

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN CIENCIAS AMBIENTALES**



**“REVALORACIÓN DE LEVADURA (*Saccharomyces cerevisiae*)
RESIDUAL DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE CERVEZA Y
OBTENCIÓN DE FERTILIZANTE ORGÁNICO”**

**Presentada por:
LEYLA SIFUENTES ESTRADA**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE
MAGISTER SCIENTIAE EN CIENCIAS AMBIENTALES**

**Lima - Perú
2023**

Document Information

Analyzed document	Tesis Maestria_ Sifuentes Leyla_ Final.pdf (D165052886)
Submitted	2023-04-26 00:14:00
Submitted by	GLADYS JUANA CARRION CARRERA
Submitter email	gcc@lamolina.edu.pe
Similarity	15%
Analysis address	gcc.unalm@analysis.arkund.com

Sources included in the report

SA	TESIS MILY.docx Document TESIS MILY.docx (D43281823)	 2
SA	Cedillo_Carmen_Art 07.docx Document Cedillo_Carmen_Art 07.docx (D127208510)	 1
SA	Posgrado FIA - Tesis Cárdenas Nataly 2019 v2.docx Document Posgrado FIA - Tesis Cárdenas Nataly 2019 v2.docx (D58815259)	 4
SA	TESIS MAESTRIA AGRONOMIA 2023 DAYSI ORTIZ (2).docx Document TESIS MAESTRIA AGRONOMIA 2023 DAYSI ORTIZ (2).docx (D156249894)	 10
SA	TESIS-YOJAN ZAMBRANO.docx Document TESIS-YOJAN ZAMBRANO.docx (D107447299)	 1
SA	UNU_AMBIENTAL_2020_TESIS_LEIDY-LASTRA_V1.pdf Document UNU_AMBIENTAL_2020_TESIS_LEIDY-LASTRA_V1.pdf (D85602474)	 1
SA	UNU_AMBIENTAL_2022_T_JIM-DIAZ_QUISPE_V1.pdf Document UNU_AMBIENTAL_2022_T_JIM-DIAZ_QUISPE_V1.pdf (D147727873)	 2
SA	Universidad Nacional Agraria La Molina / Tesis_Evelyn Milagros Yurivilca Cruzatt Final.pdf Document Tesis_Evelyn Milagros Yurivilca Cruzatt Final.pdf (D156770499) Submitted by: jjm@lamolina.edu.pe Receiver: jjm.unalm@analysis.arkund.com	 11
W	URL: https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/21/BC-TES-3626.pdf?sequence=1&i... Fetched: 2022-02-01 08:20:47	 1
W	URL: http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/UNALM/2335/4/F04-B919-T.pdf.txt Fetched: 2021-05-05 09:26:29	 12
W	URL: http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/3495/lopez-sanchez-christian-... Fetched: 2022-03-19 06:55:32	 4

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN CIENCIAS AMBIENTALES**

**“REVALORACIÓN DE LEVADURA (*Saccharomyces cerevisiae*)
RESIDUAL DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE CERVEZA Y
OBTENCIÓN DE FERTILIZANTE ORGÁNICO”**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE
MAGISTER SCIENTIAE**

Presentada por:

LEYLA SIFUENTES ESTRADA

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

Mg.Sc. Víctor Miyashiro Kiyari
PRESIDENTE

Dra. Gladys Carrión Carrera
ASESORA

Mg.Sc. Rosa Miglio Toledo
MIEMBRO

Mg.Sc. Juan Guerrero Barrantes
MIEMBRO

DEDICATORIA

A mí querida familia: a mi madre y hermana, por su apoyo y motivación en la realización de la tesis.

AGRADECIMIENTOS

- ❖ A mi asesora la Dra. Gladys Carrión Carrera, por su apoyo y asesoramiento, lo que hizo posible la realización de la presente Investigación Experimental.

- ❖ A la memoria del Dr. Víctor Meza Contreras.

- ❖ A la empresa “Bebidas Naturales” SAC, por proporcionarme la materia prima para llevar a cabo el presente experimento.

- ❖ Al Mg.Sc. Víctor Miyashiro Kiyán, Mg.Sc. Juan Guerrero Barrantes y Mg.Sc. Rosa Miglio Toledo, por su participación como miembros del jurado.

- ❖ Al Biol. Juan Juscamaita Morales, por su apoyo constante en el desarrollo de la presente Investigación Experimental.

- ❖ Al Ing. Lawrence Quipuzco Ushñahua, por su apoyo y consejos útiles en la realización de la presente Investigación Experimental.

- ❖ A todas las personas que de una u otra manera colaboraron en la realización de la presente Investigación Experimental.

ÍNDICE GENERAL

	N° de página
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 INDUSTRIA DE BEBIDAS	3
2.1.1 Generalidades	3
2.1.2 Situación actual de la industria de bebidas y su impacto al medio ambiente	3
2.1.3 Marco legal	5
2.2 LA CERVEZA	5
2.2.1 Definición	5
2.2.2 Elaboración	6
2.2.3 Materia prima e insumos	7
a. La malta	7
b. El lúpulo	8
c. La levadura	9
d. El agua	9
2.2.4 Subproducto	10
2.2.5 Residuos	11
a. Malta cervecera	11
b. Tierras infusorias	11
c. Etiquetas	12
2.3 TECNOLOGÍA PARA EL TRATAMIENTO DE LA LEVADURA	12
2.4 FERTILIZANTES	13
2.4.1 Fertilizante inorgánico o mineral	13
a. Definición	13
b. Composición	14
b.1 Nitrógeno	14
b.2 Fósforo	14
b.3 Potasio	15
b.4 Los abonos compuestos	16
2.4.2 Fertilizante orgánico	17
a. Definición	17
b. Tipos	18
b.1 Estiércoles	18
b.2 Compostas	18
b.3 Biofertilizantes	19
b.4 Bioestimulante vegetal	19

c.	Elaboración y bioquímica de procesos	19
d.	Aplicación	20
2.5	MICROORGANISMOS EFECTIVOS	21
2.5.1	Definición	21
2.5.2	Tipos	22
2.5.3	Metabolismo microbiano	22
2.6	BIOENSAYO DE TOXICIDAD	23
2.6.1	Definición	23
2.6.2	Características	23
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	26
3.1	LUGAR DE EJECUCIÓN.....	26
3.2	MATERIALES Y EQUIPOS	26
3.3	ANALITICA Y MEDICION DE PARAMETROS	27
3.3.1	Microbiológico	27
3.3.2	Físico químico	28
3.3.3	Agronómico	28
3.3.4	pH	29
3.3.5	Conductividad eléctrica	29
3.3.6	Porcentaje de acidez	29
3.4	METODOLOGÍA	30
3.4.1	Fase de campo	30
3.4.2	Fase de laboratorio	31
a.	Tratamientos experimentales	31
b.	Determinación del porcentaje de humedad de la muestra de levadura	34
c.	Selección del mejor tratamiento	34
c.1	Caracterización del fertilizante orgánico	35
d.	Evaluación de la eficiencia del fertilizante orgánico en semillas de lechuga	35
e.	Evaluación de la estabilidad en el tiempo del fertilizante orgánico	37
f.	Diseño experimental y análisis estadístico	37
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	39
4.1	CONDICIONES INICIALES	39
4.2	CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA	40
4.2.1	Análisis microbiológico	40
4.2.2	Análisis fisicoquímico	41
4.2.3	Análisis químico de interés agronómico	43
4.3	DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS QUIMICOS	44
4.3.1	pH	45
4.3.2	Conductividad eléctrica	50
4.3.3	Porcentaje de acidez	53
4.4	CARACTERIZACIÓN DEL FERTILIZANTE ORGÁNICO	55

4.4.1	Análisis microbiológico	55
4.4.2	Análisis químico de interés agronómico	57
4.5	TENDENCIA DE LA ESTABILIDAD EN EL TIEMPO DEL FERTILIZANTE ORGÁNICO EN CUANTO AL pH, C.E. Y ACIDEZ	61
4.6	EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL FERTILIZANTE ORGÁNICO EN LA GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE LECHUGA	70
V.	CONCLUSIONES	77
VI.	RECOMENDACIONES	78
VII.	REFERENCIAS BIBIOGRÁFICAS	79
VIII.	ANEXOS	84

ÍNDICE DE TABLAS

Nº	TÍTULO	Pág.
1	Insumos y reactivos utilizados en el estudio	26
2	Métodos empleados en el análisis de la materia orgánica	28
3	Tratamientos versus porcentaje de melaza, microorganismos efectivos y ... levadura	32
4	Tratamientos versus pH, conductividad eléctrica, acidez y sus repeticiones ... de la levadura sin pasteurizar y levadura pasteurizada	32
5	Tratamientos evaluados según las concentraciones de melaza y microorganismos efectivos	34
6	Tratamientos para la evaluación de la eficiencia del fertilizante orgánico en semilla de lechuga	36
7	Condiciones iniciales de la levadura sin pasteurizar y levadura pasteurizada ...	39
8	Análisis microbiológico de la muestra de levadura	40
9	Análisis físico químico de la muestra de levadura sin pasteurizar y levadura ... pasteurizada	41
10	Concentraciones de metales pesados en la levadura sin pasteurizar	42
11	Análisis químico de interés agronómico de la muestra de levadura sin ... pasteurizar y levadura pasteurizada	44
12	Valor de pH promedio de los tratamientos experimentales	46

13	Variación de pH en el día 1, 2, 3, 4 y en el 5to día para la muestra de levadura sin pasteurizar y levadura pasteurizada	... 47
14	Variación de la conductividad eléctrica en el día 1, 2, 3, 4 y en el 5to día 52
15	Resultados del análisis microbiológico de la levadura y del fertilizante orgánico	... 55
16	Comparación de coliformes del biofertilizante 56
17	Análisis químico de interés agronómico del fertilizante orgánico 58
18	Valores máximos de metales pesados en fertilizantes orgánicos 60
19	Comparación de parámetros químicos de fertilizante orgánico versus otros estudios	... 61
20	Evaluación de las características cualitativas de los tratamientos experimentales 66
21	Condiciones físico químicas iniciales de muestra de levadura sin pasteurizar y levadura pasteurizada	... 71
22	Número de semillas germinadas de la muestra de levadura sin pasteurizar y levadura pasteurizada	... 71
23	Determinación del índice de germinación en semillas de lechuga en las muestras de levadura sin pasteurizar y levadura pasteurizada	... 73
24	Comparación de índices de germinación del fertilizante orgánico versus otros estudios 76

ÍNDICE DE FIGURAS

Nº	TÍTULO	Pág.
1	Diagrama de flujo de elaboración de cerveza	6
2	Flujograma de la investigación del experimento con levadura	31
3	Flujograma de la evaluación de la eficiencia del fertilizante orgánico con ... semillas de lechuga	37
4	Variación promedio del pH en el tiempo de fermentación de la muestra ... de levadura sin pasteurizar	46
5	Interacción de melaza y microorganismos efectivos al quinto día de ... evaluación en la muestra de levadura sin pasteurizar	48
6	Variación promedio del pH en el tiempo de fermentación	49
7	Evaluación del pH en el tiempo de fermentación a temperatura ambiente...	49
8	Variación promedio de la conductividad eléctrica en el tiempo de..... fermentación Levadura sin pasteurizar	50
9	Variación promedio del porcentaje de ácido láctico	53
10	Variación promedio del porcentaje de ácido láctico	54
	Levadura pasteurizada 40°C	
11	Variación promedio del porcentaje de acidez	54
	Levadura pasteurizada Temperatura ambiente	

12	Evaluación de la estabilidad del pH en los tratamientos experimentales a ... los 30 días	62
13	Evaluación de la estabilidad de la conductividad eléctrica en los tratamientos experimentales a los 30 días	63
14	Evaluación de la estabilidad del porcentaje de acidez de los tratamientos experimentales a los 30 días	64
15	Evaluación de la estabilidad del pH en los tratamientos experimentales a ... los 30 días Levadura pasteurizada 40°C	67
16	Evaluación de la estabilidad de la conductividad eléctrica en los tratamientos experimentales a los 30 días Levadura pasteurizada 40°C	68
17	Evaluación de la estabilidad del porcentaje de acidez de los tratamientos experimentales a los 30 días Levadura pasteurizada 40°C	68
18	Evaluación de la estabilidad del pH en los tratamientos experimentales a ... los 30 días Levadura pasteurizada Temperatura ambiente	69
19	Evaluación de la estabilidad de la conductividad eléctrica en los tratamientos experimentales a los 30 días Levadura pasteurizada temperatura ambiente	69
20	Evaluación de la estabilidad del porcentaje de acidez de los tratamientos experimentales a los 30 días Levadura pasteurizada temperatura ambiente	70

ÍNDICE DE ANEXOS

Nº	TÍTULO	Pág.
1	Informe de ensayo – Resultados de análisis del laboratorio de ... microbiología Muestra levadura sin pasteurizar	84
2	Informe de análisis de materia orgánica Laboratorio de suelos, plantas, aguas y fertilizantes Muestra levadura sin pasteurizar	85
3	Informe de ensayo – Resultados de análisis del laboratorio de microbiología Muestra levadura pasteurizada	86
4	Informe de análisis de materia orgánica Laboratorio de suelos, plantas, aguas y fertilizantes Muestra levadura pasteurizada	87
5	Informe de ensayo – Resultados de análisis del laboratorio de microbiología Muestra abono orgánico	88
6	Informe de análisis de materia orgánica Laboratorio de suelos, plantas, aguas y fertilizantes Muestra abono orgánico	89
7	Informe de ensayo – Resultados de análisis del laboratorio de microbiología Muestra de abono orgánico Condición 1: temperatura a 40°C	90
8	Informe de análisis de materia orgánica Laboratorio de suelos, plantas, aguas y fertilizantes Muestra de abono orgánico	91
9	Informe de ensayo – Resultados de análisis del laboratorio de microbiología Muestra de abono orgánico	92

RESUMEN

En la actualidad se producen 14 millones de hectolitros de cerveza, en el Perú, siendo una cifra considerable de generación de residuos y desechos al medio ambiente. El objetivo principal del presente estudio fue el de revalorar la levadura residual del proceso de elaboración de cerveza, mediante obtención de fertilizante orgánico. Con la finalidad de darle valor agregado a la levadura residual, cuyo volumen puede alcanzar de un 1 – 3 por ciento del volumen de cerveza producida y aplicar la tecnología de fermentación láctica, se llevó a cabo la presente investigación, en las instalaciones del Laboratorio de Biorremediación de la Universidad Nacional Agraria La Molina – UNALM. Se estudió la levadura, debido a que, en la actualidad, son las industrias del rubro de alimentos; las que generan mayor contaminación después de la industria minera y pesquera generando de esta manera problemas ambientales críticos. En la caracterización de la levadura, se obtuvo los siguientes resultados; pH: 6.52, conductividad eléctrica : 3.60 dS/m, humedad relativa : 84.94 por ciento, materia orgánica en solución : 66.64 por ciento, macro nutrientes (nitrógeno: 8.38 por ciento, ácido fosfórico: 3.90 por ciento, óxido de potasio : 2.23 por ciento, óxido de calcio : 0.17 por ciento, óxido de magnesio: 0.39 por ciento y sodio : 0.04 por ciento), micronutrientes (hierro : 146ppm, zinc: 215ppm, manganeso: 11ppm, boro: 27ppm, cobre: 10ppm) metales pesados (cadmio: 0.00ppm, cromo: 2.83ppm, plomo: 0.53ppm); estos resultados indican que la materia prima cumple con los nutrientes necesarios a ser metabolizados en la fermentación láctica, para la obtención de fertilizante orgánico líquido; resultados que fueron corroborados con estudios de otros investigadores en materia de bioabono, realizados con otras materias primas. En la caracterización del fertilizante orgánico líquido se obtuvo los siguientes resultados; pH: 3.96, conductividad eléctrica: 21.40 dS/m, sólidos totales: 183.30 g/L, materia orgánica en solución: 146.40 g/L, macro nutrientes (nitrógeno: 8974.00 mg/L, fósforo: 1619.05mg/L, potasio: 9625.00 mg/L, calcio: 1472.00 mg/L, magnesio: 1275.00 mg/L y sodio: 232.50 mg/L.), micronutrientes (hierro: 41.40 mg/L, zinc: 13.33 mg/L, manganeso: 4.00 mg/L, boro: 7.07 mg/L, cobre: 0.95 mg/L) y metales pesados (cadmio: 1.39 mg/L, cromo: 0.01 mg/L, plomo: 0.01 mg/L). Estos resultados obtenidos hacen prever que el fertilizante orgánico líquido, cumple con los criterios de calidad para ser utilizado en agricultura. Dichos criterios resultan de distintos investigadores

en materia de bioabono, que fueron trabajados y probados en distintas semillas. Se evaluó, además, la eficiencia del fertilizante orgánico líquido, en semillas de lechuga, para lo cual se utilizó semillas de lechuga y placas Petri, en las cuales se realizó la siembra de las semillas, adicionando el fertilizante orgánico diluido en 10^0 , 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} y control; de esta manera en un tiempo de siete días se evaluó el tamaño de la radícula y el hipocótilo. En la levadura sin pasteurizar, en las diluciones 10^{-2} , 10^{-3} y 10^{-4} ; se observó la germinación de semillas en más del 50 por ciento del total inoculado, de acuerdo a los resultados, se tiene que hay una fuerte presencia de sustancias fitotóxicas en la dilución 10^{-2} , asimismo en la solución 10^{-3} y 10^{-4} , hay presencia moderada de sustancias fitotóxicas. En cambio en la levadura pasteurizada, en las diluciones 10^{-2} , 10^{-3} y 10^{-4} , presentan un índice de germinación del 84.2 por ciento, 96.3 por ciento y 97.8 por ciento respectivamente; esto significa que no hay sustancias tóxicas o están en muy baja concentración.

Palabras claves: Fermentación láctica, problemas ambientales, sustancias fitotóxicas.

ABSTRACT

Currently, 14 million hectoliters of beer are produced in Peru, being a considerable amount of waste generation and waste to the environment. The main objective of the present study was to revalue the residual yeast of the brewing process, by obtaining organic fertilizer. In order to give added value to the residual yeast, whose volume can reach 1 – 3 percent of the volume of beer produced and apply lactic fermentation technology, this research was carried out at the facilities of the Bioremediation Laboratory of the National Agrarian University La Molina – UNALM. Yeast was studied, because, at present, they are the industries of the food sector; those that generate greater pollution after the mining and fishing industry, thus generating critical environmental problems. In the characterization of the yeast, the following results were obtained; pH: 6.52, electrical conductivity: 3.60 dS/m, relative humidity: 84.94 percent, organic matter in solution: 66.64 percent, macro nutrients (nitrogen: 8.38 percent, phosphoric acid: 3.90 percent, potassium oxide: 2.23 percent, calcium oxide: 0.17 percent, magnesium oxide: 0.39 percent and sodium: 0.04 percent), micronutrients (iron: 146ppm, zinc: 215ppm, manganese: 11ppm, boron: 27ppm, copper: 10ppm) heavy metals (cadmium: 0.00ppm, chromium: 2.83ppm, lead: 0.53ppm); These results indicate that the raw material meets the necessary nutrients to be metabolized in lactic fermentation, to obtain liquid organic fertilizer; Results that were corroborated with studies by other researchers in the field of biofertilizer, carried out with other raw materials. In the characterization of liquid organic fertilizer the following results were obtained; pH: 3.96, electrical conductivity: 21.40 dS/m, total solids: 183.30 g/L, organic matter in solution: 146.40 g/L, macronutrients (nitrogen: 8974.00 mg/L, phosphorus: 1619.05mg/L, potassium: 9625.00 mg/L, calcium: 1472.00 mg/L, magnesium: 1275.00 mg/L and sodium: 232.50 mg/L.), micronutrients (iron: 41.40 mg/L), micronutrients (iron: 41.40 mg/L), zinc: 13.33 mg/L, manganese: 4.00 mg/L, boron: 7.07 mg/L, copper: 0.95 mg/L) and heavy metals (cadmium: 1.39 mg/L, chromium: 0.01 mg/L, lead: 0.01 mg/L). These results suggest that the liquid organic fertilizer meets the quality criteria to be used in agriculture. These criteria result from different researchers in the field of biofertilizer, which were worked and tested on different seeds. The efficiency of liquid organic fertilizer in lettuce seeds was also evaluated, for which lettuce seeds and Petri dishes were used, in which the seeds were planted, adding the organic fertilizer diluted in

100, 10⁻¹, 10⁻², 10⁻³, 10⁻⁴ and control; In this way, in a time of seven days, the size of the radicle and the hypocotyl were evaluated. In unpasteurized yeast, in dilutions 10⁻², 10⁻³ and 10⁻⁴; The germination of seeds was observed in more than 50 percent of the total inoculated, according to the results, there is a strong presence of phytotoxic substances in the 10⁻² dilution, also in the 10⁻³ and 10⁻⁴ solution, there is moderate presence of phytotoxic substances. On the other hand, in pasteurized yeast, in dilutions 10⁻², 10⁻³ and 10⁻⁴, they have a germination index of 84.2 percent, 96.3 percent and 97.8 percent respectively; This means that there are no toxic substances, or they are in very low concentration.

Keywords: Lactic fermentation, environmental problems, phytotoxic substances.

I. INTRODUCCIÓN

La generación de residuos durante el proceso productivo en la industria cervecera puede ser considerada como una pérdida del proceso que se está llevando a cabo, y un mal aprovechamiento de la materia prima; por consiguiente, representan un costo adicional del proceso productivo (IICA 1999). Asimismo, la generación de residuos origina impactos económicos importantes asociados a los costos de tratamiento y disposición final de estos. Todo proceso genera residuos *per se*, la gestión amigable al ambiente requiere implementar un tratamiento.

En la actualidad se vienen desarrollando las denominadas “tecnologías que no contaminan”, las cuales constituyen, junto a otras herramientas de prevención de la contaminación, un conjunto de acciones concretas que permiten desarrollar la actividad productiva en forma sustentable desde el punto de vista económico, social y ambiental (OEA 2006). Es una opción de gestión ambiental que ha demostrado ser, la etapa previa a las alternativas correctas de tratamiento o disposición con las cuales no es incompatible. Las tecnologías que no contaminan están orientadas tanto a reducir como a evitar la contaminación, modificando el proceso y/o el producto. La incorporación de cambios en los procesos productivos puede generar una serie de beneficios económicos a las empresas tales como la utilización más eficiente de los recursos, la reducción de los costos de recolección, transporte, tratamiento y disposición final (OEA 2006).

Consecuentemente, las “tecnologías que no contaminan” constituyen, junto con otras herramientas de prevención de la contaminación, un conjunto de acciones concretas que permiten desarrollar la actividad productiva en forma sustentable desde el punto de vista económico, social y ambiental. Existen aún una serie de barreras para la promoción y la adopción de estas tecnologías, que van desde problemas en la comunicación y difusión de resultados beneficiosos de su aplicación, resistencia al cambio, formación de recursos humanos y acceso a financiamiento para implementar cambios tecnológicos (Comisión social consultiva 2004).

Por lo mencionado anteriormente, en la presente investigación se tiene como una propuesta la elaboración de fertilizante orgánico líquido, a partir de levadura, inoculado con microorganismos efectivos; estos se componen de una amplia variedad de microorganismos beneficiosos y no patógenos producidos a través de un proceso natural y no de síntesis química o ingeniería genética (Tecnología EM 2012). De esta manera se contrarresta la contaminación por residuos generados en la industria cervecera y se genera valor agregado a los mismos. Asimismo, los fertilizantes orgánicos son una alternativa importante que cubre los requerimientos que necesita el suelo, como el de recuperar algunas de sus propiedades entre ellas; la retención de humedad, activar a los microorganismos del suelo y mejorar la capacidad de retención de nutrientes. Este tipo de fertilizante orgánico es de bajo costo y fácil de producir, ya que en su producción se utilizan insumos que en la mayoría de los casos son desechos que han sido eliminados y/o descartados y los materiales no son sofisticados; sin embargo, requiere de criterios técnicos para obtener mejores resultados de calidad y de eficiencia económica.

El objetivo de la presente investigación fue revalorar la levadura residual del proceso de elaboración de cerveza, mediante obtención de fertilizante orgánico; caracterizar la levadura residual, determinar los parámetros de funcionamiento del sistema tales como; pH, conductividad eléctrica y acidez para la elaboración de fertilizante orgánico, caracterizar el fertilizante orgánico y evaluar la eficiencia del fertilizante orgánico en semillas de lechuga.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 INDUSTRIA DE BEBIDAS

2.1.1. Generalidades

En el sector bebidas se tiene una variedad de productos que forman parte del crecimiento industrial, tales como: vinos, espumantes, piscos, cerveza, bebidas gaseosas con dulce, bebidas gaseosas sin dulce, agua embotellada de mesa, y bebidas energizantes. De las cuales presentan mayor índice de crecimiento; las bebidas gaseosas con dulce, agua embotellada de mesa y las bebidas energizantes (Ministerio de la Producción 2011).

El producto de interés de la presente investigación es la levadura que participa en el proceso de elaboración de cerveza. La cerveza resulta de la fermentación alcohólica, se utiliza levadura seleccionada, de un mosto procedente de malta de cebada, solo o mezclado con otros productos amiláceos transformables en azúcares por digestión enzimática, al cual se agrega lúpulo y se somete a un proceso de cocción (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura 1999).

En la presente investigación experimental, se busca obtener fertilizante orgánico líquido libre de patógenos, a partir de levadura. En la fermentación se produce alcohol que tiene un efecto inhibitor para los microorganismos, asimismo se tiene que añadir las propiedades antisépticas naturales del lúpulo, la ausencia de oxígeno, la presencia de anhídrido carbónico, la naturaleza ácida y la escasez de nutrientes, características que impiden el desarrollo de microorganismos patógenos (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura 1999).

2.1.2 Situación actual de la industria de bebidas y su impacto al medio ambiente

En la actualidad el Ministerio de la Producción es el encargado de establecer las pautas, que deben seguir las empresas manufactureras en la realización de sus procesos, de tal forma que

se encuentren alineadas con los requisitos que exigen las leyes en protección del medio ambiente.

Se cuentan con dispositivos legales, consultoras registradas para elaborar estudios e informes ambientales, estudios ambientales aprobados, estudios y diagnóstico sectoriales, guías y formatos, así como también de tratados y/o convenios internacionales (Ministerio de la Producción 2011).

La Industria de Bebidas es generadora de contaminación ambiental debido a las actividades que realiza, la principal fuente de contaminación se debe a la generación de efluentes líquidos producto de la elaboración de cada uno de sus productos; asimismo se tiene que las principales operaciones donde se generan estos efluente son en: la maltería, en la preparación del mosto, en la fermentación, en el lavado de tanques de levadura, tanques de almacenamiento de la cerveza, botellas, equipos, materiales y tuberías (Monroy & Viniegra 1981).

Debido a este impacto ambiental, se han propuesto alternativas de solución. El principal problema se centra en la reducción de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) de las aguas residuales lo que conlleva a la reducción de la carga orgánica, y la concentración de elementos sólidos orgánicos (Monroy & Viniegra 1981).

Existen tres procesos de tratamientos disponibles para reducir la demanda bioquímica de oxígeno de los residuos líquidos:

- Tratamiento aerobio (lodos activados, filtros biológicos o lagunas de proceso aerobio). Constituye el mecanismo clásico de tratamiento para efluentes líquidos con alta carga orgánica logrando reducciones de hasta el 95 por ciento de la demanda bioquímica de oxígeno y sólidos suspendidos totales (Monroy & Viniegra 1981).
- Tratamiento anaerobio. Funcionan produciendo gas metano y menores cantidades de lodo, diseñadas para soportar mayores cargas de DBO que las utilizadas en los lodos aerobios. La parte negativa de este tipo de tratamiento es que se producen variaciones en el pH del residuo y genera olores desagradables. Los costos asociados suelen ser muy

similares a los requeridos en el proceso de lodos activados aerobios (Monroy & Viniegra 1981).

- Tratamiento biotecnológico. Se utiliza bacterias que actúan como reductores biológicos, las cuales se activan en contacto con el agua residual y producen la degradación directa e inmediata de la materia orgánica logrando reducciones de DBO (Monroy & Viniegra 1981).

2.1.3 Marco legal

La actividad Industrial se encuentra regulada por una serie de normas, reglamentos y leyes dictadas por la autoridad pertinente, que en la mayoría de los casos es el Ministerios del Ambiente - MINAM. A continuación, se detalla cada una de ellas.

- Resolución Ministerial N° 198-2006-PRODUCE - Guía de Prevención de la Contaminación Industrial Manufacturera.
- Ley 28611 - Ley General del Ambiente.
- Decreto Supremo N° 008-2005-PCM
Reglamento del Sistema Nacional de Gestión Ambiental.
- Ley 28245
Sistema Nacional de Gestión Ambiental.
- Ley 27746
Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental.
- Decreto Supremo 019-97-ITINCI
Reglamento de la Protección Ambiental (Ministerio de la Producción 2011).

2.2 LA CERVEZA

2.2.1 Definición

Es la bebida resultante de la fermentación alcohólica obtenida por la acción de la levadura cervecera (*Saccharomyces cerevisiae* o *Saccharomyces carlbergensis*), del mosto preparado de malta y agua, con el agregado de lúpulo o su extracto natural, con o sin la adición del bióxido de carbono producido por la fermentación natural y con o sin la adición de otros

productos aptos para el consumo humano (INDECOPI - Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual 1973).

2.2.2 Elaboración

En la fabricación de la cerveza se incluyen en la fase final, las cepas de la levadura de cerveza (*Saccharomyces cerevisiae*). La levadura de cerveza se obtiene cuando se separa del mosto fermentado y se elimina el sabor amargo a través de varios lavados con álcali diluido. En la Figura 1, se muestra el flujo de elaboración de la producción de cerveza.

