bocashi*

\*\*\*%Humedad mínimo para el *Bocashi*

Fuente: elaboración propia.

Figura 35. Evolución de la humedad en función del tiempo de fermentación en el *Bocashi* 0% composición de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*)



\*%Humedad máximo para el *Bocashi*

\*\*%Humedad medio para el *Bocashi*

\*\*\*%Humedad mínimo para el *Bocashi*

Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. Presupuesto del costo del abono *Bocashi* con 0,20% de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) en su composición

<b>Materiales</b>	<b>Cantidad (kg)</b>	<b>Costo unitario (kg/Q)</b>	<b>Costo total (Q)</b>
Broza de encino	180	1,333	120
Gallinaza	150	0,667	200
Carbón	100	0,75	75
Ceniza	50	2	100
Concentrado de ganado	15	3,30	50
Panela	3	6,85	20,60
Levadura	1	20	20
<b>Total materiales</b>			<b>585,60</b>
<b>Mano de obra</b>	<b>Cantidad de jornales</b>	<b>Costo unitario (Q/Jornal)</b>	<b>Costo total</b>
Elaboración	1	50	50
Volteo	2	50	200
Encostalado	1/2	30	30
<b>Total mano de obra</b>			<b>180</b>
<b>Costo total</b>			<b>865,60</b>

Fuente: elaboración propia.

Tabla X. **Presupuesto del costo del abono *Bocashi* sin levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) en su composición**

<b>Materiales</b>	<b>Cantidad (kg)</b>	<b>Costo unitario (kg/Q)</b>	<b>Costo total (Q)</b>
Broza de encino	180	1,333	120
Gallinaza	150	0,667	200
Carbón	100	0,75	75
Ceniza	50	2	100
Concentrado de ganado	15	3,30	50
Panela	3	6,85	20,60
<b>Total materiales</b>			<b>565,60</b>
<b>Mano de obra</b>	<b>Cantidad de jornales</b>	<b>Costo unitario (Q/Jornal)</b>	<b>Costo total</b>
Elaboración	1	50	50
Volteo	4	50	200
Encostalado	1/2	30	30
<b>Total mano de obra</b>			<b>280</b>
<b>Costo total</b>			<b>855,6</b>

Fuente: elaboración propia.

## 5. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

El objetivo general del trabajo de graduación es realizar la evaluación del proceso fermentativo de obtención de abono orgánico, tipo *Bocashi* en base a la utilización de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) en su totalidad, se monitoreó la evolución del contenido de nutrientes vegetales y parámetros fisicoquímicos (temperatura, humedad y pH) en función del tiempo de fermentación.

Las muestras estudiadas, provinieron de la aldea La Brea en el municipio de Quesada del departamento de Jutiapa, que es donde se llevó a cabo la manufactura del abono en cuestión, los análisis A-MO-2 fueron realizados en colaboración con Analab, el Laboratorio de Suelos de Anacafe. Se realizaron tres repeticiones en cada una de las cuales se elaboró un lote de abono con un 0,20 por ciento en su composición de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) y otro lote carente del microorganismo; se recolectó muestras cada cinco días durante todo el proceso fermentativo el cual tuvo una duración de 25 días. De manera que el pH, la temperatura y el porcentaje de humedad del abono, fuera monitoreado los 25 días que duró el la fermentación.

En relación al objetivo específico número 1, se evaluó el porcentaje de nitrógeno total en los seis lotes de abono producido. Las gráficas de la sección de resultados muestran como en cada uno de los lotes que contenían levadura (*Saccharomyces cerevisiae*). El contenido de nitrógeno mostró estabilidad conforme avanzó el proceso fermentativo, no se experimentaron variaciones tan pronunciadas en los niveles de dicho nutriente. Contrario a los lotes que carecen de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*), que mostraron un contenido

más alto de nitrógeno total, pero al mismo tiempo la variación en el nitrógeno total es considerable y evidente.

El valor mayor alcanzado por el nitrógeno fue 1,37 por ciento, y se alcanzó el día 5 de fermentación. El contenido de nitrógeno descendió considerablemente en el caso de los lotes que contenían levadura, siendo 1,04 por ciento el valor menor de nitrógeno lo cual ocurrió en el día 25 de fermentación. Este descenso se debe a que la levadura se nutre del nitrógeno contenido en el *Bocashi*.

En los lotes de *Bocashi* que no contenían levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) los valores de nitrógeno en general fueron mayores alcanzando un 2,52 por ciento, el día 15 de fermentación. Los niveles adecuados recomendados por Analab se especifican en el rango de 0,8 por ciento y 2,8 por ciento; por lo que el abono evaluado contiene un porcentaje total de nitrógeno dentro del rango de referencia de Analab.

El fósforo como  $P_2O_5$  medido en los lotes de *Bocashi* a los cuales se les adiciono levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) varió en su contenido, no se observó tendencia alguna, el valor mayor se alcanzó el día 15 de fermentación y fue 4,67 por ciento y el menor en el día 5 de fermentación y fue 1,37 por ciento. En los lotes sin levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) se observó una tendencia definida, el contenido de  $P_2O_5$  aumentó a medida que avanzó el proceso fermentativo, descendiendo a partir del día 20, el valor máximo alcanzado es 4,37 por ciento en el día 15 y el valor mínimo fue 1,46 por ciento el día 25. En general, los niveles se encontraron por encima de los niveles adecuados recomendados por Analab para abonos orgánicos los cuales especifican de 0,3 por ciento y 1,7 por ciento.



El potasio como  $K_2O$  evaluado, en los lotes con levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) se observó un descenso en el contenido de dicho nutriente, incrementándose al evaluarlo el día 25. El mayor valor fue 4,51 por ciento evaluado el día 10 de fermentación y el menor fue 1,39 por ciento evaluado en el día 20. Los lotes sin levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) alcanzaron un 3,47 por ciento de  $K_2O$ , en el día 5, el menor valor de  $K_2O$  determinado fue 1,73 por ciento en el día 15. No se observó tendencia alguna. Los valores son mayores que los niveles especificados por Analab, en el rango de 0,5 por ciento a 1,9 por ciento. Esto indica que la ceniza, aporta al *Bocashi* la principal fuente de potasio ( $K_2CO_3$ ) y excede en el doble la formulación de abono orgánico especificado por Analab.

El  $CaO$  evaluado presentó una tendencia similar para los lotes de *Bocashi* con levadura (*Saccharomyces cerevisiae*), y para los sin levadura. En los lotes con levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) el valor mayor se evaluó el día 5 y fue 14,62 por ciento, mientras en los lotes sin levadura el valor mayor se evaluó el día 5 y fue 12,26 por ciento. En uno de los lotes de abono con levadura el valor menor fue 7,45 por ciento, evaluado el día 20, mientras que en uno de los lotes de *Bocashi* sin levadura el valor menor fue 9,02 por ciento evaluado el día 15. En ambos casos, esos porcentajes se encuentran por arriba de los niveles adecuados especificados por Analab, entre 0,8 por ciento y 6,9 por ciento, de nuevo se evidencia que sería conveniente una nueva formulación del abono en relación al porcentaje de ceniza que aporta alcalinidad por los carbonatos que presentan hidrólisis alcalina.

El  $MgO$  mostró una tendencia similar al  $CaO$ . Los lotes sin levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) mostraron una menor variación en los datos que los lotes con levadura. Los valores medios de  $MgO$  tanto en los lotes con levadura y los lotes sin levadura, se encuentran en el límite superior del rango de 0,4 por

ciento a 1,4 por ciento especificados por Analab, lo cual evidencia considerar una nueva formulación en el contenido de gallinaza en el abono. También es necesario variar el contenido de broza, dado que los elementos reguladores del pH se encuentran por arriba de los niveles adecuados especificados por Anacafe para abonos orgánicos.

El cobre evaluado, tuvo un comportamiento constante en los lotes de *Bocashi* que contienen levadura (*Saccharomyces cerevisiae*), no mostró cambios significativos a través del tiempo, se observó igual tendencia en los lotes sin levadura (*Saccharomyces cerevisiae*), aunque el abono sin levadura (*Saccharomyces cerevisiae*), presentó valores mayores del contenido de Cu. Los niveles de cobre adecuados recomendados por Anacafe se encuentran entre 8,9 partes por millón y 35,9 partes por millón, el valor mayor de Cu alcanzados, se evaluó el día 25 en los lotes sin levadura y fue 57,2 partes por millón.

El hierro evaluado mostró un incremento a lo largo del tiempo de fermentación y se evidenció más en los lotes de abono con levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) en su composición. Uno de los lotes alcanzó 1 736 partes por millón el día 25 de fermentación, en los lotes de *Bocashi* sin levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) el mayor valor fue 1 868 partes por millón el día 25. Los niveles adecuados de hierro para un abono orgánico están entre 1 470 partes por millón a 9 123 partes por millón según Analab. Los niveles de Fe están en el límite inferior del rango adecuado.

El manganeso mostró una tendencia ascendente en ambos casos, pero esta tendencia se hace más evidente al agregar levadura. Los valores máximos de Mn se encuentran en los lotes con levadura hasta 1 020 partes por millón en uno de los lotes en el día 10. Los niveles adecuados de Mn recomendados por

Analab se encuentran entre 58 partes por millón a 997 partes por millón. Los niveles de Mn en el *Bocashi* son adecuados para el crecimiento óptimo de la planta.

