

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN
CRISTÓBAL DE HUAMANGA**
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE BIOLOGÍA



Obtención de un biofertilizante a partir de excreta de ovino, melaza y suero lácteo fermentado del establo de la Universidad Nacional Agraria la Molina para el mejoramiento en la actividad agrícola

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
BIÓLOGO EN LA
ESPECIALIDAD DE BIOTECNOLOGÍA**

PRESENTADO POR:

Bach. PRADO GARCÍA – BLÁSQUEZ XIMENA

AYACUCHO – PERÚ

2013

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

R.D.N.081 -2013-UNSCH-FCB-D

BACH.XIMENA PRADO GARCÍA – BLÁSQUEZ

En la ciudad de Ayacucho siendo las cuatro y catorce minutos de la tarde del día veintiuno de junio del año dos mil trece; reunidos en la sala del centro cultural de la Universidad Nacional De San Cristóbal de Huamanga – Bajo la presidencia (e) del MSc. Elmer Alcides Avalos Pérez y como miembros del jurado calificador el Mg. Saturnino Martín Tenorio Bautista, la Mg. Paula García Godos Alcazar y el Mg. Jesús Javier Ñaccha Urbano. El MSc. Alcides Ávalos Pérez es también el miembro asesor; actuando como secretaria docente la Blga. Rosa Cortez Saavedra en merito a la R.D.N.081-2013-UNSCH-FCB-D de fecha cinco de junio del año dos mil trece, quienes recepcionaron la sustentación de la tesis titulada: " Obtención de un biofertilizante a partir de excreta de ovino, melaza y suero lácteo fermentado del establo de la Universidad Nacional Agraria la Molina para el mejoramiento en la actividad agrícola", presentado por la bachiller en Ciencias Biológicas srta. Ximena Prado García – Blásquez, quien pretende optar el título profesional de Bióloga en la especialidad de Biotecnología.

Luego de verificar la documentación correspondiente, el señor presidente (e) del Jurado calificador indica a la srta. Sustentante que la exposición de la investigación tiene cuarenta y cinco minutos tal como dispone el Reglamento.

Concluida la etapa de exposición de la investigación, el señor presidente (e) invito a los miembros del jurado calificador a solicitar las aclaraciones, preguntas u observaciones que crean por conveniente.

Concluida esta etapa, el Sr. Presidente del Jurado Calificador invitó a la señorita sustentante y al público asistente abandonar momentáneamente las instalaciones de la sala dos del Centro Cultural de la Universidad Nacional De San Cristóbal De Huamanga, para que los miembros del Jurado calificador puedan deliberar y calificar el trabajo de investigación en privado, arribándose a los siguientes resultados:

MIEMBRO DEL JURADO	EXPOSICIÓN	RPTA. A PREGUNTAS	PROMEDIO
Mg. ELMER AVALOS PÉREZ	18	17	18
Mg. SATURNINO TENORIO BAUTISTA	18	18	18
Mg. PAULA GARCÍA GODOS ALCAZAR	18	17	18
Mg. JESÚS ÑACCHA URBANO	17	18	18
PROMEDIO FINAL:			18

Luego de concluida la etapa de evaluación la srta. Sustentante obtuvo la calificación promedio aprobatoria de dieciocho (18) de lo cual dan fé los miembros del Jurado de Sustentación estampando sus firmas al pie del presente.

Siendo las seis y cinco minutos de la tarde, se dió por concluido el presente acto académico.



MSc. ELMER AVALOS PÉREZ

PRESIDENTE (e)

MIEMBRO –ASESOR



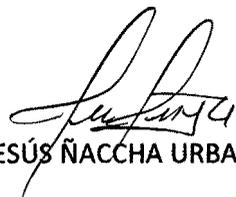
Mg. SATURNINO TENORIO BAUTISTA

MIEMBRO



Mg. PAULA GARCÍA GODO S ALCAZAR

MIEMBRO



Mg. JESÚS ÑACCHA URBANO

MIEMBRO



Biga. Rosa E. Cortez Saavedra

SECRETARIA DOCENTE

DEDICATORIA

A Dios, a mis queridos padres,
Jorge y Luzmila y a mis
hermanos, Diego y André.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, mi *Alma máter* por brindarme los más grandes conocimientos en mi formación profesional y ser la impulsora de hacerme una mujer de ciencia al servicio de la investigación.

A mi asesor, el MSc. Elmer Ávalos Pérez, por las ideas, el apoyo en la realización de mi tesis, sus incansables palabras de aliento y motivación para la conclusión del presente trabajo.

Al Blgo. Juan G. Juscamaita Morales, por su constante asesoramiento e ideas que me permitieron investigar de manera constante, por la confianza y amistad que transmite en sus enseñanzas.

Al Laboratorio de Biorremediación de la Universidad Nacional Agraria la Molina, por permitirme la utilización de sus instalaciones, equipos y materiales durante la fase experimental de mi tesis.

ÍNDICE GENERAL

	Página
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE GENERAL	iv
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE ANEXOS	ix
RESUMEN	x
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	4
2.1. Antecedentes	4
2.2. Marco conceptual	6
2.3. Bases teóricas	7
2.4. Otras definiciones conceptuales	22
III. MATERIALES Y MÉTODOS	27
3.1. Ubicación	27
3.2. Población	27
3.3. Muestra	27
3.4. Metodología para la recolección de datos	29
3.4.1. Toma de muestras de las excretas	29
3.4.2. Tratamiento de las excretas colectadas	29
3.4.3. Cálculo del porcentaje de humedad	32
3.4.4. Medición del pH	33
3.4.5. Medición del ácido láctico	33
3.5. Selección de los mejores tratamientos	34
3.5.1. Criterios de selección de los tratamientos	34
3.5.2. Medida de la estabilidad del biofertilizante	34
3.5.3. Caracterización del mejor tratamiento	35
3.5.4. Análisis microbiológico	36
3.5.5. Análisis agronómico	36
3.6. Prueba del efecto del biofertilizante en semillas de lechuga	37

3.7. Tipo de investigación	40
3.8. Diseño experimental y análisis estadístico	40
IV.RESULTADOS	41
V. DISCUSIÓN	61
VI.CONCLUSIÓN	82
VII. RECOMENDACIONES	84
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	85
ANEXOS	89

ÍNDICE DE TABLAS

		Página
Tabla 1.	Composición química de excreta de diferentes animales	8
Tabla 2.	Cantidad de excreta que producen los animales	8
Tabla 3.	Cantidades de excreta y orines producidos por un animal por día	9
Tabla 4.	Contenido de elementos nutritivos del estiércol	9
Tabla 5.	Características de los abonos a base de diferentes excretas	10
Tabla 6.	Composición del suero lácteo	12
Tabla 7.	Composición y contenido nutricional de la melaza de caña	15
Tabla 8.	Categorías de aditivos para el ensilaje	17
Tabla 9.	Clasificación de los Lactobacillus	23
Tabla 10.	Análisis microbiológico del consorcio de Bacterias Lácticas	26
Tabla 11.	Diagrama de los tratamientos utilizados	31
Tabla 12.	Concentraciones de excreta tratada (ET) según tratamiento	32
Tabla 13.	Métodos de análisis de materia orgánica	37
Tabla 14.	Valor de pH y porcentaje de humedad	41
Tabla 15.	Promedios de pH inicial según tratamientos	42
Tabla 16.	Valores del pH por días según tratamiento	43
Tabla 17.	Promedio del ácido láctico inicial según tratamientos	46
Tabla 18.	Variación de ácido láctico según tratamientos por días	47
Tabla 19.	Variación del pH según tratamientos seleccionados	49

Tabla 20.	Valores porcentuales de ácido láctico de tratamientos seleccionados	51
Tabla 21.	Análisis microbiológico de excreta y biofertilizante	55
Tabla 22.	Análisis agronómico del biofertilizante comparado con otros bioles	56
Tabla 23.	pH y Conductividad eléctrica (C.E.) según tratamientos	57
Tabla 24.	Índice de Germinación (IG) de semillas de <i>Lactuca sativa</i> . L "lechuga"	59

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Pérdidas de nutrientes del estiércol entre la excreción y la absorción por los cultivos	11
Figura 2. Flujograma del tratamiento de las excretas de ovino	30
Figura 3. Esquema de una plántula de lechuga	39
Figura 4. Valores del pH según tratamiento durante los seis días de fermentación	44
Figura 5. Interacción de las concentraciones de melaza y SLF según pH	45
Figura 6. Interacción de concentración de melaza y SLF para el parámetro acidez	48
Figura 7. Variación del pH de tratamientos seleccionados	50
Figura 8. Variación de ácido láctico de tratamientos seleccionados	52
Figura 9. Estabilidad del pH del T12 seleccionado según días de fermentación	53
Figura 10. Estabilidad del ácido láctico del T12 seleccionado según días de fermentación	54
Figura 11. Porcentaje de germinación según concentración del biofertilizante	58
Figura 12. Índices de germinación de las semillas de <i>Lactuca sativa</i> L "lechuga"	60

ÍNDICE DE ANEXOS

		Página
Anexo 1.	Cálculo del porcentaje de humedad de las excretas frescas	90
Anexo 2.	pH de los tratamientos en los días de evaluación	91
Anexo 3.	Análisis de varianza del pH de los dieciséis tratamientos	93
Anexo 4.	Prueba de Tukey para el factor SLF y melaza al sexto día	94
Anexo 5.	Porcentaje de ácido láctico según días y repeticiones	95
Anexo 6.	Análisis de varianza del porcentaje de ácido láctico para los dieciséis tratamientos	97
Anexo 7.	Prueba de Tukey para el factor SLF y melaza al sexto día	98
Anexo 8.	pH de los tratamientos seleccionados	99
Anexo 9.	Análisis de varianza del pH para tratamientos seleccionados	100
Anexo 10.	Prueba de Tukey para el factor SLF y melaza al sexto día	101
Anexo 11.	Porcentaje de ácido láctico en tratamientos seleccionados	102
Anexo 12.	Análisis de varianza del ácido láctico para tratamientos seleccionados.	103
Anexo 13.	Prueba de Tukey para el factor SLF y melaza al sexto día	104
Anexo 14.	Relación carbono: nitrógeno (C:N)	105
Anexo 15.	Análisis de varianza para la prueba de germinación con semillas de lechuga.	106
Anexo 16.	Prueba de Tukey para el factor SLF y melaza al sexto día.	107

Anexo 17.	Medición del tamaño de la radícula e hipocótilo.	108
Anexo 18.	Fotografía de la obtención del biofertilizante y medida de parámetros	110
Anexo 19.	Reportes de análisis de laboratorio	112
Anexo 20.	Matriz de consistencia	113

RESUMEN

Los residuos de origen pecuario, purines y las excretas causan deterioro e incluso la pérdida de la calidad del agua, suelo y aire, cuando estos no son tratados de manera adecuada; dándose la contaminación a nivel de aguas subterráneas por los nitratos, aguas superficiales por la eutrofización, degradación de suelos por salinización y contaminación del aire, es por ello que hoy en día se está realizando el valor de la fertilización orgánica para así generar productos inocuos al medio ambiente y brindar a los residuos orgánicos un valor agregado. El objetivo general fue obtener un biofertilizante (biol) a partir de excreta de ovino, melaza y suero lácteo fermentado (SLF) que pueda ser utilizado favorablemente en la producción agrícola; se evaluaron dos parámetros fisicoquímicos: pH y porcentaje de ácido láctico durante seis días de evaluación. Mediante la técnica de fermentación ácido láctica, las excretas fueron tratadas usando diferentes combinaciones del suero lácteo fermentado y melaza como insumos. Dieciséis combinaciones diferentes fueron incubadas por 6 días a una temperatura de 40 °C, de los cuales, nueve fueron descartados por no haber cumplido con los criterios mínimos establecidos (pH < 4,5, libre de contaminación y malos olores), a los tratamientos restantes también se les evaluó pH y porcentaje de ácido láctico hasta completar 30 días a partir del sexto día de fermentación, midiendo así también la estabilidad de estos. Para evidenciar la inocuidad del biol se realizó una prueba de bioensayo, evaluándose diferentes dosis-respuestas del biol en la germinación de las semillas de *Lactuca sativa* L. "lechuga", variedad mantecosa tipo Crufia durante 120 horas.

Se logró obtener el biofertilizante a partir del tratamiento 12 con 20 % melaza y 15 % SLF, presentando el menor pH (3,68) y 2,75 % de ácido láctico. Mantuvo su estabilidad por 30 días, resultando libre de coliformes totales, coliformes fecales, mohos, levaduras; además, según el análisis agronómico, se obtuvieron para el biol 150,4 g/l de materia orgánica, 3815, 11400 y 1090 mg/l de N, K y P respectivamente. De igual manera, tras el bioensayo se concluyó que la dilución 10^{-4} o tratamiento 5 no es perjudicial, tanto para la germinación como del desarrollo y crecimiento normal de las plántulas, verificándose esto por el valor del Índice de Germinación (IG) que resultó mayor de 80 %.

Palabras claves: Biofertilizante, Fermentación homoláctica, Bioensayo.