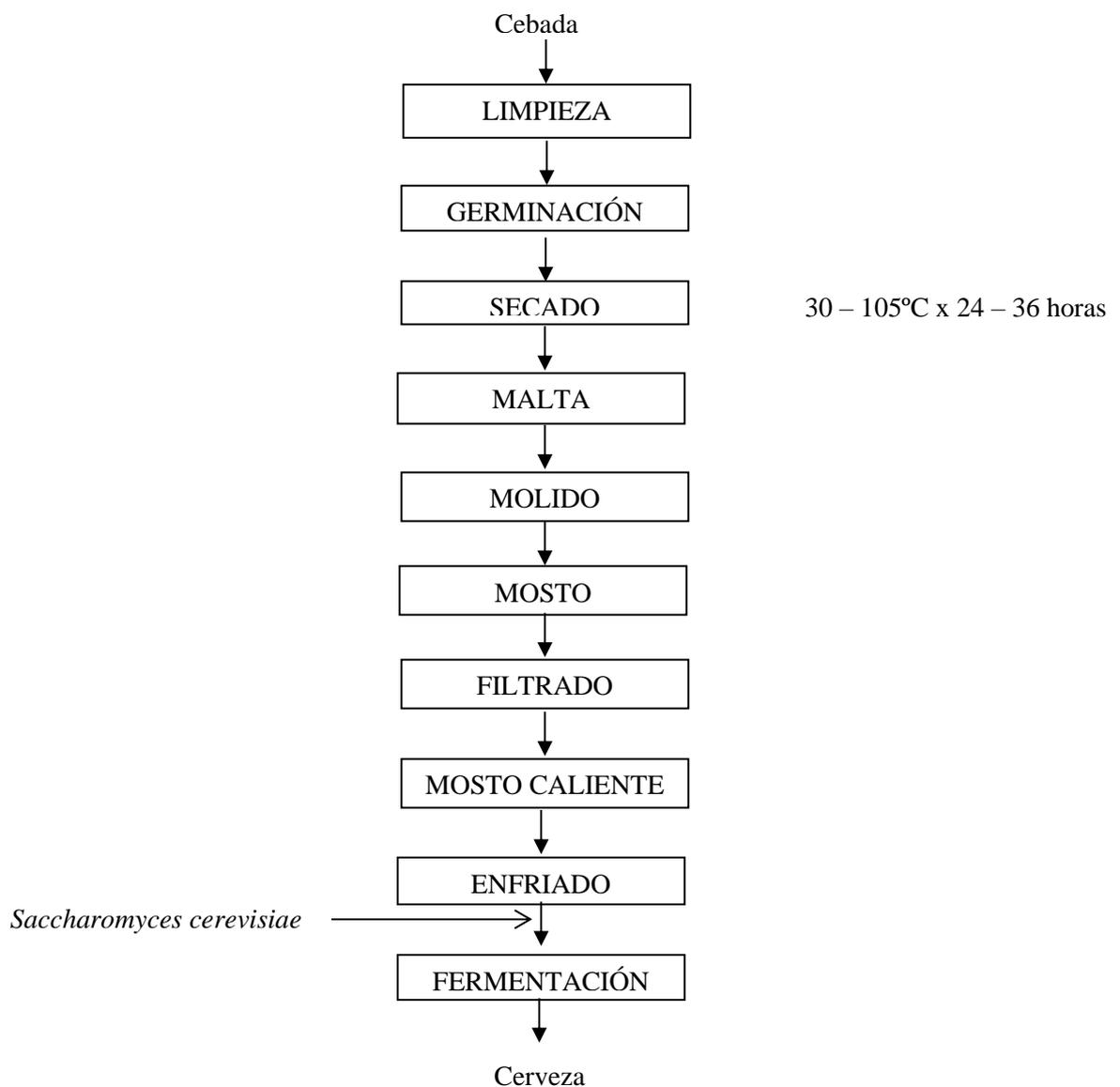


Figura 1: Diagrama de flujo de elaboración de cerveza

Fuente: Pomiano (2010)

La NTP 213.014 (INDECOPI 1973) menciona que para la elaboración de cerveza se deben tener en cuenta los siguientes puntos:

- a. Para la elaboración de cerveza, sólo se permite el empleo de agua potable.
El agua de braceado puede ser corregida mediante tratamientos que no dejen residuos nocivos a la salud.
- b. Sólo puede emplearse materias primas en buen estado de conservación.
- c. Puede emplearse enzimas proteolíticas tales como: papayotina (papaína), pepsina, ácido tánico de calidad autorizada, hasta un máximo de 10g por hectolitro y otros estabilizadores previamente autorizados.
- d. Pueden adicionarse como agentes antioxidantes.
El ácido ascórbico o su sal de sodio en una proporción máxima de 6 gramos por hectolitro y otros estabilizadores previamente autorizados.
Sales productoras de SO₂ en la proporción máxima de 4 gramos por hectolitro calculados como SO₂ total.
- e. La coloración se puede obtener únicamente por caramelización de la malta, por concentración del mosto o por torrefacción de la malta.
- f. El empleo de cualquier otro ingrediente no nocivo debe ser previamente autorizado por la entidad oficial competente.
- g. En la elaboración de cervezas está prohibido, de manera especial, el agregado de:
 - Alcohol
 - Saponinas o sustancias espumígenas
 - Edulcorantes artificiales
 - Sucedáneos del lúpulo u otros principios amargos
 - Materias colorantes diferentes a las mencionadas en (e).
 - Sustancias conservadoras.

2.2.3 Materia prima e insumos

a. La malta

La malta se obtiene principalmente de la cebada, aunque también se maltea el trigo.

Las cervezas de trigo, blanca o berlinesa se elaboran con malta de trigo. En teoría, también pueden maltearse todos los demás cereales.

La malta de cebada es el principal ingrediente de partida (Vogel 1999).

El almidón contenido en el grano de cebada es la reserva alimenticia para el embrión de la futura planta. Pero tampoco ésta puede utilizar el almidón directamente, por lo cual el almidón debe degradarse primero en la semilla con la ayuda de enzimas (Vogel 1999).

Éstos son sustancias semejantes a las proteínas que aceleran reacciones químicas, pero sin formar parte de los productos originados en estas reacciones. Estas enzimas se producen en la germinación y su objetivo es transformar el almidón en azúcar y proporcionar ésta al embrión como sustancia nutritiva (Vogel 1999).

Este proceso de formación de enzimas se completa en el malteado, al germinar el cereal. Cuando se ha producido ya suficiente cantidad de enzima, el proceso de desarrollo del embrión de la cebada se interrumpe mediante calentamiento y desecación, con lo que la malta se tuesta más o menos, según el método empleado. Esta desecación debe realizarse con mucho cuidado, para conservar las enzimas (Vogel 1999).

b. El lúpulo

(Vogel 1999) menciona que el lúpulo ya se conocía en la antigüedad como aditivo de la cerveza, pero luego evidentemente cayó en el olvido hasta la Edad Media en que volvió a utilizarse en la producción de esta bebida. El lúpulo cumple en la cerveza diversos cometidos:

- Precipita proteínas, por lo que actúa como clarificante.
- Favorece la formación de espuma.
- Confiere a la cerveza su agradable sabor amargo.
- Favorece la conservación de la cerveza.

Lo más fácil es utilizar extracto de lúpulo, que contiene el principio activo de este ingrediente en forma concentrada. El extracto de lúpulo se conserva largo tiempo y se dosifica con facilidad. Pero el empleo está limitado (a diferencia de otras instrucciones para el cervecero casero) a partir del final de la cocción del mosto, es decir, en la cerveza terminada (Vogel 1999).

c. La levadura

Vogel (1999) señala que la transformación del azúcar en alcohol y dióxido de carbono –la fermentación alcohólica - está producida por enzimas generados por levaduras. Estas últimas están muy extendidas en la naturaleza, siendo utilizadas muchas veces por el hombre en la fabricación de alimentos y productos de consumo, como por ejemplo de:

- Pan
- Vino
- Aguardiente

Para la fermentación en la cervecería se emplea casi sin excepción levadura de cervecería, de la cual existen dos clases distintas: las levaduras de fermentación en superficie (alta) y en profundidad (baja).

- **Levaduras de fermentación alta:** Constituyen la forma original de la levadura de cerveza. Las levaduras se multiplican preferentemente por bipartición celular, es decir, que de una célula de levadura nacen dos células nuevas, cada una de las cuales volverá a su vez a escindirse en otras dos, y así sucesivamente. Las levaduras de fermentación alta producen a 15-20°C una cerveza normal, por lo que este procedimiento de elaboración requiere escasos medios de refrigeración, permitiendo fabricar cerveza durante todo el año sin grandes medios técnicos (Vogel 1999).
- **Levaduras de fermentación baja:** A diferencia de las levaduras de fermentación alta, se forman también por bipartición nuevas células, pero completamente sueltas, sin formar racimos, con lo que no ofrecen resistencia a las burbujas de dióxido de carbono, por cuya razón no ascienden empujadas hacia arriba, sino que se hunden al fondo del recipiente de fermentación; esto explica la denominación de fermentación baja o en profundidad (Vogel 1999).

d. El agua

El agua a emplear desempeña un papel totalmente decisivo en la fabricación tradicional de la cerveza. Por lo tanto, se debe tener cuidado de la dureza de la misma. Se produce agua “dura” cuando el agua de lluvia, originariamente “blanda”, se carga de sales, principalmente

sales de calcio y magnesio al contactar con la tierra del suelo. Si estos metales forman sales con el ácido carbónico (carbonatos), se origina la dureza carbonatada. Las sales de estos metales con otros ácidos (ácido sulfúrico, ácido clorhídrico) causan dureza no carbonatada; ambas juntas, carbonatada y no carbonatada, constituyen la dureza total (Vogel 1999).

2.2.4 Subproducto

En la producción de cerveza, se tiene como principal subproducto a la levadura, la tendencia actual es aprovechar este subproducto, para ello se le da un valor agregado considerando su composición, y la tecnología que se debe aplicar.

Se debe diferenciar los sub-productos de los residuos, estos últimos contienen lípidos, carbohidratos, proteínas y otros compuestos que estudiados con más detalle podrían ser precursores de nuevos productos.

a. Levadura

Es aquella masa de levadura de la cerveza fresca, que es separada mediante un proceso conocido como trasiego a temperatura de 0 a 47 °C. Se produce cuando cesa la fermentación, y se enfría a 0°C, originando su precipitación al fondo del recipiente (Vogel 1999).

El punto fundamental para la obtención de la levadura es la fermentación del mosto el cual tiene lugar entre 7 a 21°C. La levadura se mezcla con el mosto enfriado y la mezcla es bombeada al fermentador. Durante la fermentación la levadura capta los aminoácidos y los azúcares del mosto. Los azúcares son metabolizables, con la producción de dióxido de carbono y etanol en las condiciones anaeróbicas que se dan en las fermentaciones cerveceras (Vogel 1999).

La industria de la cerveza se encuentra directamente ligada a la producción agrícola, no solo por el uso de materias primas fundamentales como cebada y lúpulo, sino también por los subproductos que se desprenden en las diversas fases del proceso. Asimismo, menciona que en los países en que esta industria se encuentra muy difundida, el total de los subproductos puede representar una importante fuente de aprovisionamiento para la industria de los alimentos (Vogel 1999).

2.2.5 Residuos

a. Malta cervecera

La malta es la cebada cervecera germinada y secada a tiempo, con el propósito de activar y formar enzimas dentro de la semilla, que iniciaran la degradación del almidón y las sustancias nitrogenadas.

En la Planta la malta llega a granel, en camiones que son inspeccionados al momento de su llegada. Asimismo, se toman muestras en distintos puntos del camión usando unos recipientes especiales para muestreo en profundidad y son depositados en envases cerrados. Los análisis que se realizan son los siguientes:

- Humedad (% en peso): Por el método de la estufa.
- Análisis organoléptico: Se utiliza el sentido del olfato, se debe tener un olor característico. Los granos de malta deben ser fáciles de quebrar (no tienen que ser duros), la muestra no debe tener objetos extraños ni tener demasiados granos partidos (Aparicio 2000).

b. Tierra infusoria

Son medios de filtración constituidos por los fósiles de diatomeas unicelulares de dióxido de silicio. Aparecieron hace millones de años en diferentes mares, en cantidades tales que sus fósiles cubrieron el fondo del mar con capas muy gruesas en el transcurso del tiempo. Debido a los desplazamientos ocurridos en la tierra se formaron grandes depósitos de cientos de metros de espesor (Rodríguez 2010).

b.1 Usos

Las cualidades de la tierra de diatomeas son a la vez extrañas y variadas incluyendo: agente de purificación y filtrado.

Tiene una gran demanda en la industria de bebidas (como filtro) en la elaboración de cerveza, vinos, sidra, jugos de frutas en general, otorgando mayor claridad en el líquido filtrado (Rodríguez 2010).

c. Etiquetas

Las etiquetas se reciben en cajas de cartón para su posterior muestreo. Entre los análisis que se realiza, se encuentran los siguientes:

- Troquelado: se evalúa observando que el diseño sea simétrico.
- Color: se compara las etiquetas con muestras patrón.
- Humedad (% peso): Por el método de la estufa.
- Resistencia a la rotura (lb/pulg²): Se mide con un equipo especial denominado Mullon Tester (Aparicio 2000).

2.3 TECNOLOGÍA PARA EL TRATAMIENTO DE LA LEVADURA

Las levaduras han sido empleadas durante mucho tiempo en la elaboración de alimentos y en procesos de fermentación (Türker 2014 citado por Chavez 2018). Además de las aplicaciones tradicionales y ancestrales, las levaduras son utilizadas como organismos modelo de investigación y tienen también importantes aplicaciones biotecnológicas; como la producción de proteínas recombinantes, ensayos para la detección de fármacos, y la biorremediación ambiental (Paush *et al.* 2005; Johnson & Echavarrri-Erasun, 2011 mencionados por Chavez 2018).

Frente a la diversidad y potencial de todas las especies de levadura, *Saccharomyces cerevisiae* ha sido y sigue siendo la especie más utilizada en investigación, además de una importante herramienta biotecnológica (Türker 2014 mencionado por Chavez 2018).

Esta especie ha sido ampliamente estudiada dada su importancia en el sector industrial, principalmente en el área de alimentos (Sherman 2002 mencionado por Chavez 2018).

S. cerevisiae se considera un organismo modelo eficiente y fácilmente manipulable, siendo ideal para el estudio de procesos fisiológicos básicos y para el mejoramiento de diversos procesos y mecanismos biológicos (Paush *et al.* 2005 mencionados por Chavez 2018). Su uso en el laboratorio ofrece muchas ventajas ya que es unicelular, de rápido crecimiento y fácil dispersamiento celular, no presenta patogenicidad, además de los bajos costos de los

medios y procedimientos de cultivo requeridos (Joska *et al.* 2014 mencionados por Chavez 2018).

Las levaduras del tipo *Saccharomyces cerevisiae* son importantes microorganismos de fermentación alcohólica y anaerobia. Abundan en suelos ricos en materia orgánica poco descompuesta y son capaces de desarrollarse en medios anaerobios cuando realizan fermentación (Frioni 1999 mencionado por Aliaga 2013).

Las tecnologías para el tratamiento de levaduras tienen como objetivo principal disminuir el impacto ambiental y generar productos para ser utilizados como ingrediente para la alimentación humana y como abonos orgánicos para la fertilización del suelo.

La elaboración de cerveza requiere insumos como cebada, levadura, lúpulo, agua, energía, aire y otros aditivos que conforman las entradas del proceso productivo de la cerveza. Estos insumos luego de ingresar a dicho proceso generan subproductos o residuos líquidos, semisólidos o sólidos que constituyen las salidas del proceso. Tales residuos presentan características muy variables que dependen de las instalaciones de producción, la capacidad productiva, la maquinaria utilizada o los tratamientos posteriores a los cuales los residuos puedan ser sometidos. La naturaleza de estos residuos, específicamente la gran carga orgánica que presentan hace que los tratamientos biológicos sean una buena alternativa de solución para su depuración o recuperación (Aliaga 2013).

Debido a la creciente producción de cerveza y con ello la generación de las levaduras fraccionadas y las características que éstas presentan, el interés de la presente investigación es ampliar las posibilidades de aprovechamiento de dichos residuos en la elaboración de abonos o fertilizantes orgánicos.

2.4 FERTILIZANTES

2.4.1 Fertilizante inorgánico o mineral

a. Definición

Fertilizantes en el que los nutrientes declarados están en la forma de sales inorgánicas obtenidas por extracción y/o por los procesos físicos y/o químicos industriales (INDECOPI

- Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual 2010).

b. Composición

b.1 Nitrógeno

El nitrógeno es el principal de los macroelementos en los abonados, por lo que el agricultor ha de cuidar de que la alimentación nitrogenada de la planta sea siempre suficiente.

Inconvenientes de un exceso de nitrógeno

Sin embargo, es bueno conocer algunos detalles sobre la influencia del nitrógeno, porque en algunos casos pueden derivarse inconvenientes de un exceso de aplicación de este elemento:

- Mayor sensibilidad a las enfermedades: los tejidos de las plantas bien abonadas de nitrógeno son más sensibles que las mal abonadas.
- Encarnado de los cereales: al ser mayor el desarrollo foliar y el número de hojas en el caso de los cereales de invierno, las plantas crecen en busca de la luz y las cañas se hacen menos rígidas, por lo que el riesgo de encarnado aumenta.
- Cuando los abonados de nitrógeno son tardíos, la absorción tardía de este elemento retrasa la maduración. Si el nitrógeno se aplica en época anterior, este retraso en la maduración o no se produce o apenas se produce (Guerrero 2000).

b.2 Fósforo

Guerrero (2000) cita que al hablar de abonados fosfóricos se suele emplear la denominación de "ácido fosfórico" a lo que en realidad es anhídrido fosfórico. Cuando usamos la denominación "ácido fosfórico" ha de entenderse que nos referimos al anhídrido fosfórico. La riqueza de los abonos fosforados se da en anhídrido fosfórico, y así suele hacerse también a nivel internacional.

Si conocida la riqueza en anhídrido fosfórico ($P_2 O_5$) se quisiera conocer la riqueza en fósforo (P), se tendría que:

$$\text{Riqueza en } P_2 O_5 \times 0,44 = \text{Riqueza en P}$$

El ácido fosfórico y la planta

El ácido fosfórico es un componente esencial de los vegetales. No se encuentra en la planta en estado libre, sino combinado con otras sustancias: o con cuerpos simples formando fosfatos minerales, o bien, más frecuentemente, con sustancias complejas, formando combinaciones orgánicas.

El fósforo es un factor de crecimiento de los vegetales, como ocurre con el nitrógeno.

Influencia mutua del fósforo y el nitrógeno

En la nutrición nitrogenada y fosfatada de la planta existe una proporcionalidad entre el fósforo y el nitrógeno absorbido, coincidiendo los contenidos máximos en los mismos períodos (Guerrero 2000).

Acción del fósforo en la vegetación

El fósforo tiene una gran influencia en la primera fase de crecimiento de las plantas. La plántula se nutre del fósforo acumulado en la semilla, pero cuando se agota esta reserva ha de tomarlo del suelo. La inmovilidad del fósforo en el suelo hace que sea recomendable la localización de pequeñas cantidades de anhídrido fosfórico en las proximidades de la semilla en el momento de la siembra (Guerrero 2000).

b.3 El potasio

Guerrero (2000), reporta que, en el caso del potasio, la riqueza de los abonos, lo mismo que las existencias de potasio en el suelo, no se expresan en potasio (K), sino en óxido de potasio (K_2O), lo cual es universalmente admitido y así lo expresan la mayor parte de los países. Es conveniente saber que:

$$\text{Riqueza en } K_2O \times 0,83 = \text{Riqueza en K}$$

El óxido de potasio y la planta

- El óxido de potasio disminuye la transpiración de la planta por lo que la hace más resistente a la sequía.

- Aumenta la resistencia a las heladas al elevar el contenido de la savia en elementos minerales.
- Favorece el desarrollo de las raíces.
- Aumenta la resistencia de los cereales al encarnado, pues da rigidez a los tejidos.
- Interviene en la fotosíntesis de la hoja, favoreciendo la formación de los hidratos de carbono y el movimiento de estos glúcidos hacia los órganos de reserva.

b.4 Los abonos compuestos

Abonos compuestos sólidos

Guerrero (2000), cita que los abonos se denominan abonos simples porque no contienen más que un solo elemento fertilizante.

Son abonos compuestos los que contienen por lo menos dos de los tres elementos fertilizantes nitrógeno, fósforo y potasio.

Se designan mediante una fórmula de dos o tres números que expresan la cantidad de cada elemento contenido en 100 kg de abono. El primer número indica el nitrógeno, el segundo el ácido fosfórico y el tercero el óxido de potasio.

Ejemplo: 14-14-14 ó 0-20-16

Se denomina *equilibrio* a la proporción de los elementos que se contienen en el abono compuesto, refiriéndolos al primero, que es el nitrógeno.

Ejemplo:

15-15-15	cuyo equilibrio es 1-1-1
8-12-24	cuyo equilibrio es 1-1,5-3
9-18-27	cuyo equilibrio es 1-2-3

Abonos, compuestos líquidos

Al hablar de los abonos nitrogenados simples hacemos referencia al amoníaco anhidro y a

las soluciones nitrogenadas. Existen otros tipos de abonos líquidos que enumeramos a continuación:

Soluciones claras

Existen dos tipos de soluciones claras, las binarias de nitrógeno y fósforo y las terciarias de los tres elementos.

En estas últimas la presencia de óxido de potasio en la solución restringe considerablemente la concentración, a causa de la limitada solubilidad de las sales de óxido de potasio (Guerrero 2000).

Abonos en suspensión

Se han conseguido añadiendo una cierta cantidad de arcilla (bentonita y atapulgita) que reduce el engrosamiento de los cristales de cloruro y su precipitación en el fondo del depósito.

El producto obtenido es más viscoso que las soluciones claras, y tiene tendencia a precipitarse, por lo que debe agitarse periódicamente para evitar la decantación. El almacenamiento exige aparatos compresores y agitadores, y la aplicación hay que realizarla lo antes posible después de la fabricación de la suspensión (Guerrero 2000).

2.4.2 Fertilizante orgánico

a. Definición

Materiales de origen vegetal y/o animal añadidos al suelo o aplicados de forma foliar para la nutrición de las plantas (INDECOPI - Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual 2010).

Monroy & Viniegra (1981), señalan que el uso de abonos orgánicos en terrenos cultivados se remonta casi al nacimiento mismo de la agricultura. El incremento en la producción y consumo de fertilizantes químicos en una agricultura intensiva disminuyó la atención hacia

los abonos orgánicos en la época 1940 – 70, pero en la actualidad vuelven a cobrar gran importancia los estudios con abonos orgánicos, por las siguientes razones:

- a. Aún en épocas de máxima producción de abonos químicos, el consumo mundial de nitrógeno y fósforo en abonos orgánicos ha superado al consumo de abonos químicos;
- b. La creciente escasez y alto costo de los energéticos en el mundo restringirá la producción de abonos químicos, por lo que debe buscarse el aprovechamiento máximo de los orgánicos;
- c. Los problemas de contaminación ambiental derivados de las plantas productoras de fertilizantes, así como del uso excesivo de abonos químicos u orgánicos, hacen más perentoria la necesidad de determinar las dosis óptimas económicas de nutrientes procedentes tanto de fuentes orgánicas como químicas.

b. Tipos

b.1 Estiércoles

El estiércol se compone de las deyecciones de los animales de granja.

El efecto benéfico de estos materiales era reconocido desde la antigüedad. Existe una clasificación de los estiércoles en el siguiente orden decreciente de su valor fertilizante: porcino, caprino, ovino, bovino y equino (Salgado & Núñez 2010).

En la actualidad, los estiércoles son de uso predominante en la agricultura. El estiércol se incorpora al momento de la arada 1 ó 2 meses antes de la siembra, y debe ser distribuido uniformemente y desmenuzado (Salgado & Núñez 2010).

Salgado & Núñez (2010), señalan que uno de los efectos más importantes de los estiércoles en el suelo es el suministro de nitrógeno (N) aprovechable para las plantas. Sin embargo, la liberación de este nutrimento solo ocurre cuando existe una relación estrecha carbono/nitrógeno (C/N) en el material utilizado.

b.2 Compostas

Salgado & Núñez (2010), citan que es materia orgánica atacada por microorganismos, que pueden ser inoculados, en un proceso de fermentación aeróbica termofílica en un ambiente cálido y húmedo que favorezca la acción microbiana.

Los materiales que se requieren para elaborar una composta son: residuos orgánicos, agua, suelo, estiércol, pala, plástico y cal.

Los residuos orgánicos pueden ser: domésticos, de jardín, de cosechas, de ganado, de la silvicultura, fluviales (lirio acuático) y marinos (algas marinas, desechos urbanos y agroindustriales (aguas residuales, cachaza, etc.).

b.3 Biofertilizantes

Recientemente se ha introducido el término de biofertilizantes para referirse a una asociación de bacterias y hongos micorrízicos, que pueden aportar nitrógeno y fósforo para la nutrición de las plantas.

b.4 Bioestimulante vegetal

Sustancia (s) y/o microorganismo (s) cuya función, independientemente del contenido de nutrientes, cuando se aplica a semillas, plantas o la rizosfera es estimular procesos naturales para mejorar / beneficiar uno o más de los siguientes: absorción de nutrientes, eficiencia de nutrientes, tolerancia al estrés abiótico, calidad del cultivo y / o rendimiento (INDECOPI - Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual 2021).

c. Elaboración y bioquímica de procesos

La conversión en abono es la descomposición aerobia de materia orgánica por la acción de microorganismos (principalmente bacterias y hongos) para formar un material estable y rico en nutrientes, similar al *humus*, conocido como “abono”. Este producto principalmente se emplea como acondicionador de suelos y en ocasiones como material de cobertura diaria de rellenos. Durante la descomposición el abono alcanza temperaturas aproximadas de 60°C, las cuales se deben mantener al menos por tres días para destruir los microorganismos patógenos. El control de la temperatura es decisivo, porque la descomposición óptima ocurre también entre 55 y 60°C, pero si la temperatura rebaza 60°C la descomposición se retarda.

Para alcanzar las condiciones óptimas se requiere un contenido de humedad alrededor del 55 por ciento y aireación regular. La aireación se proporciona ya sea mezclando (como en la

conversión en abono en camellones) o insuflando aire a través del material (como en el método de pilas estáticas y los sistemas de conversión en abono en recipientes). Si se permite que se establezcan condiciones aeróbicas se generarán olores desagradables (Higa 2002).

El proceso bioquímico que se da en la digestión anaeróbica de la materia orgánica se desarrolla en tres etapas, utilizando en cada una un grupo específico de microorganismos. En la primera fase (solubilización), la materia orgánica cruda formada por polímeros (proteínas complejas, grasas y carbohidratos, principalmente), es hidrolizada por la acción de enzimas extracelulares de bacteria anaeróbicas facultativas en compuestos solubles (monómeros). La segunda fase (acidogénesis), involucra la fermentación de los monómeros (azúcares, aminoácidos, glicéridos y lípidos) en una variedad de productos finales con la inclusión de ácidos volátiles, alcoholes, dióxido de carbono e hidrógeno, esta fase se da mediante la acción de enzimas intracelulares de bacterias formadoras de ácido que son anaeróbicas facultativas. En la tercera fase (metanogénesis), los productos finales del proceso de fermentación anaeróbica devienen en substratos para la descomposición, estabilización y producción de metano, mediante la acción de bacterias metanogénicas estrictamente anaeróbicas (Barrios 2001).

d. Aplicación

Los abonos orgánicos muestran las siguientes ventajas:

- a) Mayor efecto residual;
- b) Aumento en la capacidad de retención de humedad del suelo a través de su efecto sobre la estructura (granulación y estabilidad de agregados), la porosidad y la densidad aparente;
- c) Formación de complejos orgánicos con los nutrientes manteniendo a éstos en forma aprovechable para las plantas;
- d) Reducción de la erosión de los suelos, al aumentar la resistencia de los agregados a la dispersión por el impacto de las gotas de lluvia y al reducir el escurrimiento superficial;
- e) Elevación de la capacidad de intercambio catiónico del suelo, protegiendo los nutrientes de la lixiviación;
- f) Liberación de CO₂ que propicia la solubilización de nutrientes;
- g) Abastecimiento de carbono orgánico, como fuente de energía, a la flora microbiana heterótrofa (Peña 2008).

2.5 MICROORGANISMOS EFECTIVOS

La gran cantidad de residuos peligrosos que se generan y evacuan han dado lugar a una serie de condiciones ambientales que necesitan un tratamiento corrector. Son los factores económicos los que empujan a la exploración de las técnicas de biorrecuperación como métodos alternativos, rentables, y ambientalmente aceptables (Tecnología EM 2012).

No obstante, se haya considerado el uso de microorganismos alterados genéticamente, hasta ahora, la mayor parte de la biorrecuperación se ha conseguido mediante una mejora del crecimiento de los microorganismos autóctonos, o aumentando la población microbiana con organismos exógenos aislados en el propio lugar, o mediante procedimientos similares (Levin y Gealt 1997). Estos microorganismos pueden ser mejores degradadores porque los procedimientos de selección o mutagénesis han mejorado su capacidad de degradación respecto a un material en particular (Tecnología EM 2012).