El contenido de zinc evaluado fue en aumento de forma idéntica en los lotes con levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) y sin levadura. En uno de los lotes con levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) el valor mayor fue 186,8 partes por millón, comparado con 181,6 partes por millón que fue el valor mayor que alcanzó uno de los lotes sin levadura (*Saccharomyces cerevisiae*). Los niveles adecuados recomendados por Analab de Zn se encuentran entre 23 partes por millón a 180 partes por millón.

En relación al objetivo específico 2, la relación carbono/nitrógeno fue aumentando a medida que avanzó el proceso. Esto fue evidente tanto para los lotes con levadura (*Saccharomyces cerevisiae*), y sin levadura.

Para el carbono orgánico, la materia orgánica y la ceniza se observó lo mismo, los lotes con levadura (*Saccharomyces cerevisiae*), muestran variación en los valores de dichos nutrientes, a diferencia de los lotes de *Bocashi* sin levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) en los cuales la cantidad de los nutrientes mencionados se mantiene relativamente estable. Los niveles adecuados de carbono orgánico se recomiendan de 11 por ciento a 34 por ciento, los de la materia orgánica de 37 por ciento a 78 por ciento y los de la ceniza de 21 por ciento a 62 por ciento según Analab. A pesar de que el comportamiento de estos nutrientes es muy similar, es evidente que el contenido de materia orgánica se encuentra en el límite inferior del rango adecuado, lo cual evidencia que es conveniente una reformulación del carbón vegetal para el abono orgánico de acuerdo a las referencias de Analab.

En relación al objetivo específico 3, el pH descendió a medida que transcurrió la fermentación. Ocurrió lo mismo para todos los lotes de abono, esto se debió a que durante el proceso fermentativo fueron formándose ácidos húmicos beneficiosos para los suelos y la planta, pero el descenso del pH no es el recomendado, ya que al final del experimento el pH continuó básico. Esto es una evidencia de la necesidad de una reformulación del abono, ya que la materia orgánica que es la principal responsable de la formación de ácidos húmicos está presente en el abono en un bajo contenido y materiales como la gallinaza y la ceniza, los cuales aportan mayor basicidad al *Bocashien* ocasiones hasta duplicó el valor adecuado debido al porcentaje estos materiales en la composición de la mezcla original.

El abono incrementó la temperatura del día 1 al día 2, cambiando de 40 grados Celsius a 57 grados Celsius y manteniendo elevadas temperaturas hasta el día 10 cuando descendió lo que refleja un descenso en la actividad microbiana del sistema. Se observó que la humedad y la temperatura varían inversamente proporcional. “La temperatura para la adecuada fermentación de las levaduras (*Saccharomyces cerevisiae*) se especifica entre 13 grados Celsius y 35 grados Celsius”<sup>6</sup>, las temperaturas alcanzadas por el abono sobrepasan ese rango en los primeros días del proceso descendiendo hasta alcanzar la temperatura ambiente.

La humedad descendió notablemente a medida que avanzaba el proceso fermentativo del abono y se observó en todos los lotes de abono estudiados.

---

<sup>6</sup>Verema [en línea] <http://www.verema.com/articulos/500449-levaduras-fermentacion-alcoholica-ii>. Consulta: 6 de noviembre de 2011.

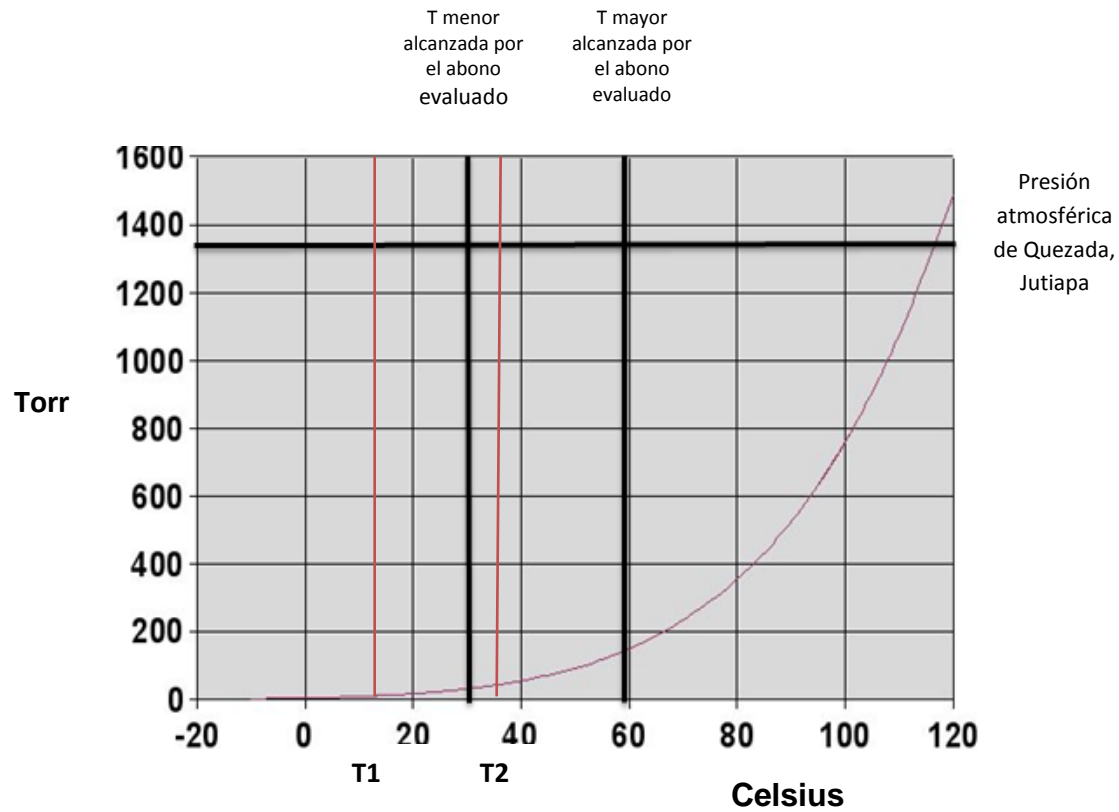
Los lotes sin levadura mostraron menor contenido de humedad, la actividad de agua estuvo reducida, lo cual influyo directamente con la actividad microbiana. La temperatura fue alta sobrecalentando el abono, lo cual explica el descenso en el porcentaje de humedad.

La presión de vapor es directamente proporcional a la temperatura como se observa en la figura 35. Las figuras 32 y 33 evidencian porque en los primeros días del proceso fermentativo la temperatura de la abonera alcanzó 60 grados Celsius; en el transcurso del día 1 al 2 de fermentación.

La temperatura del *Bocashi* presento un gradiente de temperatura de más de 20 grados Celsius en todos los lotes estudiados. El agua se evaporó gradualmente a medida que avanzó la fermentación, el suelo seco donde se elaboró el abono, absorbió también la humedad proveniente del *Bocashi*.

La adición del 0,20por ciento de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) a la manufactura artesanal del *Bocashi* no incrementa significativamente los costos. El incremento fue solo de 20 quetzales.

Figura 36. Presión de vapor del agua en función de la temperatura



\*\*T2

\*T1: Menor temperatura adecuada para la fermentación de levaduras (*Saccharomyces cerevisiae*)<sup>7</sup>

\*\*T2: Mayor temperatura adecuada para la fermentación de levaduras (*Saccharomyces cerevisiae*)<sup>7</sup>

Fuente: elaboración propia.

## CONCLUSIONES

1. Para los elementos mayores N,P,K, el N esta dentro del rango de especificaciones para abonos orgánicos de Analab en ambos abonos orgánicos estudiados y el  $P_2O_5$  y el  $K_2O$  superan el rango especificado por Analab.
2. En relación alCaO y MgO no presentaron diferencia en ambos tratamientos fermentativos y los valores obtenidos fueron superiores a la especificación para abonos orgánicos de Analab.
3. En la evaluación de elementos menores, Cu, Fe, Mn y Zn el contenido se ubicó dentro del rango especificado por Analab y no existe diferencia entre ambos abonos evaluados.
4. La relación C/N para ambos abonos orgánicos estudiados fue superior a lo especificado por Analab para abonos orgánicos.
5. El contenido de carbono orgánico en ambos abonos estudiados esta en el rango especificado para abonos orgánicos por Analab.
6. El contenido de materia orgánica en ambos tratamientos esta en el límite inferior según la especificación para abonos orgánicos de Analab.
7. El contenido de ceniza en los dos tratamientos estudiados esta en el límite superior según la especificación de Analab.

8. Para los parámetros que determinan el control óptimo del proceso de fermentación el pH, se mantuvo en el límite superior para ambos tratamientos según las especificaciones de Analab, mientras que la temperatura recomendada para fermentaciones con levaduras sobrepasó el límite superior recomendado y la humedad se mantuvo en un nivel inferior al recomendado para la elaboración de *Bocashi*.
9. La formulación de los *Bocashi* estudiados, tiene un pH mayor al pH adecuado para el crecimiento de levaduras, debido a que el rango de referencia es de 4 a 6.