I. INTRODUCCIÓN

El biol es un abono orgánico líquido, resultado de la descomposición de los residuos animales y vegetales como guano, rastrojos, etc., en ausencia de oxígeno; contiene nutrientes que son asimilados fácilmente por las plantas haciéndolas vigorosas y resistentes. (1)

En la actualidad, la elaboración del biol se realiza en forma artesanal. Sotil (2), indica que existen riesgos de contaminación tanto a las personas que los preparan como a los agricultores que lo aplican, él comprobó la presencia de altos niveles de coliformes totales y fecales al inicio de la biodegradación de los abonos (10^7 - 10^8 NMP/100 ml), que se llegan a reducir a 10^3 NMP/100 ml luego de 61 días de llegada la cosecha del biol. Asimismo, según el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), hay dos formas de preparar el biol sea en mangas de plástico y en cilindros o bidones, donde los insumos del biol permanecerán por un período de 2 a 3 meses, tiempo promedio que dura la fermentación, no obstante, si se está en climas fríos ocurre en 75 a 90 días mientras que en climas cálidos dura entre 30 a 45 días. (1)

Por otra parte, los residuos de origen pecuario, purines y el estiércol causan deterioro e incluso la pérdida de la calidad del agua, suelo y aire, cuando estos

no son tratados de manera adecuada; dándose la contaminación a nivel de aguas subterráneas por los nitratos, aguas superficiales por la eutrofización, degradación de suelos por salinización y contaminación del aire, por malos olores, generación de gases como el amonio y metano. En consecuencia, generan impactos en el medio ambiente que van a depender del número de animales, la ubicación de las instalaciones y de las características del medio ambiente circundante. Actualmente, se vienen desarrollando tecnologías que representan posibilidades de tratamiento de los residuos orgánicos para su aprovechamiento, como el compostaje, uso de lagunas de oxidación, de humedales y de biodigestores anaeróbicos. (3)

Asimismo, la tendencia de consumo de alimentos orgánicos ha tenido una demanda creciente dada la preocupación de las personas por la salud y el cuidado del medio ambiente; es decir además de la búsqueda de alimentos sanos, la preocupación por el daño al medio ambiente y la introducción de los cultivos transgénicos, han contribuido al crecimiento de la demanda de los productos orgánicos. En el Perú, el desarrollo de cultivos orgánicos, ha sido y es una tradición ancestral basada en una gran diversidad de especies de plantas y animales. Paradójicamente, por falta de recursos, la mayoría de la producción agrícola peruana es orgánica, lo que hoy le proporciona una ventaja competitiva. (4)

El presente trabajo de investigación se centró en elaborar un biofertilizante en base a excreta de ovino, melaza y suero lácteo fermentado que pueda ser utilizado favorablemente en la producción agrícola, evaluando todos los parámetros físico-químicos, microbiológicos y agronómicos óptimos, midiendo la estabilidad y planteando la innovación de una técnica en la elaboración de un biofertilizante en menor tiempo, en donde se utilizará un consorcio microbiano

(B-lac), ya que éste contiene a las bacterias ácido lácticas, las cuales mediante su acción homofermentativa producen ácido láctico disminuyendo el pH a valores menores o cercanos a 4, que indica ausencia de patógenos, coliformes totales y fecales (5), éstas se usaron para fermentar el suero lácteo que fue usado como medio para acelerar la descomposición de la materia orgánica que fueron las excretas de ovino provenientes del establo de la Unidad Experimental de Zootecnia (UEZ) de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM). Asimismo, se considera la eliminación de patógenos del producto final con el propósito de obtener un abono orgánico líquido libre de contaminantes con valor nutritivo para las plantas y en general para la agricultura.

Los objetivos del presente trabajo de investigación fueron los siguientes:

1.1. Objetivo General:

Elaborar un biofertilizante en base a excreta de ovino, melaza y suero lácteo fermentado que pueda ser utilizado favorablemente en la producción agrícola.

1.2. Objetivos Específicos:

- a) Determinar los parámetros óptimos para la elaboración del biofertilizante.
- b) Caracterizar físico-químico y microbiológico al biofertilizante.
- c) Evaluar la estabilidad fisicoquímica del biofertilizante.
- d) Evaluar el efecto del biofertilizante en la germinación de plantas en *Lactuca sativa* L.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Desde los inicios, la agricultura buscó mantener la fertilidad del suelo a través del uso y reciclaje de la materia orgánica. La utilización de estiércoles sólidos en sus múltiples aplicaciones y orígenes ha sido la práctica más usual en la recuperación de los suelos. (6)

El uso de los biofertilizantes es de larga historia. El origen de esta práctica se remonta a los propios inicios de la agricultura. Los primeros agricultores observaban que cuando los ríos se desbordaban, se depositaba materia orgánica en las áreas inundadas, haciendo que los suelos sean mucho más fértiles y productivos. Este fenómeno natural fue aprovechado como técnica por las antiguas culturas, como los egipcios en el río Nilo; los fenicios en el medio oriente y los Incas – Aymaras, en los Andes. Sin embargo, este material tiene algunos inconvenientes, como por ejemplo, la dificultad para ser almacenado y distribuido, debido a sus características de volumen y peso; e inclusive en determinadas zonas llegar a ser de difícil acceso o escaso. Otra opción técnica con la cual los agricultores ecológicos cuentan, son los estiércoles líquidos o biofertilizantes, los cuales son también conocidos como "biof" o "bioabono". (7)

Recientemente, agricultores y técnicos han investigado y desarrollado con éxito varias fórmulas de estiércoles líquidos y biofertilizantes, dando toda su importante contribución a la construcción y perfeccionamiento de esta técnica. Pioneros, como el Ing. Carlos Vairon dos Santos en Río de Janeiro - Brasil sentó las bases de los procesos de fermentación, o la del profesor e Ing. Sebastián Pinheiro quien fue el primero en concebir la posibilidad de usar micronutrientes minerales de una forma orgánica. También, la del técnico Delvino Magro de Alfonso Prado (Brasil) quien ha experimentado y difundido de la famosa "Super - Magro" y posteriormente la contribución del Ing. René Piamonte, quien realizando prácticas con agricultores y fundamentándonos en principios de la microbiología, agricultura biodinámica y natural. (8)

Ramos (9), elaboró dos bioles: el biol denominado Biol - alfalfa, cuyos insumos fueron de estiércol de vacuno, de ovino, de gallina, alfalfa picada y agua, y el biol denominado Biol - chicha jora. Otros insumos que usó fueron, estiércol de vacuno, de ovino, de gallina, chicha de jora y agua, en ambos casos, lo mezclaron bien los insumos respectivos, fueron sellados herméticamente, y recolectados luego de meses.

AEDES (10), reporta que un indicador del término del proceso de elaboración del biol es cuando ha cesado de salir gas, cuando el olor ya no es notorio, dándose un producto final líquido de color marrón verdoso oscuro.

Peralta (11), realizó un trabajo para la determinación de parámetros óptimos en la producción de un Fast biol usando excretas de ganado lechero del establo de la UNALM, comprobó así que el abono orgánico líquido "Fast biol 20" presenta propiedades físicas y organolépticas aceptables durante el periodo de

evaluación de la estabilidad, a través de la obtención de un pH ácido constante que permite la estabilidad del producto.

Cupe (12), demostró que a partir de lodos residuales de la industria cervecera se puede obtener un abono orgánico líquido con capacidad fertilizadora para la agricultura.

2.2. Marco conceptual

2.2.1 Excreta

Según Labrador (13), el estiércol o excreta es la mezcla de la cama de los animales y sus deyecciones sólidas y líquidas que ha sufrido fermentación más o menos avanzada en el establo y después en el estercolero; está básicamente formado por materiales hidrogenocarbonatos, compuestos nitrogenados y una gran población microbiana. Asimismo, menciona que los estiércoles también pueden definirse cualitativamente como frescos, si puede identificarse en ellos la composición de la cama y las deyecciones; maduros, si están fermentados, siendo imposible identificar las camas y semi hechos, que es un estado de maduración intermedio.

De igual manera, la excreta es el excremento de los animales que resulta como desecho del proceso de digestión y que sólo una pequeña parte de los alimentos que consumen los animales son asimilados y aprovechados por su organismo; el resto (60- 80 %), contienen elementos nutritivos que son eliminados después de la digestión. (14) Asimismo, Duran (15), menciona cuanto más alimentos concentrados consuma el animal y cuanto más rico sea en proteínas, tanto mayor será la cantidad de nitrógeno y fósforo en el estiércol.

2.3. Bases teóricas

2.3.1. Composición química de la excreta de ovino

La excreta es una mezcla de las camas de los animales con sus deyecciones, que han sufrido fermentaciones más o menos avanzadas, primero en el establo y luego en el estercolero. (13 y 16)

Se trata de un abono compuesto de naturaleza órgano - mineral con un bajo contenido en elementos minerales. Su nitrógeno se encuentra casi exclusivamente en forma orgánica y el fósforo y el potasio al 50 % en forma orgánica y mineral (13), pero su composición varía entre límites muy amplios, dependiendo de la especie animal, la naturaleza de la cama, la alimentación recibida, la elaboración y manejo del montón, etc. Como término medio, un estiércol con un 20-25 % de materia seca contiene 4 kg/ Tm (kilo por tonelada métrica) de nitrógeno, 2,5 kg/ Tm de anhídrido fosfórico y 5,5 kg/ Tm de óxido de potasio. En lo que se refiere a otros elementos, contienen por tonelada métrica 0,5 kg de azufre, 2 kg de magnesio, 5 kg de calcio, 30 - 50 g de manganeso, 4 g de boro y 2 g de cobre.

El estiércol de caballo es más rico que el de oveja, el de cerdo y el de vaca. El de aves de corral o gallinazas es con mucho el más concentrado y rico en elementos nutritivos principalmente nitrógeno y fósforo. (16) La excreta ovina es rica en nutrientes y presenta una comunidad variada de microorganismos provenientes del tracto gastrointestinal de los animales y de su posterior contaminación con el ambiente. (17)

El contenido promedio en porcentaje (%) de nitrógeno, fósforo y potasio en la excreta de diferentes especies (base seca) de los estiércoles de la Universidad Nacional Agraria la Molina (UNALM) se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Composición química de excreta de diferentes animales.

Excreta	N%	P ₂ O ₅ %	K ₂ O%
Ponedoras	4,9	2,08	2,08
Pollo de carne	4	1,69	1,9
Pavos	5,96	1,65	1,94
Porcinos	7,62	1,76	2,62
Ovinos	4,44	1,03	3,05
Vacuno de leche	3,96	0,67	3,16
Vacuno de carne	3,25	0,96	2,08

Fuente: Ramírez– Otarola. (14)

La cantidad de excreta que puede producir un animal en un año varía de acuerdo a su alimentación, el tipo de cama (arena, aserrín, paja) y con la especie. Así, según estimado de la cantidad de estiércol total producido en un año por una oveja es de 1 260 kg/ año. (18)

Tabla 2. Cantidad de excreta que producen los animales.

Animal	Cantidad de excreta
Vaca lechera de 600 kg de peso	18,300 kg.año ⁻¹
Vacuno de carne de 350 kg de peso	10,950 kg.año ⁻¹
Cerdo de engorde	1,900 kg.año ⁻¹
Ovino	1,260 kg.año ⁻¹
Caballo	7,200 kg.año ⁻¹
100 gallinas reproductoras	7,300 kg.año ⁻¹

Fuente: Guerrero. (18)

El estiércol (excreta) total está constituido por las deyecciones sólidas, líquidas y el tipo de cama. Sobre la producción de estiércol en el Perú, no existen estadísticas; sin embargo, utilizando los datos promedios se pueden realizar algunas aproximaciones, combinando estos datos con la población pecuaria.
(18)

Tabla 3. Cantidades de excreta y orina producidos por un animal por día.

Clase de Animal	Excreta sólidos (kg)	Orina (l)
Vacuno	20-30	10 a 15
Caballo	15-20	4 a 6
Ovejas	1,5 a 2,5	0,6 a 1,0
Cerdos	1,5 a 2,2	2,5 a 4,5

Fuente: Guerrero. (18)

Tabla 4. Contenido de los elementos nutritivos del estiércol.

Contenido de elementos nutritivos en kg.t ⁻¹ del producto tal cual						
	Materia seca(%)	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	S
Estiércol de vaca	32	7	6	8	4	-
Estiércol de oveja	35	14	5	12	3	0,9
Estiércol de caballo	100	17	18	18	-	-
Purines	8	2	0,5	3	0,4	-
Gallinaza	28	15	16	9	4,5	-
Guano	100	130	125	25	10	4

Fuente: Lampkin. (19)

Tabla 5. Características de los abonos a base de excretas de diferentes animales.

Abono	Humedad%	Nitrógeno%	Fósforo%	Potasio%
Vaca	83,2	1,67	1,08	0,56
Oveja	64	3,81	1,63	1,25
Caballo	74	2,31	1,15	1,3
Llama	62	3,93	1,32	1,34
Vicuña	65	3,62	2	1,31
Alpaca	63	3,6	1,12	1,29
Cerdo	80	3,73	4,52	2,89
Gallina	53	6,1	5,21	3,2

Fuente: Guerrero. (18)

Si bien, las excretas contienen nutrimentos que se pueden utilizar en los cultivos, sin embargo, éstas también poseen altas concentraciones de coliformes fecales que producen enfermedades infecciosas, capaces de causar hasta la muerte en los humanos. Por ello, para utilizarlas como fertilizantes, se hace necesario darles un tratamiento que elimine estos agentes infecciosos. La biodigestión, se presenta como una alternativa de control que asegura el tratamiento por el cual convierte las excretas que contiene microorganismos patógenos como bacterias, protozoos, larvas, huevo, pupas de insectos, etc. en residuos útiles y sin riesgo de transmisión de enfermedades. (20)

Por otra parte, las cantidades de nutrientes tales como Nitrógeno, Fósforo y Potasio tomados por el cultivo determinan el valor agrícola del estiércol y dependen de las cantidades de nutrientes emitidas durante el traslado desde el animal hasta el cultivo. Cuanto más grande sea la pérdida de nutrientes, por exposición al medio ambiente, menor será el valor agrícola del estiércol. (21)

Otra forma de extracción de las proteínas del suero es la cromatografía de intercambio iónico, el cual es un proceso mediante el cual se pueden obtener productos hasta 90% de proteína. Estos productos se utilizan para la fabricación de productos nutritivos o dietéticos. (27)

2.3.2.2 Suero lácteo fermentado

El suero lácteo se utiliza como medio de cultivo para el desarrollo de algunos microorganismos. Muchos microorganismos pueden fermentar suero, y por ello, se pueden obtener múltiples productos metabólicos de estos procesos. (28) El proceso de fermentación permite mejorar las características nutritivas de este sub producto, además de hacerlo más paladeable. (29)

Para este proceso metabólico, deben seleccionarse microorganismos capaces de fermentar lactosa, ya que es el único carbohidrato fermentable presente en el producto. Los productos fermentados, a partir del suero lácteo, son utilizados para alimentación animal, debido al alto contenido de vitaminas del complejo B. (28, 29 y 30)

Aunque el suero posee algunas sales, es deficiente en compuestos nitrogenados inorgánicos, y deben ser suplementados si se desean desarrollar cierto tipo de fermentaciones. (29) En algunos estudios se reportó la presencia de sustancias estimulantes e inhibidoras en el suero lácteo. Algunos investigadores señalan factores que favorecen el desarrollo del *Streptococcus faecalis*, *Lactobacillus bulgaricus*, *Lactobacillus leichmanis*, *Lactobacillus casei* y *Estreptococos lácticos* heterofermentativos. Por otro lado, al menos algunas veces, se inhibe el desarrollo de *Lactobacillus casei*, *Staphylococcus aureus*, *Aerobacter aerogenes*, *Alcaligenes viscolactis*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas fragi*, *Pseudomonas*

flourecens, *Bacillus cereus*, *Streptococcus cremoris*, *Lactobacillus lactis* y *Streptococcus thermophilus*. (29)

La fermentación del suero, según Marth (29) sirve para:

- Mejorar las propiedades nutritivas del suero.
- Mejorar su sabor y apariencia, para desarrollar un alimento más paladeable.
- Aprovechar todo el suero, para evitar residuos que deben ser tratados.
- Desarrollar un producto que pueda ser vendido con una utilidad.