Aunque los mayores éxitos con la biotecnología se han producido en los campos de la medicina y farmacología, es fácil imaginar éxitos futuros en la biotecnología ambiental. Con los avances realizados en ingeniería genética ya existen técnicas que permiten optimizar bacterias específicas para su uso en los trabajos de campo (Tecnología EM 2012).

2.5.1 Definición

Los Microorganismos efectivos son diferentes tipos de microorganismos que se forman en la naturaleza y se desarrollan de una forma determinada.

Son las bacterias del ácido lácteo, las levaduras, las bacterias de la fotosíntesis, los actinomicetos y los hongos fermentativos. Todos estos microorganismos ya se vienen empleando desde hace mucho tiempo en la medicina y en la industria alimentaria y son muy útiles para los seres humanos, animales, plantas, suelos y agua (Tecnología EM 2012).

2.5.2 Tipos

Existen 3 tipos de microorganismos:

- Los microorganismos de descomposición

- Los microorganismos oportunistas
- Los microorganismos regenerativos (Tecnología EM 2012).

2.5.3 Metabolismo microbiano

El efecto de los microorganismos efectivos se basa en dos principios importantes:

- Principio de la dominancia
El grupo de los microorganismos oportunistas es el más grande. Siguen al grupo que domina en un sistema determinado. Si dominan los microorganismos en descomposición, los oportunistas seguirán estos procesos y surge un clima en el que domina la descomposición. Si dominan los microorganismos de regeneración, los oportunistas seguirán estos procesos y surge un clima en el que domina la regeneración. El tipo de microorganismos que domine dependerá del entorno medioambiental en el que vivan. En la agricultura actual la utilización excesiva de fertilizantes artificiales, abonos líquidos en descomposición y pesticidas químicos está creando una situación en que dominarán los microorganismos en descomposición y en el que podrán desarrollarse diversas enfermedades (Tecnología EM 2012).
- Principio de la fermentación
Constantemente se están desintegrando materias en descomposición y volviéndose a componer materias útiles. No obstante, estos procesos pueden desarrollarse bajo diversas condiciones medioambientales (dependiendo de los microbios que dominen, los alimentos, la temperatura etc.) en que la composición y descomposición se producen de diversas formas (Tecnología EM 2012).

Las sustancias, que surgen de estos procesos, se diferencian por su valor nutritivo. El proceso que se desarrolle puede ser importante para el suelo y las plantas (Tecnología EM 2012).

Podemos distinguir entre procesos de descomposición oxidativos (aerobios) y fermentativos (anaerobios). A su vez, los procesos fermentativos los podemos subdividir en fermentación útil (maduración) y fermentación perjudicial (putrefacción).

Es importante observar que muchos de estos procesos se pueden desarrollar de forma simultánea (Tecnología EM 2012).

2.6 BIOENSAYO DE TOXICIDAD

2.6.1 Definición

El bioensayo de toxicidad con semillas de lechuga (*Lactuca sativa* L.) es una prueba estática (prueba en que las soluciones y los organismos estudiados se colocan en cámaras y se mantienen allí todo lo que dure la prueba) de toxicidad aguda de 120 horas de exposición.

En general los bioensayos de toxicidad con semillas de especies vegetales permiten evaluar los efectos fitotóxicos de compuestos puros o mezclas complejas en el proceso de germinación de las semillas y en el desarrollo de las plántulas durante los primeros días de crecimiento (Sobrero 2004; Gariglio *et al.* 2002 citados por Peralta 2010).

2.6.2 Características

A diferencia de la prueba tradicional de germinación de semillas, los bioensayos, aportan información complementaria del efecto en la germinación, ya que permite ponderar el efecto en la elongación de las plántulas, observándose el efecto tóxico de compuestos solubles presentes en niveles de concentración tan bajos que no inhibe la germinación pero que sin embargo, puede inhibir completamente los procesos de elongación de la radícula o del hipocótilo, dependiendo ello del modo y sitio de acción del compuesto; de este modo los bioensayos son indicadores subletales muy sensibles para la evaluación de efectos biológicos en vegetales (Sobrero 2004 citado por Peralta 2010).

Entre las ventajas de la prueba de bioensayo, es importante considerar la sensibilidad de la especie *L.sativa*, el reducido tiempo de exposición de la prueba con semillas, los bajos costos asociados y que no requieren equipamiento sofisticado (Sobrero 2004 citado por Peralta 2010).

Según Sobrero (2004) citado por Peralta (2010), un indicador de fitotoxicidad o de crecimiento anormal en las plántulas tratadas y en los controles pueden ser: ápices

radiculares con necrosis, pelos absorbentes pocos desarrollados, radículas con crecimiento ensortijado, necrosis en los cotiledones, etc., siendo la necrosis evidenciada como mancha localizadas de coloración pardas, blanca o marrón. Y en cuanto al efecto en la germinación se denomina semilla anormal cuando emerge cotiledones o hipocótilo si emergencia de radícula y también puede darse la germinación de la semilla con desarrollo de hongos.

Varnero *et al.* (2007) citados por Peralta (2010), mencionan que los efectos fitotóxicos de un material orgánico inmaduro se deben a diversos factores, entre los cuales destacan los contenidos de amonio, de ácidos volátiles orgánicos, de metales pesados y de sales; que en elevadas concentraciones, pueden generar efectos perjudiciales en el desarrollo de las plantas inhibiendo la germinación de semillas o el crecimiento de raíces por lo que es altamente riesgosa su utilización en cultivos.

Según Emimo y Warman, (2004) citados por Peralta (2010), la determinación de sustancias tóxicas en forma independiente requiere los análisis, por ello se ha incentivado el uso de bioensayos con semillas sensibles a fitotóxicos, para evaluar los efectos sinérgicos de estas sustancias sobre la germinación y el crecimiento de las plantas.

Entre las especies más adecuadas para este ensayo se encuentra la *Lactuca sativa* debido a su sensibilidad frente a contaminantes y rápida germinación que hace posible desarrollar la prueba en pocos días, pero se debe verificar que las semillas tengan un porcentaje de germinación mayor a 90 por ciento y que sean de una variedad mantecosa como la Duett (Sobrero y Ronco 2004 citados por Buchelli 2014).

Este ensayo utilizando como datos el número de germinación de las semillas y la elongación de la radícula de cada concentración y del control se determina el índice de germinación (IG), que es el indicador más completo para describir el potencial fitotóxico de una sustancia orgánica (Varnero *et al.* 2007 citados por Buchelli 2014).

Según Zucconi *et al.* (1981) citados por Buchelli (2014) señalan la siguiente interpretación para el índice de germinación (IG):

- Valores de $IG \geq 80$ por ciento indican que no hay sustancias fitotóxicas o están en muy baja concentración.

- Valores entre 50 por ciento y 80 por ciento se interpreta como la presencia moderada de estas sustancias fitotóxicas.
- Si el $IG \leq 50$ por ciento indicaría que hay una fuerte presencia de sustancias fitotóxicas.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 LUGAR DE EJECUCIÓN

El presente estudio, se realizó en el Laboratorio de Biorremediación, en la Universidad Nacional Agraria La Molina; Laboratorio de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ciencias, Laboratorio de Ecología Microbiana y Biotecnología Marino Tabusso – UNALM, y Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes - UNALM.

3.2 MATERIALES Y EQUIPOS

La Tabla 1, presenta los materiales utilizados en el presente estudio, tanto para la Producción de Fertilizante Orgánico como para el Bioensayo.

Tabla 1: Insumos y reactivos utilizados en el estudio

1. Producción de Fertilizante Orgánico	
a. Equipos	Autoclave
	Balanza Analítica
	Balanza modelo LPCR 20
	Cámara de refrigeración
	Conductímetro, Hanna instruments HI 9033 Multi-range
	Estufa eléctrica, Barnstead
	Potenciómetro, Hanna instruments HI 8424 microcomputer
	Termómetro de 0°C a 100°C
b. Materiales	Bagueta
	Bolsas de Polietileno
	Bombilla de goma
	Bureta de 20 y 50 ml
	Embudo
	Espátula

1. Producción de Fertilizante Orgánico

	Gradilla
	Pinza tipo mariposa
	Pipeta 5, 10 y 20 ml
	Recipientes de plástico (48)
	Soporte universal
	Tubos de ensayo
	Vaso precipitado de 50, 150, 200 y 250 ml
c. Insumos	Microorganismos efectivos (B-lac)
	Melaza
d. Reactivos y soluciones	Solución buffer de pH 7.01, Hanna Buffer solution HI 7007
	Solución buffer de pH 4, Hanna buffer solución red
	Solución de calibración del conductímetro, C.E. 1413 $\mu\text{S}/\text{cm}$ HI 7031
	Hidróxido de sodio 0,1 N
	Solución de Fenolftaleína
e. Materia prima	Levadura residual
2. Bioensayo	
a. Materiales	Fiolas de 50 ml
	Papel filtro
	Pinza
	Pipetas volumétricas de 5 y 10 ml
	Placas Petri de 10 cm de diámetro
	Vaso precipitado de 250 ml
b. Insumo	Semillas de lechuga Duett

3.3 ANALÍTICA Y MEDICION DE PARAMETROS

3.3.1 Microbiológicos

El análisis microbiológico de la muestra de levadura y del mejor tratamiento, fue realizado en el Laboratorio de Ecología Microbiana Marino Tabusso, siguiendo la metodología de la comisión internacional en especificaciones microbiológicas para alimentos (1983), el análisis incluyó la enumeración de coliformes totales, enumeración de coliformes fecales, y enumeración de *Escherichia coli*.

3.3.2 Físico químico

El análisis fisicoquímico de la muestra de levadura y del mejor tratamiento, fue realizado en el Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes de la Facultad de Agronomía de la UNALM. Se evaluó el pH, conductividad eléctrica, macro elementos (nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y sodio), micro elementos (hierro, zinc, manganeso, boro y cobre) y metales pesados (cadmio, cromo y plomo).

3.3.3 Agronómico

El análisis de la composición nutricional del mejor tratamiento seleccionado fue realizado en el Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes de la Facultad de Agronomía de la UNALM. La Tabla 2, muestra los parámetros y sus respectivos métodos empleados en el presente experimento.

Tabla 2: Métodos empleados en el análisis de la materia orgánica

Parámetros	Método
Ph	Potenciométrico
Acidez	Volumetría
Conductividad Eléctrica	Conductimetría
Materia Orgánica en Solución	Dicromato de potasio ó de Walkley y Black y/o acenización ó combustión
Sólidos Totales	Gravimetría, diferencia de peso
Macroelementos	
Nitrógeno (N)	Kjeldahl
Fosforo (P)	Amarillo del vanadato molibdato
Potasio (K)	Espectrofotometría de Absorción Atómica
Calcio (Ca)	
Magnesio (Mg)	
Sodio (Na)	
Microelementos	
Hierro (Fe)	Espectrofotometría de Absorción Atómica
Zinc (Zn)	
Manganeso (Mn)	
Boro (B)	Colorimetría, curcumina en ácido acético glacial
Cobre (Cu)	Espectrofotometría de Absorción Atómica

Parámetros	Método
Metales pesados	
Cadmio (Cd)	Espectrofotometría de Absorción Atómica
Cromo (Cr)	
Plomo (Pb)	

Fuente: Laboratorio de Agua, Suelo, Plantas y Fertilizantes (LASPAF)-UNALM (2012).

3.3.4 pH

El pH de la solución de fertilizante orgánico se midió con rapidez y exactitud por medio de un medidor de pH. Este se compone de un par de electrodos, capaz de medir voltajes pequeños, los que fueron calibrados previamente a las mediciones de las muestras.

Se consideró como lectura válida, aquel valor que apareció en el medidor y cesó la intermitencia.

3.3.5 Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica se determinó empleando un dispositivo denominado conductímetro, se introdujo el electrodo en la solución líquida de fertilizante orgánico, previa calibración del equipo con el buffer de solución salina 1.433 dS/m.

3.3.6 Porcentaje de acidez

En la determinación de la acidez titulable se utilizó un montaje, que consistió en una bureta llena de NaOH, vaso precipitado conteniendo la solución de fertilizante orgánico y un medidor de pH.

Se pesó 10 gramos de la muestra y se diluyó en 50 ml de agua destilada, luego se tituló con hidróxido de sodio de 0.1 N. El porcentaje de ácido láctico en las muestras se calculó con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ ácido láctico titulable} = \frac{G \times N \times 0.090}{m} \times 100$$

Donde:

G = Gasto de NaOH (ml)

N = Normalidad del NaOH

m = masa de la muestra (g)

0.90 Factor de conversión

3.4 METODOLOGÍA

En el presente estudio, se tienen dos fases marcadas, la fase de campo y la fase de laboratorio. En la fase de campo se pasó a recolectar la muestra de levadura de la empresa Bebidas Naturales S.A.C. ; en la fase de laboratorio, se tienen varios puntos; se inicia con los tratamientos experimentales, en donde se describen los pasos a seguir en la presente investigación experimental, asimismo continua la determinación del porcentaje de humedad de la levadura, luego la selección del mejor tratamiento, después la evaluación de la eficiencia del fertilizante orgánico líquido en semillas de lechuga, la evaluación de la estabilidad en el tiempo del fertilizante orgánico y finalmente el diseño experimental y análisis estadístico.

3.4.1 Fase de campo

Actividades iniciales

La toma de muestra de levadura se realizó un día de semana laborable, por la mañana, cuando se estaba procesando el producto, de la empresa Bebidas Naturales S.A.C. La muestra se obtuvo de uno de los tanques fermentadores, y de esa manera se obtuvo una muestra representativa; siendo inmediatamente transportada a las instalaciones de la Planta Piloto de Alimentos de la Facultad de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional Agraria la Molina, para mantenerla en refrigeración. Se colectó aproximadamente 65 kg. de muestra representativa de levadura. Antes de realizar el experimento, se separó una muestra con la finalidad de realizar los análisis microbiológicos y físico químicos, en los Laboratorios de Ecología Microbiana y Biotecnología Marino – Tabusso y Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes – UNALM respectivamente.

3.4.2 Fase de laboratorio

a. Tratamientos experimentales

En la Figura 2, se muestra el flujograma seguido en la investigación experimental. Los tratamientos se observan en la Tabla 3, se aprecian los porcentajes de levadura, melaza y microorganismos efectivos; con los que se realizó la fermentación, siendo 16 los tratamientos experimentales. Las concentraciones tanto del factor melaza y de microorganismos efectivos fueron de 5, 10, 15 y 20 por ciento.

Asimismo, en la Tabla 4, se puede apreciar los tratamientos versus pH, C.E., acidez y sus repeticiones de la levadura sin pasteurizar y levadura pasteurizada.

Se obtuvo un peso final de 0.5 kg en cada uno de los 16 diferentes tratamientos, estos fueron pesados y homogenizados, posteriormente cada tratamiento se distribuyó en envases de 1 litro con un peso de 500 g en cada repetición, luego cada uno de los envases fue cubierto con una bolsa de polietileno de baja densidad y de esa forma proporcionar un ambiente anaeróbico, finalmente se cerraron los recipientes y se rotulo según codificación.

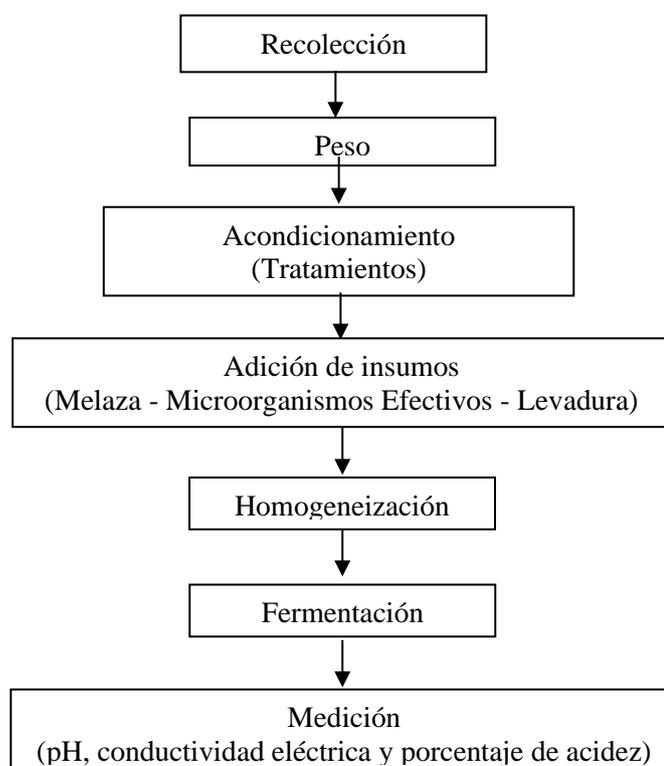


Figura 2: Flujograma de la investigación del experimento

Tabla 3: Tratamientos versus porcentaje de melaza, microorganismos efectivos y levadura

Tratamientos	Porcentaje		
	Melaza	M.E	Levadura
T1	0	0	100
T2	10	0	90
T3	15	0	85
T4	20	0	80
T5	0	10	90
T6	10	10	80
T7	15	10	75
T8	20	10	70
T9	0	15	85
T10	10	15	75
T11	15	15	70
T12	20	15	65
T13	0	20	80
T14	10	20	70
T15	15	20	65
T16	20	20	60

M.E.= Microorganismos Efectivos

Tabla 4: Tratamientos versus pH, C.E., acidez y sus repeticiones de la levadura sin pasteurizar y levadura pasteurizada

Tratamientos	LSP						LP		
	40°C			T° Ambiente			40°C		
	pH	C.E	Acidez	pH	C.E	Acidez	pH	C.E	Acidez
	R1								
T1	R2								
	R3								
	R1								
T2	R2								
	R3								
	R1								
T3	R2								
	R3								
	R1								
T4	R2								
	R3								

Tratamientos		pH	C.E	Acidez	pH	C.E	Acidez	pH	C.E	Acidez
	R1									
T5	R2									
	R3									
	R1									
T6	R2									
	R3									
	R1									
T7	R2									
	R3									
	R1									
T8	R2									
	R3									
	R1									
T9	R2									
	R3									
	R1									
T10	R2									
	R3									
	R1									
T11	R2									
	R3									
	R1									
T12	R2									
	R3									
	R1									
T13	R2									
	R3									
	R1									
T14	R2									
	R3									
	R1									
T15	R2									
	R3									
	R1									
T16	R2									
	R3									

LSP= Levadura sin pasteurizar

LP= Levadura pasteurizada

En la Tabla 5, se muestran los porcentajes en peso de melaza, microorganismos efectivos y levadura, para un peso total de 0.5 kg en cada tratamiento con tres repeticiones.

Tabla 5: Tratamientos evaluados según las concentraciones de melaza y microorganismos efectivos

		microorganismos efectivos (porcentaje)			
		0	10	15	20
Melaza (porcentaje)	0	T1	T5	T9	T13
	10	T2	T6	T10	T14
	15	T3	T7	T11	T15
	20	T4	T8	T12	T16

b. Determinación del porcentaje de humedad de la muestra de levadura

El porcentaje de humedad se determinó mediante el secado en horno hasta peso constante a 70°C por 48 horas. La humedad es expresada en porcentaje entre el peso del agua existente en una determinada masa de levadura y el peso de las partículas sólidas, se utilizó la siguiente fórmula:

$$Hd = \frac{(W - w)}{W} \times 100 \text{ (porcentaje)}$$

Donde:

Hd = contenido de humedad expresado en porcentaje

W = masa inicial de levadura (g)

w = masa final de levadura (g)

c. Selección del mejor tratamiento

Una vez obtenido los resultados, se eligió entre las muestras el mejor tratamiento, considerando los siguientes aspectos:

- El pH debe de estar en un valor entre 4.5 - 5.0.
- No debe presentar olores extraños.
- En cuanto a la apariencia de los tratamientos, se buscó que sea sin formación de capas de microorganismos.

Asimismo, se tuvo como criterio el grado de significación de la prueba estadística en cuanto al efecto de interacción de los factores melaza y microorganismos efectivos sobre los parámetros de pH, conductividad eléctrica y porcentaje de acidez.

c.1 Caracterización del fertilizante orgánico

Posteriormente, de realizada la selección del mejor tratamiento se procedió a la caracterización de este, mediante los análisis microbiológicos y químicos de interés agronómico. De esa forma se aseguró que el fertilizante orgánico obtenido estaba libre de microorganismos patógenos. Asimismo, el análisis químico de interés agronómico nos indica en cuanto a su contenido de macro y micronutrientes, y características como pH, conductividad eléctrica, materia orgánica en solución, sólidos totales y metales pesados.

Una muestra de fertilizante orgánico se llevó al Laboratorio de Ecología Microbiana y Biotecnología Marino Tabusso y al Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes – UNALM, para su evaluación microbiológica y análisis especial de materia orgánica respectivamente.

d. Evaluación de la eficiencia del fertilizante orgánico en semillas de lechuga

Luego de obtener el mejor tratamiento se procedió a realizar el bioensayo del efecto del fertilizante orgánico en semillas de lechuga, de acuerdo a la Figura 3 “flujograma de la evaluación de la eficiencia del fertilizante orgánico en semillas de lechuga”. Con ese propósito se consideró usar una planta con las siguientes características:

- Cultivo sensible a la concentración de sales.
- Rápida germinación.

En la evaluación de la eficiencia del fertilizante orgánico en semilla de lechuga se aplicaron los tratamientos mostrados en la Tabla 6.

Tabla 6: Tratamientos para la evaluación de la eficiencia del fertilizante orgánico en semilla de lechuga

T1	T2	T3	T4	T5	T6
Solución de Fertilizante Orgánico	Agua Mineral				
10 ⁰	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	Control

Se utilizó placas petri como soporte del medio, en la siembra de las semillas de lechuga.

Se realizó la determinación del índice de germinación (IG), el porcentaje de germinación relativo (PGR) y el crecimiento de radícula relativo (CRR) de cada tratamiento, con la finalidad de conocer cuál de las soluciones es la mejor y por ello se aplicaron las siguientes fórmulas:

$$IG = \frac{PGR \times CRR}{100}$$

$$PGR = \frac{\text{N}^\circ \text{ de semillas germinadas en la solución de abono orgánico}}{\text{N}^\circ \text{ de semillas germinadas en el testigo}} \times 100$$

$$CRR = \frac{\text{Elongación de radícula en la solución de abono orgánico}}{\text{Elongación de radícula en el testigo}} \times 100$$

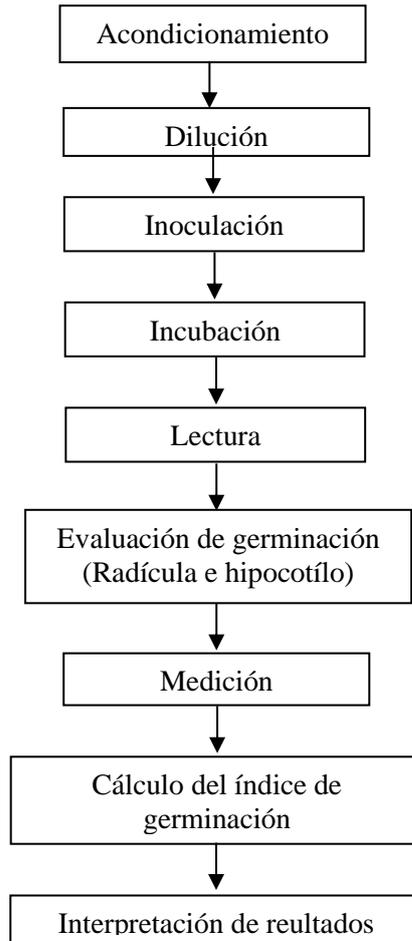


Figura 3: Flujograma de la evaluación de la eficiencia del fertilizante orgánico en semillas de lechuga

e. Evaluación de la estabilidad en el tiempo del fertilizante orgánico

Para evaluar la estabilidad en el tiempo del fertilizante orgánico, se eligió una muestra representativa aquella que tuvo las mejores características para ser considerado como fertilizante orgánico. De la misma forma se evaluó su estabilidad en el tiempo, midiendo el pH, conductividad eléctrica y porcentaje de acidez titulable, cada diez días durante treinta días.

f. Diseño experimental y análisis estadístico

f.1 Fertilizante orgánico líquido

El diseño estadístico utilizado en la comparación de los datos de pH, conductividad eléctrica y porcentaje de acidez titulable de los tratamientos según las dosis de microorganismos efectivos

y melaza en la producción de fertilizante orgánico fue mediante un análisis de varianza ($p < 0.05$) en un diseño completo al azar (DCA) con arreglo factorial de 4x4 con tres repeticiones (2 factores, la melaza y los microorganismos; con 4 niveles cada uno, 0 por ciento, 10 por ciento, 15 por ciento y 20 por ciento). Se determinó las diferencias significativas entre los tratamientos y aplicó la prueba de agrupación de Tukey.

Modelo aditivo lineal:

$$Y_i = \mu + t_i + \varepsilon_i$$

Donde:

Y_i : Valor observado al finalizar el experimento de la unidad experimental que recibió el i -ésimo tratamiento.

μ : Efecto de la media general

t_i : Efecto del i -ésimo tratamiento

ε_i : Efecto aleatorio del error

f.2 Germinación de semillas

La comparación del porcentaje de germinación de las 5 diferentes dosificaciones del tratamiento comparadas con el blanco control fueron realizada mediante un análisis de varianza ($p < 0.05$) en un diseño completamente al azar (DCA) con tres repeticiones.

En la realización de estos análisis estadísticos se utilizó el Statistical Analysis Software (SAS) versión 8.2.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 CONDICIONES INICIALES

En la presente investigación, se trabajó con levadura de cerveza, la cual una vez recolectada de la empresa “Bebidas Naturales” SAC., se trasladó a la Planta Piloto de Alimentos, de la Facultad de Industrias Alimentarias, con el propósito de conservar intacta la muestra.

A continuación, en la Tabla 7, se aprecian las condiciones iniciales de las muestras de levadura sin pasteurizar y levadura pasteurizada.

Tabla 7: Condiciones iniciales de la levadura sin pasteurizar y levadura pasteurizada

Parámetros	LSP	LP
pH	7.2	4
Humedad	16%	16%

LSP= Levadura sin pasteurizar, LP= Levadura pasteurizada

La levadura sin pasteurizar presenta un valor cercano a la neutralidad, mientras que la levadura pasteurizada presenta un pH ácido.

El pH de la melaza 4.72 y de los microorganismos efectivos 3.40, no afectó al pH final del fertilizante orgánico que debió estar alrededor de 6.00, y de esa manera ser considerado adecuado para utilizarlo en el suelo en cultivos que necesiten estas características.

Asimismo, se determinó el porcentaje de humedad de las muestras de levadura sin pasteurizar y levadura pasteurizada, con la finalidad de saber si cumple con los requisitos necesarios para la formación de abono orgánico.

Según Chilet (2010), los abonos líquidos, también conocidos como biofertilizantes o biopreparados, se originan de la fermentación de materiales orgánicos tales como; estiércoles de animales, plantas verdes y frutos. También indica que la fermentación puede ocurrir con presencia de oxígeno, denominada aeróbica y sin la presencia de oxígeno denominada anaeróbica. La presente investigación fue una fermentación sin presencia de oxígeno denominada anaeróbica.

4.1 CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA

4.2.1 Análisis microbiológico

La Tabla 8 muestra comparativamente el análisis microbiológico realizado a la muestra de levadura sin pasteurizar y levadura pasteurizada. Este resultado indica la necesidad de realizar un tratamiento especial para eliminar coliformes totales y fecales; mas no sucede con *escherichia coli*.

Tabla 8: Análisis microbiológico de la muestra de levadura

Análisis Microbiológico		Levadura sin pasteurizar		Levadura Pasteurizada	
		Unidades	Valor	Unidades	valor
Enumeración de coliformes totales	de	NMP/ml	23	NMP/g	4
Enumeración de coliformes fecales	de	NMP/ml	23	NMP/g	4
Enumeración <i>Escherichia coli</i>	de	NMP/100ml	< 3	NMP/g	< 3
Recuentos de Mohos	-	-	-	UFC/g	23x10 ³
Recuento de Levaduras	-	-	-	UFC/g	< 10

Fuente: Laboratorio Mariano Tabusso (2012) (Anexos 1 y 3)

El informe emitido por el Laboratorio Mariano Tabusso, indica la cantidad de carga microbiológica que tiene la muestra de levadura pasteurizada en cuanto al recuento de mohos y levaduras, con la finalidad de determinar la presencia de levaduras que pudiera existir y competir con las bacterias lácticas en el momento de la fermentación (Tabla 8). Se observó que, en el recuento de levaduras, indicó ausencia del microorganismo; mas no en el recuento

de mohos, pudiendo estos competir con los microorganismos efectivos y cambiar los resultados tanto de pH, C.E. y/o acidez.

4.2.2 Análisis físico químico

En la Tabla 9, se presentan los resultados del análisis físico químico de la muestra de levadura sin pasteurizar y levadura pasteurizada.

Tabla 9: Análisis físico químico de la muestra de levadura sin pasteurizar y levadura pasteurizada

Análisis Físico Químico	LSP		LP	
	Valor	Unidad	Valor	Unidad
pH	6.52	-	4.38	-
Conductividad Eléctrica	3.60	dS/m	7.77	dS/m
M.O	66.64	%	-	-
Nitrógeno (N)	8.38	%	-	-
Humedad (Hd)	84.94	%	-	-
Sodio (Na)	0.04	%	-	-
Hierro (Fe)	146	ppm	13.95	mg/L
Cobre (Cu)	10	ppm	1.55	mg/L
Zinc (Zn)	215	ppm	18.28	mg/L
Manganeso (Mn)	11	ppm	1.65	mg/L
Boro (B)	27	ppm	0.49	mg/L
Plomo (Pb)	0.53	ppm	0.41	mg/L
Cadmio (Cd)	0.00	ppm	0.33	mg/L
Cromo (Cr)	2.83	ppm	0.21	mg/L

LSP= Levadura sin pasteurizar

LP= Levadura pasteurizada

Fuente: Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes (2012) (Anexos 2 y 4)

Asimismo, se encuentran los valores de pH y conductividad eléctrica que son necesarios de conocer para predecir el tipo de suelo que se requiere y el cultivo apto a ser cultivado. Asimismo, se determinó el porcentaje de nitrógeno importante para saber la calidad del fertilizante orgánico.