## RECOMENDACIONES

1. Realizar estudios para evaluar el contenido de nutrientes del *Bocashi* al adicionar porcentajes mayores de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*).
2. Rediseñar la formulación del *Bocashi* para adecuarlo a los niveles especificados por Analab para abonos orgánicos.
3. Reducir el calentamiento de la abonera mediante mayor adición de agua y realizando el volteo manual del abono, con mayor frecuencia y efectividad por lo menos en los primeros diez días del proceso fermentativo *Bocashi*
4. Reducir la dosificación de gallinaza e incrementar la broza para lograr bajar el pH a los valores especificados por Analab para abonos orgánicos, debido a que el pH muy básico puede producir la muerte de los microorganismos encargados de la fermentación.
5. Realizar una preparación previa de la gallinaza utilizada en el abono, sacándola de su empaque, humedeciéndola y mezclándola con broza, esta preparación debería tomar varios días previos a la manufactura del *Bocashi*.



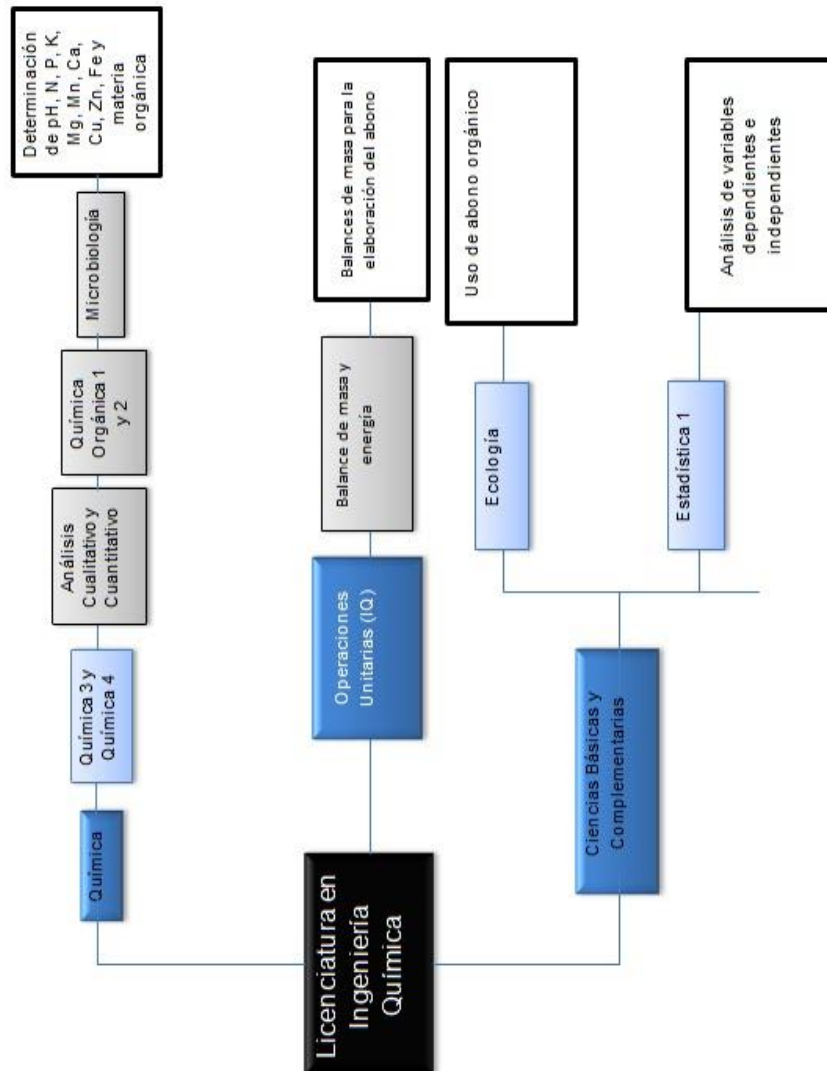
## BIBLIOGRAFÍA

1. *Asociación de Mujeres en Café Guatemala*. [en línea]: Documentos útiles:<[http://www.mujerescafe Guatemala.org/images/presentations/agosto2011/INTERPRETACION\\_ANALISIS\\_SUELOS\\_2011.pdf](http://www.mujerescafe Guatemala.org/images/presentations/agosto2011/INTERPRETACION_ANALISIS_SUELOS_2011.pdf)> [Consulta: 29 de septiembre 2011].
2. *Asociación Nacional del Café. ANACAFE*. [en línea]: <<http://portal.anacafe.org/Portal/DesktopModules/ShowContent.aspx?Eid=370&Path=Documents/News/200907/370/Informaci%C3%B3n%20Analab.doc&ContentType=application/msword&lid=1446>> [Consulta: 29 de septiembre 2011].
3. CHÁVEZ ZEPEDA, Juan José. *Como se elabora un proyecto de investigación*. Guatemala: Mundicolor, 2002. 176 p.
4. GALEANO FERNÁNDEZ, Juan Carlos. *Evaluación de tres formas de preparación y cuatro proporciones de pulpa de café para la elaboración de abono orgánico tipo Bocashi para la región cafetalera del municipio de Palín, Escuintla*. Trabajo de graduación de Lic. en Ciencias Agrícolas. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía, 2000. 60 p.
5. ORTÍZ, Frida; GARCÍA, María del Pilar. *Metodología de la investigación: el proceso y sus técnicas*. México: Limusa, 2000. 158 p.

6. Oscar M.Mayo[en línea] <<http://oscarmm.mayo.uson.mx/alimentos.htm>> [Consulta: 6 de noviembre de 2011].
7. PELCZAR, Michael J. Jr; REID, Roger D. *Microbiología*.2a ed. México:McGraw-Hill, 1982. 826 p.
8. *Quesada solidaria* [en línea] <<http://www.quesadasolidaria.org/web/guest/13>> [Consulta: 6 de noviembre de 2011].
9. SHINTANI, Masak; LEBLANC, Humberto;TABORA,Pánfilo. *Bocashi (Abono orgánico fermentado)*. Costa Rica: Earth, 2000. 18p.
10. *Verema* [en línea] <<http://www.verema.com/articulos/500449-levaduras-fermentacion-alcoholica-ii>> [Consulta: 6 de noviembre de 2011].

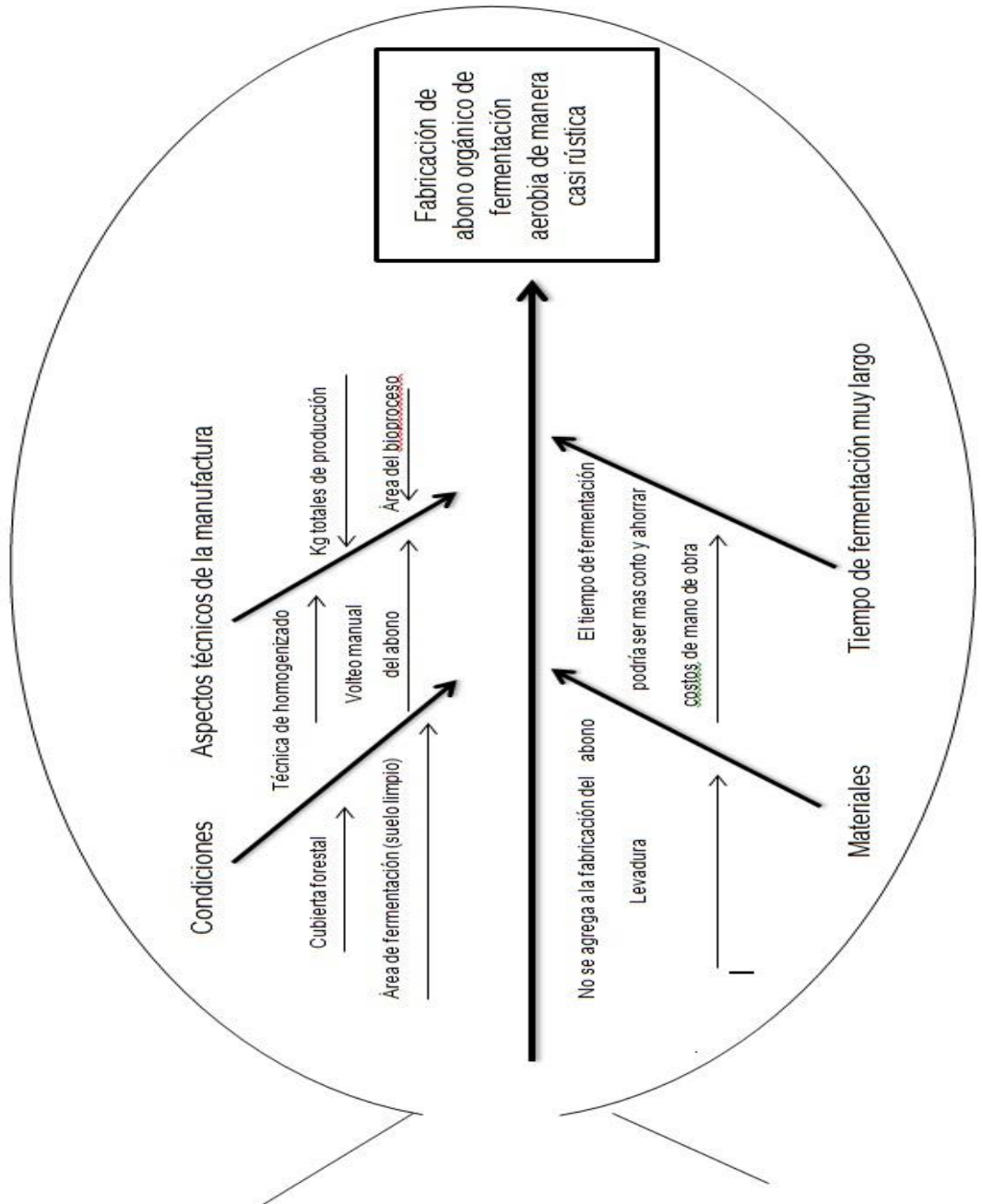
## **APÉNDICES**

## Apéndice 1. Tabla de requisitos académicos



Fuente: elaboración propia, programa Microsoft Office Visio 2010

## Apéndice 2. Diagrama de Ishikawa



Fuente: elaboración propia, programa Microsoft Office Visio 2010

### Apéndice 3. Análisis estadístico

Variable dependiente: pH

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Levadura	0,560	1	0,560	6,530	0,020
Repetición	0,009	2	0,004	0,050	0,951
Día	0,165	4	0,041	0,480	0,750
Levadura /Día	0,031	4	0,008	0,091	0,984
Error	1,545	18	0,086		
Total corregida	2,310	29			

Fuente: elaboración propia.