La fermentación del suero lácteo por bacterias ácido lácticas podría disminuir el contenido de lactosa produciendo principalmente ácido láctico y otros metabolitos como componentes aromáticos contribuyendo al sabor y textura e incrementado la solubilidad de carbohidratos y el dulzor final del producto. (31)

2.3.3 Melaza

Según Fajardo y Sarmiento (32), mencionan que la melaza, mieles finales o melaza "blackstrap", suelen estar definidas como los residuos de la cristalización final del azúcar de los cuales no se pueden obtener más azúcar por métodos físicos.

La melaza es un subproducto del procesamiento de la caña de azúcar y la remolacha, sin embargo también es producida por las abejas y obtenida de algunos árboles. (33) La composición y contenido de nutrientes de la melaza se puede observar en la Tabla 7. Fajardo y Sarmiento (32), mediante ensayos de soluciones diluidas de melaza demostraron que la melaza a pesar de su bajo contenido de fósforo constituye un buen medio nutritivo para levaduras, hongos y bacterias, siendo los microorganismos mesófilos y termófilos los que desarrollaron bien en las diluciones realizadas.

Tabla 7. Composición y contenido nutricional de la melaza de caña.

Datos físicos y químicos		Vitaminas	
Materia seca	76,50%	Biotina(B8)	3ppm
Agua	23,50 %	Ácido fólico	0,04 ppm
Materia orgánica	62,50%	Inositol	6000 ppm
Cenizas	16 %	Pantotenato de calcio	60ppm
Relación C:N	27(aprox.)	Piridoxina (B6)	4ppm
Energía	2350 Cal.kg ⁻¹	Riboflavina (B2)	2,5 ppm
Brix	86°	Tiamina (B1)	1.8 ppm
Densidad	1,41 kg ⁻¹	Niacina (B3)	500 ppm
pH	4,9–5,4	Colina	700 ppm
Proteínas y aminoácidos		Minerales	
Proteína bruta	4,30%	Calcio	0,80%
Nitrógeno	1,01 %	Fósforo	0,08%
Lisina	200ppm	Potasio	4,20%
Metionina	200 ppm	Cloro	2,10%
Metionina +Cistina	400 ppm	Magnesio	0,27%
Treonina	500 ppm	Azúfre	0,78%
Triptófano	200ppm	Sodio	0,09%
Isoleucina	400 ppm	Cobre	14 ppm
Valina	700 ppm	Hierro	130 ppm
		Manganeso	5ppm
		Zinc	8ppm
Carbohidratos			
Azúcares totales	48,30%		
Azúcares reductores	11,50 %		
Sacarosa	35,90 %		
Fructuosa	5,60%		
Glucosa	2,60%		

Fuente: Aldón. (34)

La composición de las melazas es muy heterogénea y puede variar considerablemente dependiente de la variedad de caña de azúcar, suelo, clima, periodo de cultivo, eficiencia de la operación de la fábrica, sistema de ebullición del azúcar, tipo y capacidad de los evaporadores, entre otros. (35) Además, según la Asociación Americana de Control Oficial de Alimentos (AAFCO),

recomienda diferentes clasificaciones para las melazas, según el azúcar total y el contenido de humedad, así se tiene la melaza superior Blackstrap, melaza de caña que contiene 23.4% de agua o menos y 53.5% o más de azúcares totales y la melaza Blackstrap, melaza compuesta por 23.5 a 26.4% de agua y 48.5% a 53.5% de azúcares totales. (32)

2.3.3.1. Usos

La melaza es usada como aditivo (Tabla 8) para acelerar el proceso de ensilaje, ya que provee una fuente de azúcares solubles que la bacteria utiliza para producir ácido láctico. Asimismo, otro tipo de aditivos son los inóculos que son bacterias vivas disponibles comercialmente y que agregando ciertas bacterias ácido lácticas (BAL) pueden acelerar y mejorar el proceso del ensilaje. (36)

La melaza también es suministrado al ganado de leche y carne como aditivo en las raciones alimenticias, para incrementar la gustosidad (palatabilidad) o facilitar la reducción a comprimidos de las raciones convencionales mezclados en seco. (32)

Según Fajardo y Sarmiento (32), mencionan que la melaza también se utiliza en alimentos líquidos, como suplemento del ganado en pastoreo solo o adicionado con otros componentes como urea y ácido fosfórico. Igualmente ha sido común como ingrediente alimenticio para pollos y cerdos, utilizados hasta un nivel 40 % logrando la alimentación adecuada de los animales, en vacunos se utiliza hasta un máximo del 30 %.

Tabla 8. Categorías de aditivos para el ensilaje

Tipo de aditivo	Ingrediente activo típico	Comentarios
Estimulantes de fermentación	BAL, azúcares(melaza), Enzimas	Puede afectar la estabilidad aeróbica
Inhibidores de fermentación	Ácido fórmico* Ácido láctico* Ácidos minerales Nitritos Sulfitos Cloruro de sodio	Inhibición de clostridios
Inhibidores de deterioro aeróbico	BAL Ácido propiónico* Acido benzoico* Ácido sórbico*	
Nutrientes	Urea Amoniaco Minerales	Puede mejorar la estabilidad aeróbica
Absorbentes	Pulpa seca de remolacha Azucarera Paja	

Fuente: Oude. (21)

Por otra parte, la melaza se usa como fertilizante, mezclado con bagazo y otros componentes en casos especiales de abundancia. (32)

2.3.4. Biofertilizante

Los biofertilizantes son también conocidos con otros nombres como "bio" o "bio abono" y existen muchos tipos, algunos están hechos de la simple mezcla de estiércol con agua, y otros son elaborados a partir de la fermentación de plantas en agua como, por ejemplo el purín de Ortiga tan común en los huertos biodinámicas. En general, son el producto de la fermentación de sustancias orgánicas en agua y sirven para estimular y activar la nutrición y la resistencia de las plantas a los ataques de insectos y enfermedades. (7)

Los biofertilizantes líquidos son fertilizantes orgánicos disueltos en agua, que se producen a partir de un proceso vivo. Al contrario de los abonos químicos que

Entre las ventajas de la prueba de bioensayo, es importante considerar la sensibilidad de las especies, el reducido tiempo de exposición de la prueba con semillas, los bajos costos asociados y que no requiere equipamiento sofisticado. (39)

Según Sobrero y Ronco (38), un indicador de fitotoxicidad o de crecimiento anormal en las plántulas tratadas y en los controles pueden ser: ápices radiculares con necrosis, pelos absorbentes poco desarrollados, radículas con crecimiento ensortijado, necrosis en los cotiledones, etc. siendo la necrosis evidencia como mancha localizadas de coloración parda, blanca o marrón. Y en cuanto al efecto en la germinación se denomina anormal cuando emerge cotiledones o hipocótilo sin emergencia de radícula y también puede darse la germinación de la semilla con desarrollo de hongos por la falta de condiciones asépticas en la prueba.

Varnero (40), 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 Varnero (40), la determinación de sustancias tóxicas en forma independiente encarece 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.

Por otra parte Varnero (40), realizó un ensayo muy similar al realizado por Sobrero y Ronco (38), usando como material de estudio semillas de rabanito y lechuga, usando un extracto de compost maduro en la proporción de 1:5 de residuos: agua destilada. Se realizó asimismo la interpretación del bioensayo de fitotoxidad mediante el cálculo del índice de germinación (IG) como variable más sensible y completa para evaluar el grado de madurez química requerido en materiales compostados que se utilizarán como componente base para la elaboración de sustratos especializados de uso agrícola.

2.3.5.3. Características de *Lactuca sativa* L. “Lechuga”

La *Lactuca sativa* L. es una hortaliza popular en el mundo; en el Perú su cultivo tiene una gran importancia en la Costa Central debido a las adecuadas condiciones climáticas, la facilidad de su cultivo, su corto período vegetativo y los buenos rendimientos que se obtienen. Su demanda es muy alta, por su gusto y agradable sabor, siendo un alimento apreciado en las dietas por su baja escala de calorías, manteniendo su alto valor nutritivo. (41)

Chang (42), mencionan que la lechuga es una hortaliza de propiedades tranquilizantes, y debido a que es consumida cruda, conserva todas sus propiedades nutritivas, es una excelente fuente de vitaminas A, B1, B2, B6 y C, también de minerales como Ca, Fe, Mg, P, K y Na, cuyos valores varían de acuerdo al cultivar. La lechuga prefiere el suelo franco arenoso con alto contenido de materia orgánica, es sensible a la acidez del suelo, se debe agregar cal si es necesario para ajustar el pH a 6,5–7,0. (43)

Con respecto a las semillas de lechuga estos tienen altos porcentajes de germinación a temperaturas ambientales entre 1 a 25 °C, mientras que a temperaturas mayores de 25 °C, decrece (perdiendo rápidamente su viabilidad) y

es nula cuando sobrepasa los 30 °C aunque la respuesta de las semillas varía de acuerdo al cultivar. (41)

Experiencias en la siembra de semillas de lechuga de Enza Zaden variedades tipo Butterhead: Crufia y Thirza que se realizaron en el Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral de la UNALM, demostraron que las semillas siendo regadas con agua hasta la aparición de la primera hoja verdadera, y siendo la germinación evaluada al cuarto día después de la siembra, se obtienen 94 y 99 % de germinación promedio. (42)

2.4. Otras definiciones conceptuales

2.4.1 Bacterias Ácido Lácticas (BAL)

Según Prescott (44), mencionan que las denominadas bacterias ácido lácticas son aquellas bacterias que producen ácido láctico como su principal y único producto de fermentación, pertenece a este grupo los géneros Streptococcus, Enterococcus, Lactococcus y Lactobacillus.

Las bacterias lácticas se caracterizan porque no producen endosporas, son normalmente inmóviles, dependen de la fermentación de azúcares para obtener energía, son anaerobios facultativo, sin embargo se les suele clasificar como anaerobios aerotolerantes y debido a su limitada capacidad biosintética son nutricionalmente exigentes en cuanto a que deben suministrárseles vitaminas, aminoácidos, purinas y pirimidinas (44). Dentro del orden Lactobacillales el género más numeroso con casi 80 especies es el género Lactobacillus. (44)

2.4.2. Lactobacillus

Según Madigan (5), mencionan que los Lactobacillus son bacterias de morfología bacilar que varía en su longitud y grosor, la mayoría de las especies son

homofermentadoras, sin embargo hay algunas que son heterofermentadoras. En la Tabla 9 se observa la clasificación de los Lactobacillus según su metabolismo.

Los lactobacillus se diferencian según el tipo de producto de fermentación que realizan a partir de los azúcares, los denominados homofermentadores a través de la vía de Embden - Meyerhof tiene como único producto de la fermentación el ácido láctico y los denominados heterofermentadores por la vía pentosa fosfato producen otros compuestos aparte del ácido láctico, como el etanol y CO₂ (5)

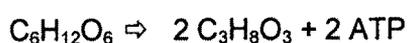
Tabla 9. Clasificación de los Lactobacillus

Grupo I. Homofermentadoras	<i>L. acidophilus, L. delbruekii, L. helveticus, L. salivarius</i>
Grupo II. Heterofermentadoras facultativos	<i>L. casei, L. curvatus, L. plantarum, L. sakei</i>
Grupo III. Heterofermentativos estrictos	<i>L. brevis, L. buchneri, L. fermentum, L. reuteri</i>

Fuente: García. (45)

Garces (36), mencionan que la fermentación ácida es una reacción de oxidación - reducción balanceada internamente, en la cual algunos átomos de la fuente de energía quedan reducidos y otros quedan oxidados; siendo únicamente una pequeña cantidad de energía la que se libera durante la fermentación de la glucosa porque la mayor parte de la energía permanece en el producto de fermentación reducido. La energía liberada en la fermentación de la glucosa a ácido láctico se conserva por fosforilaciones a nivel de sustrato en forma de enlaces fosfato de alta energía en el ATP, con una producción neta de dos de esos enlaces en cada caso.

Catabolismo de la glucosa por una bacteria del ácido láctico



Glucosa \Rightarrow ácido láctico

Los lactobacillus son resistentes a las condiciones ácidas que los diferencia de otras bacterias lácticas, siendo capaces de crecer hasta pH de 4, esta resistencia al pH les permite seguir creciendo durante las fermentaciones lácticas naturales, mientras que otras bacterias lácticas ya no pueden crecer. (5)

En general no son patógenos, normalmente se encuentran sobre una superficie de las plantas y en productos lácteos, la carne, aguas residuales, cerveza, frutas y además forman también parte de la microbiota normal del cuerpo humano, de la boca, el tracto digestivo y la vagina. (44)

2.4.3. Aplicaciones de las Bacterias Lácticas

El ensilaje es una de las aplicaciones más conocidas de la BAL, este consiste en la fermentación anaerobia de carbohidratos solubles presentes en forrajes para producir ácido láctico, siendo el producto final la conservación del alimento (forraje) porque la acidificación del medio inhibe el desarrollo de microorganismos. (36)

En el ensilaje, las bacterias epífitas de ácido láctico fermentan los carbohidratos hidrosolubles del forraje produciendo ácido láctico y en menor cantidad ácido acético, al generarse estos ácidos el pH del material ensilado baja a un nivel que inhibe la presencia de microorganismos que inducen la putrefacción. (21)

El proceso de ensilaje se puede dividir en cuatro etapas, la fase aeróbica, fase de fermentación, fase estable y fase de deterioro aerobio, es en la fase anaeróbica donde las BAL proliferan y se convierten en la población predominante, en esta fase se da la producción del ácido láctico y otros ácidos, y es en donde el pH baja a valores de 3,8 a 5,0. (30) Según Kimura (46), el uso de

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación

La obtención del biofertilizante y del bioensayo se llevó a cabo en el Laboratorio de Biorremediación del Departamento de Biología de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

3.2. Población

Se trabajó con Excreta fresca de ovino proveniente del establo lechero de la Unidad Experimental de Zootecnia de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM).