En la presente investigación, se ha adaptado un sistema denominado digestor, y se ha considerado todas las medidas del caso para utilizarlo de la mejor manera, considerando las concentraciones de los diferentes tratamientos; porcentaje de melaza, microorganismos efectivos y levadura. Según Suquilanda (1995) citado por Barrios (2001), el funcionamiento del digestor dependerá del buen manejo de este y es aquí donde radica la importancia de saber utilizar las cantidades óptimas de materiales en la carga del mismo.

La cantidad de metales pesados se determinó con la finalidad de evitar la contaminación de los suelos por posible incidencia de plomo, cadmio y/o cromo; encontrándose en cantidades mínimas y de esta manera no ser peligrosos y causar daño al aplicarlo.

De acuerdo a la Tabla 10, los valores de metales pesados de levadura sin pasteurizar están muy por debajo de los niveles máximos permisibles según la EPA y la NTC-5167 (2004).

Tabla 10: Concentraciones de metales pesados en la levadura sin pasteurizar

Metales pesados	LSP ¹ (ppm)	Niveles máximos permisibles		
		Norma 503 EPA* (mgkg ⁻¹)	NTC-5167, 2004** (mgkg ⁻¹)	EPA 2006*** (mgkg ⁻¹)
Cadmio (Cd)	0.00	18	39	10
Cromo (Cr)	2.83	1200	1200	400
Plomo (Pb)	0.53	300	300	300

(1) Levadura sin pasteurizar

*= valores en la norma 503 de la agencia de protección ambiental (EPA); **= valores en el NTC-5167, 2004, que establece los requisitos que deben cumplir los productos orgánicos utilizados como fertilizantes y abonos; ***= Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos.

Cuando los residuos agroindustriales son incluidos en el proceso de compostaje, las posibilidades de encontrar metales pesados aumentan considerablemente, como lo son el cadmio (Cd), plomo (Pb), arsénico (As), mercurio (Hg) y selenio (Se), elementos que perjudican la salud humana (Rojas *et al.* 2016).

Así se tiene, según Lorenzo y Obaya (2005) mencionados por Díaz (2017); la materia prima preferentemente utilizada para ser sometida a este tratamiento es cualquier biomasa residual que posea un alto contenido en humedad, pueden ser residuos orgánicos de origen vegetal, animal, agroindustrial, forestal, doméstico u otros. Las características bioquímicas que presenten estos residuos, deben permitir el desarrollo y la actividad microbiana del sistema anaeróbico. El proceso microbiológico no solo requiere de fuentes de carbono y nitrógeno, sino que también deben estar presentes, en un cierto equilibrio sales minerales (azufre, fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, manganeso, molibdeno, zinc, cobalto, selenio, tungsteno, níquel y otros menores) (Varnero 2011 mencionado por Díaz 2017).

Varnero (2011) mencionado por Díaz (2017); el proceso de digestión anaeróbica es inhibido por la presencia de sustancias tóxicas en el sistema. Estas sustancias pueden formar parte de las materias primas que entran al digestor o pueden ser subproductos de la actividad metabólica de los microorganismos anaeróbicos.

Sustancias tales como amoníaco, metales pesados, compuestos halogenados, cianuro y fenoles, forman parte del primer grupo, en tanto que, sulfuro, amoníaco y ácidos grasos de cadena larga, forman parte del último grupo mencionado.

4.2.3 Análisis químico de interés agronómico

El análisis químico de interés agronómico nos muestra la cantidad de nitrógeno, fósforo y potasio total que tiene la muestra de levadura en general.

Cualquier material natural o industrializado, que contenga al menos cinco por ciento de uno o más de los tres nutrientes primarios (N, P_2O_5 , K_2O), puede ser llamado fertilizante (Zanabria 2019).

En la Tabla 11, se muestra el análisis químico de interés agronómico tanto de la muestra de levadura sin pasteurizar y levadura pasteurizada.

Tabla 11: Análisis químico de interés agronómico de la muestra de levadura sin pasteurizar y levadura pasteurizada

Análisis Agronómico	LSP		LP	
	Valor	Unidad	Valor	Unidad
Sólidos totales	-	-	183.65	g/L
Materia Orgánica (M.O)	66.64	%	170.33	g/L
Ácido Fosfórico (P ₂ O ₅)	3.90	%	-	-
Óxido de Potasio (K ₂ O)	2.23	%	-	-
Óxido de Calcio (CaO)	0.17	%	-	-
Óxido de Magnesio (MgO)	0.39	%	-	-
Nitrógeno (N)	8.38	%	9681.00	mg/L
Fósforo total	-	-	2203.70	mg/L
Potasio total	-	-	3850.00	mg/L
Calcio total	-	-	152.80	mg/L
Magnesio total	-	-	257.50	mg/L
Sodio total	-	-	44.80	mg/L
Carbono orgánico	-	-	98.80	g/L

LSP= Levadura sin pasteurizar. LP= Levadura pasteurizada

Fuente: Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes (2012) (Anexos 2 y 4)

En base a lo que dice Zanabria (2019) y de acuerdo a la Tabla 11, en el que se indica el porcentaje de nitrógeno en la muestra de levadura sin pasteurizar, siendo este un valor de 8.38 por ciento, entonces podemos utilizar el remanente de levadura como fertilizante, sin necesidad de utilizar el complejo B-lac, para su descomposición. Sin embargo, es necesario el proceso anaeróbico para eliminar la flora microbiana alta y contaminante y así evitar la contaminación de nuestro fertilizante orgánico.

Asimismo, la Tabla 11 muestra los principales macronutrientes, presentes en la muestra de levadura pasteurizada; que son el nitrógeno, fósforo y potasio total.

4.2 DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS QUÍMICOS

En la determinación de los parámetros pH, conductividad eléctrica y porcentaje de acidez; se evaluaron las muestras de levadura pasteurizada y muestras de levadura no pasteurizadas. De las muestras de levadura pasteurizada se evaluaron dos condiciones la primera condición

se dio a una temperatura de 40°C y la condición dos se dio a temperatura ambiente, de esa manera se tienen en total 16 tratamientos de tres repeticiones cada uno que se analizaron en el tiempo de fermentación y posteriormente en la estabilidad en el tiempo. En el caso de la muestra de levadura sin pasteurizar se evaluaron 16 tratamientos con tres repeticiones cada uno a una temperatura de 40°C (Tabla 4).

4.3.1 pH

Se procedió a la evaluación del pH desde el día uno (día de inicio), siguiendo así con el 2do, 3er, 4to y 5to día. En la Tabla 13, se muestran los resultados de la evaluación del pH inicial según lo planteado en la metodología. Se designó al tratamiento T1 como el control con respecto a los tratamientos del T2 al T16. En el Anexo 11 (Tabla de datos de evaluación de pH) se muestran los datos registrados de los tratamientos y sus repeticiones.

Se determinó que los valores de pH para los 16 tratamientos se encuentran en el rango de 4 y 6 al inicio de la fermentación, los tratamientos controles de T5, T9, y T13 de melaza al 0 por ciento tienen valores de pH mayores de 5. En cuanto a los tratamientos controles T2, T3 y T4 de microorganismos efectivos al 0 por ciento tienen valores de pH mayores de 5.

En la Figura 4, se observa la variación del pH en el tiempo de fermentación que fue de cinco días, los diferentes tratamientos llegan a un pH determinado en el quinto día, que mediante pruebas estadísticas permiten determinar cuál es el mejor tratamiento. El tratamiento T16, es el que presenta el menor pH de valor de 4.89, siendo este un criterio en la selección del mejor tratamiento.

En la Tabla 13, se observan los valores de pH durante los días 1, 2, 3, 4 y 5; de los diferentes tratamientos tanto de la levadura sin pasteurizar como lo de la levadura pasteurizada en sus dos condiciones (condición 1: 40°C, condición 2: Temperatura Ambiente). Estos valores van disminuyendo en el tiempo, lo cual es beneficioso para fines de obtener el pH requerido para la formación del fertilizante orgánico.

Asimismo, se observa que es el tratamiento 16 es el que llega al menor pH siendo este valor de 4.65. El porcentaje de melaza y microorganismos efectivos es del 20 por ciento y 20 por ciento

respectivamente. Esto se debe a que los microorganismos han llegado a descomponer efectivamente la fuente de carbono que es la melaza.

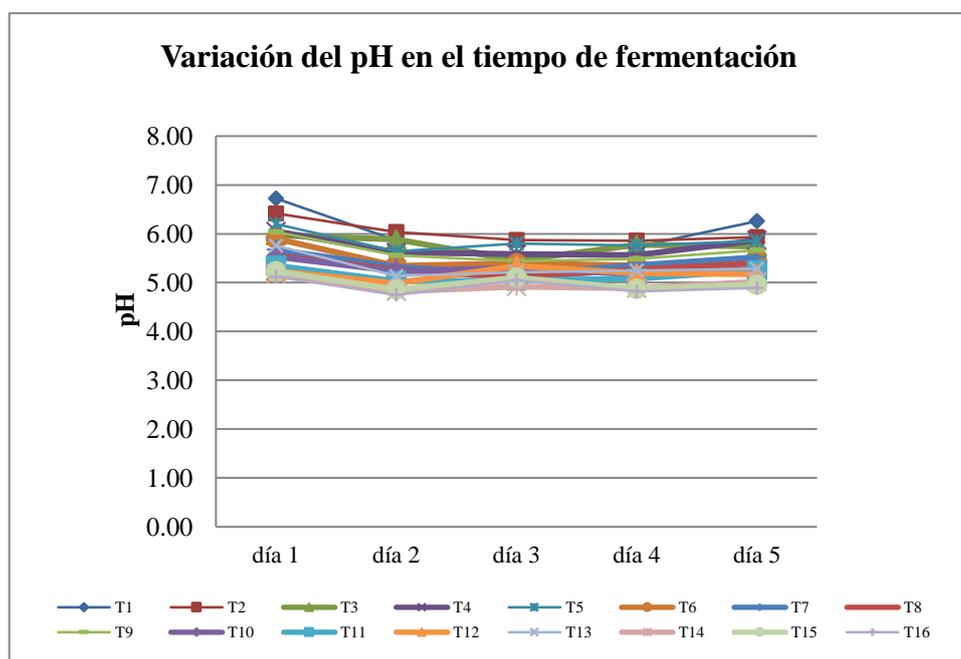


Figura 4: Variación promedio del pH en el tiempo de fermentación de la muestra de levadura sin pasteurizar

Tabla 12: Valor de pH promedio de los tratamientos experimentales microorganismos efectivos (porcentaje)

		0		10				15			20		
		LSP		LP		LSP	LP		LSP	LP		LSP	LP
		40°C		T°		40°C	T°		40°C	T°		40°C	T°
		Amb.		Amb.		Amb.		Amb.		Amb.		Amb.	
Melaza (porcentaje)	0	T1	T1	T1	T5	T5	T5	T9	T9	T9	T13	T13	T13
		6.50	7.51	7.15	5.70	6.57	6.80	5.42	6.49	6.35	5.79	6.49	6.25
	10	T2	T2	T2	T6	T6	T6	T10	T10	T10	T14	T14	T14
		5.97	6.66	6.84	5.29	6.83	6.92	5.07	6.61	6.26	5.13	6.44	6.17
	15	T3	T3	T3	T7	T7	T7	T11	T11	T11	T15	T15	T15
		5.70	6.82	6.84	5.14	6.39	6.41	4.93	6.81	6.31	4.86	6.56	6.04
	20	T4	T4	T4	T8	T8	T8	T12	T12	T12	T16	T16	T16
		5.38	6.75	6.86	5.03	6.32	6.57	4.99	6.68	6.28	4.82	6.63	6.09

LSP = Levadura sin pasteurizar, LP = Levadura pasteurizada, T° Amb. = Temperatura ambiental

Tabla 13: Variación de pH en el día 1, 2, 3, 4 y en el 5to día para la muestra de LSP y LP

Tratamiento	%melaza / %m.e	día 1			día 2			día 3			día 4			día 5		
		LSP	LP		LSP	LP		LSP	LP		LSP	LP		LSP	LP	
			40°C	Temp. Amb.												
T1	M0-B0	6.72	7,51	7,15	5.86	7,25	6,46	5.53	6,35	6,09	5.74	6,39	5,64	6.26	5,60	5,02
T2	M10-B0	6.42	6,66	6,84	6.04	6,82	6,35	5.87	6,12	6,26	5.86	5,87	5,93	5.93	5,69	4,66
T3	M15-B0	5.97	6,82	6,84	5.88	6,56	6,26	5.45	5,89	6,31	5.78	5,97	6,29	5.74	5,96	4,71
T4	M20-B0	6.05	6,75	6,86	5.62	6,22	6,16	5.58	5,83	6,43	5.56	6,07	6,58	5.87	5,47	4,69
T5	M0-B10	6.20	6,57	6,80	5.64	6,22	5,52	5.80	5,85	5,55	5.76	5,96	5,36	5.85	5,67	5,12
T6	M10-B10	5.90	6,83	6,92	5.34	6,89	6,13	5.39	6,09	5,72	5.35	6,43	5,18	5.44	6,03	4,76
T7	M15-B10	5.67	6,39	6,41	5.32	6,27	5,96	5.16	5,67	5,66	5.35	5,56	5,22	5.52	5,57	4,52
T8	M20-B10	5.55	6,32	6,57	5.27	6,16	5,76	5.10	5,78	5,72	5.27	5,62	5,29	5.40	5,71	4,59
T9	M0-B15	6.04	6,49	6,35	5.56	6,47	5,84	5.44	5,83	5,77	5.49	5,98	5,28	5.66	5,35	4,58
T10	M10-B15	5.53	6,61	6,26	5.23	6,11	5,78	5.30	5,69	5,73	5.17	5,86	5,21	5.27	5,67	4,67
T11	M15-B15	5.35	6,81	6,31	5.03	6,83	5,93	5.04	5,70	5,48	5.08	6,07	5,03	5.25	5,69	4,60
T12	M20-B15	5.24	6,68	6,28	4.99	6,32	5,73	5.34	5,61	5,46	5.19	5,77	4,95	5.17	5,46	4,57
T13	M0-B20	5.76	6,49	6,25	5.14	6,37	5,72	5.21	5,44	5,53	5.25	5,65	5,13	5.28	5,32	4,47
T14	M10-B20	5.19	6,44	6,17	4.82	6,35	5,90	4.92	5,33	5,48	4.88	5,64	5,02	5.01	5,35	4,55
T15	M15-B20	5.23	6,56	6,04	4.86	6,42	5,85	5.10	5,65	5,44	4.87	5,74	5,27	4.96	5,53	4,53
T16	M20-B20	5.12	6,63	6,09	4.75	6,53	5,94	5.05	5,62	5,34	4.82	5,91	4,88	4.89	5,57	4,65

LSP = Levadura sin pasteurizar, LP = Levadura pasteurizada, m.e = microorganismos efectivos, Temp. Amb. = Temperatura ambiente

M0 = Melaza al 0 por ciento, B0= B-lac al 0 por ciento

En la Figura 5, se aprecia la mejor proporción en cuanto a la relación que existe entre la melaza y microorganismos efectivos, se indican los porcentajes 0 por ciento, 10 por ciento, 15 por ciento y 20 por ciento; asimismo se observa que con el 20 por ciento se obtiene el mayor descenso de pH llegando a aproximadamente a un valor de 5.

Además, de la interacción de melaza y microorganismos efectivos se consideró el tiempo de retención y el rango óptimo de temperatura para que se lleve a cabo la fermentación, de manera que se llegue a los parámetros adecuados.

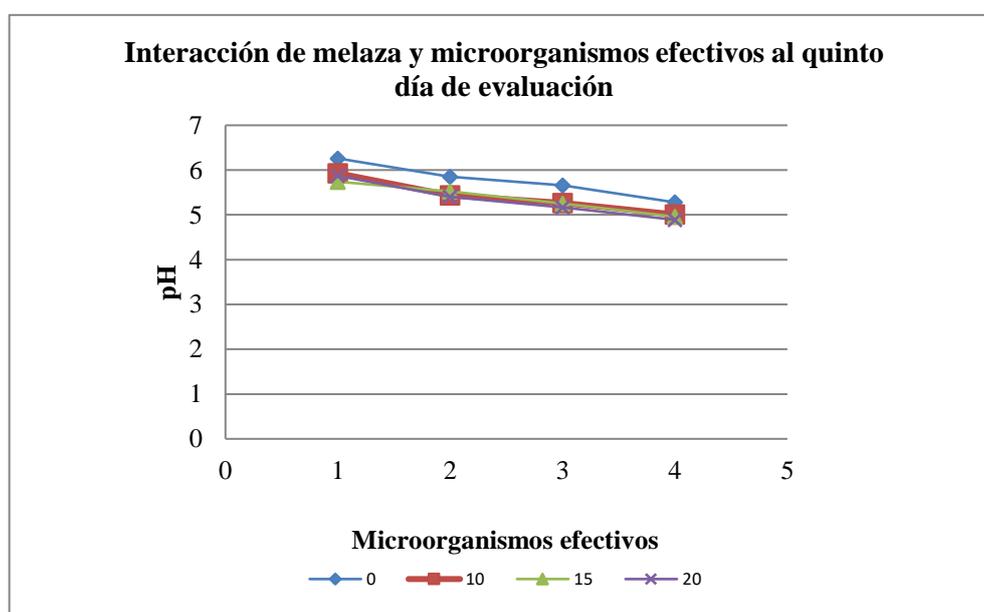


Figura 5: Interacción de melaza y microorganismos efectivos al quinto día de evaluación en la muestra de LSP

A medida que aumenta la temperatura incrementa la actividad metabólica de las bacterias, requiriéndose menor tiempo de retención para que se complete el proceso de fermentación. Para optimizar el proceso, el biodigestor se debe mantener a una temperatura constante. En la práctica se utilizó una cámara que mantuvo las muestras a una temperatura de 40°C en el tiempo de fermentación; y después al momento de evaluar la estabilidad las muestras se mantuvieron a temperatura ambiente.

En la Figura 6, se observa la variación del pH en el tiempo de fermentación que fue de cinco días, los diferentes tratamientos llegan a un pH determinado en el quinto día, que mediante pruebas estadísticas nos permiten determinar cuál es el mejor tratamiento. El tratamiento

T13, es el que presenta el menor pH de valor de 5.32, siendo este un criterio en la selección del mejor tratamiento.

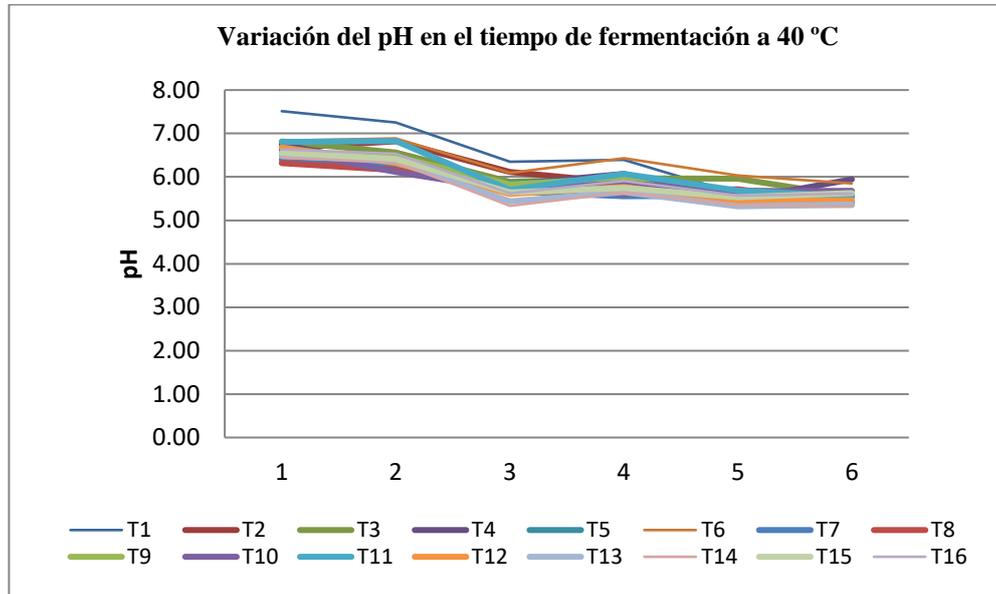


Figura 6: Variación promedio del pH en el tiempo de fermentación

En la Figura 7, se observa la variación del pH en el tiempo de fermentación que fue de cinco días, los diferentes tratamientos llegan a un pH determinado en el quinto día, que mediante pruebas estadísticas nos permiten determinar cuál es el mejor tratamiento. El tratamiento T13, es el que presenta el menor pH de valor de 4.47, siendo este un criterio en la selección del mejor tratamiento.

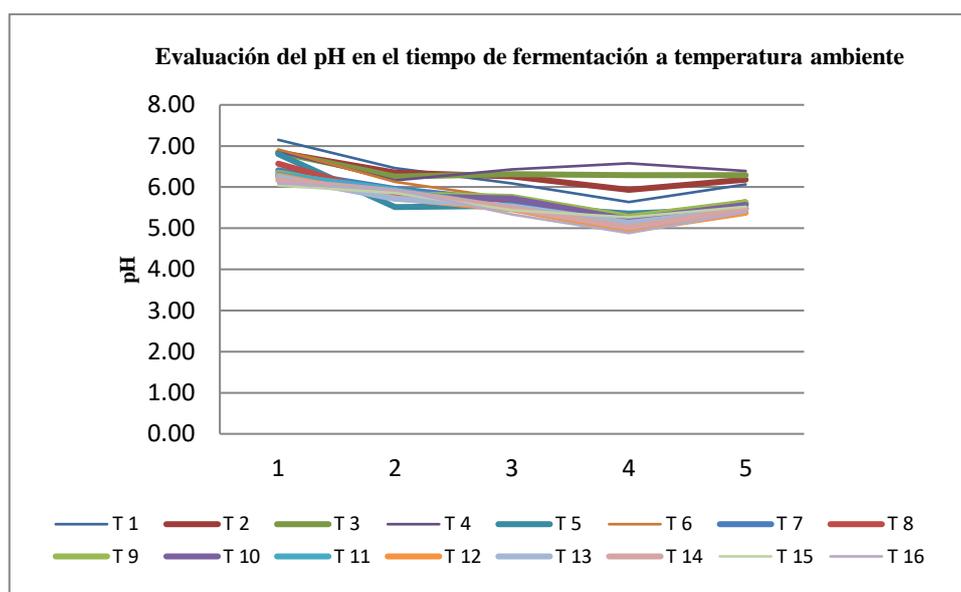


Figura 7: Evaluación del pH en el tiempo de fermentación a temperatura ambiente

4.3.2 Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica es un parámetro que se midió durante el tiempo de fermentación y se observa en la Figura 8, como el valor va en aumento. Díaz (2017), la conductividad eléctrica (CE) durante el proceso de elaboración de los bioles, mostró una misma tendencia de variación incremental, para todos los tratamientos independientemente de su formulación.

Según Díaz (2017); se considera que los valores de la CE difieren entre los tratamientos en función de los insumos empleados. Asimismo, se aprecia que son los tratamientos T14, T15 y T16; los que presentan mayor valor, lo cual es favorable, ya que este es un indicador de la efectividad del fertilizante orgánico.

También se observa que los tratamientos T9 y T13 son los que presentan menor valor de conductividad eléctrica siendo estos de 8.87 mS/cm y 9.80 mS/cm respectivamente (Figura 8).

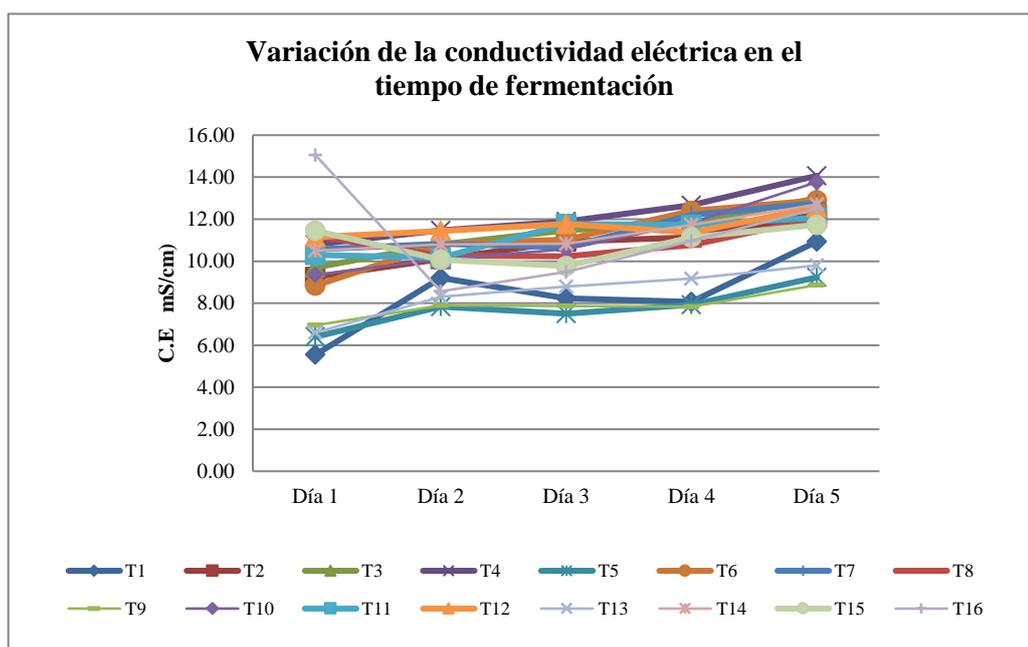


Figura 8: Variación promedio de la conductividad eléctrica en el tiempo de fermentación

Según Varnero (2011) mencionado por Díaz (2017); la solubilidad de la mayoría de las sales aumenta con la temperatura de manera que la materia orgánica es más accesible para los microorganismos aumentando así la velocidad del proceso.

La Tabla 14, muestra el registro de la variación de la conductividad eléctrica durante el tiempo de fermentación, de las dos condiciones de levadura pasteurizada (Condición 1: 40°C y condición 2: Temperatura Ambiente).

Tabla 14: Variación de conductividad eléctrica en el día 1, 2, 3, 4 y en el 5to día

Tratamiento	%melaza/ %m.e	día 1 LP		día 2 LP		día 3 LP		día 4 LP		día 5 LP	
		40°C	Temp. Amb.								
T1	M0-B0	4.13	4.18	7.13	4.76	10.85	4.92	4.73	5.01	4.56	5.03
T2	M10-B0	8.55	8.74	9.58	8.85	10.10	8.91	9.96	8.07	9.81	9.19
T3	M15-B0	9.22	10.24	9.78	8.65	11.32	9.53	11.53	9.18	11.30	10.91
T4	M20-B0	10.30	11.46	11.33	11.78	11.23	11.45	12.42	11.30	12.11	11.80
T5	M0-B10	9.49	11.55	10.95	13.07	12.49	11.62	12.32	11.68	12.10	11.12
T6	M10-B10	4.71	5.82	4.32	10.81	5.92	5.61	5.51	6.34	5.44	6.46
T7	M15-B10	10.94	9.50	11.27	11.16	13.34	9.04	13.04	9.84	12.94	9.71
T8	M20-B10	10.01	11.41	12.86	12.57	13.58	10.94	14.12	10.41	13.45	12.70
T9	M0-B15	10.61	10.52	11.84	12.50	12.75	11.04	12.76	10.71	12.55	12.71
T10	M10-B15	10.28	13.19	10.86	12.43	12.80	9.98	13.53	11.57	13.02	11.56
T11	M15-B15	5.07	6.46	4.99	5.84	5.51	8.67	6.18	5.63	5.95	5.64
T12	M20-B15	10.06	9.18	11.64	10.64	13.39	9.01	13.45	8.67	13.19	9.49
T13	M0-B20	8.48	9.89	9.90	13.02	12.54	10.51	13.12	10.20	12.57	10.85
T14	M10-B20	9.49	11.48	9.51	10.59	12.59	10.54	13.90	10.31	13.49	10.97
T15	M15-B20	10.56	10.06	11.25	12.87	13.15	11.21	13.89	11.46	13.36	12.93
T16	M20-B20	5.57	6.47	5.42	6.83	6.45	5.83	7.19	5.62	6.32	5.99

LP = Levadura pasteurizada, Temp. Amb. = Temperatura ambiente, M0 = Melaza al 0%, B0 = B-lac al 0%, m.e = microorganismos efectivos

4.3.3. Porcentaje de acidez

En la Figura 9, se muestra la variación del porcentaje de acidez, expresado como ácido láctico para los 16 tratamientos durante los cinco días del proceso de fermentación.