#### Análisis en función del día de fermentación y de la adición de Levadura del pH

Día	Levadura	Media	Error típ.	Intervalo de confianza 95%	
				Límite inferior	Límite superior
5	Con	8,900	0,169	8,545	9,255
	Sin	8,700	0,169	8,345	9,055



Continuación del análisis en función del día de fermentación y de la adición de levadura del pH

10	Con	9,067	0,169	8,711	9,422
	Sin	8,767	0,169	8,411	9,122
15	Con	8,967	0,169	8,611	9,322
	Sin	8,600	0,169	8,245	8,955
20	Con	8,900	0,169	8,545	9,255
	Sin	8,700	0,169	8,345	9,055
25	Con	8,833	0,169	8,478	9,189
	Sin	8,533	0,169	8,178	8,889

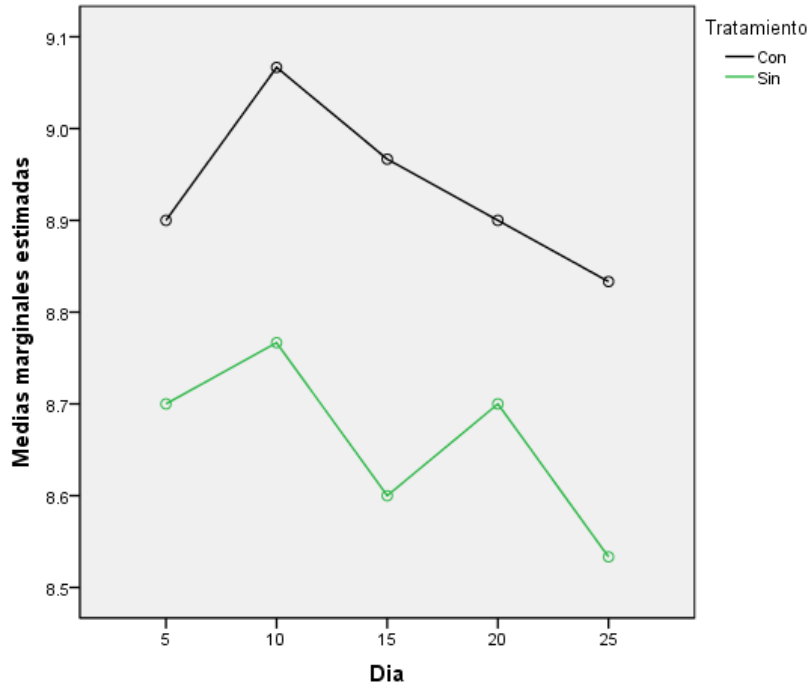
Fuente: elaboración propia.

### Error con la adición de levadura del pH

Variable dependiente:pH				
Levadura	Media	Error típ.	Intervalo de confianza 95%	
			Límite inferior	Límite superior
<b>Con</b>	8,933	0,076	8,774	9,092
<b>Sin</b>	8,660	0,076	8,501	8,819

Fuente: elaboración propia.

### Medias marginales estimadas de pH



Fuente: elaboración propia.

### Pruebas de los efectos inter-sujetos de la relación C/N

Variable dependiente C/N					
Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Levadura	79,186	1	79,186	6,184	0,023

Continuación de las pruebas de los efectos inter-sujetos de la relación C/N

Repetición	568,175	2	284,087	22,187	0,000
Día	61,494	4	15.374	1,201	0,345
Levadura/Día	44,447	4	11,112	0,868	0,502
Error	230,474	18	12,804		
Total corregida	983,777	29			
a. R cuadrado = 0,766 (R cuadrado corregida = 0,623)					

Fuente: elaboración propia.

**Análisis en función del día de fermentación y de la adición de Levadura de la relación C/N**

<b>Variable dependiente:CN</b>					
<b>Día</b>	<b>Levadura</b>	<b>Media</b>	<b>Error típ.</b>	<b>Intervalo de confianza 95%</b>	
				<b>Límite inferior</b>	<b>Límite superior</b>
5	Con	19,693	2,066	15,353	24,034
	Sin	14,643	2,066	10,303	18,984

Continuación del análisis en función del día de fermentación de levadura de la relación C/N

10	Con	18,867	2,066	14,526	23,207
	Sin	15,763	2,066	11,423	20,104
15	Con	19,633	2,066	15,293	23,974
	Sin	15,333	2,066	10,993	19,674
20	Con	23,433	2,066	19,093	27,774
	Sin	18,250	2,066	13,910	22,590
25	Con	18,573	2,066	14,233	22,914
	Sin	19,963	2,066	15,623	24,304

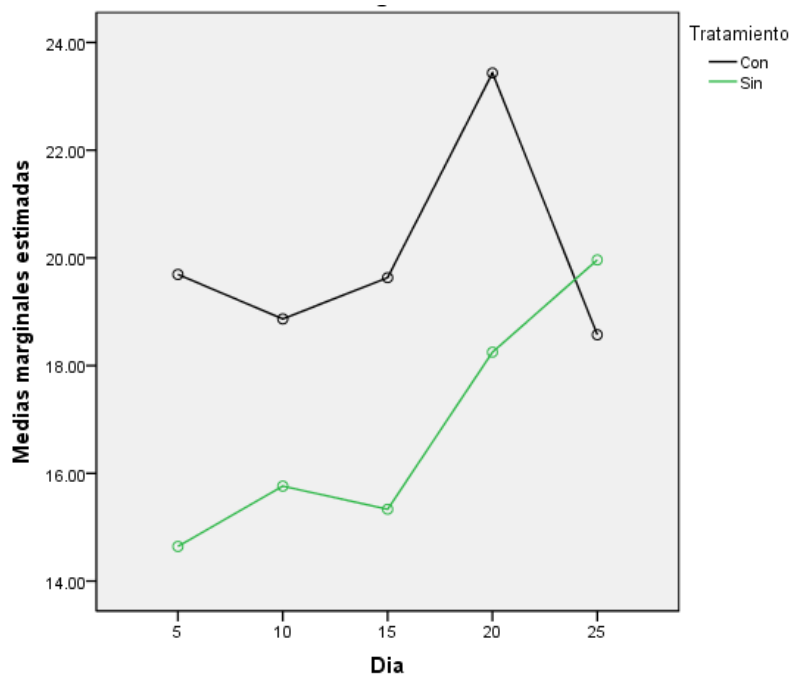
Fuente: elaboración propia

### **Error con la adición de levadura de la relación C/N**

<b>Variable dependiente:CN</b>				
<b>Levadura</b>	<b>Media</b>	<b>Error típ.</b>	<b>Intervalo de confianza 95%</b>	
			<b>Límite inferior</b>	<b>Límite superior</b>
Con	20,040	0,924	18,099	21,981
Sin	16,791	0,924	14,850	18,732

Fuente: elaboración propia.

### Medias marginales estimadas CN



Fuente: elaboración propia.

### Pruebas de los efectos inter-sujetos del N

Variable dependiente:N					
Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Levadura	0,637	1	0,637	6,612	0,019
Repetición	1,473	2	0,736	7,649	0,004
Día	0,511	4	0,128	1,327	0,298

Continuación de las pruebas de los efectos inter-sujetos del N

Levadura/Día	0,444	4	0,111	1,153	0,364
Error	1,733	18	0,096		
Total corregida	4,797	29			
a. R cuadrado = 0,639 (R cuadrado corregida = 0,418)					

Fuente: elaboración propia.