3.3. Muestra

Materia prima

Excreta fresca de ovino proveniente del establo lechero de la Unidad Experimental de Zootecnia de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM).

Consorcio de bacterias ácido lácticas (B-lac)

Cultivo que contiene un consorcio de bacterias probióticas, este producto B-lac[®], contiene bacterias del género *Lactobacillus*, *Streptococcus*, *Bifidobacterium* (45) fue elaborado en el laboratorio Biorremediación de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

Melaza de caña

Se obtuvo de manera indirecta del establo de la Universidad Nacional Agraria La Molina porque se obtuvo del departamento de Trujillo, siendo esta de la variedad superior Blackstrap, melaza de caña que contiene 23,4% de agua, 53,5% de azúcares totales.

Suero lácteo

Se obtuvo de la Planta lechera de la Universidad Nacional Agraria La Molina, proveniente de la población de vacunos de las razas Holstein, Brown Swiss, Cruzadas y Simental de la Unidad Experimental de Zootecnia (UEZ) de la UNALM.

Semillas

Se utilizaron semillas de *Lactuca sativa* L. "lechuga", variedad mantecosa tipo Crufia, obtenidas y certificadas en el Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral de la UNALM, semillas sin curar es decir sin fungicidas o plaguicidas, con buen poder germinativo y baja variabilidad de elongación de la radícula e hipocotilo.

3.4. Metodología para la recolección de datos

3.4.1. Toma de muestra de las excretas

La toma de muestra de excreta del establo, se realizó en día de semana laborable en bolsas de polietileno, especialmente por la mañana, cuando las ovejas eran alimentadas; éstas al aproximarse al comedero iban excretando mientras se alimentaban, así aquellas excretas frescas fueron recolectadas de distintas ovejas, para tener una muestra representativa; siendo inmediatamente transportadas al Laboratorio de Biorremediación para su tratamiento. Se tomó la muestra de las excretas y se realizó el análisis del porcentaje de humedad a través del método de evaporación hasta peso constante.

3.4.2. Tratamiento de las excretas de ovino y los insumos empleados

En la Figura 2, se muestra el tratamiento de las excretas, para su posterior fermentación láctica, siendo los tratamientos ensayados según la proporción correspondiente de excreta, melaza y suero lácteo fermentado agregados en ese orden, a una concentración de 0, 10, 15 y 20 % de los insumos en estudio denominados factor melaza y del suero lácteo fermentado como segundo factor de estudio en las mismas concentraciones, las combinaciones de los dieciséis tratamientos correspondientes se muestra en la Tabla 12, con la codificación empleada en el trabajo de investigación.

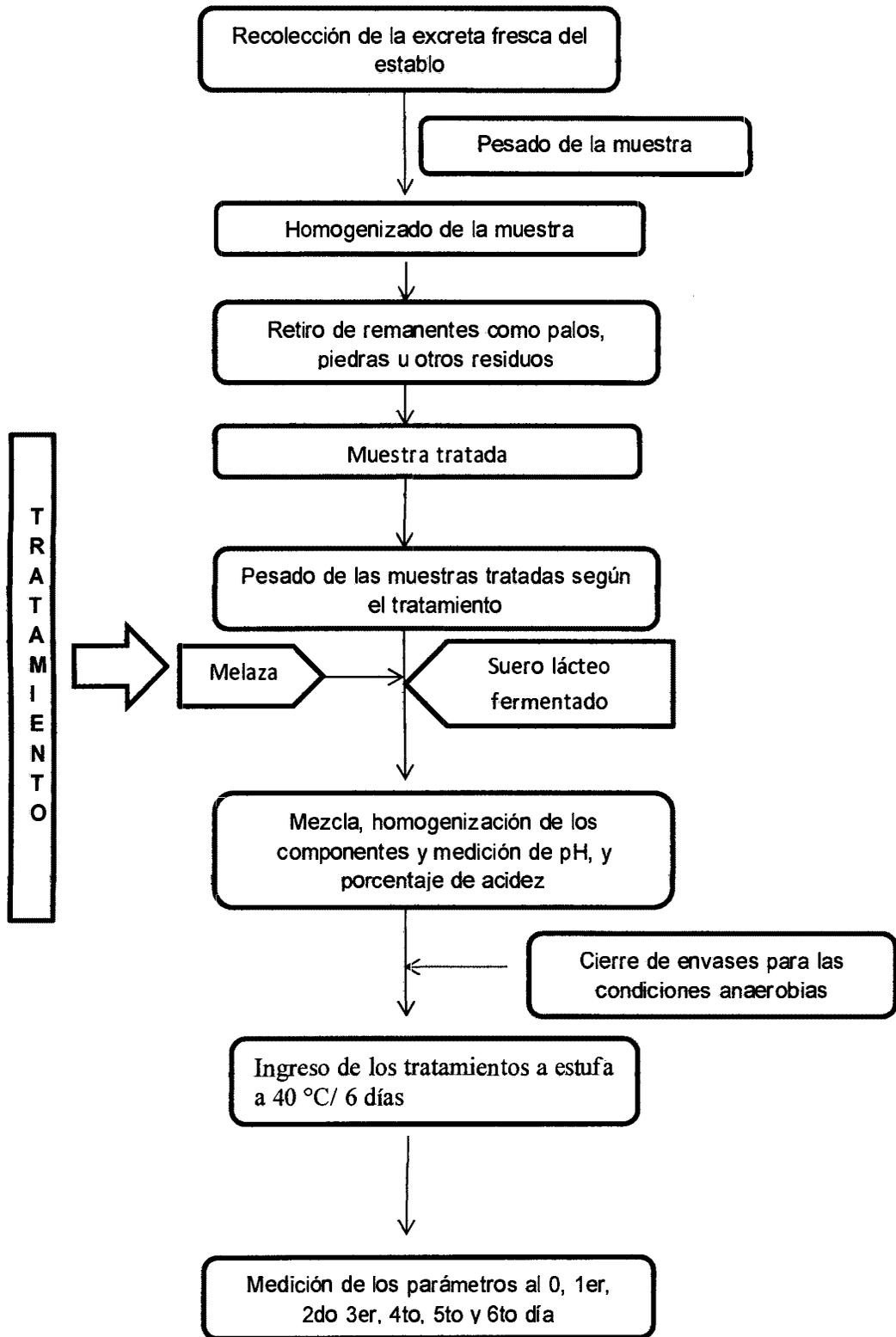


Figura 2.- Flujograma del tratamiento de las excretas de ovino

Se obtuvo un peso final de 500 g para cada uno de los dieciséis diferentes tratamientos, estos fueron pesados, mezclados y homogenizados en bolsas de polietileno, posteriormente de cada tratamiento fueron distribuidos en envases de 1 litro con tres repeticiones cada uno, luego estos envases fueron cubiertos con una bolsa plástica cortada a la medida para proporcionar un ambiente anaeróbico, para luego cerrar los recipientes y rotularlos según la codificación de la Tabla 11.

Tabla 11. Diagrama de los tratamientos utilizados

	Suero Lácteo Fermentado (SLF)			
	Melaza	0%	10%	15%
0%	T1	T5	T9	T13
10%	T2	T6	T10	T14
15%	T3	T7	T11	T15
20%	T4	T8	T12	T16

En la Tabla 12 se muestran los porcentajes en peso de excreta, melaza y SLF para un peso total de 500 g para cada tratamiento con tres repeticiones.

Tabla 12. Concentraciones de excreta tratada (ET) según tratamiento

TRATAMIENTOS (Proporción al 100% en peso)											
Melaza	SLF	ET	Melaza	SLF	ET	Melaza	SLF	ET	Melaza	SLF	ET
	T1			T5			T9			T13	
0%	0%	100%	0%	10%	90%	0%	15%	85%	0%	20%	80%
	T2			T6			T10			T14	
10%	0%	90%	10%	10%	80%	10%	15%	75%	10%	20%	70%
	T3			T7			T11			T15	
15%	0%	85%	15%	10%	75%	15%	15%	70%	15%	20%	65%
	T4			T8			T12			T16	
20%	0%	80%	20%	10%	70%	20%	15%	65%	20%	20%	60%

3.4.3. Porcentaje de humedad

La metodología que se usó para la determinación de la humedad de las excretas en laboratorio fue por medio del secado al horno hasta peso constante a 70°C por 24 y 48 horas. Temperatura recomendada para alimentos vegetales, a fin de reducir al mínimo la destrucción de carbohidratos (44).

La humedad es expresada en porcentaje entre el peso del agua existente en una determinada masa de excreta y el peso de las partículas sólidas, es decir:

$$Hd = \frac{W-w}{W} \times 100\%$$

Dónde:

Hd = contenido de humedad expresado en %

W = masa inicial de excreta (g)

w = masa final de las excretas (g)

3.4.4. Medición del pH

La medición del pH fue a través del método potenciométrico, utilizando un potenciómetro Hanna instruments HI 8424 microcomputer, a través de la medición directa, introduciendo el electrodo del potenciómetro en la muestra. Considerándose como lectura válida al valor que se mantuvo por 10 segundos constantes aproximadamente. El equipo previamente fue calibrado usando las soluciones buffer de pH 4 y pH 7. (11)

3.4.5. Medición del porcentaje de ácido láctico

Se determinó mediante la medición indirecta del ácido láctico titulable siguiendo la metodología de la Association of Official Agriculture Chemist. (49) Este método potenciométrico consiste en determinar la titulación del ácido presente en la muestra con el hidróxido de sodio 0,1 N teniendo como punto final al cambio de pH del indicador fenolftaleína a un viraje de pH 8,1 +/- 0,2. El método consiste en expresar en gramos de ácido por 100 gramos del producto usando el factor del ácido apropiado. En el caso del biofertilizante fue del ácido láctico de 0,090.

Se pesó 5 gramos de la muestra y se diluyó en 50 ml de agua destilada, para luego tomar una alícuota de 10 ml, y se tituló con hidróxido de sodio de 0,1 N. El porcentaje de ácido láctico titulable en las muestras se calculó con la fórmula:

$$\% \text{ácido láctico titulable} = \frac{G \times N \times 0,090 \times 100}{m}$$

Dónde:

G = Gasto de NaOH (ml)

N = Normalidad del NaOH

m = masa de la muestra (g)

0,090 = Factor de conversión

3.5. Selección de los mejores tratamientos

3.5.1. Criterio de selección de los tratamientos

Se utilizó los criterios tomados de Peña (47):

- El pH debe ser menor a 4,5, si es menor o cercano a 4 se considera un buen tratamiento en el menor tiempo.
- No deben presentar mal olor, y tampoco olores fuertes.
- En cuanto a la apariencia de los tratamientos, se buscó que sean sin formación de capas de microorganismos, sean mohos o levaduras.

Los parámetros fisicoquímicos evaluados fueron:

- Evaluación del pH en forma directa en cada uno de los seis días de fermentación, tomando en cuenta el día cero inicial.
- El porcentaje de ácido láctico titulable de cada tratamiento, se midió el día 0, 2do, 4to y 6to.

Asimismo, se tuvo como criterio el grado de significación de la prueba estadística en cuanto al efecto de interacción de los factores melaza y suero lácteo fermentado sobre los parámetros pH y ácido láctico, así como la mejor combinación de dichos factores expresados en el mejor tratamiento.

3.5.2. Medida de la estabilidad del biofertilizante

Se seleccionan tratamientos a los que se midió su estabilidad y comportamiento por un periodo de 30 días a partir del sexto día de fermentación, tomando datos al día 15 y al día 30 para observar su grado de estabilidad y su variación en cuanto a la variable pH y porcentaje de ácido láctico. Transcurridos los días detallados se procedió a realizar una nueva selección siguiendo los mismos criterios señalados por (42) y también el grado de significación de la prueba

estadística en cuanto al efecto de los factores melaza y suero lácteo fermentado sobre los parámetros pH y ácido láctico, así como la identificación de la mejor combinación de dichos factores expresados en el mejor tratamiento.

Luego de seleccionar sólo al mejor de todos ellos se procedió a realizar un segundo ensayo, en donde se utilizó 5 kg de peso total final que contenía excreta, melaza y SLF, que luego de 6 días de fermentación, se procedió a hacer la separación de la parte líquida (biol) de la parte sólida (biosol) con una prensa hidráulica. Con el abono orgánico obtenido, se procedió a hacer la caracterización microbiológica, agronómica.

Se procedió también a hacer el bioensayo de toxicidad en lechuga con el biol obtenido. El biosol se secó en una estufa a 105°C por 24 horas, según el Laboratorio de Análisis de Agua, Suelo, Plantas y Fertilizantes (LASPAF), con lo cual estaría listo para aplicar en proporciones dosificadas directamente al campo.

3.5.3. Caracterización del mejor tratamiento

Luego de realizada la selección del mejor tratamiento se procedió a la caracterización de éste, mediante el análisis microbiológico, para asegurar que el abono líquido o biofertilizante obtenido estaba libre de microorganismos patógenos. Asimismo, se caracterizó a nivel agronómico en cuanto a su contenido de macronutrientes, micronutrientes y características fisicoquímicas para determinar la composición de este como abono, paso importante para optimizar su uso.

El biofertilizante líquido fue llevado al Laboratorio de Ecología Microbiana y Biotecnología Marino Tabusso, siguiendo la metodología de la ICMSF (50) para

su evaluación microbiológica y al Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes de la Facultad de Agronomía para el análisis agronómico.

3.5.4. Análisis microbiológico

El análisis microbiológico de la excreta fresca de ovino y biofertilizante obtenido fueron realizados en el Laboratorio de Ecología Microbiana y Biotecnología “Marino Tabusso” de la UNALM, siguiendo la metodología de la International Commission on Microbiological for Food (50); incluyó la enumeración de coliformes totales, coliformes fecales, recuento de mohos, recuento de levaduras y recuento de bacterias ácido lácticas.

Con dichos ensayos microbiológicos se logró determinar y asegurar la calidad fitosanitaria del biofertilizante.