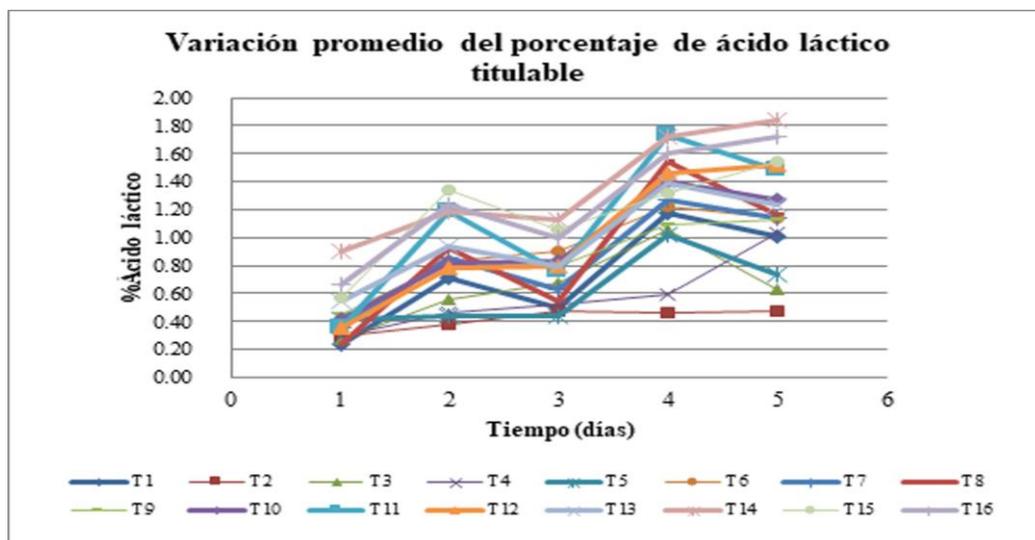


Figura 9: Variación promedio del porcentaje de ácido láctico de la muestra de levadura sin pasteurizar

El parámetro del porcentaje de ácido láctico es el que genera los cambios de acidez, cuya tendencia es la de aumentar al pasar el tiempo de fermentación. Asimismo, se observa que son los tratamientos T14, T15 y T16; los que presentaron los mayores valores siendo estos de 1.84 por ciento, 1.55 por ciento y 1.73 por ciento respectivamente.

El incremento de la acidez garantiza la inocuidad del fertilizante orgánico, debido a que siendo éste un medio ácido, no crecen microorganismos patógenos, que pudieran contaminar el cultivo al momento de aplicar el producto.

En la Figura 10, se muestra la variación del porcentaje de acidez, expresado como ácido láctico para los 16 tratamientos durante los cinco días del proceso de fermentación a una temperatura de 40°C.

En la Figura 10, se observa que son los tratamientos T7, T9, T14 y T16; los que presentaron los mayores valores siendo estos de 1.62 por ciento, 1.56 por ciento, 1.41 por ciento y 1.35 por ciento respectivamente.

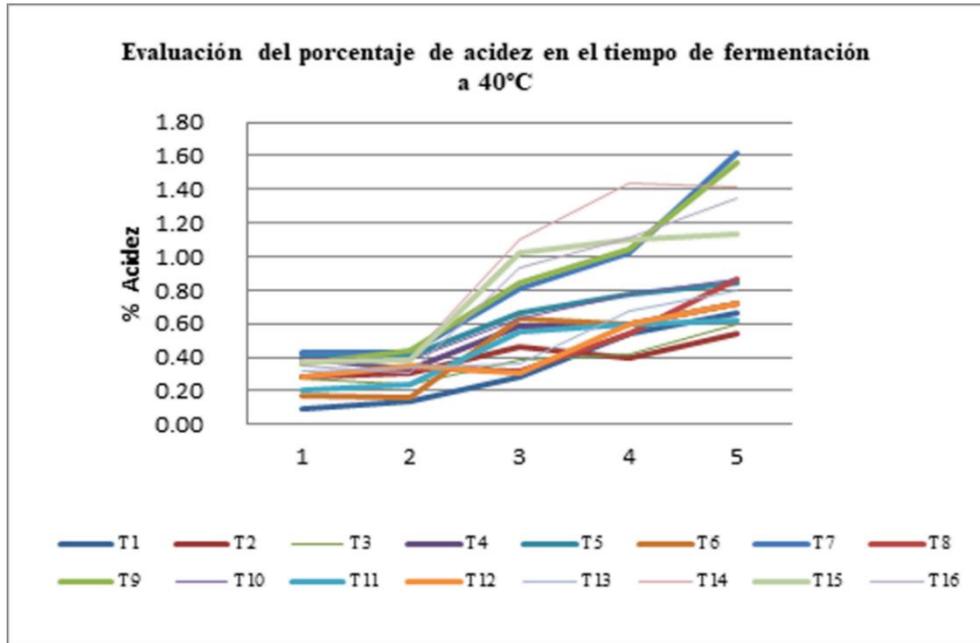


Figura 10: Variación promedio del porcentaje de ácido láctico a 40 °C

En la Figura 11, se muestra la variación del porcentaje de acidez, expresado como ácido láctico para los 16 tratamientos durante los cinco días del proceso de fermentación. Asimismo, se observa que son los tratamientos T13, T8, T9, T15, T10, T5 y T16; los que presentaron los mayores valores siendo estos de 1.35 por ciento, 1.35 por ciento, 1.32 por ciento, 1.20 por ciento, 1.13 por ciento, 1.11 por ciento y 1.08 por ciento respectivamente.

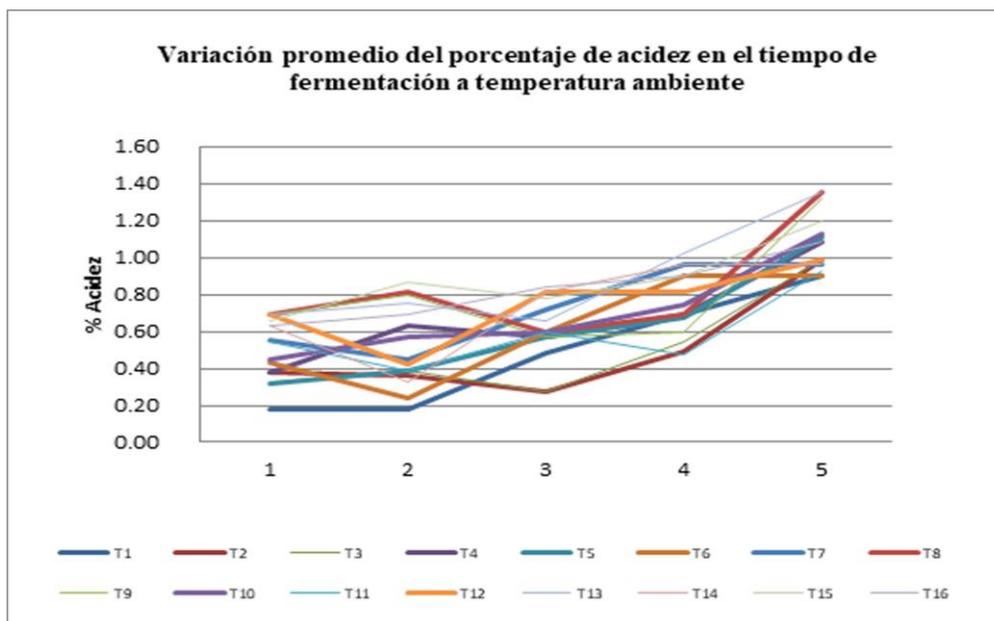


Figura 11: Variación promedio del porcentaje de acidez

4.3 CARACTERIZACIÓN DEL FERTILIZANTE ORGÁNICO

4.4.1 Análisis microbiológico

Antes de iniciar el bioensayo con semillas de lechuga, se realizó el análisis microbiológico y químico de interés agronómico del fertilizante orgánico.

Tabla 15: Resultados del análisis microbiológico de la levadura y del fertilizante orgánico

Análisis Microbiológico	LSP	LP		Fertilizante Orgánico
		40°C	Temp. Amb.	
Enumeración de coliformes totales (NMP/ml)	23	4	4	< 3
Enumeración de coliformes fecales (NMP/ml)	23	4	4	< 3
Enumeración de <i>Escherichia coli</i> (NMP/100ml)	< 3	< 3	< 3	< 3
Recuento de Mohos (UFC/g)	-	23x10 ³	23x10 ³	< 10
Recuento de Levaduras (UFC/g)	-	< 10	< 10	< 10
Recuento de bacterias acidolácticas	-	-	-	64x10 ⁶

LSP = Levadura sin pasteurizar, LP = Levadura pasteurizada, Temp. Amb. = Temperatura ambiente (anexo 9)

Se observa en la Tabla 15, los resultados microbiológicos tanto de la levadura como la del fertilizante orgánico; se observa una diferencia sustancial, siendo la muestra de levadura sin pasteurizar, la que presenta una mayor carga microbiana, esto debido a una posible contaminación por el envase, el almacenaje en la cámara de refrigeración y/o el transporte.

Por otra parte, del uso del grupo de bacterias de microorganismos efectivos como inóculo microbiano surgen las bacterias lácticas, como microorganismos dominantes en número. Existe la posibilidad de que las levaduras hayan competido con los microorganismos efectivos por la fuente de energía melaza, sin embargo, se generó un ambiente inocuo por la acidez generada, siendo la responsable de evitar el crecimiento de bacterias contaminantes.

La acidez provocada por el proceso acidogénico, evidenciado por la disminución del pH, ha permitido disminuir a las poblaciones de coliformes totales y fecales, las cuales no han podido tolerar la acidez producida, considerando que a bajos niveles de pH se afecta la envoltura celular por disociación de sus macromoléculas (desnaturalización) y genera

cambios en el desarrollo de algunos procesos (adhesión, floculación, permeabilidad, etc.). Asimismo, es de comentar que la *Escherichia coli* tiene sus límites mínimos y máximos de pH entre 4.3 y 9.5; con tendencia siempre a desarrollarse mejor en niveles altos.

En esta etapa, la cual corresponde a la Acetogénesis, se ha podido identificar dos sub etapas. La primera, en la que el pH se mantiene aproximadamente constante, entre 5 y 6, lo que permite el descenso del número máximo posible de los coliformes totales y fecales. Y la segunda, en la que el pH se eleva, ocasionando que el número máximo posible de coliformes totales y fecales deje de descender y comience a estabilizarse. En esta etapa también se ha podido observar la influencia que ejerce el pH en el número máximo posible de coliformes.

Desde el inicio de la investigación experimental, hasta la etapa final de la producción, el fertilizante orgánico experimenta una elevación progresiva de la conductividad eléctrica y una disminución gradual del pH; por ello, se aprecia una disminución de los coliformes totales y fecales.

La Tabla 16 presenta el resultado de presencia de coliformes, tanto del fertilizante orgánico a base de levadura residual; como la del Biol de excretas de cerdo. Estos valores son iguales, según Shirakawa (2016), los coliformes totales y fecales, no se encuentran presentes en el Biol al final del proceso, debido a la neutralización por pH ácido.

Tabla 16: Comparación de coliformes del biofertilizante

Parámetros	Fertilizante orgánico			Biol de excretas de cerdo ¹
	LSP	LP	T° Amb.	
Enumeración de coliformes totales (NMP/ml)	< 3	40°C < 3	< 3	< 3
Enumeración de coliformes fecales (NMP/ml)	< 3	< 3	< 3	< 3

El valor de < 3 indica ausencia del microorganismo en el ensayo.

(1) Biol de excretas de cerdo, citado por Shirakawa, (2016).

LSP = Levadura sin pasteurizar, LP = Levadura pasteurizada, T° Amb. = Temperatura ambiente

Asimismo, de acuerdo con la tabla 16, no es necesaria la pasteurización de la muestra de levadura, ya que al final del proceso de fermentación, se ha logrado eliminar carga patógena, como son la enumeración de coliformes totales y enumeración de coliformes fecales, en las

muestras de levadura sin pasteurizar. Esto debido también al descenso del pH de las muestras de levadura, en cada uno de los tratamientos.

4.4.2 Análisis químico de interés agronómico del fertilizante orgánico

En general, el valor del biol como fertilizante es bastante alto (ver Tabla 17), debido a que contiene nutrientes en una forma fácilmente disponible. Puede desempeñar un papel importante como fuente de nutrientes para la producción de cultivos, ya que, en comparación con el estiércol, los nutrientes (especialmente nitrógeno) son más fácilmente disponibles, lo que significa que puede tener un mayor efecto en la fertilización en un corto plazo (Bonten *et al.* 2014 mencionados por Díaz 2017).

En la tabla 17, se muestran los resultados de los análisis químicos de interés agronómico del fertilizante orgánico, con el objetivo de evaluar el potencial que tiene este producto como fertilizante orgánico líquido.

Existe una variabilidad en el contenido de macronutrientes y micronutrientes. Según Díaz (2017), ante esta diversidad en los bioles, se torna difícil establecer estándares en cuanto al contenido de macro y micronutrientes, así como al contenido de precursores de crecimiento para el producto final. Solamente se podrá conocer la composición del biol, al finalizar el proceso y analizarlo. En la versatilidad de la agricultura orgánica esto no es un inconveniente sino más bien una oportunidad, ya que los productores durante pruebas de ensayo error en forma permanente van adaptando sus formulaciones, métodos y dosis de aplicación a sus cultivos, sin la necesidad de saber a detalle la composición de los mismos (Díaz 2017).

Para Díaz (2017), interesa que los bioles contengan un alto contenido de nitrógeno y fósforo para su aplicación, es importante considerar que estos dos elementos son fundamentales para el proceso de elaboración. Estos nutrientes, como todos los nutrientes, estarán a disposición de las bacterias solo en su forma soluble (Díaz 2017). Según la Tabla 17 la muestra de levadura que muestra mayor cantidad es la de la levadura pasteurizada condición de 40°C.

De Groot y Bogdanski (2013) citados por Díaz (2017); señalan que los estudios realizados al biol como un fertilizante muestran una amplia gama de parámetros, (..) y que el contenido en los bioles varía ampliamente, al depender de muchas variables como: el tipo de estiércol

utilizado como materia prima (a partir de cerdos, ganado vacuno o pollos); la materia prima adicional utilizada (tipos de residuos); el forraje para los animales (calidad y cantidad); el clima (particularmente la temperatura) y la tecnología del biodigestor como tal.

Tabla 17: Análisis químico de interés agronómico del fertilizante orgánico

Parámetros	Fertilizante orgánico					
	LSP		LP			
	Valor	Unidad	40°C		T° amb.	
	Valor	Unidad	Valor	Unidad	Valor	Unidad
pH	3.96	-	4.15	-	4.01	-
Conductividad eléctrica	21.40	dS/m	9.88	dS/m	9.95	dS/m
Sólidos totales	183.30	g/L	161.98	g/L	158.64	g/L
Materia orgánica en solución	146.40	g/L	148.18	g/L	144.82	g/L
Macronutrientes (Total)						
Nitrógeno (N)	8974.00	mg/L	11970.00	mg/L	11200.00	mg/L
Fósforo (P)	1619.05	mg/L	1914.81	mg/L	1914.81	mg/L
Potasio (K)	9625.00	mg/L	4200.00	mg/L	4075	mg/L
Calcio (Ca)	1472.00	mg/L	334.30	mg/L	343.80	mg/L
Magnesio (Mg)	1275.00	mg/L	355.00	mg/L	347.50	mg/L
Sodio (Na)	232.50	mg/L	300.00	mg/L	310.00	mg/L
Micronutrientes (Total)						
Hierro (Fe)	41.40	mg/L	18.38	mg/L	17.43	mg/L
Cobre (Cu)	0.95	mg/L	1.28	mg/L	1.23	mg/L
Zinc (Zn)	13.33	mg/L	11.83	mg/L	18.85	mg/L
Manganeso (Mn)	4.00	mg/L	1.50	mg/L	1.47	mg/L
Boro (B)	7.07	mg/L	1.73	mg/L	1.41	mg/L
Metales pesados (Total)						
Plomo (Pb)	0.01	mg/L	0.403	mg/L	0.593	mg/L
Cadmio (Cd)	1.39	mg/L	0.000	mg/L	0.000	mg/L
Cromo (Cr)	0.01	mg/L	0.440	mg/L	0.498	mg/L

LSP = Levadura sin pasteurizar, LP = Levadura pasteurizada, T° amb. = Temperatura ambiente (anexo 10)

Díaz (2017); considerando que cada biol, es elaborado con insumos y proporciones diferentes, y que es producido bajo diferentes condiciones ambientales, podríamos decir que cada uno de ellos presenta características únicas y diferentes. El biol es entonces el resultado, de un complejo y dinámico proceso de descomposición de la materia orgánica, donde los insumos, la forma de preparación, las condiciones ambientales y el tiempo, determinan características únicas para cada producto final. Lo que nos estaría indicando que nuestra formulación de fertilizante orgánico a base de levadura es única y dependerá únicamente de las características antes mencionadas por Díaz (2017).

Según Rodríguez *et al.* (2012) mencionados por Apaza-Condori *et al.* (2015), para el uso del compost, se requiere una evaluación sistemática de sus contenidos en metales pesados (MP), porque pueden acumularse en los suelos y sustratos, alterando el equilibrio biológico de los mismos y afectar al rendimiento de los cultivos y la salud animal, inclusive la del hombre. Los abonos orgánicos deben evaluarse por los beneficios y efectos nocivos que aportan, por lo cual previo a su uso, es importante conocer la composición química de éstos como antecedente evitando con ello efectos perjudiciales en los cultivos (Beltrán-Morales *et al.* 2019 mencionado por González-Márquez *et al.* 2021).

Asimismo, los abonos orgánicos son considerados complemento a la fertilización integral, por la aportación de materia orgánica, nutrientes y microorganismos, favoreciendo la nutrición de las plantas y la fertilidad del suelo; sin embargo, el emplearlos sin un grado de madurez adecuado puede provocar efectos negativos en las plantas, debido a la presencia de metabolitos fitotóxicos como altos contenidos de amonio, ácidos volátiles orgánicos, metales pesados y sales, que en concentraciones elevadas inhiben la germinación de semillas o el crecimiento de raíces (González-Márquez *et al.* 2021).

Asimismo, se determinó la cantidad de metales pesados en el fertilizante orgánico líquido, con la finalidad de evitar la contaminación de los suelos por posible incidencia de plomo, cadmio y/o cromo total, encontrándose en cantidades mínimas y de esta manera no ser peligrosos. Así, se observa en la Tabla 18, que los valores tanto de plomo, cadmio y cromo total; se encuentran cercanos los unos de los otros.

Tabla 18: Valores máximos de metales pesados en fertilizantes orgánicos

Parámetro	Unidad	Resultados del estudio LP	Biol I-G	Biol II-G	Biol III-G
Plomo Total (Pb)	mg/L	0.41	0.08	2.15	0.40
Cadmio Total (Cd)	mg/L	0.33	0.02	0.22	0.20
Cromo Total (Cr)	mg/L	0.21	0.20	0.82	7.60

LP = Levadura pasteurizada

Biol I-G = Biol de primera generación, biol de estiércol de cuy, Zanabria (2019)

Biol II-G = Biol de segunda generación, biol de estiércol de cuy, Zanabria (2019)

Biol III-G = Biol de tercera generación, biol de estiércol de cuy, Zanabria (2019)

Díaz (2017), manifiesta que los tres tipos de toxicidad más comunes son por amonio, sulfuro de hidrógeno y metales pesados. Mientras que Lorenzo y Obaya (2005) mencionados por Díaz (2017); indican que hay un número significativo de compuestos y sustancias que actúan de forma letal sobre los microorganismos que llevan a cabo el proceso anaerobio inhibiendo este. Destacan entre estos, los metales pesados, fenoles, tiosulfatos, tiocianatos, cianuros, agentes oxidantes fuertes como cromatos y cloro, tensoactivos aniónicos, antibióticos, pesticidas y sales (Gerardi 2003 mencionado por Díaz 2017).

De acuerdo a la Tabla 19, el biol de III-G es el que presenta el mejor contenido de Nitrógeno (N), con respecto al fertilizante orgánico a base de levadura residual, al biol de II-G y al biol porcino.

El pH del biol de II-G y III-G, son más ácidos, que el del fertilizante orgánico a base de levadura residual y del biol porcino. Medina (2014) citado por Zanabria (2019), indica que esta es una característica, que beneficia a estos bioles, ya que esta acidez inhibe el crecimiento y desarrollo de microorganismos que inducen a la putrefacción, con lo que no conlleva riesgo microbiológico en su aplicación y almacenamiento.

Tabla 19: Comparación de parámetros químicos de fertilizante orgánico versus otros estudios

Parámetros	Unidad	Fertilizante orgánico			Biol II-G	Biol III-G	Biol porcino
		LSP	LP				
			40°C	T°amb.			
pH		3.96	4.15	4.01	3.65	3.66	4.00
Conductividad eléctrica	dS/m	21.40	9.88	9.95	24.30	37.80*	20.10
Sólidos totales	g/L	183.30	161.98	158.64	116.26	359.40	136.92
Materia orgánica en solución	g/L	146.40	148.18	144.82	91.42	338.90	108.28
Macro nutrientes (Total)							
Nitrógeno (N)	mg/L	8974.00	11970.00	11200.00	2674.00	78288.00	4592.00
Fósforo (P)	mg/L	1619.05	1914.81	1914.81	118.96	2824.00	2931.57
Potasio (K)	mg/L	9625.00	4200.00	4075	6650.00	7350.00	5970.00
Calcio (Ca)	mg/L	1472.00	334.30	343.80	1055.00	1695.00	2235.00
Magnesio (Mg)	mg/L	1275.00	355.00	347.50	920.00	710.00	1600.00
Sodio (Na)	mg/L	232.50	300.00	310.00	580.00	445.00	395.00
Micronutrientes (Total)							
Hierro (Fe)	mg/L	41.40	18.38	17.43	29.80	37.00	142.10
Cobre (Cu)	mg/L	0.95	1.28	1.23	1.30	0.95	53.00
Zinc (Zn)	mg/L	13.33	11.83	18.85	3.00	2.70	128.00
Manganeso (Mn)	mg/L	4.00	1.50	1.47	2.80	2.45	31.20
Boro (B)	mg/L	7.07	1.73	1.41	5.81	5.37	2.92

LSP = Levadura sin pasteurizar, LP=Levadura pasteurizada, T°amb. = Temperatura ambiental

Biol II-G = Biol de segunda generación de estiércol de cuy, Zanabria (2019).

Biol III-G = Biol de tercera generación de estiércol de cuy, Zanabria (2019).

Biol porcino = Biol porcino, Moreno (2019).

*la conductividad eléctrica del Biol III-G analizada al 10 por ciento

4.4 TENDENCIA DE LA ESTABILIDAD EN EL TIEMPO DEL FERTILIZANTE ORGÁNICO EN CUANTO AL pH, C.E y ACIDEZ

Se muestra una estabilidad del fertilizante orgánico gracias al control del pH, conductividad eléctrica y porcentaje de acidez; así como de la observación de los cambios físicos producidos por hinchamiento, formación de capas blanquecinas y otros aspectos extraños

(Figura 12). Respecto a la duración del proceso de fermentación, Sotil (2007) indica que, con un tiempo de retención de 30 a 60 días, las celulosas se descomponen y que de 9 a 20 días los almidones fermentan, por ello se ha visto necesario evaluar la estabilidad en un periodo de 30 días. Asimismo, cabe resaltar que a través de los siguientes gráficos se observó indirectamente el desarrollo de este proceso, en el que simultáneamente ocurren las tres etapas de la fermentación.

En la Figura 12, se observa la evaluación de la estabilidad del pH en los tratamientos a los 30 días; pasado los cinco días de la fermentación hay una tendencia a la estabilidad hasta el día 15, y un descenso del pH, lo cual es favorable y permanece constante hasta el día 30.

Debido a que el pH es un parámetro indicador de la efectividad del fertilizante orgánico, la Figura 12, nos indica que debería ser utilizado dentro de los 30 días transcurridos los días de fermentación, por otro lado en los tratamientos del T8 al T16 se observa que el pH se encuentra en el rango de 4.00 a 6.00, pudiendo ser efectivo dentro de los 30 días de elaborado el fertilizante orgánico; a excepción del tratamiento T4 que llega a sobrepasar el valor de 6.00, llegando a un valor de 6.25, lo cual no es necesario descartarlo ya que puede ser utilizado como fertilizante orgánico. En general se podría decir que el fertilizante orgánico puede ser utilizado dentro de los 30 días después de haber sido elaborado. Sin embargo, es recomendable esperar antes de aplicarlo que pase el tiempo de fermentación que es de cinco días, en donde el pH desciende y después asciende y permanece estable.

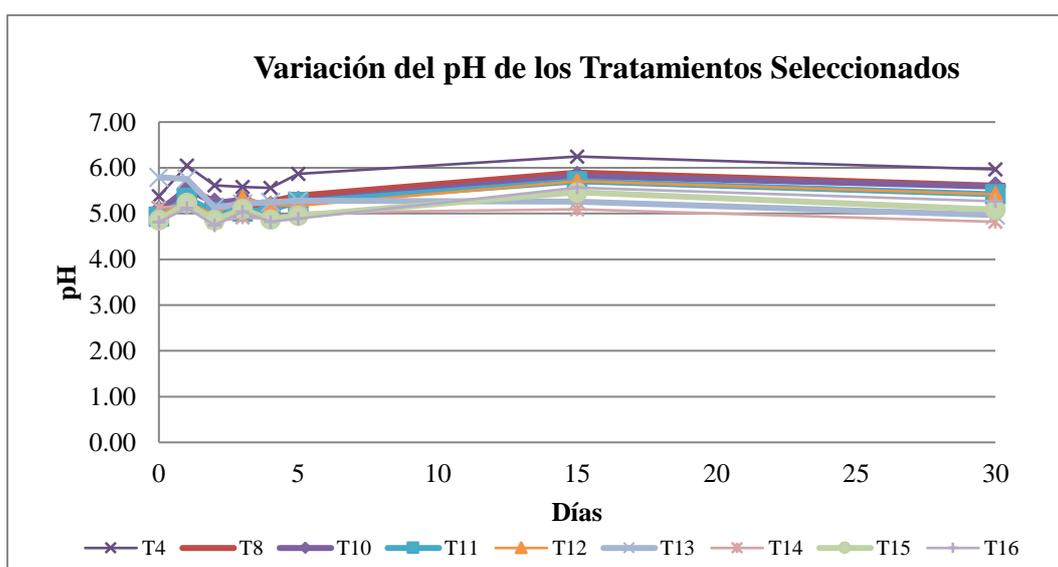


Figura 12: Estabilidad del pH a 30 días en LSP

En la Figura 13, se observa la evaluación de la estabilidad de la conductividad eléctrica en los tratamientos a los 30 días; representado en curvas que nos indican que la estabilidad en cuanto a la conductividad eléctrica transcurrido los cinco días de la etapa de fermentación, se mantiene estable hasta el día 15 en el que se observa un incremento de este parámetro.

Asimismo, se observa que el tratamiento T16, es el que presenta mayor valor de conductividad eléctrica, llegando a un valor de 19.67 mS/cm y el tratamiento T13, es el que presenta el menor valor de conductividad eléctrica, llegando a un valor de 12.53 mS/cm.

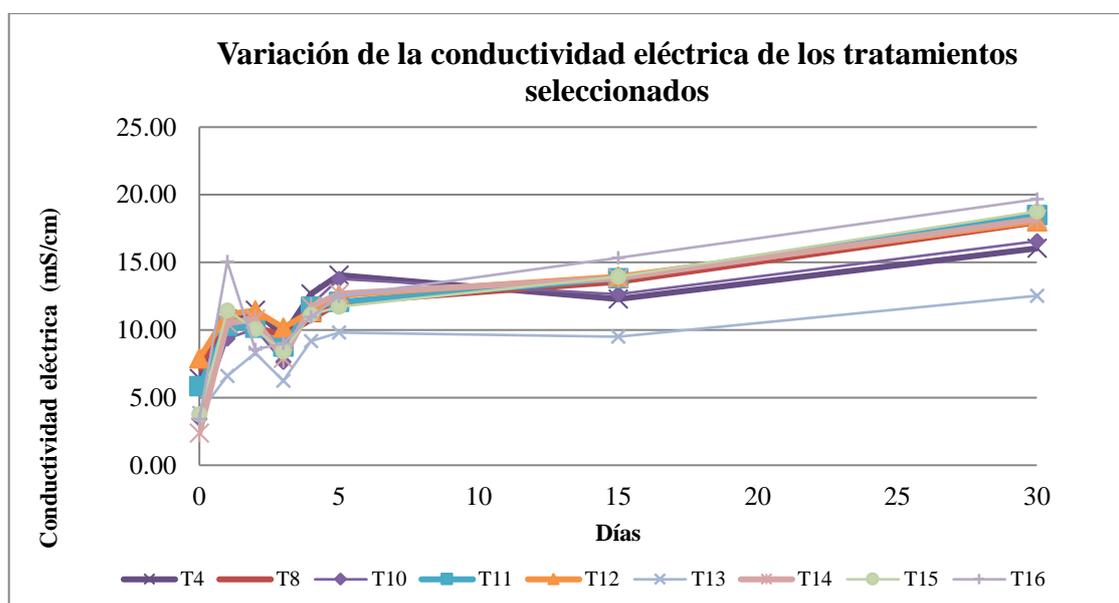


Figura 13: Evaluación de la estabilidad de la conductividad eléctrica en los tratamientos experimentales a los 30 días

En la Figura 14, se observa la evaluación de la estabilidad del parámetro porcentaje de acidez de los tratamientos experimentales a los 30 días, observándose que existe cierta estabilidad del fertilizante orgánico transcurrido el tiempo de fermentación.

Se observa que el tratamiento T13 y T14, son los que tienen el mayor valor de porcentaje de acidez siendo este de 2.11 por ciento y 1.70 por ciento respectivamente. Por otro lado, los tratamientos que presentan menor valor de acidez son los tratamientos T4 y T8, con valores de 0.77 por ciento y 0.94 por ciento respectivamente.