**Análisis en función del día de fermentación y de la adición de Levadura del N**

Variable dependiente:N					
Día	Levadura	Media	Error típ.	Intervalo de confianza 95%	
				Límite inferior	Límite superior
5	Con	1,203	0,179	0,827	1,580
	Sin	1,680	0,179	1,304	2,056
10	Con	1,063	0,179	0,687	1,440
	Sin	1,563	0,179	1,187	1,940
15	Con	1,170	0,179	0,794	1,546
	Sin	1,650	0,179	1,274	2,026

Continuación del análisis en función del día de fermentación y de la adición de levadura del N

20	Con	1,107	0,179	0,730	1,483
	Sin	1,187	0,179	0,810	1,563
25	Con	1,167	0,179	0,790	1,543
	Sin	1,087	0,179	0,710	1,463

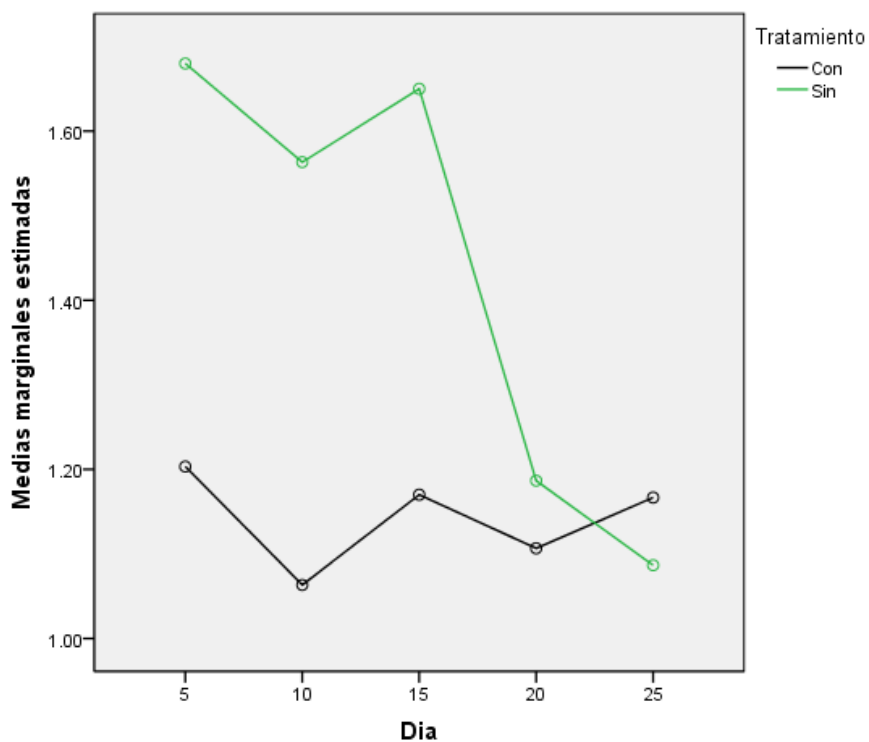
Fuente: elaboración propia.

### Error con la adición de levadura del N

Variable dependiente:N				
Levadura	Media	Error típ.	Intervalo de confianza 95%	
			Límite inferior	Límite superior
Con	1,142	0,080	0,974	1,310
Sin	1,433	0,080	1,265	1,602

Fuente: elaboración propia.

### Medias marginales estimadas de N



Fuente: elaboración propia.

### Pruebas de los efectos inter-sujetos del Fe

Variable dependiente:Fe					
Origen	Suma de cuadrados tipo III	GI	Media cuadrática	F	Sig.
Levadura	29 066,081	1	29 066,081	1,910	0,184
Repetición	1966 602,803	2	98 3301,401	64,606	0,000



Continuación de las pruebas de los efectos inter-sujetos del Fe

Día	261 418,339	4	65 354,585	4,294	0,013
Levadura/Día	36 452,899	4	9 113,225	0,599	0,668
Error	273 961,437	18	15 220,080		
Total corregida	2 567 501,559	29			
a. R cuadrado = 0,893 (R cuadrado corregida = 0,828)					

Fuente: elaboración propia.

### Análisis en función del día de fermentación y de la adición de levadura del Fe

Variable dependiente: Fe					
Día	Levadura	Media	Error típ.	Intervalo de confianza 95%	
				Límite inferior	Límite superior
5	Con	1 212,133	71,228	1 062,490	1 361,777
	Sin	1 276,867	71,228	1 127,223	1 426,510
10	Con	1 376,267	71,228	1 226,623	1 525,910
	Sin	1 335,333	71,228	1 185,690	1 484,977
15	Con	1 533,333	71,228	1 383,690	1 682,977
	Sin	1 427,733	71,228	1 278,090	1 577,377
20	Con	1 520,800	71,228	1 371,157	1 670,443
	Sin	1 393,133	71,228	1 243,490	1 542,777
25	Con	1 539,467	71,228	1 389,823	1 689,110
	Sin	1 437,667	71,228	1 288,023	1 587,310

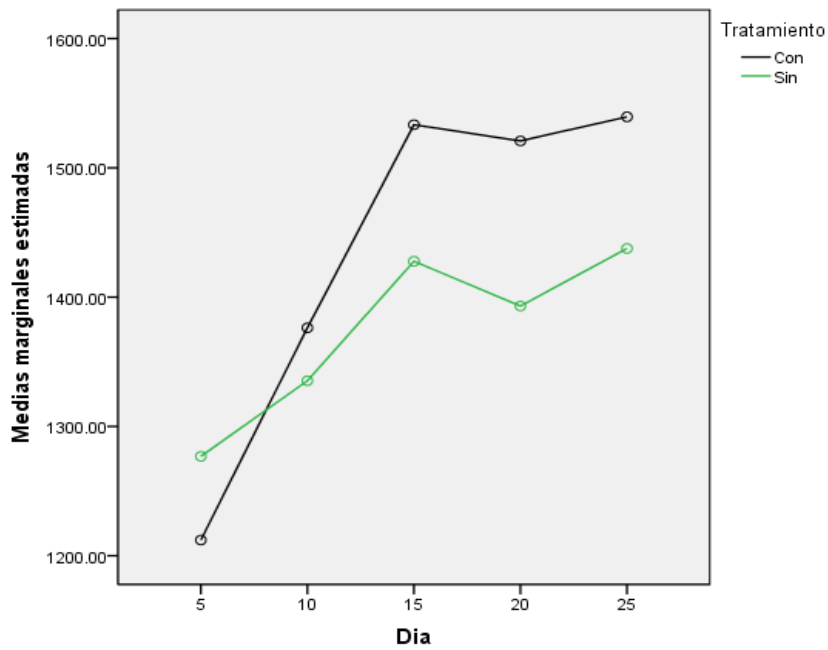
Fuente: elaboración propia.

### Error con la adición de levadura del Fe

Variable dependiente: Fe				
Levadura	Media	Error típ.	Intervalo de confianza 95%	
			Límite inferior	Límite superior
Con	1 436,400	31,854	1 369,477	1 503,323
Sin	1 374,147	31,854	1 307,224	1 441,069

Fuente: elaboración propia.

Figura 40. Medias marginales de Fe



Fuente: elaboración propia.

### Pruebas de los efectos inter-sujetos del Mn

Variable dependiente: Mn					
Origen	Suma de cuadrados tipo III	GI	Media cuadrática	F	Sig.
Levadura	300 560,261	1	300 560,261	6,647	0,019
Repetición	2 404 652,832	2	1 202 326,416	26,588	0,000
Día	610 245,152	4	152 561,288	3,374	0,032
Levadura/Día	57 076,725	4	14 269,181	0,316	0,864
Error	813 969,461	18	45 220,526		
Total corregida	4 186 504,432	29			
a. R cuadrado = 0,806 (R cuadrado corregida = 0,687)					

Fuente: elaboración propia

### Análisis en función del día de fermentación y de la adición de Levadura del Mn

Variable dependiente:Mn					
Día	Levadura	Media	Error típ.	Intervalo de confianza 95%	
				Límite inferior	Límite superior
5	Con	366,267	122,774	108,328	624,206
	Sin	339,200	122,774	81,261	597,139

Continuación del análisis en función del día de fermentación y de la adición de levadura del Mn.

10	Con	573,333	122,774	315,394	831,272
	Sin	348,667	122,774	90,728	606,606
15	Con	817,333	122,774	559,394	1 075,272
	Sin	575,867	122,774	317,928	833,806
20	Con	809,333	122,774	551,394	1067,272
	Sin	558,133	122,774	300,194	816,072
25	Con	816,000	122,774	558,061	1 073,939
	Sin	559,467	122,774	301,528	817,406

Fuente: elaboración propia.

### Análisis estadístico en función del tiempo de fermentación del Mn

Variable dependiente:Mn				
Dia	Media	Error típ.	Intervalo de confianza 95%	
			Límite inferior	Límite superior
5	352,733	86,814	170,343	535,124
10	461,000	86,814	278,610	643,390

Continuación del análisis estadístico en función del tiempo de fermentación del Mn.

15	696,600	86,814	514,210	878,990
20	683,733	86,814	501,343	866,124
25	687,733	86,814	505,343	870,124

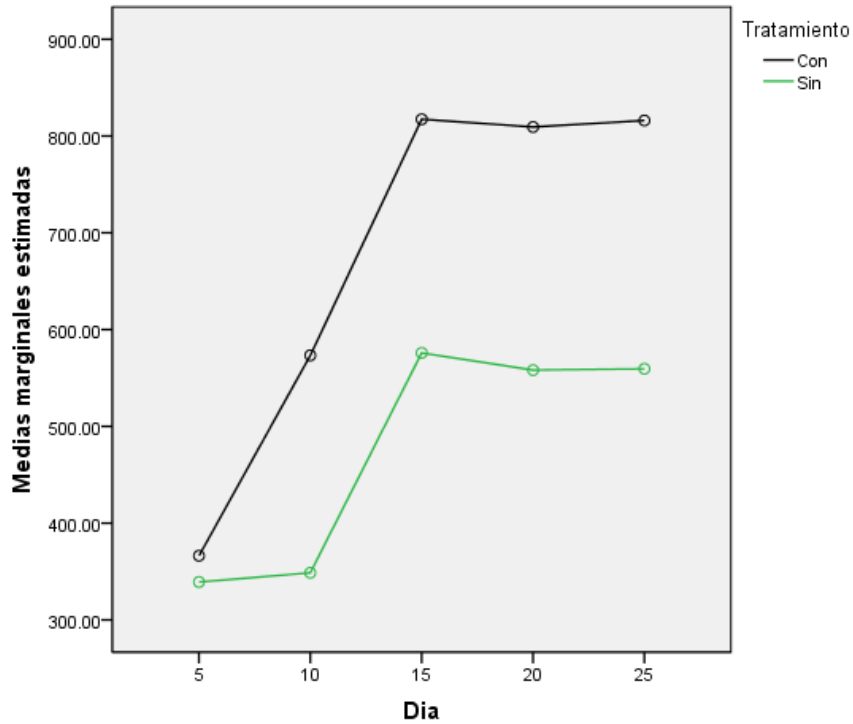
Fuente: elaboración propia.