3.5.5. Análisis agronómico

El análisis agronómico de la excreta fresca de ovino y del biofertilizante fueron realizados en el Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes (51) de la Facultad de Agronomía de la UNALM en el que se evaluó el pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, sólidos totales, concentración de nitrógeno total, fósforo total, potasio total, calcio, magnesio, sodio, hierro, cobre, zinc, manganeso y boro. (Tabla 13)

En la Tabla 13 se muestran la metodología empleada. (51)

Tabla 13. Métodos de análisis de la materia orgánica

Parámetros	Métodos
pH	Potenciometría
Conductividad eléctrica	Conductimetría
Sólidos totales	Gravimetría
Materia orgánica	Walkley y Black o Dicromato de Potasio
Nitrógeno	Kjeldahk
Fósforo	Amarillo del Vanadato Molibdato
Potasio, Calcio, Magnesio, Sodio	Espectrometría de absorción atómica
Hierro, Cobre, Zinc, Manganeso	Espectrometría de absorción atómica
Boro	Curmina
Pb, Cd, Cr	Espectrometría de absorción atómica

3.6. Prueba del efecto del biofertilizante en semillas de lechuga

Luego de la caracterización microbiológica y agronómica del mejor tratamiento se procedió a realizar el ensayo del efecto del biofertilizante en semillas de lechuga, se consideró usar plantas con las siguientes características:

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

Las condiciones usadas para evaluar el efecto del abono líquido de excreta de ovino en la germinación, crecimiento y desarrollo de las plántulas de lechuga *Lactuca sativa* L. en sus primeros estadios, según Sobrero y Ronco (38), fueron las siguientes:

- La temperatura para la germinación de $22 \pm 2^{\circ}\text{C}$

- La calidad de la luz (oscuridad)
- El tiempo de duración de 120 horas (5 días)
- El efecto medio de la inhibición en la elongación de la radícula e hipocótilo
- La inhibición de la germinación
- Resultado final: inhibición media (CI) 50 y 0 %
- Aceptabilidad de los resultados: germinación > 90 %

Se utilizaron 360 semillas de lechuga de *L. sativa* variedad Mantecoso que fueron distribuidas en 18 placas petri o unidades experimentales con 20 semillas cada una y 3 repeticiones por tratamiento. Los tratamientos tuvieron diferentes dosis de biol de excreta de ovino diluidos con agua de mesa y al control positivo se le aplicó sólo agua de mesa.

Los tratamientos fueron:

- Tratamiento control (agua de mesa)
- Dilución del biol al 10^0 - T1
- Dilución del biol al 10^{-1} - T2
- Dilución del biol al 10^{-2} - T3
- Dilución del biol al 10^{-3} - T4
- Dilución del biol al 10^{-4} - T5

Para evaluar el efecto en la elongación de la radícula y el hipocótilo, se midieron dichas partes de la planta usando papel milimetrado. Teniendo en cuenta que la medida de la elongación de la radícula se considera desde el nudo (región más engrosada de transición entre la radícula y el hipocotilo) hasta el ápice radicular.

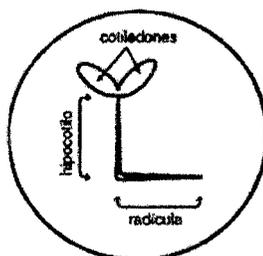


Figura 3.- Esquema de una plántula de lechuga. (40)

Luego de obtener todas estas mediciones, se procedió a hacer el cálculo del índice de germinación (IG).

3.6.1. Cálculo del Índice de Germinación (IG)

Según la metodología descrita por Varnero (40), se calcularon previamente dos índices: el porcentaje de germinación relativo (PGR) y el crecimiento de radícula relativo (CRR) de cada tratamiento teniendo al tratamiento control como testigo.

$$PGR = \frac{\text{N}^{\circ}\text{de semillas germinadas en el extracto}}{\text{N}^{\circ}\text{de semillas germinadas en el testigo}} \times 100$$

$$CRR = \frac{\text{Elongación de radículas en el extracto}}{\text{Elongación de radículas en el testigo}} \times 100$$

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

IG, es el Índice de Germinación, que permitió evaluar el grado de madurez requerido para los residuos orgánicos que se seleccionen como componente base en la elaboración de sustratos especializados de uso agrícola.

3.7. Tipo de investigación

Se utilizó un diseño experimental, con dieciséis tratamientos y tres repeticiones para luego evaluar el poder germinativo del biofertilizante en semillas de *Lactuca sativa* "lechuga" mediante un bioensayo.

3.8. Diseño experimental y análisis estadístico

El diseño estadístico empleado para comparar los datos de pH de los tratamientos según las dosis de melaza y SLF en la elaboración y selección del fertilizante orgánico, fue el Análisis de Varianza ($p < 0,05$) en un experimento Factorial A x B con $n = 3$, en el cual el factor A corresponde a la variable melaza con 4 niveles y el factor B corresponde a la variable SLF con 4 niveles. Para determinar diferencias significativas entre los tratamientos se aplicó la prueba de Tukey.

La comparación del porcentaje de germinación de 5 diferentes dosificaciones del tratamiento comparadas con el blanco control fue realizada mediante un Análisis de Varianza ($p < 0,05$) para un Diseño Completamente al Azar (DCA) con tres repeticiones. Para determinar diferencias significativas entre los tratamientos se aplicó la prueba de Tukey.

Para realizar estos análisis estadísticos se utilizó el Statistical Analysis Software (SAS) versión 8,2.

IV. RESULTADOS

Tabla 14. Valores de pH y porcentaje de humedad.

Insumos	pH promedio	Humedad(%)
Excreta de ovino	8,06	79,4
Suero lácteo fermentado (SLF)	3,50	94
Melaza	4,51	23,4

Tabla 15. Promedios de pH inicial según tratamientos.

Concentración de Melaza	Concentración de SLF			
	0%	10%	15%	20%
0%	T1	T5	T9	T13
	8,17	7,81	7,49	7,47
10%	T2	T6	T10	T14
	7,66	7,41	7,08	6,29
15%	T3	T7	T11	T15
	7,35	6,55	6,33	6,36
20%	T4	T8	T12	T16
	7,20	6,45	6,10	5,85

Tabla 16. Valores del pH por días según tratamiento.

Tratamiento	% Melaza/ %SLF	pH promedio						
		Días						
		0	1	2	3	4	5	6
T1	M0-SLF0	8,17	5,1	5,06	4,96	5,72	5,55	6,04
T2	M10-SLF0	7,66	4,98	4,33	3,77	3,86	3,76	3,78
T3	M15-SLF0	7,35	4,91	4,14	3,82	3,87	3,83	3,82
T4	M20-SLF 0	7,2	5,02	4,21	3,8	3,86	3,79	3,79
T5	M0- SLF10	7,81	4,85	4,43	4,17	4,26	4,22	4,24
T6	M10- SLF10	7,41	4,68	3,98	3,61	3,71	3,56	3,5
T7	M15-SLF10	6,55	4,68	4,01	3,85	3,93	3,45	3,45
T8	M20-SLF10	6,45	4,4	3,78	3,55	3,57	3,4	3,38
T9	M0-SLF15	7,49	4,4	4,35	4,05	4,21	4,17	4,2
T10	M10-SLF15	7,08	4,58	4,06	3,61	3,65	3,53	3,47
T11	M15-SLF15	6,33	4,64	3,9	3,55	3,54	3,41	3,39
T12	M20-SLF15	6,1	4,28	3,82	3,5	3,45	3,44	3,4
T13	M0-SLF20	7,47	4,21	4,04	3,85	3,93	3,91	4,02
T14	M10-SLF20	6,29	4,79	4,09	3,6	3,57	3,57	3,5
T15	M15-SLF20	6,36	4,85	3,92	3,53	3,53	3,44	3,41
T16	M20-SLF20	5,85	4,66	3,86	3,52	3,48	3,44	3,39

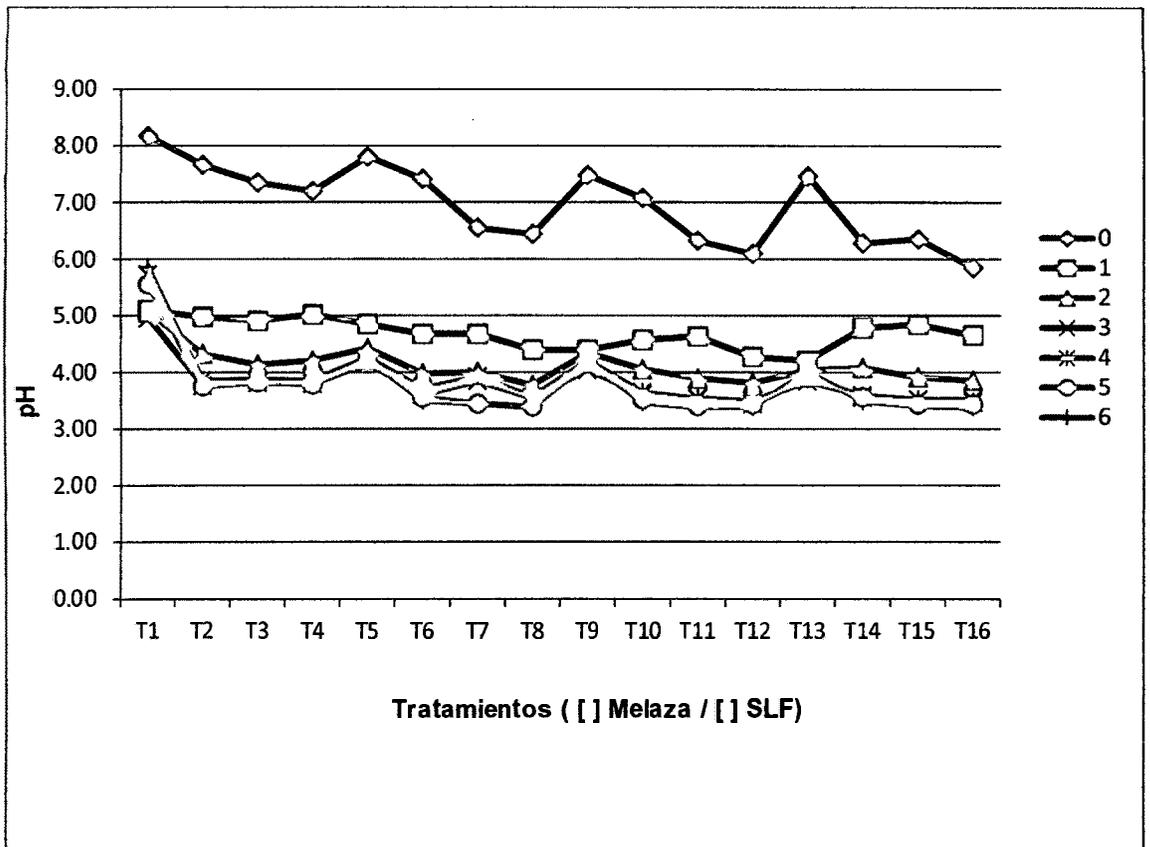


Figura 4. Valores del pH según tratamiento durante los seis días de fermentación

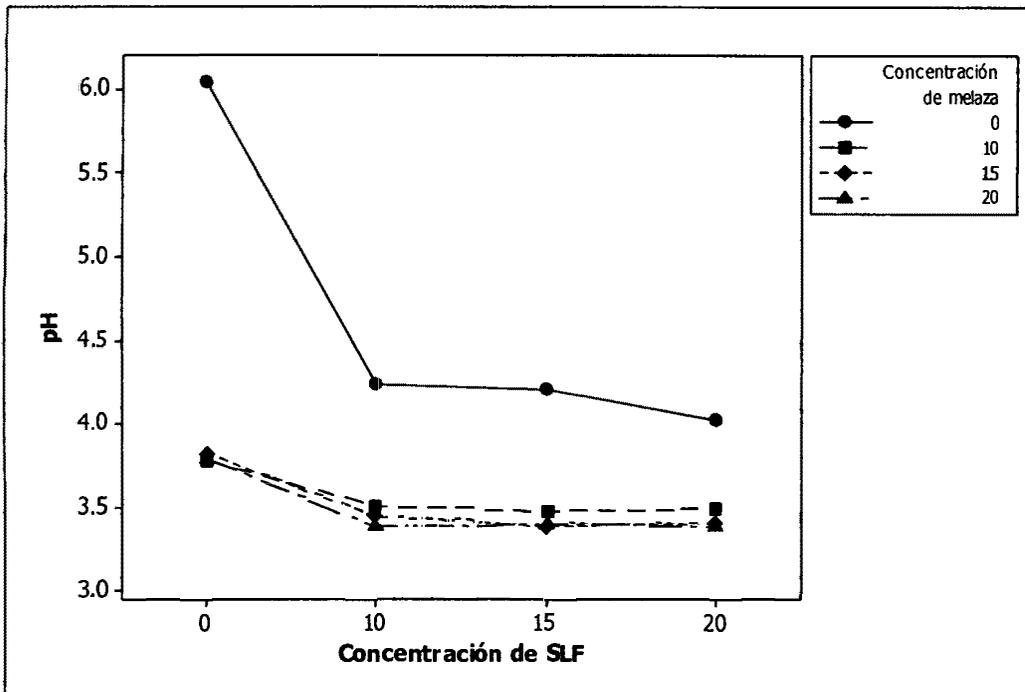


Figura 5. Interacción de las concentraciones de melaza y SLF según pH

Tabla 17. Promedio del ácido láctico inicial según tratamientos.

Concentración de Melaza	Concentración de SLF			
	0%	10%	15%	20%
0%	T1	T5	T9	T13
	0,13	0,02	0,04	0,07
10%	T2	T6	T10	T14
	0,09	0,1	0,08	0,14
15%	T3	T7	T11	T15
	0,09	0,11	0,12	0,11
20%	T4	T8	T12	T16
	0,05	0,11	0,14	0,17

Tabla 18. Variación de ácido láctico según tratamientos por días.