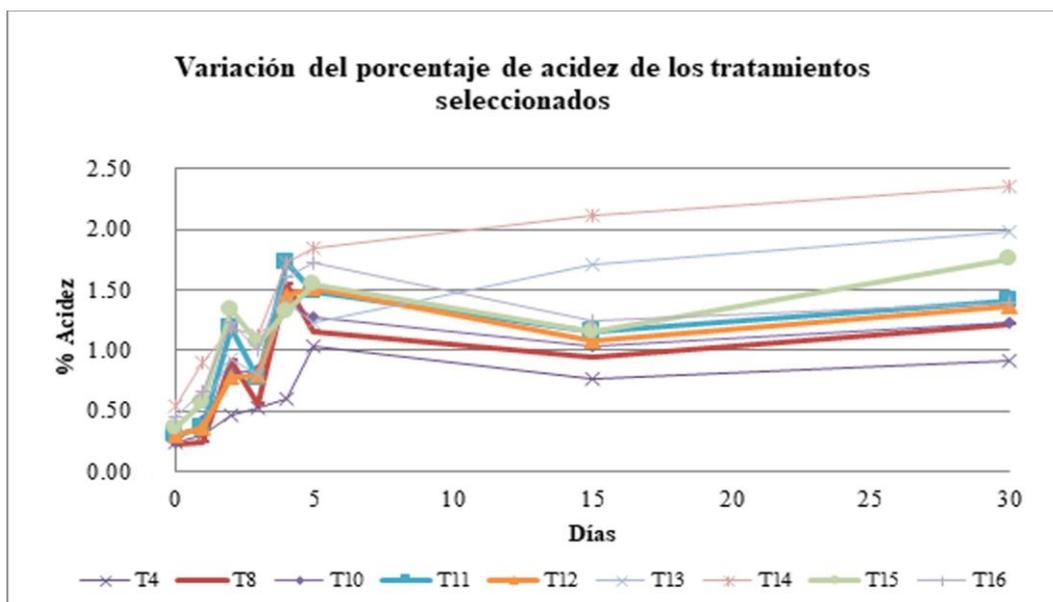


Figura 14: Evaluación de la estabilidad del porcentaje de acidez de los tratamientos experimentales a los 30 días

Al evaluar la estabilidad de los parámetros pH, conductividad eléctrica y acidez, se observa un comportamiento típico de la población microbiológica; y que está muy relacionado con la disponibilidad de nutrientes. La sustancia sobre la cual están los microorganismos, o biomasa, es una mezcla de materia orgánica y agua, siendo la fermentación determinada por el comportamiento de dicha población, así como su capacidad de reproducirse y alimentarse en ciertas condiciones.

Se dice que este comportamiento pasa por tres etapas:

La primera, se observa un crecimiento muy rápido; la población se encuentra en reproducción y tiene suficiente substrato disponible.

En la segunda etapa, la población alcanza un máximo de crecimiento, donde utiliza todo el substrato.

Y finalmente en la **tercera etapa** por falta de alimento, la población decrece y puede llegar a sucumbir.

La Tabla 20, muestra la evaluación de las características cualitativas de los tratamientos experimentales de la muestra de levadura sin pasteurizar, y la muestra de levadura

pasteurizada en sus dos condiciones (condición 1: 40°C y condición 2: temperatura ambiente).

En la muestra de levadura sin pasteurizar, los tratamientos T4, T8, T10, T11, T12, T13, T14, T15 y T16 no presentaron características como presencia de burbujas, formación de capas blanquecinas en la superficie ni coloraciones verdosas y blanquecinas. Por otro lado, los tratamientos T1, T2, T3, T5, T6, T7 y T9 si presentaron por lo menos una de las características mencionadas anteriormente. Asimismo, se estableció seguir con los tratamientos que no hayan presentado ninguna característica que imposibiliten su aplicación. Por lo tanto, se eligieron los tratamientos T4, T8, T10, T11, T12, T13, T14, T15 y T16; para proseguir con las mediciones en la etapa de la evaluación de la estabilidad de los parámetros pH, conductividad eléctrica y porcentaje de acidez.

En la muestra de levadura pasteurizada en la condición 1: 40°C, los tratamientos T1, T3, T4, T5 y T11 no presentaron características como presencia de burbujas, formación de capas blanquecinas en la superficie ni coloraciones verdosas y blanquecinas. Por otro lado, los tratamientos T2, T6, T7, T8, T9, T10, T12, T13, T14, T15 y T16 si presentaron por lo menos una de las características mencionadas anteriormente. Asimismo, como en el caso de la muestra de levadura sin pasteurizar, se estableció seguir con los tratamientos que no hayan presentado ninguna característica que imposibiliten su aplicación. Por lo tanto, se eligieron los tratamientos T1, T3, T4, T5 y T11; para proseguir con las mediciones en la etapa de la evaluación de la estabilidad de los parámetros pH, conductividad eléctrica y porcentaje de acidez.

En la muestra de levadura pasteurizada en la condición 2: temperatura ambiente, los tratamientos T1, T5, T13 y T16 no presentaron características como presencia de burbujas, formación de capas blanquecinas en la superficie ni coloraciones verdosas y blanquecinas. Por otro lado, los tratamientos T2, T3, T4, T6, T7, T8, T9, T10, T11, T12, T14 y T15 si presentaron por lo menos una de las características mencionadas anteriormente. Asimismo, como en el caso de la muestra de levadura pasteurizada en la condición 1: 40°C, se estableció seguir con los tratamientos que no hayan presentado ninguna característica que imposibiliten su aplicación. Por lo tanto, se eligieron los tratamientos T1, T5, T13 y T16; para proseguir

con las mediciones en la etapa de la evaluación de la estabilidad de los parámetros pH, conductividad eléctrica y porcentaje de acidez.

Tabla 20: Evaluación de las características cualitativas de los tratamientos experimentales

Tratamiento	Características cualitativas		
	Levadura sin pasteurizar	Levadura pasteurizada	
		40°C	Temperatura ambiente
T1	Coloración verdosa	Ninguna	Ninguna
T2	Presencia de burbujas	Coloración verdosa	Coloración verdosa
T3	Presencia de burbujas	Ninguna	Coloración verdosa
T4	Ninguna	Ninguna	Coloración verdosa
T5	Coloración blanquecina	Ninguna	Ninguna
T6	Coloración verdosa	Coloración verdosa	Presencia de burbujas
T7	Coloración blanquecina y presencia de burbujas	Coloración verdosa	Coloración verdosa
T8	Ninguna	Coloración verdosa	Coloración verdosa
T9	Presencia de burbujas	Coloración verdosa	Coloración verdosa
T10	Ninguna	Coloración verdosa	Presencia de burbujas
T11	Ninguna	Ninguna	Presencia de burbujas
T12	Ninguna	Presencia de burbujas	Coloración blanquecina
T13	Ninguna	Presencia de burbujas	Ninguna
T14	Ninguna	Presencia de burbujas	Coloración blanquecina
T15	Ninguna	Coloración blanquecina	Coloración blanquecina
T16	Ninguna	Coloración blanquecina	Ninguna

Cabe resaltar que las características mencionadas anteriormente se desarrollaron pasado el tiempo de fermentación de cinco días, y fueron indicadores para determinar cuáles de los tratamientos serían los que pasarían a la etapa de evaluación de la estabilidad del fertilizante orgánico.

En la levadura pasteurizada, al igual que en el caso de la levadura sin pasteurizar, la estabilidad del fertilizante orgánico fue en base al control del pH, conductividad eléctrica y porcentaje de acidez. En la Figura 15 se observa indirectamente el desarrollo de este proceso. Asimismo, se observa la evaluación de la estabilidad del pH en los tratamientos experimentales a los 30 días; pasado los cinco días de la fermentación se observa una tendencia aún decreciente, lo que indica que es necesario un mayor tiempo de retención. También, debido a que el pH es un parámetro indicador de la efectividad del fertilizante orgánico, la Figura 15 nos indica que podría ser utilizado en un periodo más prolongado de tiempo.

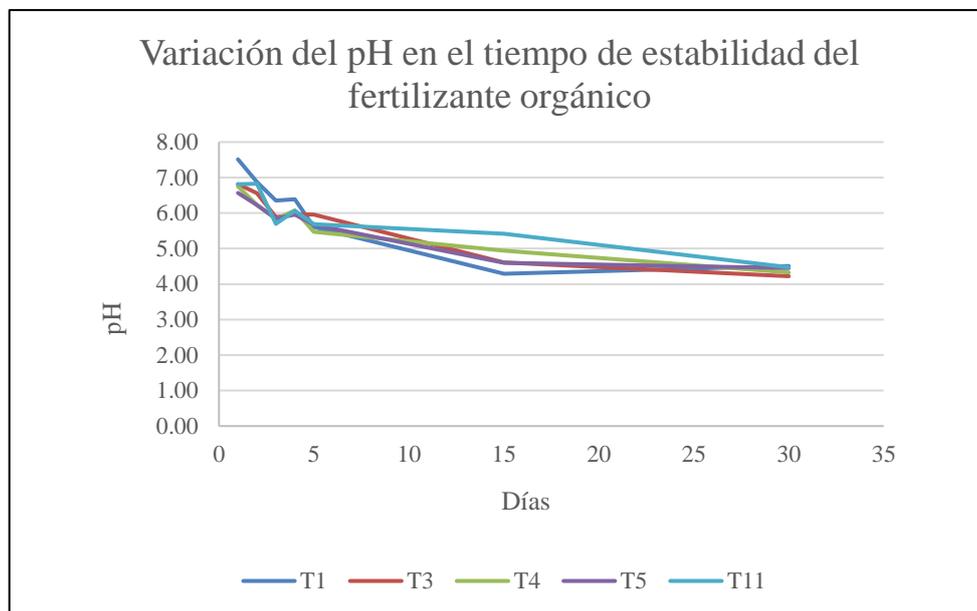


Figura 15: Evaluación de la estabilidad del pH a los 30 días

En la Figura 16, se observa la evaluación de la estabilidad de la conductividad eléctrica en los tratamientos experimentales a los 30 días; representado en curvas que nos indican que la estabilidad en cuanto a la conductividad eléctrica transcurrido los cinco días de la etapa de fermentación, se mantiene estable hasta el día 30.

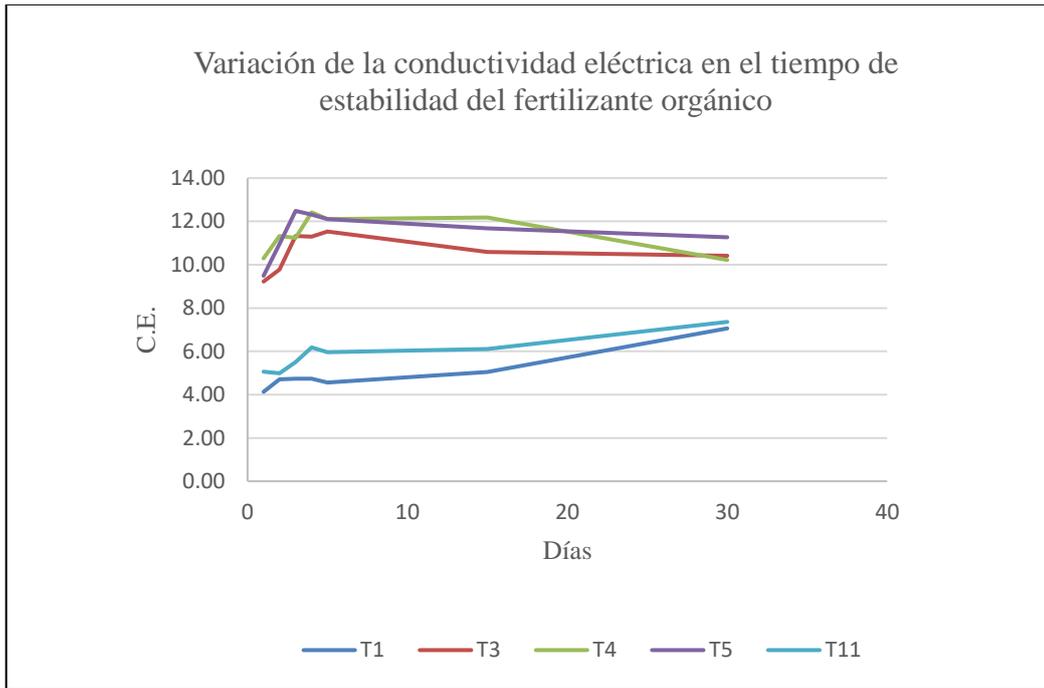


Figura 16: Evaluación de la estabilidad de la conductividad eléctrica a los 30 días

En la Figura 17, se observa que transcurrido el tiempo de fermentación, la acidez sigue aumentando, y no hay estabilidad.

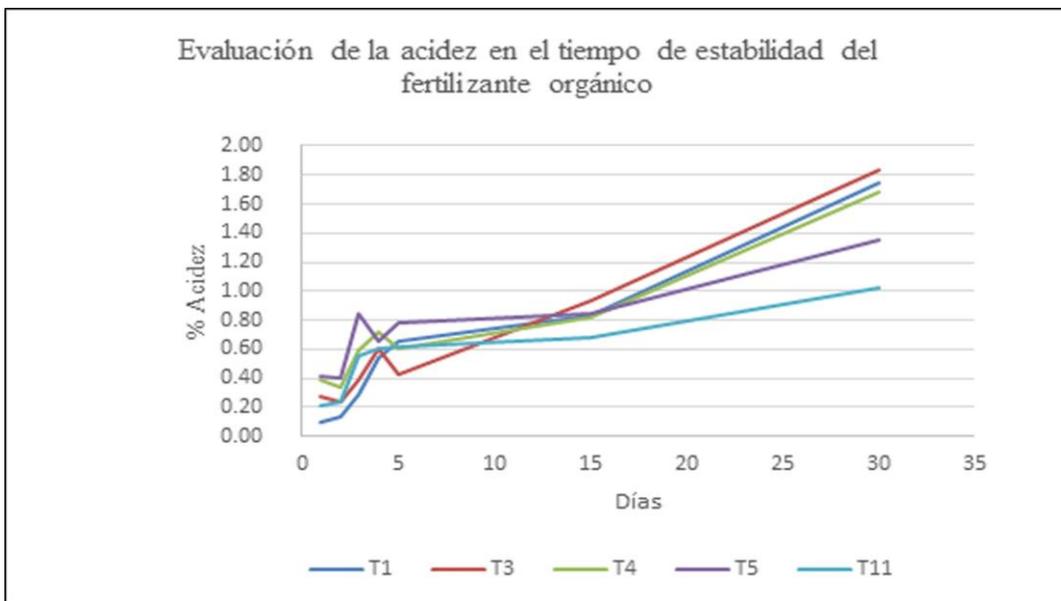


Figura 17: Evaluación de la estabilidad del porcentaje de acidez a los 30 días

En la Figura 18 se tienen los resultados de las mediciones de pH, en el tiempo de estabilidad del fertilizante orgánico cuando la fermentación se llevó a cabo a temperatura ambiente.

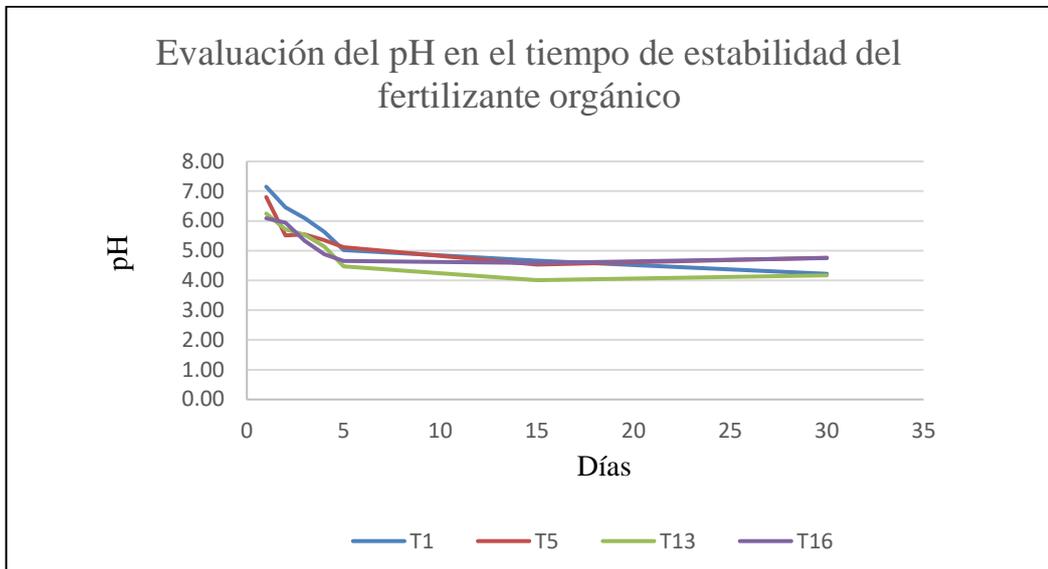


Figura 18: Evaluación de la estabilidad del pH en los tratamientos experimentales a los 30 días

En la Figura 18, se observa la evaluación de la estabilidad del pH en los tratamientos experimentales a los 30 días; pasado los cinco días de la fermentación se observa una tendencia a la estabilidad hasta el día 30.

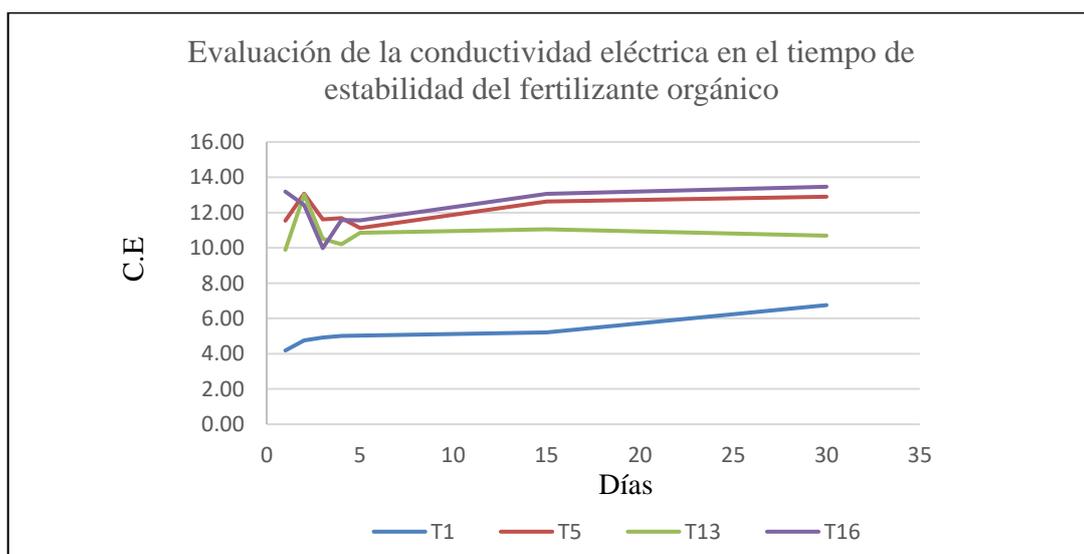


Figura 19: Evaluación de la estabilidad de la conductividad eléctrica a los 30 días

En la Figura 19, se observa la evaluación de la estabilidad de la conductividad eléctrica en los tratamientos experimentales a los 30 días; representado en curvas que indican que la estabilidad en cuanto a la conductividad eléctrica transcurrido los cinco días de la etapa de fermentación, se mantiene estable hasta el día 30.

Asimismo, se observa que el tratamiento T15 y T16, son los que presentan mayor valor de conductividad eléctrica, llegando a un valor de 15.24 y 13.46 mS/cm respectivamente. Y el tratamiento T1, es el que presenta el menor valor de conductividad eléctrica, llegando a un valor de 6.75 mS/cm.

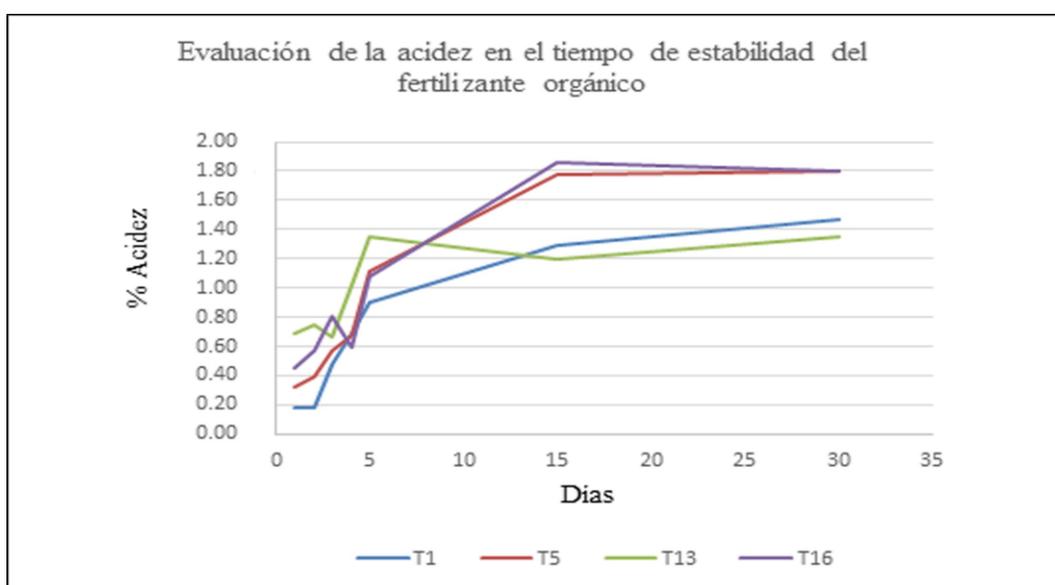


Figura 20: Evaluación de la estabilidad del porcentaje de acidez a los 30 días

En la Figura 20, se observa la evaluación de la estabilidad del parámetro porcentaje de acidez de los tratamientos experimentales a los 30 días, observándose que los valores tienen una tendencia creciente al pasar el tiempo de fermentación.

4.5 EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL FERTILIZANTE ORGÁNICO EN LA GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE LECHUGA

En la presente investigación, se evaluó el efecto del fertilizante orgánico en la germinación de semillas de lechuga. Antes de realizar la siembra en las placas petri, se determinó el pH

y la conductividad eléctrica. En la Tabla 21, se muestran las condiciones físico químicas iniciales de la muestra de levadura sin pasteurizar y levadura pasteurizada.

Tabla 21: Condiciones físico químicas iniciales de muestra de levadura sin pasteurizar y levadura pasteurizada

Diluciones	LSP		LP			
	pH	Conductividad eléctrica (mS/cm)	40°C		Temp. Amb.	
			pH	Conductividad eléctrica (mS/cm)	pH	Conductividad eléctrica (mS/cm)
10 ⁰	4.28	9.80	4.28	9.80	4.20	9.00
10 ⁻¹	4.13	1.50	4.13	1.50	4.10	1.00
10 ⁻²	4.19	0.30	4.19	0.30	4.10	0.31
10 ⁻³	4.81	0.10	4.81	0.10	4.80	0.50
10 ⁻⁴	4.91	0.10	4.91	0.10	4.90	0.50
Control	5.54	0.10	5.54	0.01	5.50	0.30

LSP = Levadura sin pasteurizar, LP = Levadura pasteurizada, Temp. Amb. = Temperatura ambiente

Tabla 22: Número de semillas germinadas de la muestra de levadura sin pasteurizar y levadura pasteurizada

Soluciones	LSP				LP								
	N° de Semillas Germinadas			Obs.	40°C				Obs.	Temp. Amb.			Obs.
	R1	R2	R3		R1	R2	R3	R1		R2	R3		
10 ⁰	0	0	0	presencia de hifas	0	0	0	-	0	0	0	-	
10 ⁻¹	0	0	0	presencia de hifas	0	0	0	-	0	0	0	-	
10 ⁻²	17	19	15	-	21	21	20	-	21	21	20	-	
10 ⁻³	17	20	19	-	21	21	21	-	21	21	21	-	
10 ⁻⁴	20	20	19	-	21	21	21	-	21	21	21	-	
Control	20	19	20	-	21	21	21	-	21	21	21	-	

LSP = Levadura sin pasteurizar

LP = Levadura pasteurizada

Obs. = Observaciones

R1 = Repetición 1

R2 = Repetición 2

R3 = Repetición 3

(Anexo 15)

Según Barrios (2001), el abono orgánico está siendo cada vez más utilizado en labores agrícolas con aplicaciones al suelo y a las hojas, aunque en concentraciones variables. Una de las mayores dificultades encontradas en su utilización, es la concentración y forma de aplicación (suelos u hojas) la que difiere mucho de acuerdo al cultivo, los materiales utilizados en la elaboración del abono orgánico y el tiempo de fermentación entre otros.

De acuerdo a la Tabla 22, se observa que las diluciones 10^0 y 10^{-1} , no tienen semillas germinadas en ninguna de las tres repeticiones; tanto para las muestras de levadura sin pasteurizar como para las muestras de levadura pasteurizada en sus dos condiciones (condición 1: 40°C y condición 2: Temperatura ambiente). Asimismo, en las muestras de levadura sin pasteurizar se observó en las placas petri la presencia de hongos siendo considerados como contaminantes. Por otro lado, en las diluciones 10^{-2} , 10^{-3} y 10^{-4} ; se observa la germinación de semillas en más del 50 por ciento del total inoculado, para ambas muestras de levadura sin pasteurizar y levadura pasteurizada en sus dos condiciones. Asimismo, el control también presentó semillas germinadas en sus tres repeticiones.

Tabla 23: Determinación del Índice de germinación en semillas de lechuga en las muestras de LSP y LP

Diluciones	Levadura sin pasteurizar					Levadura Pasteurizada									
						40°C					Temperatura ambiente				
	Nº de Semillas Germinadas	PGR (%)	Elongación de la radícula (mm)	CRR (%)	IG (%)	Nº de Semillas Germinadas	PGR (%)	Elongación de la radícula (mm)	CRR (%)	IG (%)	Nº de Semillas Germinadas	PGR (%)	Elongación de la radícula (mm)	CRR (%)	IG (%)
10 ⁰	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00
10 ⁻¹	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00
10 ⁻²	15	78.95	8.60	41.95	33.12	21	100	23	84.2	84.2	21	100	23	84.2	84.2
10 ⁻³	19	100.00	11.70	57.07	57.07	21	100	26.3	96.3	96.3	21	100	26.3	96.3	96.3
10 ⁻⁴	17	89.47	17.90	87.32	78.13	21	100	26.7	97.8	97.8	21	100	26.7	97.8	97.8
Control	19	-	20.50	-	-	21	-	27.3	-	-	21	-	27.3	-	-

PGR = Porcentaje de Germinación

CRR = Porcentaje de crecimiento de la radícula

IG = Índice de germinación

(Anexos 12, 13 y 14)

El bioensayo de toxicidad ha sido recomendado y aplicado por diferentes organismos de protección ambiental para la evaluación ecotoxicológica de muestras ambientales y compuestos puros (Sobrero y Ronco 2004). Asimismo, el bioensayo de toxicidad con semillas de lechuga (*Lactuca sativa*) es una prueba estática de toxicidad aguda (120 horas de exposición) en el que se pueden evaluar los efectos fitotóxicos de compuestos puros o de mezclas complejas en el proceso de germinación de las semillas y en el desarrollo de las plántulas durante los primeros días de crecimiento (Sobrero y Ronco 2004).

Se observa en la Tabla 23, el índice de germinación expresado en porcentaje; se tiene que para las soluciones 10^0 y 10^{-1} es del 0 por ciento; para ambas muestras, de la levadura sin pasteurizar y levadura pasteurizada. Asimismo, en la muestra de levadura sin pasteurizar, la que presenta menor porcentaje de germinación es 10^{-2} con un 33.12 por ciento, siguiendo la solución 10^{-3} con un 57.07 por ciento y el mayor índice de germinación lo presenta la solución 10^{-4} con un valor de 78.13 por ciento.

El índice de germinación nos indica la cantidad de sustancias tóxicas en la muestra. En la muestra de levadura sin pasteurizar, la solución 10^{-2} presentó un 33.12 por ciento de índice de germinación, que significa que hay una fuerte presencia de sustancias fitotóxicas. Asimismo, la solución 10^{-3} y 10^{-4} , tienen un 57.07 por ciento y 78.13 por ciento respectivamente de índice de germinación, lo que significa que hay presencia moderada de sustancias fitotóxicas.

Por otro lado, en cuanto a las muestras de levadura pasteurizada, se tiene que el índice de germinación en las diluciones 10^{-2} , 10^{-3} y 10^{-4} , en las dos condiciones (condición 1: 40°C y condición 2: Temperatura ambiente); son del 84.2 por ciento, 96.3 por ciento y 97.8 por ciento respectivamente; esto significa que no hay sustancias tóxicas o están en muy baja concentración. Asimismo, el control también presentó semillas germinadas.

Según Buchelli (2014), se han hecho investigaciones donde se evalúa el índice de germinación (IG) en biofertilizantes líquidos fabricados mediante fermentación homoláctica. Tal como se observa en la tabla 24, a la concentración de 0.1 por ciento o menores se presentan condiciones propicias para el crecimiento de las plántulas de lechuga.

Asimismo, se observa en la tabla 24, que nuestros valores de índices de germinación son similares a los de otros biofertilizantes orgánicos líquidos, lo que nos indica que nuestro experimento está bien con respecto al índice de germinación. Obteniéndose incluso a la concentración al 1 por ciento (10^{-2}) valores mayores al 80 por ciento, con el fertilizante orgánico a base de levadura pasteurizada en sus dos condiciones (condición 1:40°C y condición 2: temperatura ambiente).