### Error con la adición de levadura del Mn

Variable dependiente:Mn				
Levadura	Media	Error típ.	Intervalo de confianza 95%	
			Límite inferior	Límite superior
Con	676,453	54,906	561,099	791,807
Sin	476,267	54,906	360,913	591,621

Fuente: elaboración propia.

### Medias marginales estimadas de Mn



Fuente: elaboración propia.

### Pruebas de los efectos inter-sujetos del Zn

Variable dependiente: Zn					
Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Levadura	14 236,280	1	14 236,280	5,645	0,029
Repetición	67 256,074	2	33 628,037	13,335	0,000
Día	23 029,126	4	5 757,282	2,283	0,100
Levadura/Día	2 539,891	4	634,973	0,252	0,905

Continuación de las pruebas de los efectos inter-sujetos del Zn.

Error	45 392,287	18	2 521,794		
Total corregida	152 453,659	29			
a. R cuadrado = 0,702 (R cuadrado corregida = 0,520)					

Fuente: elaboración propia.

### Análisis en función del día de fermentación y de la adición de Levadura del Zn

Variable dependiente: Zn					
Día	Levadura	Media	Error típ.	Intervalo de confianza 95%	
				Límite inferior	Límite superior
5	Con	65,587	28,993	4,674	126,499
	Sin	56,853	28,993	-4,059	117,766
10	Con	128,533	28,993	67,621	189,446
	Sin	73,907	28,993	12,994	134,819
15	Con	150,267	28,993	89,354	211,179
	Sin	108,053	28,993	47,141	168,966
20	Con	158,667	28,993	97,754	219,579
	Sin	98,067	28,993	37,154	158,979
25	Con	162,000	28,993	101,088	222,912
	Sin	110,333	28,993	49,421	171,246

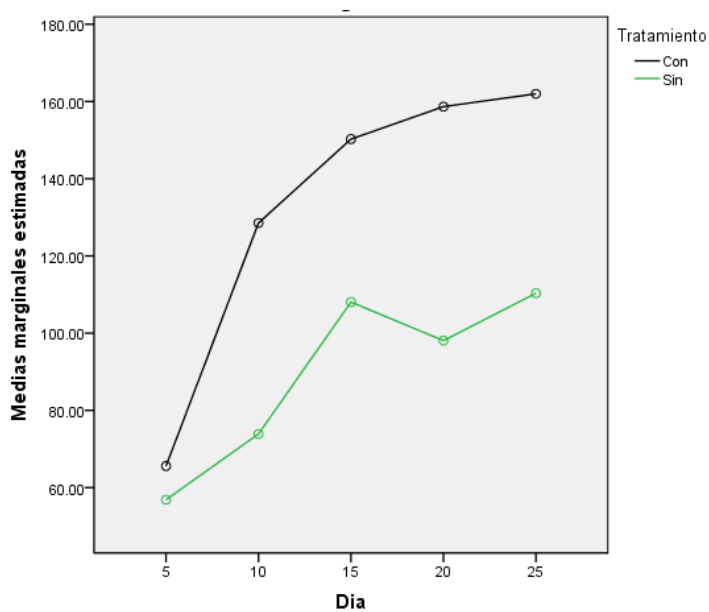
Fuente: elaboración propia.

### Error con la adición de levadura del Zn

Variable dependiente: Zn				
Levadura	Media	Error típ.	Intervalo de confianza 95%	
			Límite inferior	Límite superior
Con	133,011	12,966	105,770	160,251
Sin	89,443	12,966	62,202	116,683

Fuente: elaboración propia.

### Medias marginales estimadas de Zn



Fuente: elaboración propia.

**Nota:** se incluyeron en el análisis estadístico anteriormente presentado únicamente los elementos que mostraron variaciones significativas.



## Apéndice 4. Datos originales

### Análisis del lote 1 de abono fermentado *Bocashi*

Con Levadura														
Niveles adecuados	%						ppm					%		
	7,3-9,1	9,5-16,5	0,8-2,8	0,3-1,7	0,5-1,9	0,8-6,9	0,4-1,4	8,9-35,9	1 470-9 123	58-997	23-180	11-34	37-78	21-62
Día No.	pH	C/N	N	P2O5	K2O	CaO	MgO	Cobre	Hierro	Manganeso	Zinc	C.O	M.O	Ceniza
5	9,2	15,39	1,37	4,61	3,7	14,62	1,66	49,6	1 676	976	174,4	21,11	38	62
10	9,1	17,41	1,09	4,53	4,51	14,06	1,59	47,2	1 712	1 020	185,2	18,89	34	66
15	9,2	15,54	1,32	4,67	3,94	15,46	1,73	50,8	1 752	1 016	171,6	20,56	37	63
20	9,2	15,96	1,22	4,59	3,5	14,28	1,66	46,4	1 700	996	160,4	19,44	35	65
25	9,1	15,6	1,21	4,67	3,07	14,17	1,66	50	1 736	1 012	182,8	18,89	34	66
Sin Levadura														
Niveles adecuados	%						ppm					%		
	7,3-9,1	9,5-16,5	0,8-2,8	0,3-1,7	0,5-1,9	0,8-6,9	0,4-1,4	8,9-35,9	1 470-9 123	58-997	23-180	11-34	37-78	21-62
Día No.	pH	C/N	N	P2O5	K2O	CaO	MgO	Cobre	Hierro	Manganeso	Zinc	C.O	M.O	Ceniza
5	8,4	8,07	2,48	2,64	2,45	11,93	1,59	22,44	1 752	812	151,6	20	36	64
10	8,5	8,9	2,31	4,21	1,82	11,31	1,59	25,72	1 808	920	189,2	20,56	37	63
15	8,3	8,16	2,52	4,37	2,06	10,58	1,53	45,6	1 776	920	182,4	20,56	37	63
20	8,6	14,93	1,3	2,83	2,3	12,38	1,59	42,4	1 048	904	166	19,44	35	65
25	8,3	15,36	1,09	2,44	1,44	9,58	1,46	57,2	1 868	892	181,6	16,67	30	70

Fuente: elaboración propia

## Análisis del lote 2 de abono orgánico *Bocashi*

Con Levadura													
Niveles adecuados	pH	%					ppm					%	
		C/N	N	P2O5	K2O	CaO	MgO	Cobre	Hierro	Manganeso	Zinc	C.O	M.O
7.3-9.1	9.5-16.5	0.8-2.8	0.3-1.7	0.5-1.9	0.8-6.9	0.4-1.4	8.9-35.9	1470-9123	58-997	23-180	11.34	37.78	21.62
5	8.7	20.59	1.3	1.8	3.84	10.36	32.24	970.8	56.4	12.24	26.67	48	52
10	9.1	11.05	1.11	2.58	1.73	9.58	26.08	1159.2	60	16.8	12.22	22	78
15	8.6	19.6	1.16	1.68	1.82	8.06	27.52	1418.8	696	148.4	22.78	41	59
20	8.6	21.42	1.14	1.58	1.39	9.13	24.76	1424.8	712	172.8	24.44	44	56
25	8.5	18.28	1.25	1.72	2.54	10.19	27.84	1428.4	736	176.4	22.78	41	59
Sin Levadura													
Niveles adecuados	pH	%					ppm					%	
		C/N	N	P2O5	K2O	CaO	MgO	Cobre	Hierro	Manganeso	Zinc	C.O	M.O
7.3-9.1	9.5-16.5	0.8-2.8	0.3-1.7	0.5-1.9	0.8-6.9	0.4-1.4	8.9-35.9	1470-9123	58-997	23-180	11.34	37.78	21.62
5	8.6	13.44	1.32	3.12	2.26	9.52	43.2	1049	104.4	5.32	17.78	32	68
10	9	14.01	1.31	2.71	1.92	9.41	36.24	1046	54.4	21.2	18.33	33	67
15	8.9	14.55	1.26	2.6	1.73	8.57	38	1134	59.6	18.56	18.33	33	67
20	9	18.13	1.13	2.6	2.11	9.52	31.12	1119	54.4	21.8	20.56	37	63
25	8.8	25.06	1.06	1.78	2.98	10.92	26.28	1019	62.4	13	26.67	48	52

Fuente: elaboración propia.