Tratamiento	%Melaza/ % SLF	% Ácido láctico promedio			
		Días			
		0	2	4	6
T1	M0-SLF0	0,13	1,29	0,52	0,31
T2	M10-SLF0	0,09	2,44	3,32	2,99
T3	M15-SLF0	0,09	2,62	3,02	2,87
T4	M20-SLF 0	0,05	2,48	3,20	3,14
T5	M0- SLF10	0,02	2,16	1,87	1,69
T6	M10-SLF10	0,10	2,69	3,19	3,28
T7	M15-SLF10	0,11	2,49	3,28	3,44
T8	M20-SLF10	0,11	2,60	3,34	3,42
T9	M0-SLF15	0,04	2,05	1,88	1,76
T10	M10-SLF15	0,08	2,69	3,44	3,47
T11	M15-SLF15	0,12	2,74	3,58	3,65
T12	M20-SLF15	0,13	2,72	3,54	3,56
T13	M0-SLF20	0,07	2,13	2,03	1,94
T14	M10-SLF20	0,14	2,57	3,52	3,61
T15	M15-SLF20	0,11	2,61	3,49	3,60
T16	M20-SLF20	0,17	2,70	3,56	3,65

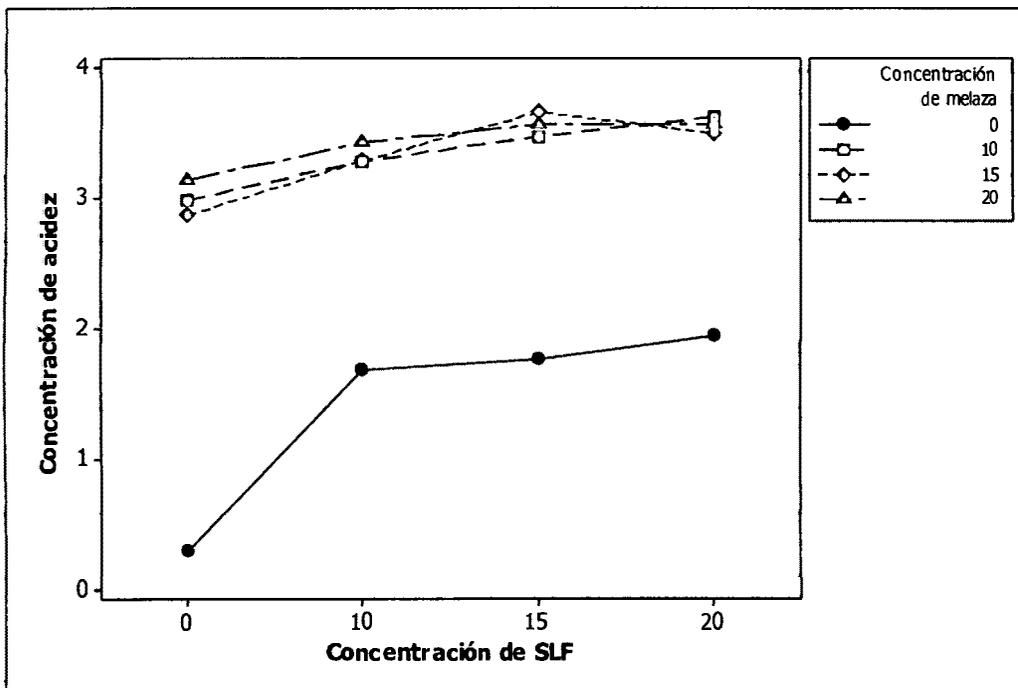


Figura 6. Interacción de concentración de melaza y SLF para el parámetro acidez

Tabla 19. Variación del pH según tratamientos seleccionados.

Tratamiento	%Melaza / % SLF	Día 0	Día 1	Día 6	Día 15	Día 30
T8	M20-SLF10	6,45	4,4	3,38	3,61	3,79
T10	M10-SLF15	7,08	4,58	3,47	3,6	3,81
T11	M15-SLF15	6,33	4,64	3,39	3,62	3,69
T12	M20-SFL15	6,1	4,28	3,4	3,57	3,68
T14	M10-SLF20	6,29	4,79	3,5	3,63	3,84
T15	M15-SLF20	6,36	4,85	3,41	3,6	3,77
T16	M20-SLF20	5,85	4,66	3,39	3,55	3,7

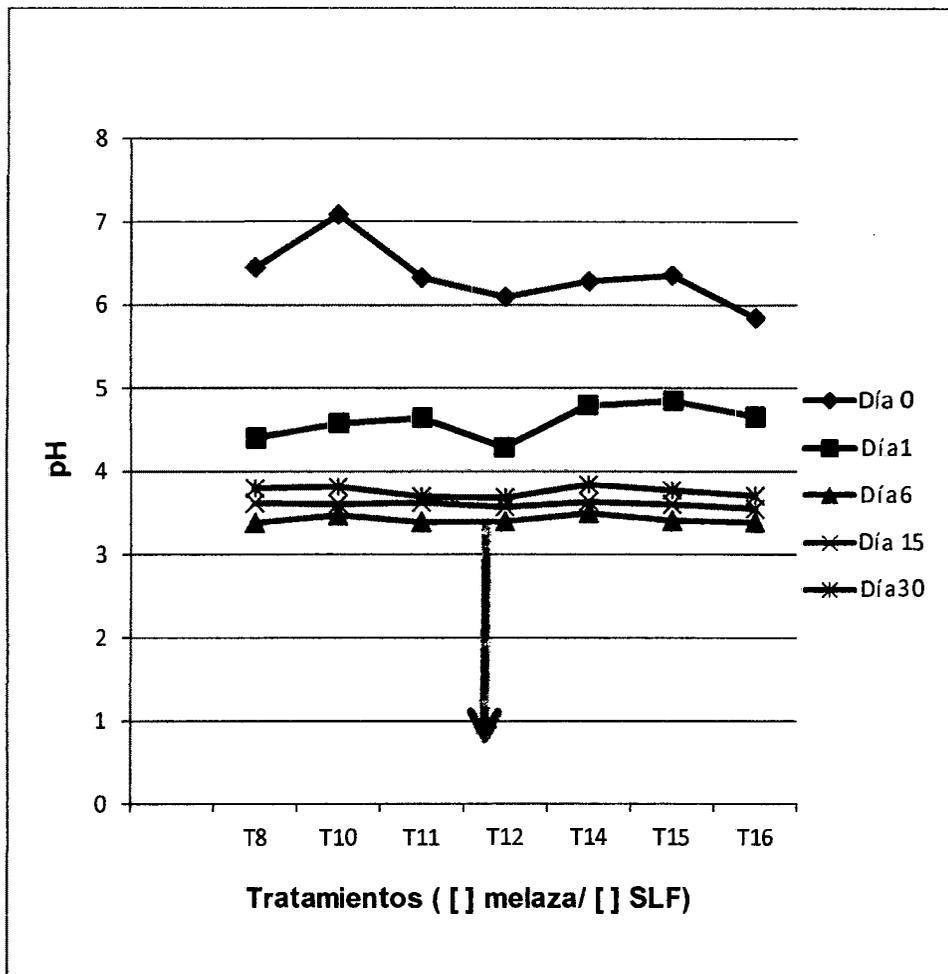


Figura 7. Variación del pH de tratamientos seleccionados

Tabla 20. Valores porcentuales de ácido láctico de tratamientos seleccionados.

Tratamientos	%Melaza / %SLF	% Ácido láctico			
		Día 0	Día 6	Día 15	Día 30
T8	M20-SLF10	0,11	3,42	3,30	2,56
T10	M10-SLF15	0,08	3,46	3,33	2,7
T11	M15-SLF15	0,12	3,65	2,99	2,96
T12	M20-SFL15	0,13	3,56	3,17	2,75
T14	M10-SLF20	0,13	3,61	3,28	2,69
T15	M15-SLF20	0,11	3,49	2,92	2,91
T16	M20-SLF20	0,17	3,56	3,09	3,0

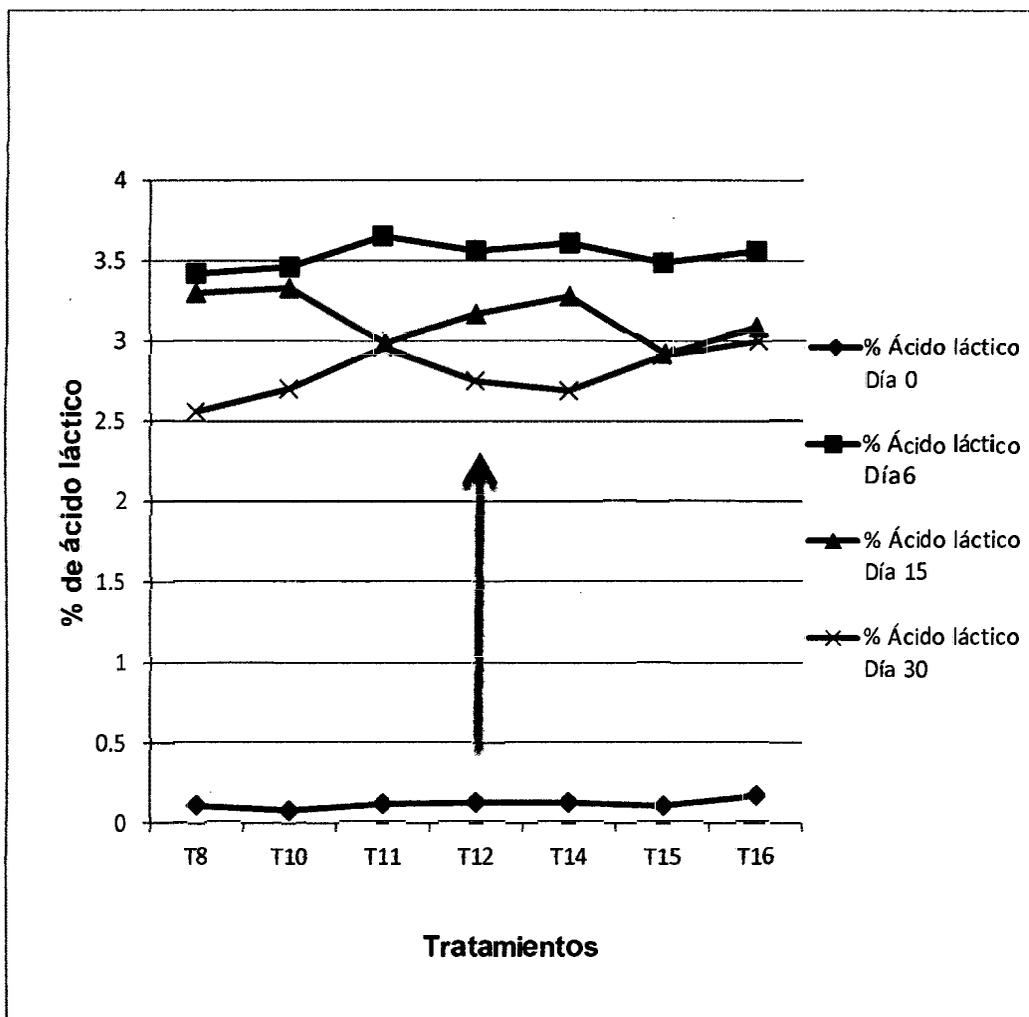


Figura 8. Variación de ácido láctico de tratamientos seleccionados

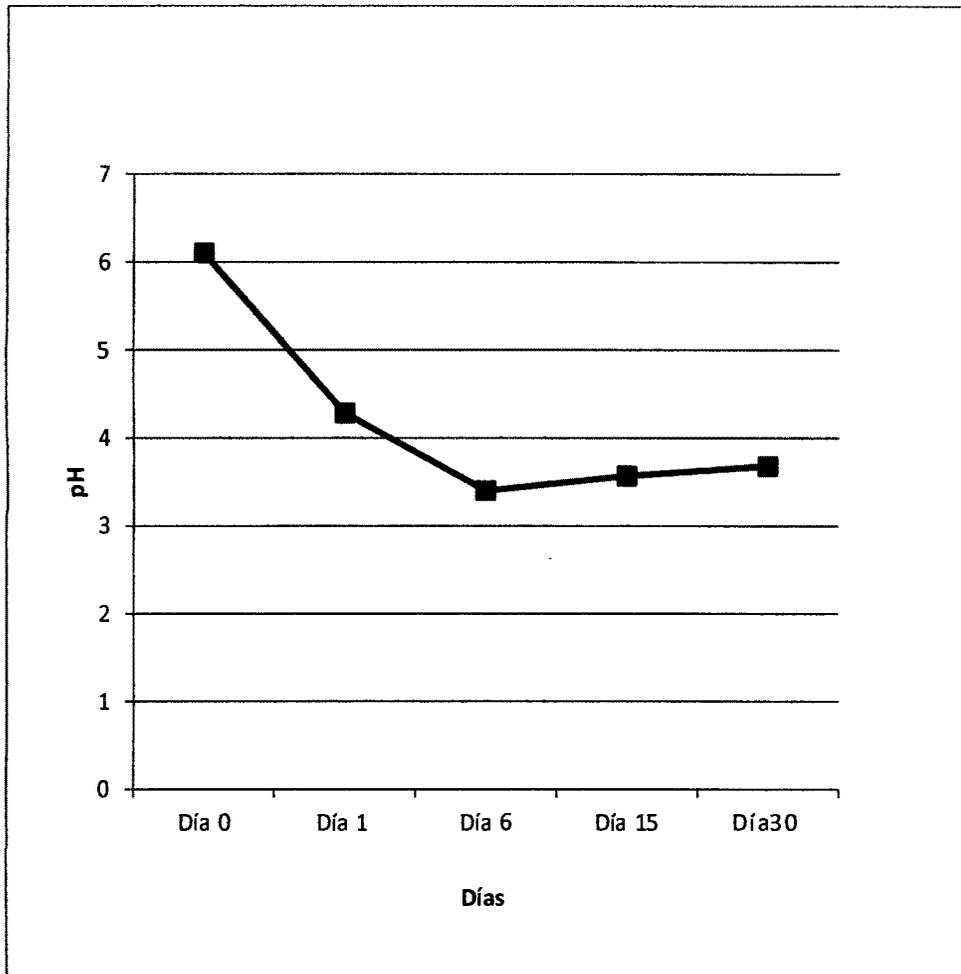


Figura 9. Estabilidad del pH del T12 seleccionado según días de fermentación

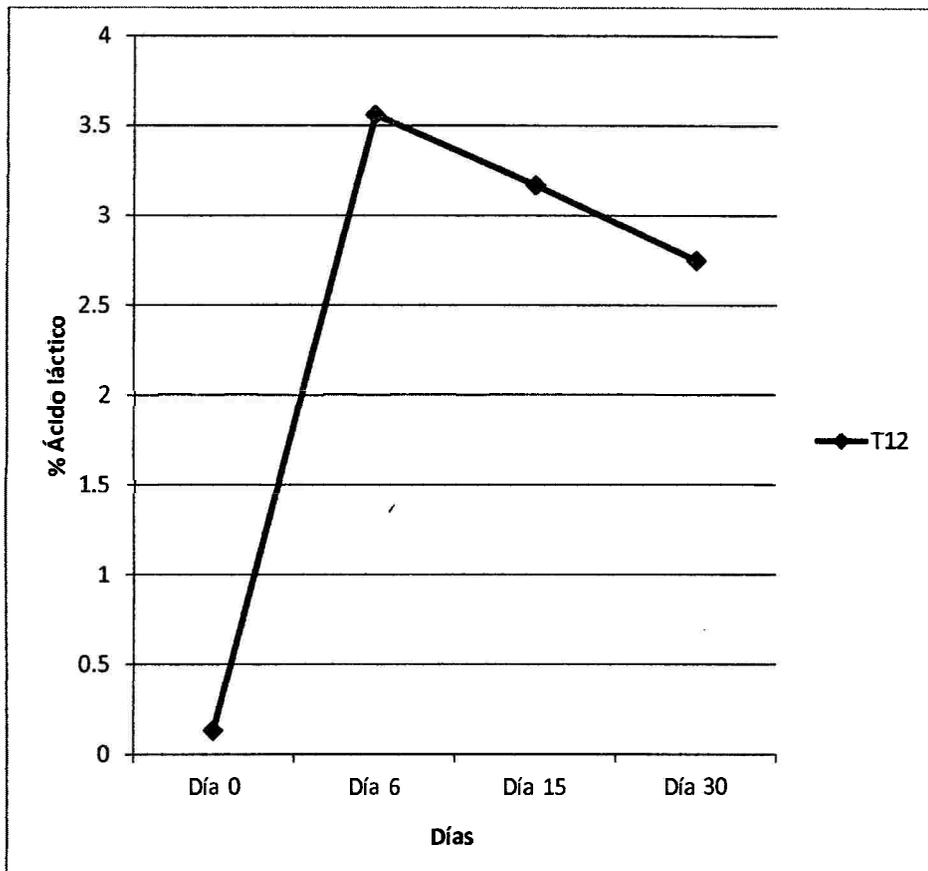


Figura 10. Estabilidad del ácido láctico del T12 seleccionado según días de fermentación

Tabla 21. Análisis microbiológico de excreta y biofertilizante.