Tabla 24: Comparación de índices de germinación del fertilizante orgánico versus otros estudios

Concentración		Índice de Germinación de Biofertilizantes Líquidos						
		Fertilizante orgánico			Fast Biol 20 ^(a)	Biofertilizante de rocoto ^(b)	Biol II G ^(c)	Biofertilizante de cuyinaza ^(d)
LSP	LP 40°C	LP Temperatura ambiente						
0.01/100	(10 ⁻⁴)	78.13	97.8	97.8	---	---	94.7	99.5
0.1/100	(10 ⁻³)	57.7	96.3	96.3	84.5	81.9	85.8	98.9
1/100	(10 ⁻²)	33.12	84.2	84.2	65.8	67.9	67.1	54.0
10/100	(10 ⁻¹)	0	0	0	0.41	0	0	0
100/100	(10 ⁰)	0	0	0	0	0	0	0

LSP = Levadura sin pasteurizar, LP = Levadura pasteurizada

(a) Fast Biol 20 de estiércol de vacuno, Peralta (2010).

(b) Biofertilizante de residuos de rocoto, Ricse (2013).

(c) Biol II-G de estiércol de ovino, Medina (2013).

(d) Biofertilizante de cuyinaza, Román (2012).

V. CONCLUSIONES

- La fermentación láctica realizada por las bacterias ácido-lácticas del consorcio microbiano (B-lac), es una opción para la producción de fertilizante orgánico líquido utilizando levadura residual del proceso de elaboración de cerveza.
- Mediante la caracterización de levadura, se demostró que la concentración de materia orgánica, el contenido de macronutrientes y micronutrientes de la levadura residual es alto en determinados elementos, tales como; nitrógeno, fósforo y potasio siendo sus valores de 9681 mg/L, 2203.70 mg/L y 3850 mg/L respectivamente; resultando ser un producto de calidad agronómica.
- El tratamiento T16, de la levadura pasteurizada, a temperatura ambiente y levadura sin pasteurizar, dieron como resultados pH de 4.65 y 4.89, respectivamente, y características cualitativas óptimas, siendo prescindible la pasteurización.
- Mediante el análisis químico de interés agronómico, se demostró que la concentración de materia orgánica, el contenido de macronutrientes y micronutrientes del fertilizante orgánico líquido es alto en determinados elementos, tales como; nitrógeno, fósforo y potasio, siendo sus valores de 11200.00 mg/L, 1914.81 mg/L y 4075 mg/L respectivamente; resultando ser un producto de calidad para ser utilizado en la agricultura.
- El bioensayo de toxicidad con semillas de lechuga demostró que la concentración más favorable fue la solución de 10^{-4} en T5, con la levadura pasteurizada a 40°C y a temperatura ambiente, obteniéndose un alto índice de germinación de 97.8% en ambos casos. Sin embargo, se podría utilizar la levadura sin pasteurizar, que presenta un alto índice de germinación de 78.13 por ciento.

VI. RECOMENDACIONES

- Difundir que la elaboración de abono orgánico es una alternativa sustentable, en la disminución de residuos orgánicos generados por el sector industrial.
- Realizar la prueba de toxicidad, en la elaboración de bioabono, utilizando semillas de maíz.
- Evaluar la estabilidad del abono orgánico a un mayor tiempo de retención (40-50 días), con el objetivo de controlar la máxima reducción de la población microbiana.
- Realizar un análisis económico financiero.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aliaga, R. 2013. Evaluación del efecto del uso del Bokashi producido con levaduras fraccionadas de la producción de cerveza y bacterias ácido-lácticas en el crecimiento de *Zea mays*". Tesis para optar el grado de Magister Scientiae en ciencias ambientales. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.

Aparicio, Z. 2000. Control de Calidad en la Industria Cervecera: Métodos Analíticos y Sensoriales. Trabajo profesional para optar el título de Ingeniero en Industrias Alimentarias. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.

Apaza-Condori, E; Mamani-Pati, F; Sainz-Mendoza, H. (2015). Evaluación de metales pesados en el proceso de compostaje orgánico de residuos de hojas de coca. Selva Andina Research Society.

Barrios, F. 2001. Efecto de Diferentes Concentraciones de biol Aplicados al Suelo y Foliarmente en el Cultivo de Vainita (*Phaseolus Vulgaris L.*). Tesis para Optar el Título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.

Buchelli, H. 2014. Producción de Biofertilizante de bagazo de Cebada, excretas de vacuno y suero de quesería mediante Fermentación Homoláctica. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.

Chavez, U. 2018. Construcción de una biblioteca de plásmidos para la producción de oligopéptidos de variadas secuencias en la levadura *Saccharomyces cerevisiae*. Tesis para optar el título profesional de Biólogo. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.

Chilet, M. 2010. Efecto de biol y la época de Siembra en el Cultivo de Cebollita china (*Allium cepa variedad aggregatum*) bajo Cultivo Orgánico. Tesis para Optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.

Comisión Social Consultiva. 2004. Propuesta: Tecnologías Limpias para la mejora de los Procesos y Minimización de Residuos en el Uruguay. Universidad de la República. Disponible en:
<http://www.rau.edu.uy/universidad/consultiva/informes/produccion4.pdf>.

Díaz, M. 2017. Características fisicoquímicas y microbiológicas del proceso de elaboración de biol y su efecto en germinación de semillas. Lima. Tesis para optar el grado de magister scientiae en suelos. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.

González-Márquez, L. C.; Félix-Gastélum, R.; Sandoval-Romero, J. A.; Escobedo-Urías, D. C. y Longoria-Espinoza, R. M. 2021. Caracterización de biofertilizantes utilizados en el valle agrícola de Guasave, Sinaloa, México. *Terra Latinoamericana*, 39, 1-14. e859. <https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.859>

Guerrero, G. 2000. El Suelo, los Abonos y la Fertilización de los Cultivos. Editorial Aedos, S.A. Barcelona. España. 206p.

Higa, M. 2002. Uso de residuos Industriales como Fertilizantes. Trabajo monográfico para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.

IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). 1999. Industria de la Cerveza. Guía para la Aplicación del Sistema de Análisis de Riesgos y Control de Puntos Críticos (ARCPC). Lima – Perú.

Levin, M. y Gealt, M. 1997. Biotratamiento de residuos tóxicos y peligrosos. Selección, estimación, modificación de microorganismos y aplicaciones. Segunda edición. Mc Graw-Hill/Interamericana de España, S.A.U. Madrid-España. 338 p.

Ministerio de Producción. 2011. Cifras de la cantidad demandada de bebidas. Disponible en: <http://www.redrrss.pe/material/20090128192419.pdf>.

Monroy, H. y Viniegra, G. 1981. Biotecnología para el aprovechamiento de los Desperdicios Orgánicos. A.G.T. Editor S.A. México D.F. 262p.

Moreno, L. 2019. Calidad de abonos orgánicos a partir del estiércol porcino y su efecto en el rendimiento del maíz Chala. Tesis para optar el grado de Magister Scientiae en Producción animal. Lima – Perú.

NTP 213.014 (Norma Técnica Peruana 213.014). 1973. Bebidas Alcohólicas. Cerveza. Lima – Perú. 4p.

NTP 311.521 (Norma Técnica Peruana 311.521). 2010. Fertilizantes y Acondicionadores o Enmiendas del Suelo. Términos y definiciones. Lima-Perú. 18p.

NTP 311.521 (Norma Técnica Peruana 311.521). 2021. Fertilizantes, Acondicionadores o Enmiendas del Suelo y Sustancias Benéficas. Términos y definiciones. Lima-Perú. 48p.

OEA (Organización de Estados Americanos – USA). 2006. Manual de Tecnologías Limpias en PyMEs del Sector Residuos Sólidos. Disponible en: <http://www.redrrss.pe/material/20090128192419.pdf>.

Peña, N. 2008. Utilización de Residuos de Pota (*Dosidicus gigas*), para la obtención de un Fertilizante Orgánico Líquido. Tesis para optar el título de Ingeniero Pesquero. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.

Peralta, R. 2010. Determinación de Parámetros óptimos en la Producción de Fast Biol usando las excretas del ganado lechero del establo de la UNALM. Trabajo de investigación para Optar el Título de Biólogo. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.

Pomiano, M. 2010. Evaluación de la adición de Tres niveles de Levadura de Cerveza Seca (*Saccharomyces cerevisiae*) para dietas de inicio en Truchas Arco Iris (*Oncorhynchus mykiss*). Tesis para optar el título de Ingeniero Zootecnista. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.

Rodríguez, J. 2010. Diseño Conceptual de un Proceso de Regeneración de tierra infusoria utilizada como medio filtrante en una Empresa Cervecera. Trabajo de Grado para optar el título de Ingeniero Químico. Universidad de Oriente. Puerto la Cruz – Venezuela.

Rojas, A.A; Vásquez, J.J; Romero, N.G; Rodríguez, M.B; Toribio, J.J y Romero, Y.R. (2016). Evaluación de compost con presencia de metales pesados en el crecimiento de *Azospirillum brasilense* y *Glomus intraradices*. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 7(8) 2047 – 2054.

Salgado, G. y Núñez, E. 2010. Manejo de fertilizantes Químicos y Orgánicos. Primera Edición. Mundi-Prensa México, S.A. de C.V. México, D.F. 147 p.

Shirikawa. A. 2016. Evaluación del método de ensilado de excretas de cerdo en la generación de biogas y Biol mediante Biodigestores. Tesis para optar el Título de Ingeniero Ambiental. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.

Sobrero, M. y Ronco, A. 2004. Ensayo de Toxicidad aguda con semillas de Lechuga *Lactuca sativa L.*

Sotil, F. 2007. Dinámica Poblacional de los Microorganismos del Grupo Coliforme, en el proceso de Biodegradación Aeróbica y Anaeróbica de los Abonos Líquidos Orgánicos: biol y purín. Tesis para optar el título de Ingeniero de Industrias Ambiental. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.

Tecnología EM. 2012. “Microorganismos Efectivos”. Version disponible en: <http://www.emrojapan.com/about-em/about-em.html>.

Vogel, W. 1999. Elaboración Casera de Cerveza. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza (España). 130p.

Zanabria, J. 2019. Evaluación de la calidad de biol de segunda y tercera generación de estiércol de cuy producido en un biodigestor instalado en el instituto Regional de la Costa de la UNALM. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.

VIII. ANEXOS

Anexo 1: Informe de ensayo – Resultados de Análisis del laboratorio de microbiología Muestra Levadura sin pasteurizar

	UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA Av. La Molina s/n La Molina - Lima - Perú Teléfono: 6147800 anexo 274	
INFORME DE ENSAYO N° 1208305 - LMT		
SOLICITANTE : ING. LEYLA SIFUENTES ESTRADA		
DESCRIPCIÓN DEL OBJETO ENSAYADO		
MUESTRA :		
1208305) REMANENTE DE LEVADURA DE CERVEZA		
PROCEDENCIA	: Chosica, Lima	
TIPO DE ENVASE	: Botella de Plástico	
CANTIDAD DE MUESTRA	: 01 muestra x 01 und. x 500 mL aprox.	
ESTADO Y CONDICIÓN	: En buen estado y cerrado	
FECHA DE MUESTREO	: No específica	
FECHA DE RECEPCIÓN	: 2012 - 08 - 20	
FECHA DE INICIO DE ENSAYO	: 2012 - 08 - 20	
FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO	: 2012 - 08 - 29	
RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA		
ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO		MUESTRA 1208305
¹Enumeración de coliformes totales (NMP/mL)		23
¹Enumeración de coliformes fecales (NMP/mL)		23
¹Enumeración de <i>Escherichia coli</i> (NMP/100mL)		< 3
<small>NOTA: El valor < 3 indica ausencia del microorganismo en ensayo.</small>		
Métodos:		
<small>¹ International Commission on Microbiological Specifications for Foods. 1983. 2da Ed. Vol 1 Part II, (Trad. 1988) Reimp. 2000. Editorial Acribia.</small>		
Observaciones:		
Informe de ensayo emitido sobre la base de resultados de nuestro laboratorio en muestras proporcionadas por el solicitante.		
Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin nuestra autorización escrita.		
Validez del documento:		
Este documento tiene validez sólo para la muestra descrita.		
La Molina, 11 de Setiembre del 2012		
		
DRA. DORIS ZÚÑIGA DÁVILA		
Jefe del Laboratorio de Ecología Microbiana y Biotecnología "Marino Tabusso" Universidad Nacional Agraria La Molina		
Teléfono: 799 5788 / 614 7800 anexo 274 E-mail: imt@lamolina.edu.pe		
LABORATORIO DE ECOLOGÍA MICROBIANA Y BIOTECNOLOGÍA "MARINO TABUSSO"		
<small>☐ (511)7995788 ó 6147800 anexo 274 - Fax (511) 349-2805 - E-mail: imt@lamolina.edu.pe Apartado Postal 456 - Lima 12 - PERU</small>		

Anexo 2: Informe de análisis de materia orgánica Laboratorio de suelos, plantas, aguas y fertilizantes

Muestra levadura sin pasteurizar



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
 FACULTAD DE AGRONOMIA
 LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



INFORME DE ANALISIS DE MATERIA ORGANICA

SOLICITANTE : ING. LEYLA SIFUENTES ESTRADA
 PROCEDENCIA : LIMA/ LURIGANCHO-CHOSICA/ HUACHIPA
 MUESTRA DE : REMANENTE DE LEVADURA DE CERVEZA
 REFERENCIA : H.R. 36788
 BOLETA : 9141
 FECHA : 10/09/12

Nº LAB	CLAVES	pH	C.E. dS/m	M.O. %	N %	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %
572		6.52	3.60	66.64	8.38	3.90	2.23

Nº LAB	CLAVES	CaO %	MgO %	Hd %	Na %	C %
572		0.17	0.39	84.94	0.04	38.65

Nº LAB	CLAVES	Fe ppm	Cu ppm	Zn ppm	Mn ppm	B ppm
572		146	10	215	11	27

Nº LAB	CLAVES	Pb ppm	Cd ppm	Cr ppm
572		0.53	0.00	2.83



Ing. Braulio La Torre Martínez
 Jefe de Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM
 Telf.: 614-7800 Anexo 222 Telefax: 349-5622
 e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe

Anexo 3: Informe de ensayo – Resultados de análisis del laboratorio de microbiología

Muestra levadura pasteurizada

	UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA Av. La Molina s/n La Molina - Lima - Perú Teléfono 6147800 anexo 274	
INFORME DE ENSAYO 1308254 - LMT		
SOLICITANTE	: ING. LEYLA SIFUENTES ESTRADA	
DESCRIPCIÓN DEL OBJETO ENSAYADO		
MUESTRA	:	
	1308254) LEVADURA PASTEURIZADA	
PROCEDENCIA	: Lima	
TIPO DE ENVASE	: Botella de plástico	
CANTIDAD DE MUESTRA	: 01 muestra x 01 und. x 500 g aprox.	
ESTADO Y CONDICIÓN	: En buen estado y cerrado	
FECHA DE MUESTREO	: 2013 - 08 - 21	
FECHA DE RECEPCIÓN	: 2013 - 08 - 28	
FECHA DE INICIO DE ENSAYO	: 2013 - 09 - 02	
FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO	: 2013 - 09 - 09	
RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA		
Análisis Microbiológico		Muestra 1308254
¹Recuento de mohos (UFC/g)		23 x 10 ³
¹Recuento de levaduras (UFC/g)		< 10
¹Enumeración de coliformes totales (NMP/g)		4
¹Enumeración de coliformes fecales (NMP/g)		4
¹Enumeración de <i>Escherichia coli</i> (NMP/g)		< 3
Nota: Los valores <10 y < 3 indican ausencia del microorganismo en ensayo.		
Método: ¹International Commission on Microbiological Specifications for Foods. 1983. 2da Ed. Vol 1 Part II, (Trad. 1988) Reimp. 2000. Editorial Acribia.		
Observaciones: Informe de ensayo emitido sobre la base de resultados de nuestro laboratorio en muestras proporcionadas por el solicitante. Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin nuestra autorización escrita. Validez del documento: Este documento tiene validez sólo para la muestra descrita.		
La Molina, 23 de Septiembre del 2013		
		
<p>p. </p> <p>DRA. DORIS ZÚÑIGA DÁVILA</p> <p>Jefe del Laboratorio de Ecología Microbiana y Biotecnología "Marino Tabusso" Universidad Nacional Agraria La Molina</p> <p>Teléfono: 799 5788 / 6147800 anexo 274 E-mail: lmt@lamolina.edu.pe</p>		
LABORATORIO DE ECOLOGÍA MICROBIANA Y BIOTECNOLOGÍA "MARINO TABUSSO"		
□ (511) 614-7800 anexo 274 - E-mail: lmt@lamolina.edu.pe Apartado Postal 456 - Lima 12 - PERU		

Anexo 4: Informe de análisis de materia orgánica Laboratorio de suelos, plantas, aguas y fertilizantes

Muestra levadura pasteurizada



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA
 LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



**INFORME DE ANALISIS ESPECIAL DE
 MATERIA ORGANICA**

SOLICITANTE : ING. LEYLA SIFUENTES ESTRADA
 PROCEDENCIA : LIMA
 MUESTRA DE : LEVADURA PASTEURIZADA
 REFERENCIA : H.R. 42207
 BOLETA : 10327
 FECHA : 14/10/13

Nº LAB	CLAVES	pH	C.E. dS/m	Sólidos Totales g/L	M.O. en Solución g/L	N Total mg/L	P Total mg/L	K Total mg/L
612		4.38	7.77	183.65	170.33	9681.00	2203.70	3850.00

Nº LAB	CLAVES	Ca Total mg/L	Mg Total mg/L	Na Total mg/L
612		152.80	257.50	44.80

LAB	CLAVES	Fe Total mg/L	Cu Total mg/L	Zn Total mg/L	Mn Total mg/L	B Total mg/L	Carbono Orgánico g/L
612		13.95	1.55	18.28	1.65	0.49	98.80

LAB	CLAVES	Pb Total mg/L	Cd Total mg/L	Cr Total mg/L
612		0.41	0.33	0.21



Dr. Sady García Bendezu
 Jefe de Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM
 Telf.: 614-7800 Anexo 222 Telefax: 349-5622
 e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe

Anexo 5: Informe de ensayo – Resultados de análisis del laboratorio de microbiología

Muestra abono orgánico

	UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA Av. La Molina s/n La Molina - Lima - Perú Teléfono: 6147800 anexo 274	
INFORME DE ENSAYO N° 1212487 - LMT		
SOLICITANTE : ING. LEYLA SIFUENTES ESTRADA		
DESCRIPCIÓN DEL OBJETO ENSAYADO		
MUESTRA :		
1212487) FERTILIZANTE ORGÁNICO DE LEVADURA DE CERVEZA		
PROCEDENCIA	:	La Molina, Lima
TIPO DE ENVASE	:	Botella de plástico
CANTIDAD DE MUESTRA	:	01 muestra x 01 und. x 500 mL aprox.
ESTADO Y CONDICIÓN	:	En buen estado y cerrado
FECHA DE MUESTREO	:	2012 - 12 - 12
FECHA DE RECEPCIÓN	:	2012 - 12 - 28
FECHA DE INICIO DE ENSAYO	:	2013 - 01 - 02
FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO	:	2013 - 01 - 04
RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA		
ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO		MUESTRA 1212487
¹Enumeración de coliformes totales (NMP/mL)		< 3
¹Enumeración de coliformes fecales (NMP/mL)		< 3
¹Enumeración de <i>Escherichia coli</i> (NMP/100mL)		< 3
<small>NOTA: El valor < 3 indica ausencia del microorganismo en ensayo.</small>		
Métodos:		
<small>¹ International Commission on Microbiological Specifications for Foods. 1983. 2da Ed. Vol 1 Part II, (Trad. 1988) Reimp. 2000. Editorial Acribia.</small>		
Observaciones:		
Informe de ensayo emitido sobre la base de resultados de nuestro laboratorio en muestras proporcionadas por el solicitante.		
Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin nuestra autorización escrita.		
Validez del documento:		
Este documento tiene validez sólo para la muestra descrita.		
La Molina, 04 de Enero del 2013		
		
		
DRA. DORIS ZÚÑIGA DÁVILA		
Jefe del Laboratorio de Ecología Microbiana y Biotecnología "Marino Tabusso" Universidad Nacional Agraria La Molina		
Teléfono: 614 7800 anexo 274 E-mail: imt@lamolina.edu.pe		
LABORATORIO DE ECOLOGIA MICROBIANA Y BIOTECNOLOGIA "MARINO TABUSSO"		
<small>□ (511)7995788 ó 6147800 anexo 274 - Fax (511) 349-2805 - E-mail: imt@lamolina.edu.pe Apartado Postal 456 - Lima 12 - PERU</small>		

Anexo 6: Informe de análisis de materia orgánica Laboratorio de suelos, plantas, aguas y fertilizantes

Muestra abono orgánico



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
 FACULTAD DE AGRONOMIA
 LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



**INFORME DE ANALISIS ESPECIAL DE
 MATERIA ORGANICA**

SOLICITANTE : ING. LEYLA SIFUENTES ESTRADA
 PROCEDENCIA : LIMA/ LIMA/ LA MOLINA
 MUESTRA DE : FERTILIZANTE ORGANICO DE REMANENTE DE LEVADURA
 REFERENCIA : H.R. 38655
 BOLETA : 9566
 FECHA : 10/01/13

N° LAB	CLAVES	pH	C.E. dS/m	Sólidos Totales g/L	M.O. en Solución g/L	N Total mg/L	P Total mg/L	K Total mg/L
894		3.96	21.40	183.30	146.40	8974.00	1619.05	9625.00

N° LAB	CLAVES	Ca Total mg/L	Mg Total mg/L	Na Total mg/L
894		1472.00	1275.00	232.50

LAB	CLAVES	Fe Total mg/L	Cu Total mg/L	Zn Total mg/L	Mn Total mg/L	B Total mg/L
894		41.40	0.95	13.33	4.00	7.07

LAB	CLAVES	Pb Total mg/L	Cd Total mg/L	Cr Total mg/L
894		0.01	1.39	0.01



Ing. Braulio La Torre Martínez
 Jefe de Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM
 Telf.: 614-7800 Anexo 222 Telefax: 349-5622
 e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe

Anexo 7: Informe de ensayo – Resultados de análisis del laboratorio de microbiología

Muestra de abono orgánico

Condición 1: temperatura a 40°C

	UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA Av. La Molina s/n La Molina - Lima – Perú Teléfono 6147800 anexo 274	
INFORME DE ENSAYO 1311405 - LMT		
SOLICITANTE	: ING. LEYLA SIFUENTES ESTRADA	
DESCRIPCIÓN DEL OBJETO ENSAYADO		
MUESTRA	: FERTILIZANTE.ORGÁNICO DE LEVADURA PASTEURIZADA 1311405) PROCESO A 40° C	
PROCEDENCIA	: UNALM	
TIPO DE ENVASE	: Botella de plástico	
CANTIDAD DE MUESTRA	: 01 muestra x 01 und. x 500 mL aprox.	
ESTADO Y CONDICIÓN	: En buen estado y cerrado	
FECHA DE MUESTREO	: 2013 - 11 - 05	
FECHA DE RECEPCIÓN	: 2013 - 11 - 05	
FECHA DE INICIO DE ENSAYO	: 2013 - 11 - 05	
FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO	: 2012 - 11 - 18	
RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA		
Análisis Microbiológico		Muestra 1311405
*Enumeración de coliformes totales (NMP/mL)		< 3
*Enumeración de coliformes fecales (NMP/mL)		< 3
*Enumeración de <i>Escherichia coli</i> (NMP/mL)		< 3
*Recuento de mohos y levaduras (UFC/mL)		< 10
*Recuento de bacterias acidolácticas		< 10
Nota: Los valores < 3 y <10 indican ausencia del microorganismo en ensayo.		
Método: *International Commission on Microbiological Specifications for Foods. 1983. 2da Ed. Vol 1 Part II, (Trad. 1988) Reimp. 2000. Editorial Acribia.		
Observaciones: Informe de ensayo emitido sobre la base de resultados de nuestro laboratorio en muestras proporcionadas por el solicitante. Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin nuestra autorización escrita. Validez del documento: Este documento tiene validez sólo para la muestra descrita.		
La Molina, 25 de Noviembre de 2013		
		
<p>p.  DRA. DORIS ZÚÑIGA DÁVILA Jefe del Laboratorio de Ecología Microbiana y Biotecnología "Marino Tabusso" Universidad Nacional Agraria La Molina Teléfono: 799 5788 / 6147800 anexo 274 E-mail: lm@lamolina.edu.pe</p>		
LABORATORIO DE ECOLOGÍA MICROBIANA Y BIOTECNOLOGÍA "MARINO TABUSSO"		
☐ (511) 614-7800 anexo 274 - E-mail: lm@lamolina.edu.pe Apartado Postal 456 - Lima 12 - PERU		

Anexo 8: Informe de análisis de materia orgánica Laboratorio de suelos, plantas, aguas y fertilizantes

Muestra de abono orgánico



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA
 LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



**INFORME DE ANALISIS ESPECIAL DE
 MATERIA ORGANICA**

SOLICITANTE : ING. LEYLA SIFUENTES ESTRADA
 PROCEDENCIA : LIMA
 MUESTRA DE : FERTILIZANTE ORGANICO DE LEVADURA PASTEURIZADA
 REFERENCIA : H.R. 42590
 BOLETA : 10431
 FECHA : 04/11/13

Nº LAB	CLAVES	pH	C.E. dS/m	Sólidos Totales g/L	M.O. en Solución g/L	N Total mg/L	P Total mg/L	K Total mg/L
755	Abono Orgánico 40° C	4.15	9.88	161.98	148.18	11970.00	1914.81	4200.00

Nº LAB	CLAVES	Ca Total mg/L	Mg Total mg/L	Na Total mg/L
755	Abono Orgánico 40° C	334.30	355.00	300.00

LAB	CLAVES	Fe Total mg/L	Cu Total mg/L	Zn Total mg/L	Mn Total mg/L	B Total mg/L	C g/L
755	Abono Orgánico 40° C	18.38	1.28	11.83	1.50	1.73	85.95

LAB	CLAVES	Pb Total mg/L	Cd Total mg/L	Cr Total mg/L
755	Abono Orgánico 40° C	0.403	0.000	0.440



Sady García Bendezi
 Jefe de Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM
 Telf.: 614-7800 Anexo 222 Telefax: 349-5622
 e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe

Anexo 9: Informe de ensayo – Resultados de análisis del laboratorio de microbiología

Muestra de abono orgánico

	UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA Av. La Molina s/n La Molina - Lima - Perú Teléfono 6147800 anexo 274													
INFORME DE ENSAYO 1310389 - LMT														
SOLICITANTE	: ING. LEYLA SIFUENTES ESTRADA													
DESCRIPCIÓN DEL OBJETO ENSAYADO														
MUESTRA	: FERTILIZANTE ORGÁNICO DE LEVADURA PASTEURIZADA 1310389) PROCESO A T° AMBIENTE													
PROCEDENCIA	: UNALM													
TIPO DE ENVASE	: Botella de plástico													
CANTIDAD DE MUESTRA	: 01 muestra x 01 und. x 500 mL aprox.													
ESTADO Y CONDICIÓN	: En buen estado y cerrado													
FECHA DE MUESTREO	: 2013 - 10 - 01													
FECHA DE RECEPCIÓN	: 2013 - 10 - 23													
FECHA DE INICIO DE ENSAYO	: 2013 - 10 - 23													
FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO	: 2013 - 12 - 02													
RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA														
<table border="1"><thead><tr><th>Análisis Microbiológico</th><th>Muestra 1310389</th></tr></thead><tbody><tr><td>¹Enumeración de coliformes totales (NMP/mL)</td><td>< 3</td></tr><tr><td>¹Enumeración de coliformes fecales (NMP/mL)</td><td>< 3</td></tr><tr><td>¹Enumeración de <i>Escherichia coli</i> (NMP/mL)</td><td>< 3</td></tr><tr><td>¹Recuento de mohos y levaduras (UFC/mL)</td><td>< 10</td></tr><tr><td>¹Recuento de bacterias acidolácticas</td><td>64 x 10⁶</td></tr></tbody></table>			Análisis Microbiológico	Muestra 1310389	¹ Enumeración de coliformes totales (NMP/mL)	< 3	¹ Enumeración de coliformes fecales (NMP/mL)	< 3	¹ Enumeración de <i>Escherichia coli</i> (NMP/mL)	< 3	¹ Recuento de mohos y levaduras (UFC/mL)	< 10	¹ Recuento de bacterias acidolácticas	64 x 10 ⁶
Análisis Microbiológico	Muestra 1310389													
¹ Enumeración de coliformes totales (NMP/mL)	< 3													
¹ Enumeración de coliformes fecales (NMP/mL)	< 3													
¹ Enumeración de <i>Escherichia coli</i> (NMP/mL)	< 3													
¹ Recuento de mohos y levaduras (UFC/mL)	< 10													
¹ Recuento de bacterias acidolácticas	64 x 10 ⁶													
Nota: Los valores < 3 y < 10 indican ausencia del microorganismo en ensayo.														
Método: ¹ International Commission on Microbiological Specifications for Foods. 1983. 2da Ed. Vol 1 Part II, (Trad. 1988) Reimp. 2000. Editorial Acriba.														
Observaciones: Informe de ensayo emitido sobre la base de resultados de nuestro laboratorio en muestras proporcionadas por el solicitante. Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin nuestra autorización escrita. Validez del documento: Este documento tiene validez sólo para la muestra descrita.														
La Molina, 05 de Diciembre de 2013														
														