### Análisis del lote 3 de abono orgánico *Bocashi*

Con Levadura													
Niveles adecuados	pH	%				ppm				%			
		C/N	N	P2O5	K2O	CaO	MgO	Cobre	Hierro	Manganeso	Zinc	C.O	M.O
7.3-9.1	9.5-16.5	0.8-2.8	0.3-1.7	0.5-1.9	0.8-6.9	0.4-1.4	8.9-35.9	1 470-9 123	58-997	23-180	11-34	37-78	21-62
Día No.													
5	8,8	23,1	0,94	1,37	3,36	13,72	1,39	29,52	989,6	66,4	10,12	21,67	39
10	9	28,14	0,99	1,54	2,5	7,9	1,46	32,96	1 257,6	640	183,6	27,78	50
15	9,1	23,76	1,03	1,46	2,06	8,29	1,06	24,68	1 429,2	740	130,8	24,44	56
20	8,9	32,92	0,96	1,65	1,49	7,45	1	24,72	1 437,6	720	142,8	31,11	56
25	8,9	21,84	1,04	1,43	2,11	9,52	1,2	23,44	1 454	700	126,8	22,76	41
Sin Levadura													
Niveles adecuados	pH	%				ppm				%			
		C/N	N	P2O5	K2O	CaO	MgO	Cobre	Hierro	Manganeso	Zinc	C.O	M.O
7.3-9.1	9.5-16.5	0.8-2.8	0.3-1.7	0.5-1.9	0.8-6.9	0.4-1.4	8.9-35.9	1 470-9 123	58-997	23-180	11-34	37-78	21-62
Día No.													
5	9,1	22,42	1,24	1,84	3,47	12,26	1,46	32,36	1 029,6	101,2	13,64	27,78	50
10	8,8	24,38	1,07	1,43	2,83	10,75	1,26	26,48	1 152	71,6	11,32	26,11	47
15	8,6	23,29	1,17	1,63	2,26	9,02	1,13	25,44	1 373,2	748	123,2	27,22	49
20	8,5	21,69	1,13	1,49	3,7	9,07	1,46	25,36	1 212,4	716	106,4	24,44	56
25	8,5	19,47	1,11	1,46	2,18	10,64	1,26	25,64	1 426	724	136,4	21,67	39

Fuente: elaboración propia

**Valores de pH, temperatura y porcentaje de humedad durante el proceso fermentativo del lote 1 de abono**

Día	Con levadura			Sin levadura		
	pH	T (°C)	%Humedad	pH	T (°C)	%Humedad
1	9,14	39	40	9,18	42	30
2	9,02	45	40	9,18	58	30
3	8,95	43	40	9,01	58	30
4	9	42	40	9,02	56	30
5	9,01	40	40	9	56	29
6	8,99	45	39	8,98	56	29
7	8,99	43	39	8,99	56	30
8	8,98	45	37	8,78	53	29
9	8,97	41	37	8,89	51	29
10	8,95	41	35	8,77	52	29
11	8,98	41	34	8,76	49	26
12	8,84	41	34	8,77	47	26
13	8,9	39	34	8,74	48	25
14	8,87	36	33	8,72	47	25
15	8,86	36	33	8,69	48	26
16	8,83	34	32	8,8	44	25
17	8,88	34	32	8,63	43	24
18	8,81	35	32	8,61	41	22
19	8,7	35	32	8,58	38	22
20	8,65	36	32	8,53	40	22
21	8,67	37	32	8,6	41	22
22	8,7	36	32	8,59	41	20
23	8,67	36	32	8,56	40	20
24	8,54	37	30	8,53	42	20
25	8,54	33	30	8,51	41	20

Fuente: Elaboración propia.

**Valores de pH, temperatura y porcentaje de humedad durante el proceso fermentativo del lote 2 de abono**

Día	Con levadura			Sin levadura		
	pH	T (°C)	%Humedad	pH	T (°C)	%Humedad
1	9,22	0,04	50	9,21	40	30
2	9,26	38	50	9,22	57	30
3	9,19	36	45	9,17	58	30
4	9,1	36	45	9,15	58	30
5	9,06	35	40	9,21	56	30
6	9,06	34	40	9,11	56	29
7	9	31	40	9,07	56	29
8	8,98	28	50	9,03	58	30
9	8,9	28	45	9	51	28
10	8,72	29	35	8,98	54	27
11	8,7	32	35	8,99	56	25
12	8,7	31	35	8,85	53	25
13	8,73	31	37	8,83	50	25
14	8,72	29	40	8,8	51	25
15	8,71	29	40	8,81	50	25
16	8,72	29	40	8,76	49	24
17	8,71	29	40	8,79	48	25
18	8,7	30	37	8,71	46	23
19	8,71	31	37	8,72	47	23
20	8,8	31	37	8,7	45	23
21	8,81	28	37	8,65	45	21
22	8,82	28	37	8,72	44	21
23	8,8	28	37	8,66	42	20
24	8,81	29	37	8,58	40	20
25	8,82	28	35	8,55	41	20

Fuente: elaboración propia.

**Valores de pH, temperatura y porcentaje de humedad durante el  
proceso fermentativo del lote 3 de abono**

Día	Con levadura			Sin levadura		
	pH	T (°C)	%Humedad	pH	T (°C)	%Humedad
1	9,28	40	40	9,26	41	35
2	9,16	35	40	9,25	45	35
3	9,3	33	35	9,25	46	30
4	9,11	30	44	9,18	45	30
5	9,2	30	44	9,18	47	30
6	9,16	30	50	9,16	48	30
7	9,16	28	50	9,17	46	30
8	9,12	31	50	9,1	48	28
9	9	31	42	9	49	28
10	8,95	28	42	9,04	39	35
11	8,88	29	35	9,03	39	32
12	8,8	29	40	8,98	38	30
13	8,81	30	40	8,95	38	30
14	8,8	30	40	8,87	40	35
15	8,8	29	38	8,8	40	33
16	8,81	29	38	8,87	42	33
17	8,9	28	38	8,84	41	32
18	8,87	28	37	8,78	40	31
19	8,86	28	37	8,78	39	25
20	8,88	29	30	8,7	39	25
21	8,8	28	30	8,72	38	25
22	8,78	29	30	8,7	38	31
23	8,8	28	30	8,73	37	31
24	8,79	28	30	8,73	37	30
25	8,78	28	30	8,7	36	28

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXVI. **Identificación de las muestras de abono**

No. muestra	No. lote	% levadura ( <i>Saccharomyces cerevisiae</i> )	Día de fermentación
1	1	0%	5
2	1	0%	10
3	1	0%	15
4	1	0%	20
5	1	0,2%	5
6	1	0,2%	10
7	1	0,2%	15
8	1	0%	25
9	1	0,2%	20
10	1	0,2%	25
11	2	0,2%	5
12	3	0,2%	5
13	3	0%	5
14	2	0,2%	10
15	3	0,2%	10
16	3	0%	10
17	2	0%	25
18	2	0%	10
19	2	0%	15
20	2	0%	20
21	2	0%	5
22	2	0,2%	15
23	3	0,2%	15
24	3	0%	15
25	2	0,2%	20
26	3	0,2%	20
27	3	0%	20
28	2	0,2%	25
29	3	0,2%	25
30	3	0%	25

Fuente: elaboración propia.





## ANEXOS

**Terreno boscoso donde se lleva a cabo la manufactura artesanal del abono orgánico tipo *Bocashi***



Fuente: terreno boscoso, aldea La Brea, Quesada, Jutiapa.

**Abono orgánico tipo *Bocashi* cubierto con nylon para no exponerlo a las inclemencias del clima ni los animales del campo**



Fuente: terreno boscoso, aldea La Brea, Quesada, Jutiapa.

**Carbón vegetal utilizado en la manufactura artesanal del abono orgánico tipo *Bocashi***



Fuente: terreno boscoso, aldea La Brea, Quesada, Jutiapa.

**Ceniza utilizada en la manufactura artesanal del abono orgánico tipo  
*Bocashi***



Fuente: terreno boscoso, aldea La Brea, Quesada, Jutiapa.

**Panela utilizada en la manufactura artesanal del abono orgánico tipo  
*Bocashi***



Fuente: terreno boscoso, aldea La Brea, Quesada, Jutiapa.

**Levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) utilizada en la manufactura artesanal del abono orgánico tipo *Bocashi***



Fuente: terreno boscoso, aldea La Brea, Quesada, Jutiapa.

**Broza utilizada en la manufactura artesanal del abono orgánico tipo *Bocashi***



Fuente: terreno boscoso, aldea La Brea, Quesada, Jutiapa.



**Gallinaza utilizada en la manufactura artesanal del abono orgánico tipo *Bocashi***



Fuente: terreno boscoso, aldea La Brea, Quesada, Jutiapa.

**Concentrado para ganado utilizado en la manufactura artesanal del abono orgánico tipo *Bocashi***



Fuente: terreno boscoso, aldea La Brea, Quesada, Jutiapa.

## Abono orgánico tipo *Bocashi*



Fuente: terreno boscoso, aldea La Brea, Quesada, Jutiapa.



## Análisis de Abono Orgánico

Orden: 19 - 940  
 Investigador: ING. HUMBERTO JIMENEZ  
 Finca: BOCASCHI en Jurisdicción de: Quezada JUTIAPA  
 Entrega: Otro método de entrega.