Análisis microbiológico	Excreta fresca	Biofertilizante a partir de excreta de ovino
Enumeración de Coliformes totales (NMP. g)	41×10^7	< 3
Enumeración de Coliformes fecales (NMP. g)	41×10^7	< 3
Recuento de mohos y levaduras (UFC. g)	47×10^5	< 1
Recuento de bacterias ácido lácticas (UFC. g)	97×10^5	19×10^5

Tabla 22. Análisis agronómico del biofertilizante comparado con otros bioles.

Parámetros	Biol Lodo Residual ¹	BC ²	BV ³	Fert R.P.C. ⁴	Fast biol 20 ⁵	Biofertilizante Excreta de Ovino ⁶
pH	3,73	8,2	7,89	3,6	3,75	3,78
Conductividad Eléctrica (dS. M ⁻¹)	34,4	15,3	19,28	16,5	25,7	28,2
Sólidos totales (g.L ⁻¹)	15,81	-	-	-	-	194,8
Materia Orgánica (g.L ⁻¹)	12,94	5,4	5,28	148,42	181,1	150,4
Macronutrientes (mg. L ⁻¹)						
N	1825,6	980	1876	9485	4200	3815
P ₂ O ₅	600	121	71,2	310	744,2	1090
K ₂ O	5800	6760	1940	3296	17200	11400
CaO	1640	220,4	104,8	1672	5200	3010
MgO	662	53,4	27,6	696	1740	1275
Na	690	542	3400	1072	1040	1027
Micronutrientes (mg. L ⁻¹)						
Fe	109,8	-	0,16	30	516	116,5
Cu	1,96	-	2,28	2,25	14	2
Zn	8,7	-	1,36	4,2	60	14,33
Mn	6,94	-	14,08	2,4	28	15,1
B	4,13	-	5,2	21	19	5,83

Fuente: ¹Cupe Beatriz, 2012 (Abono orgánico de lodos residuales); ²Siura y Dávila, 2008 (Biol de excretas de cuy); ³Biol Ventanilla Ciudad Saludable. Informe de análisis especial de materia orgánica, 2008(Biol de origen porcino); ⁴ Bossio Félix, 2007 (fertilizante orgánico basado en residuos de pescado y roca fosfatada); ⁵ Peralta Liliana, 2010 (Biol de origen vacuno).

Tabla 23. pH y Conductividad eléctrica (C.E.) según tratamientos.

Diluciones	pH	C.E. (dS.m⁻¹)
Control (agua de mesa)	7,01	0,89
T ₁	3,81	26,3
T ₂	3,94	6,10
T ₃	5,04	1,20
T ₄	6,17	0,92
T ₅	6,62	0,90

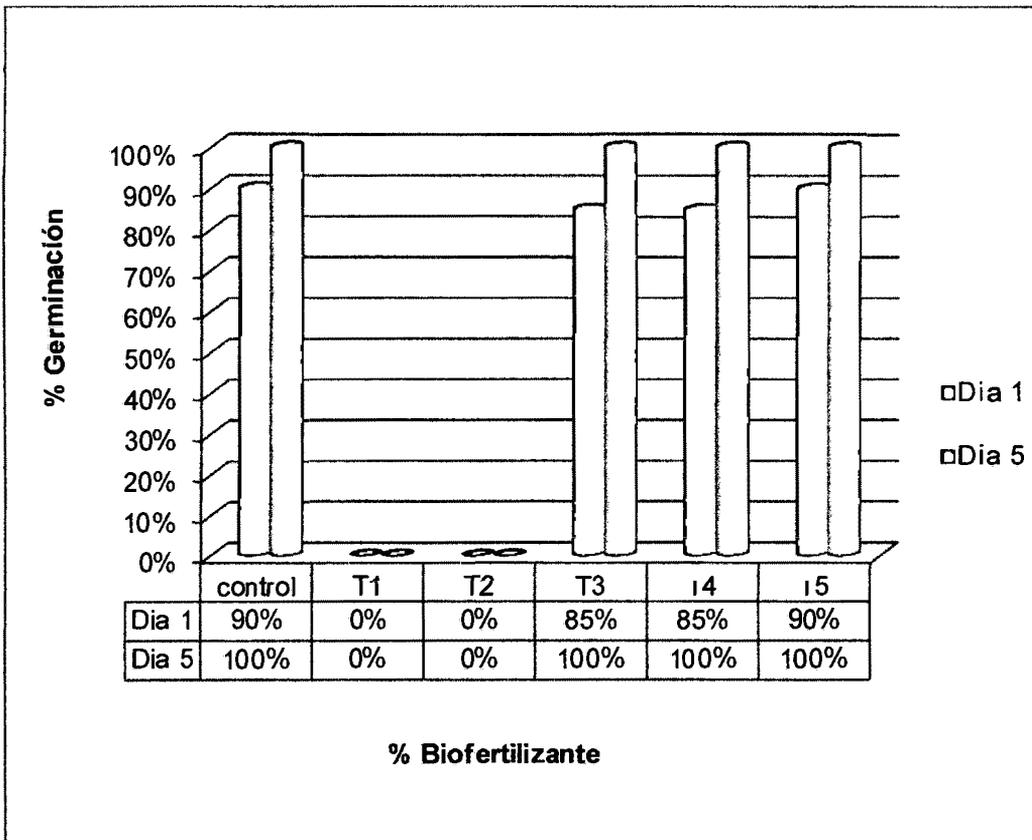


Figura 11. Porcentaje de germinación según concentración de biofertilizante

Tabla 24. Índice de Germinación (IG) de semillas de *Lactuca sativa*. L "lechuga".

	Nº Semillas germinadas	Porcentaje de Germinación Relativo (%)	Elongación de la radícula (mm)	Crecimiento de Radícula Relativo	IG (%)
Control	20	-	20,08	-	-
T₁	0	0	0	0	0
T₂	0	0	0	0	0
T₃	20	100	8,03	39,99	39,99
T₄	20	100	15,7	78,18	78,18
T₅	20	100	17,81	88,69	88,69

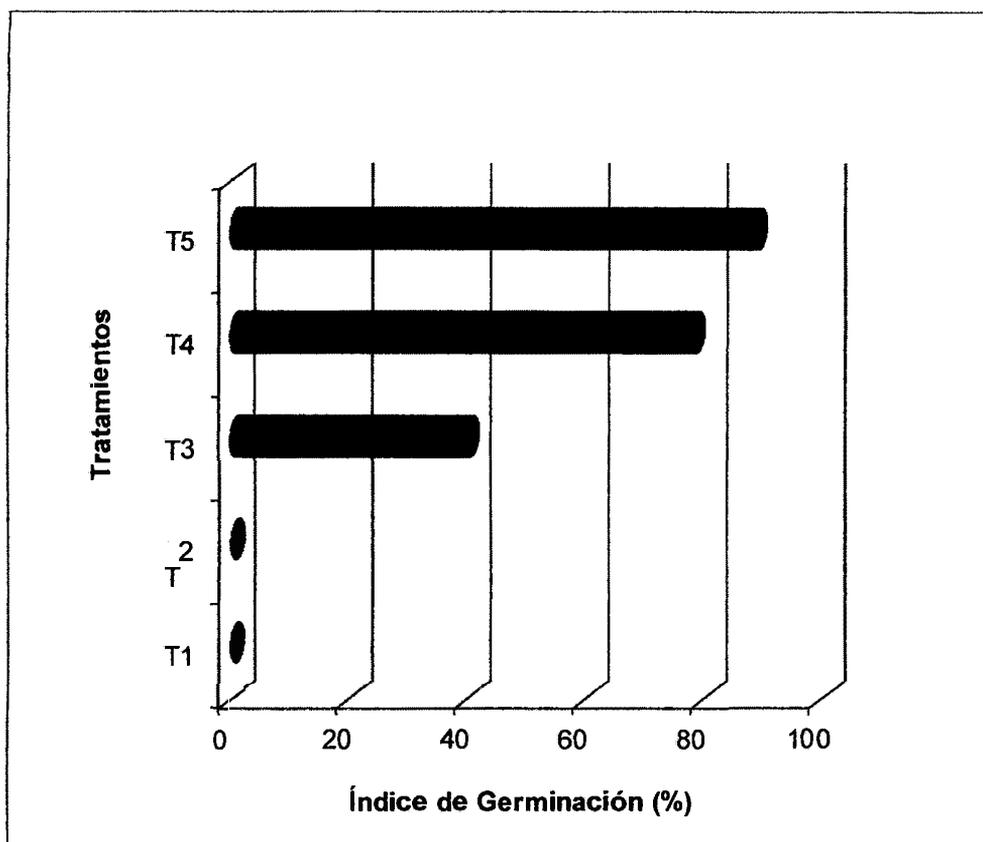


Figura 12. Índices de germinación de las semillas de *Lactuca sativa*. L "lechuga"

V. DISCUSIÓN

La excreta de oveja es uno de los abonos más activos, bastante rico y equilibrado; el cual posee un efecto rápido pero de menor duración en la fertilización agrícola. La cantidad de excreta así como todas las propiedades físicas, químicas varían de acuerdo al tipo de alimentación, tipo de cama (arena, aserrín, paja) y con la especie. (18) En la Tabla 14, podemos apreciar que el pH inicial de la excreta de ovino usada como insumo principal fue de 8,06 el cual se encuentra en un valor alcalino; sin embargo, resultó ser menor al valor de 8,3 que según Duran (15) esto pueda deberse al tipo de raza y a la dieta alimenticia.

Según García (45) el pH del B-lac es de 3,5, que se debe a la producción de ácido láctico por bacterias ácido lácticas, el valor del pH mostrado por el suero lácteo fermentado con B-lac es de 3,51, siendo así semejante al pH señalado por García (45), esto por la fermentación que sufrió el suero lácteo por parte del consorcio microbiano.

Según Swan y Karalazos (52), el pH de la melaza está entre 5,5 y 6,5 y lo obtenido fue un valor de pH de 4,51 el cual se encuentra cercano a dichos valores.

El porcentaje de humedad en la muestra de excretas frescas fue de un valor cercano al mencionado por Duran (15) de 64 % para la composición promedio del estiércol fresco de oveja (Anexo 01).

Se determinó que los valores de pH para los 16 tratamientos se encuentran en el rango de pH mayor a 4, 5 y 6 al inicio de la fermentación. Se puede observar en la Tabla 15 que el T1 considerado como uno de los controles con 0 % de melaza y 0 % de SLF posee un pH mayor a 8; a diferencia de los también llamados tratamientos controles T5, T9 y T13 de 0 % de melaza, los cuales poseen un pH mayor a 7; en cuanto a los controles de 0 % de SLF considerados los tratamientos T2, T3, T4 también poseen un pH mayor a 7, pero si se realiza una comparación más minuciosa podemos observar que estos poseen un pH menor a los tratamientos con 0 % de melaza pero cabe destacar que la diferencia entre estos es muy pequeña. La diferencia se debe a que la melaza es un aditivo para acelerar el proceso de fermentación, ya que provee una fuente de azúcares solubles que la bacteria utiliza para producir ácido láctico (36), por lo tanto en los tratamientos en donde la melaza carecía el proceso de fermentación se tornó lento y por ende el valor de pH fue mayor en comparación con los que contaban con este sustrato.

Podemos observar en la Tabla 16 que el tratamiento T1 mostró un valor de pH > 4,5 no cumpliendo con uno de los requisitos necesarios para su selección, además presentó la presencia de burbujas en la cubierta de plástico, asimismo mostró espacios hacia el interior de las muestras como resultado de los gases generados. Según García (45), esto se debe a que las condiciones iniciales de pH > 5 y la temperatura de incubación de 40 °C favorecen el desarrollo de la flora bacteriana que normalmente es inhibido por las bacterias (B-lac) que producen ácido láctico, sin embargo la ausencia de la fuente carbonada

fácilmente fermentable hizo que se dieran esas condiciones no deseadas, por lo tanto dicho tratamiento fue descartado inmediatamente.

Los tratamientos T5, T9, T13, que si bien es cierto presentaron un valor de pH < 4,5, también se diseminó un olor desagradable y se observó una capa verdosa en la superficie del plástico que los cubría y dentro del recipiente que los contenía, además de la presencia de hongos, debido a que las condiciones anaeróbicas no resultaron tan favorables en estos tratamientos ya que hubieron espacios por donde ingresaba el oxígeno, lo cual fue utilizado por los microorganismos patógenos, por lo tanto estos tratamientos también fueron descartados.