 DRA. DORIS ZÚNIGA DÁVILA Jefe del Laboratorio de Ecología Microbiana y Biotecnología "Marino Tabusso" Universidad Nacional Agraria La Molina Teléfono: 799 5788 / 6147800 anexo 274 E-mail: imt@lamolina.edu.pe														
LABORATORIO DE ECOLOGÍA MICROBIANA Y BIOTECNOLOGÍA "MARINO TABUSSO"														
☐ (511) 614-7800 anexo 274 - E-mail: imt@lamolina.edu.pe Apartado Postal 456 - Lima 12 - PERU														

Anexo: 10: Informe de análisis de materia orgánica Laboratorio de suelos, plantas, aguas y fertilizantes

Muestra de abono orgánico



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA
 LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



**INFORME DE ANALISIS ESPECIAL DE
 MATERIA ORGANICA**

SOLICITANTE : ING. LEYLA SIFUENTES ESTRADA
 PROCEDENCIA : LIMA
 MUESTRA DE : FERTILIZANTE ORGANICO DE LEVADURA PASTEURIZADA
 REFERENCIA : H.R. 42590
 BOLETA : 10431
 FECHA : 04/11/13

N° LAB	CLAVES	pH	C.E. dS/m	Sólidos Totales g/L	M.O. en Solución g/L	N Total mg/L	P Total mg/L	K Total mg/L
756	Abono Orgánico T° ambiente	4.01	9.95	158.64	144.82	11200.00	1914.81	4075.00

N° LAB	CLAVES	Ca Total mg/L	Mg Total mg/L	Na Total mg/L
756	Abono Orgánico T° ambiente	343.80	347.50	310.00

LAB	CLAVES	Fe Total mg/L	Cu Total mg/L	Zn Total mg/L	Mn Total mg/L	B Total mg/L	C g/L
756	Abono Orgánico T° ambiente	17.43	1.23	18.85	1.47	1.41	84.00

LAB	CLAVES	Pb Total mg/L	Cd Total mg/L	Cr Total mg/L
756	Abono Orgánico T° ambiente	0.593	0.000	0.498



Dr. Sady García Bendezi
 Jefe de Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM
 Telf.: 614-7800 Anexo 222 Telefax: 349-5622
 e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe

Anexo 11: Tabla de datos de evaluación del pH**Muestra de levadura sin pasteurizar**

TRATAMIENTOS	MELAZA	M.E	Días				
			1	2	3	4	5
T1	0	0	6,72	5,10	5,07	5,14	6,55
T1	0	0	6,73	6,32	5,45	6,10	6,26
T1	0	0	6,72	6,17	6,08	5,97	5,96
T2	10	0	6,43	6,16	5,68	5,94	6,08
T2	10	0	6,48	5,99	5,92	5,82	5,88
T2	10	0	6,34	5,96	6,01	5,81	5,83
T3	15	0	6,14	5,71	5,77	5,81	5,54
T3	15	0	5,93	6,11	5,22	5,76	5,76
T3	15	0	5,84	5,83	5,36	5,76	5,92
T4	20	0	6,08	5,76	5,66	5,56	5,94
T4	20	0	6,05	5,55	5,69	5,56	5,94
T4	20	0	6,02	5,54	5,40	5,57	5,72
T5	25	0	6,19	5,67	5,83	5,77	5,88
T5	25	0	6,24	5,53	5,77	5,81	5,88
T5	25	0	6,17	5,72	5,81	5,70	5,80
T6	0	10	5,91	5,22	5,56	5,41	5,55
T6	0	10	5,90	5,40	5,14	5,35	5,31
T6	0	10	5,89	5,41	5,48	5,28	5,46
T7	10	10	5,69	5,35	5,40	5,35	5,52
T7	10	10	5,69	5,44	5,00	5,39	5,48
T7	10	10	5,64	5,18	5,09	5,32	5,55
T8	15	10	5,56	5,16	5,10	5,30	5,39
T8	15	10	5,52	5,35	5,06	5,23	5,40
T8	15	10	5,57	5,29	5,14	5,28	5,40
T9	20	10	5,98	5,50	5,50	5,53	5,70
T9	20	10	6,04	5,61	5,42	5,50	5,68
T9	20	10	6,09	5,56	5,40	5,43	5,61
T10	25	10	5,48	5,25	5,47	5,15	5,26
T10	25	10	5,61	5,38	5,22	5,20	5,28

TRATAMIENTOS	MELAZA	M.E	1	2	3	4	5
T10	25	10	5,50	5,06	5,22	5,15	5,28
T11	0	15	5,37	5,01	4,98	5,09	5,34
T11	0	15	5,35	5,02	4,92	5,02	5,16
T11	0	15	5,32	5,06	5,23	5,14	5,26
T12	10	15	5,24	5,01	5,20	5,04	5,31
T12	10	15	5,24	4,91	5,07	4,96	5,11
T12	10	15	5,23	5,04	5,76	5,57	5,09
T13	15	15	5,78	5,25	5,28	5,28	5,34
T13	15	15	5,96	5,08	5,33	5,26	5,30
T13	15	15	5,53	5,08	5,03	5,20	5,21
T14	20	15	5,15	4,78	4,85	4,83	4,94
T14	20	15	5,15	4,79	4,91	4,86	5,04
T14	20	15	5,26	4,89	5,00	4,96	5,06
T15	25	15	5,26	4,79	5,06	4,86	4,90
T15	25	15	5,22	4,94	5,14	4,86	5,01
T15	25	15	5,22	4,84	5,11	4,89	4,96
T16	0	20	5,15	4,78	5,15	4,83	4,90
T16	0	20	5,13	4,73	5,15	4,82	4,90
T16	0	20	5,09	4,73	4,84	4,82	4,88

**Anexo 12: Tabla de datos de medición del hipocótilo y las radículas de las
semillas de lechuga – Muestra de levadura sin pasteurizar**

	Soluciones											
	Control		10 ⁰		10 ⁻¹		10 ⁻²		10 ⁻³		10 ⁻⁴	
	H	R	H	R	H	R	H	R	H	R	H	R
R1	2.2	2.3					1.5	1.4	0.5	0.5	2.0	2.5
	2.0	2.4					1.3	0.7	1.0	1.7	1.8	2.5
	1.9	2.5					2.0	1.3	1.3	2.5	1.7	0.7
	2.0	1.8					1.3	1.2	0.7	0.3	1.5	2.4
	1.7	2.8					1.8	1.5	1.0	1.2	1.2	0.5
	2.0	2.3					0.7	0.8	1.0	2.7	1.0	0.3
	2.0	2.1					1	0.7	1.5	2.5	0.7	2.3
	2.0	2.5					1	0.4	1.0	1.5	0.7	0.5
	1.2	0.5					0.8	0.6	1.0	2.5	1.5	2.1
	2.0	2.2					1.3	1	0.7	1.5	1.0	1.2
	1.8	2.3					1.5	1.5	0.5	1	2.2	2.1
	1.8	2.1					1.3	1.2	0.8	0.6	2.0	1.6
	1.7	1.6					0.8	0.5	0.5	0.7	1.3	0.5
	1.8	2.1					1.0	0.5	0.7	0.8	2.0	2.4
	1.8	2.5					1.0	0.5	0.7	0.3	1.0	0.5
	1.6	2.1					1.3	1.1	0.9	0.8	1.2	0.5
	2.1	2.3					0.5	0.3	0.7	0.4	1.7	1.2
	1.8	1.8									1.0	0.5
	1.8	1.9									1.5	0.5
	1.8	2.5										
Promedio	1.8	2.1					1.2	0.9	0.9	1.3	1.4	1.3
R2	2.1	2.0					1.2	1.1	1.5	1.4	1.7	1.5
	1.9	2.5					1.0	1.0	1.5	1.2	2.0	2.1
	1.6	2.5					0.9	0.5	1.3	1.7	2.0	2.2
	1.4	1.8					1.0	0.6	1.0	1.5	2.0	2.3
	1.6	1.7					0.8	0.3	1.6	1.7	2.0	2.8

	1.7	2.0					0.8	0.4	1.5	1.7	1.6	1.7
	1.7	2.1					1.2	1.0	1.5	1.6	2.0	2.2
	1.7	2.2					0.9	0.7	1.5	1.1	2.2	2.1
	1.8	2.3					1.2	1.1	1.0	1.4	1.7	2.1
	1.9	1.8					0.8	0.6	1.5	1.0	2.0	2.2
	1.5	2.8					0.7	0.5	2.0	1.5	2.0	2.6
	1.7	1.8					1.0	0.6	1.5	1.5	2.0	2.2
	1.7	2.3					1.3	1.0	1.0	1.0	1.8	2.5
	1.5	2.1					1.1	1.0	1.5	1.0	2.0	2.3
	1.6	1.5					1.0	1.0	1.2	1.3	2.2	1.7
	1.8	2.2					1.0	1.1	1.5	1.1	1.8	1.5
	1.0	0.6					0.9	0.4	1.7	1.1	1.3	0.3
	1.8	2.0					0.6	0.4	1.4	1.1	2.0	1.8
	1.6	1.2							1.5	1.6	1.6	2.4
									1.1	1.5	2.0	1.8
Promedio	1.7	2.0					1.0	0.8	1.4	1.4	1.9	2.2
R3	1.6	2.2					1.6	1.4	1.0	0.6	1.7	2.3
	1.7	2.6					1.5	0.9	0.7	0.8	2.0	1.8
	1.8	2.1					1.5	1.9	0.7	0.7	1.0	0.3
	2.0	2.2					1.3	1.1	1.0	1.5	1.7	1.6
	1.8	1.9					1.5	0.9	1.0	1.0	1.7	1.5
	1.7	2.0					1.5	1.3	0.7	0.2	1.6	2.1
	1.7	2.2					0.7	0.8	0.7	0.1	2.0	2.5
	1.1	1.5					0.7	0.4	0.6	0.2	1.7	2.1
	1.5	2.0					1.5	0.8	1.2	2.0	2.0	2.1
	1.7	2.5					1.0	1.7	2.0	1.5	2.1	2.6
	1.5	2.3					1.7	1.2	1.5	1.5	1.8	2.2
	1.6	1.9					0.5	0.3	1.5	1.7	1.2	2.0
	1.7	2.5					0.5	0.3	1.0	1.8	1.5	1.9
	1.1	2.0					0.5	0.3	1.2	0.5	1.8	2.5
	1.8	2.3					0.6	0.4	1.0	0.5	1.6	2.3
1.4	2.0							0.9	0.4	1.4	2.1	

	2.0	2.2							1.5	1.6	1.7	1.9
	1.2	1.0							0.9	0.3	1.7	2.0
	1.0	1.8							0.7	0.2	2.0	2.3
											1.9	2.3
Promedio	1.6	2.1					1.1	0.9	1.0	0.9	1.7	2.0

**Anexo 13: Tabla de datos de medición del hipocótilo y las radículas de las semillas de
lechuga – Muestra de levadura pasteurizada**

Condición 1: temperatura a 40°C

	Soluciones											
	Control		10 ⁰		10 ⁻¹		10 ⁻²		10 ⁻³		10 ⁻⁴	
	H	R	H	R	H	R	H	R	H	R	H	R
R1	4.00	3.00					3.00	3.00	2.50	3.00	2.00	2.00
	3.00	4.00					2.50	3.00	3.50	2.00	3.00	2.00
	3.00	3.00					2.50	2.00	3.50	2.50	2.00	3.00
	3.00	1.00					3.00	2.50	2.00	3.00	2.50	3.00
	3.00	3.50					3.00	2.50	2.50	3.50	3.00	2.00
	3.00	3.00					3.00	2.50	2.00	2.00	2.00	3.00
	3.00	3.50					2.00	2.50	2.00	2.50	3.00	3.00
	3.50	3.00					2.00	2.50	2.00	3.00	3.50	4.00
	2.50	2.00					3.00	2.50	3.00	3.00	3.50	3.50
	3.00	3.00					2.00	2.50	3.00	4.00	2.50	2.00
	2.50	3.00					2.00	3.00	2.00	2.00	2.00	3.00
	2.50	2.00					2.00	3.50	2.00	2.00	3.00	2.00
	3.00	4.00					2.00	3.50	2.50	2.00	3.00	3.50
	3.00	3.50					2.00	1.50	2.00	2.50	3.50	3.00
	3.00	3.00					2.00	3.50	3.00	2.50	3.00	3.50
	3.00	2.50					2.00	2.50	2.50	3.00	1.50	2.00
	2.00	3.00					2.00	3.50	3.00	4.50	2.50	2.00
	2.50	3.00					3.00	3.50	2.00	3.50	2.00	2.50
	2.00	3.00					3.00	2.50	2.00	2.50	2.00	2.50
	3.00	3.50					2.00	4.50	2.00	2.50	2.00	2.50
2.00	3.00					2.00	1.50	3.00	3.50	1.50	1.00	
Promedio	2.83	2.98					2.38	2.79	2.48	2.81	2.52	2.62
R2	3.00	1.50					2.00	3.50	3.50	2.00	3.00	3.50
	3.50	3.00					2.50	3.50	2.00	2.50	3.00	3.50
	3.50	3.00					2.00	3.50	2.50	2.00	3.00	2.00

	2.50	3.50					2.00	2.50	2.00	3.00	4.00	2.50
	2.00	3.50					3.00	2.50	2.00	3.00	2.00	3.50
	3.00	2.00					2.00	2.50	2.50	3.00	2.00	2.00
	2.50	2.00					2.00	3.50	3.00	3.00	3.00	2.50
	2.50	2.50					2.50	3.00	3.00	2.50	3.00	3.00
	3.00	2.00					3.00	2.50	2.00	3.00	2.50	3.00
	3.00	3.00					2.00	1.50	2.00	2.00	2.00	2.50
	3.50	3.00					2.00	2.50	3.00	2.00	3.00	3.00
	2.50	3.50					3.00	3.00	3.00	2.00	2.00	2.50
	2.50	3.00					2.00	2.50	2.00	2.00	2.00	2.50
	2.00	2.00					2.00	2.50	3.00	2.00	3.00	2.00
	2.00	2.50					2.00	1.50	2.00	2.00	2.50	3.50
	1.50	1.00					3.00	2.50	4.00	3.00	2.50	3.00
	2.00	2.50					2.50	3.00	2.00	3.00	3.00	2.50
	2.50	2.00					3.00	2.50	2.00	3.50	3.00	2.00
	2.50	3.50					3.00	2.50	2.00	3.00	3.00	2.50
	2.50	2.50					2.00	2.50	2.50	3.50	2.00	1.50
	2.50	3.00					2.00	2.50	2.00	3.50	3.00	3.00
Promedio	2.60	2.60					2.36	2.67	2.48	2.64	2.69	2.67
R3	2.00	3.00					1.50	1.00	3.00	2.00	3.00	3.00
	2.50	3.00					1.50	1.00	2.00	2.50	2.50	2.00
	2.00	3.00					2.00	2.00	3.00	2.00	3.00	2.00
	3.00	2.50					2.00	1.00	2.00	2.00	2.00	1.00
	2.00	3.00					2.50	1.50	3.00	2.00	2.00	2.00
	1.50	1.50					2.00	2.00	3.00	2.00	3.00	3.50
	2.50	2.50					2.00	1.00	3.00	2.00	3.00	2.00
	2.00	2.00					2.00	1.50	3.00	2.00	2.50	3.50
	3.00	2.00					1.50	1.00	3.00	2.00	3.00	2.00
	3.00	3.50					2.50	2.00	2.00	2.50	2.00	3.00
	3.00	3.00					2.00	1.50	3.00	3.50	3.00	3.50
	3.00	3.00					2.00	1.50	2.00	3.50	3.00	3.50

	2.00	3.00					2.00	1.50	2.00	3.00	3.00	3.00
	2.50	2.00					2.50	1.50	2.00	3.50	2.50	3.00
	3.00	2.00					2.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.00
	3.00	3.00					2.00	1.50	2.00	2.50	3.00	2.00
	3.00	2.00					1.00	1.50	3.00	1.00	2.00	3.00
	2.50	3.50					2.00	1.00	2.00	2.00	2.00	2.00
	2.50	2.50					2.50	1.50	3.00	3.50	3.00	3.50
	2.00	2.00					2.00	2.00	2.00	2.17	3.50	3.50
	2.00	3.00							2.00	3.00	3.00	3.50
Promedio	2.48	2.62					1.98	1.45	2.48	2.42	2.71	2.74

**Anexo 14: Tabla de datos de medición del hipocótilo y las radículas de las semillas de
lechuga – Muestra de levadura pasteurizada**

Condición 1: temperatura ambiente

	Soluciones											
	Control		10 ⁰		10 ⁻¹		10 ⁻²		10 ⁻³		10 ⁻⁴	
	H	R	H	R	H	R	H	R	H	R	H	R
R1	2.00	2.50			2.00	2.50	3.00	4.50	4.00	3.00	4.00	3.00
	2.50	3.50			2.50	1.50	3.50	3.00	3.50	4.00	4.00	3.00
	2.00	1.50			1.50	1.30	3.00	2.50	4.00	3.00	3.00	4.50
	1.50	1.00			1.50	1.00	3.00	3.00	2.00	1.50	3.50	4.00
	2.00	1.50			1.50	1.00	3.00	3.50	3.00	2.50	4.00	3.50
	2.00	2.50			2.00	1.00	3.00	3.50	3.00	1.50	3.00	3.50
	2.00	3.50			2.00	2.00	3.00	3.50	3.00	3.50	2.00	3.50
	2.00	1.50			2.00	1.00	3.00	3.50	3.00	3.50	4.00	3.50
	2.00	1.50			2.50	2.00	2.00	3.50	3.00	4.50	3.00	3.50
	2.00	2.50					3.50	4.00	4.00	2.50	3.00	3.50
	2.00	2.50					2.00	2.50	3.00	3.50	3.00	4.50
	2.00	2.50					3.00	3.50	3.00	4.00	4.00	3.50
	2.00	2.50					3.50	3.50	3.00	4.50	3.00	3.50
	2.00	3.00					3.00	2.50	2.50	2.00	2.00	3.50
	1.50	2.00					3.00	4.00	2.50	3.50	3.00	3.50
	1.50	2.00					3.50	4.00	3.00	2.00	3.00	3.50
	2.00	1.50					3.50	4.00	4.00	3.00	2.00	3.00
	2.50	2.00					2.50	2.50	3.00	2.00	2.00	3.50
	2.00	2.00					3.00	4.50	3.00	2.50	3.00	2.50
	2.00	1.50					3.00	4.00	3.00	2.50	3.50	4.50
1.50	2.00					4.50	2.50	3.00	2.50	2.00	3.50	
Promedio	1.95	2.14			1.94	1.48	3.07	3.43	3.12	2.93	3.05	3.55
R2	3.00	2.50					2.00	3.00	2.50	5.00	3.50	4.00
	3.00	4.50					3.00	5.00	3.50	3.00	2.00	3.00
	3.00	2.50					3.00	3.50	3.00	5.00	3.00	3.50

	2.00	3.50					3.00	3.50	3.50	2.00	3.00	3.50
	3.00	2.50					3.00	3.50	3.00	4.00	3.00	4.50
	3.00	2.50					3.00	3.00	2.00	2.00	3.00	3.50
	3.00	3.50					3.50	3.00	2.00	2.00	2.00	3.50
	3.00	4.00					3.50	2.00	3.00	3.00	3.00	4.00
	3.00	4.00					3.00	3.50	3.00	2.00	3.00	2.50
	2.00	3.50					3.00	3.00	2.00	2.50	3.00	2.50
	3.00	4.50					4.00	2.00	2.00	2.50	3.00	3.50
	2.00	3.50					4.00	2.50	3.00	3.50	3.00	3.50
	3.00	2.50					3.00	3.50	2.00	2.50	3.50	4.50
	3.00	4.50					3.00	2.50	3.00	4.00	3.00	2.50
	3.00	4.50					3.00	2.00	2.00	2.50	3.00	2.50
	3.00	4.50					2.50	2.00	2.00	3.50	3.50	3.50
	2.00	4.50					3.00	2.50	3.00	3.50	3.00	2.50
	3.00	4.50					3.00	2.50	3.00	4.00	3.00	3.50
	2.00	3.00					2.00	2.50	2.00	3.00	3.00	4.50
	2.00	2.00					2.00	2.50	3.00	2.00	3.00	2.50
	3.00	2.50					3.00	2.50	3.00	4.00	2.00	3.50
Promedio	2.71	3.50					2.98	2.86	2.64	3.12	2.93	3.38
R3	2.00	2.50					3.00	3.50	3.00	4.00	3.00	4.50
	3.50	2.00					4.00	2.50	2.00	1.50	2.00	3.00
	3.00	2.50					2.50	2.00	4.00	3.50	4.00	3.00
	3.00	3.50					4.00	3.00	4.00	3.00	4.00	3.50
	3.00	2.50					5.00	4.50	1.00	2.00	3.50	3.00
	3.00	3.50					3.00	2.50	1.00	1.50	3.00	3.00
	2.00	3.50					3.50	2.50	2.00	2.00	3.00	3.00
	2.00	3.00					4.00	2.50	1.00	3.50	3.00	2.50
	3.00	2.50					3.00	2.00	3.00	2.00	4.00	4.50
	2.00	3.50					3.50	2.50	3.00	4.00	2.50	3.50
	3.00	4.00					4.00	2.50	3.00	3.00	3.00	3.50
	2.00	3.50					3.00	2.50	3.00	2.00	3.00	3.50

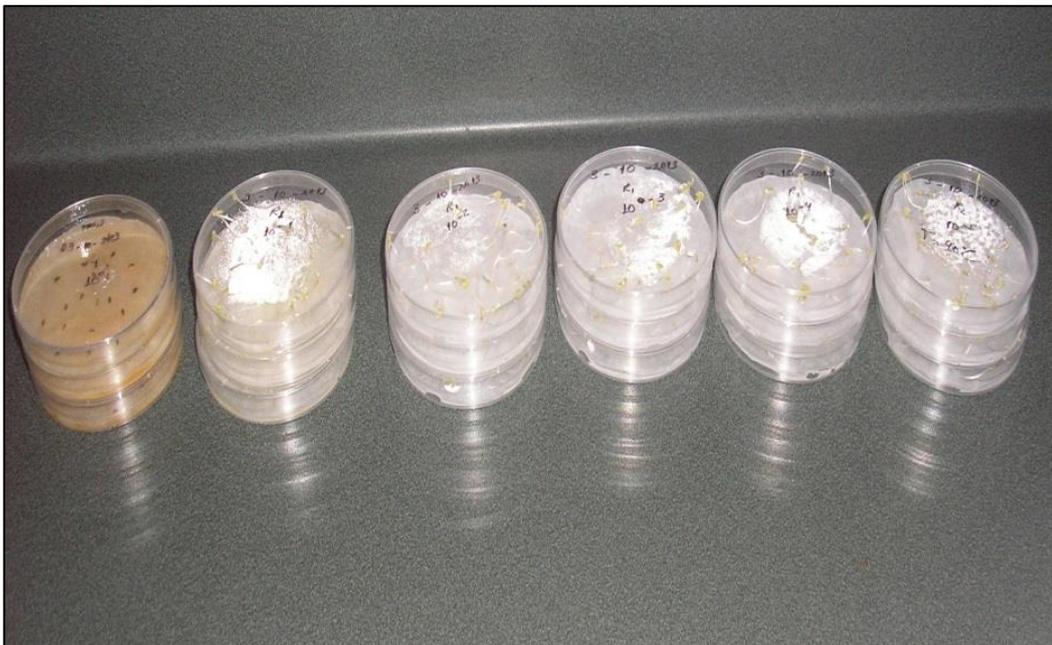
	2.00	3.50					1.50	3.00	2.00	3.00	3.00	3.50
	3.00	4.50					3.00	3.00	2.00	2.00	2.00	3.50
	2.00	2.50					3.00	2.50	4.00	4.50	3.00	3.50
	3.00	3.50					4.00	2.00	3.50	4.00	3.00	3.50
	3.00	2.50					3.00	3.00	4.00	3.00	2.00	2.50
	3.00	2.50					3.00	2.50	4.00	4.50	2.00	3.50
	2.00	3.50					4.00	2.00	3.00	4.50	2.00	3.00
	2.00	3.50							3.00	3.00	3.00	2.50
	3.00	3.50							3.00	2.50	3.00	2.50
Promedio	2.60	3.14					3.37	2.66	2.79	3.00	2.90	3.26

Anexo 15: Fotos

Investigación – Laboratorio de ingeniería ambiental



Diluciones para la prueba de germinación en semillas de lechuga – Muestra de levadura pasteurizada – Fermentación a 40°C



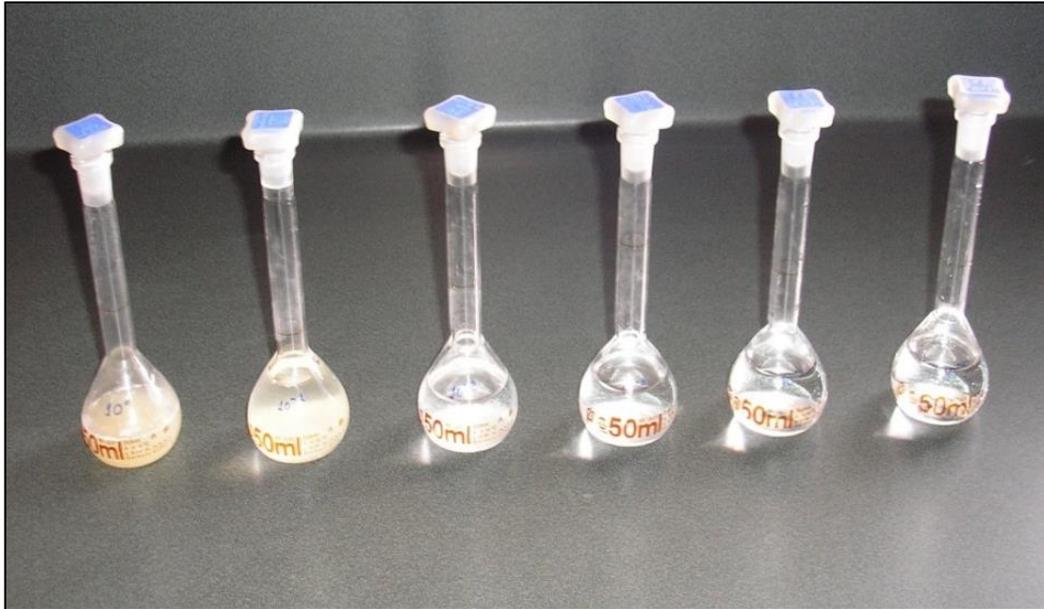
Prueba de germinación en semillas de lechuga de las diferentes diluciones – Muestra de levadura pasteurizada – Fermentación a 40°C



**Inicio de la prueba de germinación en semillas de lechuga – Muestra de levadura
pasteurizada – Fermentación a 40°C**



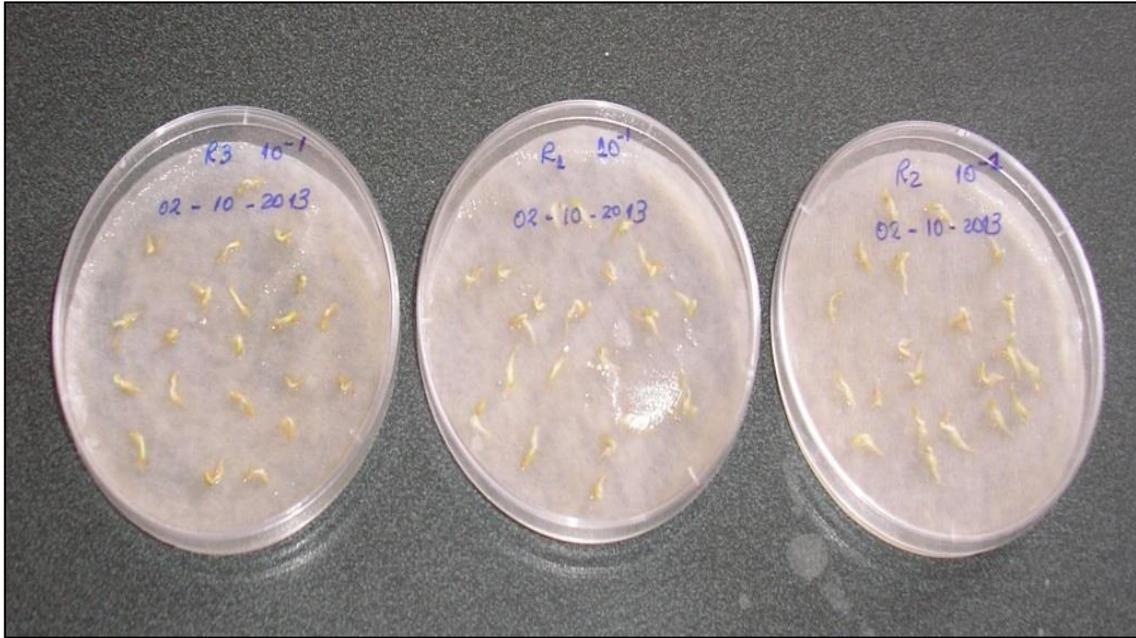
**Quinto día de la prueba de germinación en semillas de lechuga – Muestra de levadura
pasteurizada – Fermentación a 40°C**



Diluciones para la prueba de germinación en semillas de lechuga – Muestra de levadura pasteurizada – Fermentación a temperatura ambiente



Prueba de germinación en semillas de lechuga de las diferentes diluciones – Muestras de levadura pasteurizada – Fermentación a temperatura ambiente



Tercer día de la prueba de germinación en semillas de lechuga – Muestra de levadura pasteurizada – Fermentación a temperatura ambiente



Quinto día de la prueba de germinación en semillas de lechuga – Muestra de levadura pasteurizada – Fermentación a temperatura ambiente