No.	Identificación de la muestra	%										ppm					%	
		pH	*C/N	N	P2O5	K2O	CaO	MgO	Cobre	Hierro	Manganeso	Zinc	*C.O.	*M.O.	Centiza			
5709	Niveles Adecuados ---->	7.3-9.1	9.5-16.5	0.5-2.8	0.3-1.7	0.5-1.9	0.5-6.9	0.4-1.4	8.9-35.9	1470-9123	58-997	23-180	11-34	37-78	21-52			
	MUESTRA # 1	8.40	8.07	2.48	2.64	2.45	11.93	1.59	22.44	1,752.00	812.00	151.60	20.00	36.00	64.00			
5710	MUESTRA # 2	8.50	8.90	2.31	4.21	1.82	11.31	1.59	25.72	1,808.00	920.00	189.20	20.56	37.00	63.00			
5711	MUESTRA # 3	8.30	8.16	2.52	4.37	2.08	10.56	1.59	45.60	1,776.00	920.00	182.40	20.56	37.00	63.00			
5712	MUESTRA # 4	8.60	14.93	1.30	2.83	2.30	12.38	1.59	42.40	1,848.00	904.00	166.00	19.44	35.00	65.00			
5713	MUESTRA # 5	9.20	15.39	1.37	4.61	3.70	14.62	1.66	49.60	1,676.00	976.00	174.40	21.11	38.00	62.00			
5714	MUESTRA # 6	9.10	17.41	1.09	4.53	4.51	14.06	1.59	47.20	1,712.00	1,020.00	185.20	18.68	34.00	66.00			
5715	MUESTRA # 7	9.20	15.54	1.32	4.67	3.94	15.46	1.73	50.80	1,752.00	1,016.00	171.60	20.56	37.00	63.00			
5716	MUESTRA # 8	8.30	15.36	1.09	2.44	1.44	9.58	1.46	57.20	1,868.00	892.00	181.60	16.67	30.00	70.00			
5717	MUESTRA # 9	9.20	15.96	1.22	4.59	3.50	14.28	1.66	46.40	1,700.00	986.00	160.40	19.44	35.00	65.00			
5718	MUESTRA # 10	9.10	15.60	1.21	4.87	3.07	14.17	1.66	50.00	1,736.00	1,012.00	182.80	18.89	34.00	66.00			

Ing. Humberto Jiménez  
 Jefe Laboratorio de Suelos

Observaciones: Dichos niveles son por lo tanto, extremadamente generales, y en consecuencia, a la hora de usarlos para interpretar hay que considerarlos como tales.

Fecha de ingreso: 27/01/2012  
 Fecha de entrega: 16/02/2012

- \*N = Nitrogeno
- \*P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> = Fósforo
- \*K<sub>2</sub>O = Potasio
- \*CaO = Calcio
- \*MgO = Magnesio
- \*C.O. = Carbono Orgánico
- \*M.O. = Materia Orgánica
- \*C/N = Relación Carbono-Nitrogeno

Los resultados de este informe son validos únicamente para las muestras recibidas en el laboratorio y en su impresión original. El laboratorio ANALAB, no se responsabiliza por el uso inadecuado que se le de a este informe. La reproducción parcial o total de este informe debera ser autorizada por escrito por ANALAB.



## Análisis de Abono Orgánico

Orden: 19 - 1330  
 Cliente: ING. HUMBERTO JIMENEZ  
 Finca: BOCASCHI en Jurisdicción de: Quezada JUTIAPA

No.	Identificación de la muestra	%										ppm					%		
		pH	*C/N	N	P2O5	K2O	CaO	MgO	Cobre	Hierro	Manganeso	Zinc	*C.O.	*M.O.	Ceniza				
7973	Niveles Adecuados ---->	7.3-9.1	9.5-16.5	0.8-2.8	0.3-1.7	0.5-1.9	0.8-6.9	0.4-1.4	8.5-35.9	1470-9123	55-997	23-180	11-34	37-78	21-62				
	MUESTRA # 11	8.70	20.59	1.30	1.80	3.94	10.36	1.38	32.24	970.80	56.40	12.24	26.67	46.00	52.00				
7974	MUESTRA # 12	8.80	23.10	0.94	1.37	3.36	13.72	1.39	29.52	989.60	66.40	10.12	21.67	39.00	61.00				
7975	MUESTRA # 13	8.10	22.42	1.24	1.84	3.74	12.26	1.46	32.36	1,029.60	101.20	13.64	27.76	50.00	50.00				
7976	MUESTRA # 14	8.80	24.38	1.07	1.43	2.83	10.75	1.26	26.46	1,152.00	71.60	11.32	26.11	47.00	53.00				
7977	MUESTRA # 16	9.10	11.05	1.11	2.56	1.73	9.56	1.46	26.08	1,159.20	60.00	16.80	12.22	22.00	78.00				
7978	MUESTRA # 17	8.80	25.06	1.06	1.78	2.98	10.92	1.33	26.26	1,019.20	62.40	13.00	26.67	48.00	52.00				
7979	MUESTRA # 18	9.00	14.01	1.31	2.71	1.92	9.41	1.53	36.24	1,046.00	54.40	21.20	18.33	33.00	67.00				
7980	MUESTRA # 19	8.90	14.55	1.26	2.60	1.73	8.57	1.46	38.00	1,133.60	59.60	18.56	18.33	33.00	67.00				
7981	MUESTRA # 20	9.00	18.13	1.13	2.60	2.11	9.52	1.46	31.12	1,118.80	54.40	21.80	20.56	37.00	63.00				
7982	MUESTRA # 21	8.60	13.44	1.32	3.12	2.26	9.52	1.53	43.20	1,049.20	104.40	5.32	17.78	32.00	68.00				

Ing. Humberto Jiménez  
 Jefe Laboratorio de Suelos

Observaciones: Dichos niveles son por lo tanto, extremadamente generales, y en consecuencia, a la hora de usarlos para interpretar hay que considerarlos como tales.

Fecha de ingreso: 16/02/2012  
 Fecha de ejecución: Sin Fecha - Proceso Incompleto  
 Fecha de entrega: 09/03/2012

Los resultados de este informe son válidos únicamente para las muestras recibidas en el laboratorio y en su impresión original. El laboratorio ANALAB, no se responsabiliza por el uso inadecuado que se le de a este informe. La reproducción parcial o total de este informe deberá ser autorizada por escrito por ANALAB.

5a. calle 05-50, zona 14 Guatemala, Guatemala, C.A. e-mail: analab@anacafe.org www.laboratorioanalab.com telefono y fax: (502) 23374173, pbx: (502) 24213700 ext.193,194,195,196,197  
 09/03/2012 14:48:53





## Análisis de Abono Orgánico

Orden: 19 - 1697  
 Cliente: ING. HUMBERTO JIMENEZ  
 Finca: BOCÁSCHI en Jurisdicción de: Quezada JUTIAPA

No.	Identificación de la muestra	%											ppm					*M.O.	Ceniz
		pH	*CN	N	P2O5	K2O	CaO	MgO	Cobre	Hierro	Manganeso	Zinc	*C.O.	*M.O.					
10485	MUESTRA # 15	7.3-9.1	9.5-16.5	0.8-2.8	0.3-1.7	0.5-1.9	0.8-6.9	0.4-1.4	8.9-35.9	1470-9123	55-997	23-180	11-34	37-78	21-52				
10486	MUESTRA # 22	8.00	28.14	0.98	1.54	2.50	7.90	1.46	32.96	1,257.60	640.00	183.60	27.78	50.00	50				
10487	MUESTRA # 23	8.60	19.60	1.16	1.08	1.82	8.06	1.13	27.52	1,418.80	698.00	148.40	22.78	41.00	59				
10488	MUESTRA # 24	9.10	23.76	1.03	1.46	2.06	8.28	1.06	24.68	1,429.20	740.00	130.80	24.44	44.00	58				
10489	MUESTRA # 25	8.60	23.28	1.17	1.63	2.26	9.02	1.13	25.44	1,373.20	748.00	123.20	27.22	48.00	51				
10500	MUESTRA # 26	8.60	21.42	1.14	1.58	1.98	9.13	1.06	24.76	1,424.80	712.00	172.80	24.44	44.00	56				
10501	MUESTRA # 27	8.90	32.92	0.95	1.65	1.48	7.45	1.00	24.72	1,437.60	720.00	142.80	31.11	56.00	44				
10502	MUESTRA # 28	8.50	21.69	1.13	1.49	3.70	9.07	1.46	25.36	1,212.40	716.00	106.40	24.44	44.00	56				
10503	MUESTRA # 29	8.50	18.28	1.25	1.72	2.54	10.19	1.26	27.84	1,428.40	736.00	176.40	22.78	41.00	59				
10504	MUESTRA # 30	8.90	21.84	1.04	1.43	2.11	9.52	1.20	23.44	1,454.00	700.00	128.80	22.78	41.00	58				
		8.50	19.47	1.11	1.46	2.16	10.64	1.26	25.64	1,426.00	724.00	136.40	21.67	39.00	61				

  
 Ing. Humberto Jiménez  
 Jefe Laboratorio de Suelos

Observaciones: Dichos niveles son por lo tanto, extremadamente generales, y en consecuencia, a la hora de usarlos para interpretar hay que considerarlos como tales.

Fecha de ingreso: 01/03/2012  
 Fecha de ejecución: Sin Fecha - Proceso Incompleto  
 Fecha de entrega: 21/03/2012

\*N = Nitrogeno  
 \*P2 O3 = Fósforo  
 \*K2 O = Potasio  
 \*CaO = Calcio  
 \*MgO = Magnesio  
 \*C.O. = Carbono Orgánico  
 \*M.O. = Materia Orgánica  
 \*CN = Relación Calcio-Nitrógeno

Los resultados de este informe son válidos únicamente para las muestras recibidas en el laboratorio y en su impresión original. El laboratorio ANALAB, no se responsabiliza por el uso inadecuado que se le de a este informe. La reproducción parcial o total de este informe deberá ser autorizada por escrito por ANALAB.