Según Boucourt (17), mencionan que durante el proceso fermentativo, las relaciones ecológicas que se implantan posibilitan que unos microorganismos surjan como dominantes numéricos, y otros disminuyan en su número o desaparezcan. Asimismo, este proceso de ajuste ecológico en las fermentaciones mixtas puede ser consecuencia de la competencia por los nutrientes y de la producción de sustancias antimicrobianas, como los ácidos orgánicos, bacteriocinas y peróxido de hidrógeno.

En cuanto a los tratamientos T2, T3, T4, T6, T7; si bien es cierto cumplieron con el valor del pH < 4,5, al sexto día presentaron algunas burbujas y algunas coloraciones blancas en forma de circunferencia en la superficie en contacto con la cubierta de plástico, y el olor no era agradable como se esperaba, no cumpliendo con los requisitos mencionados por Peña (47), por lo tanto también fueron descartados.

Según García (45), es necesario un periodo de incubación de 48 horas (2 días) para que se pueda producir un crecimiento adecuado de las bacterias ácido

lácticas y el consiguiente descenso del pH del producto hasta valores alrededor a 4. Así en el presente trabajo fue al 2do día (48 horas) del inicio del proceso de fermentación en los que se notó un descenso adecuado de pH, siendo observada su estabilidad en estos seis días como se muestra en la Figura 4, en la cual podemos observar que los tratamientos seleccionados fueron T8, T10, T11, T12, T14, T15 y T16, que fueron considerados como los mejores tratamientos ya que mostraron un descenso rápido de pH al segundo día del ensayo llegando al sexto día con valores bajos y cumpliendo así con todas las características deseadas, como la del $\text{pH} < 4,5$, ausencia de malos olores, olores fuertes y libres de cualquier formación de capas de microorganismos, sea mohos o levaduras. (47)

Según el análisis de varianza hubo diferencias significativas en relación a los resultados referidos a la concentración de melaza y SLF y su efecto sobre el pH, y de igual manera hubo diferencias significativas en la interacción del efecto de la variable melaza y SLF en cuanto al parámetro pH ($p > 0,05$) (Anexo 03).

En cuanto a la prueba de Tukey referente al factor Melaza y su efecto sobre el pH muestra que no hay diferencia significativa entre los niveles 10, 15 y 20, pero si son significantes con respecto al nivel 0. En cuanto al factor SLF sucede lo mismo, los niveles 10, 15 y 20 muestran diferencias significativas con respecto al nivel 0.

En la Figura 5, se demuestra que existen diferencias significativas en cuanto al grado de interacción de ambos factores de melaza y SLF sobre el parámetro pH al sexto día de evaluación y término del proceso de fermentación, se logró observar que a medida de aumenta la concentración del factor melaza y SLF el pH tiende a disminuir, los niveles 10, 15 y 20 poseen rectas paralelas que

procesos, es por eso, que después del primer día ya se observan resultados cercanos a 4 en todos los tratamientos.

Para el sexto día todos presentaron un pH menor a 4, siendo los tratamientos T8, T11, T12 y T16 los que obtuvieron el menor pH y los que contienen mayor contenido de azúcar fermentable por el consorcio bacteriano.

Para el día 15 y 30 se observa un aumento en el pH de todos los tratamientos en un rango de 3,60 a 3,90 pero siguen cumpliendo con lo mencionado por Peña (47). Se observó que el tratamiento T12 mostró desde el primer día valores de pH menores en comparación con el resto manteniéndose estable a lo largo de toda la evaluación de estabilidad que fue durante los 30 días alcanzando un pH de 3,68 al último día de evaluación y cumpliendo con los requisitos indicados.

Según el análisis de varianza no hubieron diferencias significativas en relación a los resultados referidos a la variable de melaza y SLF y su efecto sobre el pH, de manera similar no hubieron diferencias significativas en la interacción del efecto de la variable melaza y SLF en cuanto al parámetro pH ($p > 0,05$) (Anexo 7).

En cuanto a la prueba de Tukey referente al factor melaza y su efecto sobre el pH muestra que no hay diferencia significativa entre los niveles 10, 15 y 20, de la misma manera sucede con el factor SLF no hubo diferencia significativa entre los niveles 10, 15, 20 analizados, siendo el nivel 0 descartado anteriormente por no cumplir con los requisitos deseados.

En la Tabla 20 y en la Figura 8 se observa la variación del porcentaje de ácido láctico producido durante los 30 días de evaluación desde el día inicial. En la tabla, se muestra la variación promedio de acidez titulable expresado como ácido láctico titulable (Anexo 8) para los siete tratamientos durante los treinta días de

estabilidad en los tratamientos seleccionados. Observamos que en el día inicial la acidez fue menor a 1 % explicando que aún no hay un significativo crecimiento de bacterias ácido lácticas ya que recién empezaron a las 24 horas la fermentación de los compuestos orgánicos y la consiguiente formación de ácido láctico. Para el sexto día ya podemos observar los valores de acidez mayores a 3% en todos los tratamientos siendo los tratamientos T11, T12, y T16 mostraron los mayores valores de acidez.

Según Oude (21) y Garcés (36), en una fermentación láctica espontánea en condiciones anaerobias, las bacterias ácido lácticas fermentan los carbohidratos hidrosolubles, produciendo ácido láctico y en menor cantidad ácido acético, y al generarse dichos ácidos el pH del material fermentado baja a un nivel que inhibe la presencia de microorganismos que inducen la putrefacción.

En concordancia para los días 15 y 30 la acidez disminuye en concordancia con que en estos días el pH también sufrió un aumento comparado con los días iniciales.

Winsen (53), menciona que en los procesos fermentativos, se encuentran altas concentraciones de ácido láctico y otros ácidos orgánicos, que son los productos finales del proceso catabólico desarrollado por microorganismos como los *Lactobacillus*. Una alta concentración de estos metabolitos disminuye el pH del medio e influye en el crecimiento de microorganismos como las *Enterobacteriaceae*, que no toleran grandes diferencias entre el pH interno de la célula y el externo, lo que, en ocasiones, puede provocar la muerte. (54)

El parámetro de porcentaje del ácido láctico titulable, genera los cambios de pH hacia la acidez originando condiciones de antagonismo que no permiten el desarrollo de bacterias putrefactivas y patógenas (45), con este parámetro

evaluado, se indica la cantidad de ácido producido por las bacterias lácticas durante la fermentación.

El tratamiento T12, si bien es cierto presentó el menor valor de pH, pero no presentó el mayor valor de porcentaje de ácido láctico con respecto a los demás tratamientos. A ello Garcés (36), indican la presencia ácido láctico y en menor cantidad el ácido acético en una fermentación láctica. Asimismo, Martínez (55) indican que el patrón de fermentación observado en el estiércol a un pH de 4,20, mostraron la presencia de los siguientes ácidos grasos, acéticos, propiónicos, butíricos y el ácido láctico en una mayor proporción, siguiéndole el ácido acético.

Según el análisis de varianza no hubieron diferencias significativas en relación a los resultados referidos a la concentración de melaza y SLF y su efecto sobre el ácido láctico, de manera similar no hubieron diferencias significativas en la interacción del efecto de la variable melaza y SLF en cuanto al parámetro ácido láctico ($p > 0,05$) (Anexo 9).

En cuanto a la prueba de Tukey referente al factor melaza y su efecto sobre el ácido láctico muestra que no hay diferencia significativa entre los niveles 10, 15 y 20, de la misma manera sucede con el factor SLF no hubo diferencia significativa entre los niveles 10, 15, 20 analizados, siendo el nivel 0 descartado anteriormente por no cumplir con los requisitos deseados.

Utilizando las proporciones del tratamiento T12 de 20 % de melaza y 15 % de SLF, se preparó el abono orgánico en mayor cantidad (5,0 kg), donde se obtuvo una proporción de 1 kg de biosol y 2,7 kg de biol, con los cuales se procedió a la caracterización.

En el presente trabajo la estabilidad del biofertilizante se midió comparando los 7 tratamientos seleccionados para observar hasta el trigésimo día a partir del día

inicial, cual de ellos presentó menor variación en cuanto a su pH y porcentaje de ácido láctico, además de observar cambios físicos producidos como hinchamiento en la consistencia, olores y aspectos del producto, de los cuales el T12 fue escogido como mejor tratamiento. Los resultados se muestran en las Figuras 9 y 10.

Se evaluó la estabilidad a los siete tratamientos ya seleccionados a partir del sexto día de fermentación continuando hasta 15avo y 30avo día, es por ello la gran diferencia con respecto al día inicial en el que las bacterias ácido lácticas sufren un proceso de latencia y se adaptan al medio de cultivo. En la Figura 9 se muestra sólo los datos del tratamiento 12 ya que luego de diversas pruebas fue elegido como el mejor tratamiento, por lo tanto en el gráfico podemos observar que el pH en el día inicial estuvo por encima de 6 y luego en los demás días se mantuvo cerca a 4 y menor a partir del segundo hasta el trigesimo día ,con respecto al porcentaje de acidez, este fue < a 1 % en el día inicial, luego se mantuvo por encima de 3 hasta el trigesimo día, en el que disminuye hasta 2,75 % debido a que el pH también sufrió un incremento en los días de evaluación. No obstante, de manera general podemos decir que el pH y el ácido láctico se mantienen en valores estables a lo largo de este periodo evaluado, dado que las bacterias ácido lácticas, al tener suficiente cantidad de carbono, producen acidez necesaria para eliminar a la mayor parte de microorganismos de putrefacción presentes en las excretas de ovino y al tener poca competencia por los recursos, las bacterias ácido lácticas pueden desarrollarse de manera estable durante un tiempo considerable. (45)

De acuerdo a la composición y las características del biofertilizante a partir de excretas de ovino del establo de la UNALM, podemos afirmar que tiene un gran potencial como fertilizante orgánico, sólo faltaría realizar las pruebas a nivel

piloto y de campo para comprobar los beneficios reales que podría producir en diversos cultivos.

Adicionalmente, a la variación de pH en base a los resultados de los gráficos se pudo calcular la relación c: n, este dato permite un mejor manejo agrícola de los abonos orgánicos en cuanto a la estabilidad del producto (Anexo 10). Una buena relación de c: n es fundamental para suplir un buen sustrato al desarrollo de los microorganismos, esto al final acelera el proceso de descomposición y mejora la calidad del producto. (56)

Debido que aún no hay evidencias de comparación sobre la calidad de un biol, se realizó la comparación de la relación de C: N del biofertilizante con otro abono orgánico como es el compost. Según Kimura (46), exige una relación carbono/nitrógeno (c/n) ≤ 25 por el cual se considera que el compost se encuentra maduro. De esta manera el biofertilizante elaborado en este trabajo se encuentra con un valor de C: N igual a 22,86 y concluimos que está en el rango de aceptación.

En la Tabla 21, se muestran los resultados del análisis microbiológico de la excreta de ovino y del biofertilizante producido, para verificar la ausencia de microorganismos patógenos que puedan afectar su calidad e inocuidad.

El indicador microbiológico más ampliamente utilizado es el grupo de organismos coliformes, estos son adecuados como indicadores porque son habitantes comunes del tracto intestinal, tanto de las personas como de los animales de sangre caliente, y están presentes en grandes cantidades (5), es por ello que en la Tabla 21 podemos observar que en el biofertilizante obtenido hay ausencia de microorganismos patógenos como coliformes totales, fecales comparados con las excretas frescas ; de la misma manera sucede con los mohos y levaduras

que muestran ausencia en el biofertilizante elaborado. Se considera que hubo una disminución total de microorganismos patógenos destacando que el pH es el principal agente inhibidor debido a la producción de ácidos orgánicos (57). Por otra parte, la actividad antimicrobiana de las bacterias ácido lácticas ha sido atribuida a la acumulación de los productos finales de los procesos de fermentación, como ácido láctico, dióxido de carbono, peróxido de hidrógeno, etc. o a la producción de bacteriocinas. (58)

Los BAL funcionan como estimulantes de la fermentación e inhibidores del deterioro aeróbico. Si los inoculantes superan de 1 a 10 veces la población natural ácido-tolerante (100 millones a 100 trillones por toneladas), los inóculos parecen ser capaces de agobiar la población natural y mejorar la intensidad del proceso de fermentación (59). El uso del consorcio microbiano B-lac como inóculo en el suero lácteo hace que las bacterias lácticas proliferen como microorganismos dominantes en número. (17)

Los *Lactobacillus* son resistentes a las condiciones ácidas que los diferencia de las otras bacterias lácticas, siendo capaces de crecer hasta pH de 4, esta resistencia al pH les permite seguir creciendo durante las fermentaciones lácticas naturales, mientras que otras bacterias ácido lácticas ya no pueden crecer (4), dicho esto en el recuento de bacterias ácido lácticas presentes en las excretas de ovino se obtuvo un valor de 97×10^5 con un pH alcalino mientras que en el recuento de éstas en el biofertilizante obtenido se obtuvo un valor de 19×10^5 debido al pH ácido que presentó el bioi lo cual permite que solo los *Lactobacillus* puedan crecer inhibiendo a otras BAL.

Los resultados obtenidos en la producción del biofertilizante, dieron valores < 3 NMP/ml en coliformes totales y fecales, en un tiempo de 6 días de fermentación

anaeróbica, indicándose de esta manera la ausencia de microorganismos patógenos en el abono foliar. Así, en cuanto al tiempo de obtención del producto comparado con biol producido en forma artesanal reportado por Sotil (2) la reducción de los niveles de coliformes totales y fecales al inicio de la biodegradación de los abonos de 10^7 - 10^8 NMP/100 ml llegaron a ser a los 61 días a 10^3 NMP/100 ml y asimismo llegando a ser cercanos a cero a los 335 días.

Sotil (2) menciona que el proceso de biodigestión de las excretas líquidas de cerdo en la producción de biofertilizante tuvo una reducción de coliformes de 9×10^{11} UFC/100ml de la carga inicial a 0 UFC/100ml de carga final en el efluente; en un tiempo de duración de 50 días del proceso, usando el prototipo de biodigestor tipo FAO de polietileno tubular calibre 8, resistente a la luz UV de flujo continuo de 9 m³ de capacidad.

Asimismo, Sotil (2) realizó un experimento con el propósito de determinar si los biodigestores de bajo costo podrían reducir la contaminación de los efluentes líquidos de la plantas lecheras en México, se llevó a cabo el experimento que tuvo un tiempo de duración de 52 días, y se pudo determinar que los coliformes fecales se redujeron de 128×10^6 a 740×10^3 , de esta manera el autor que llevó a cabo el experimento viendo que no se obtuvieron los resultados que demuestran la total eliminación, menciona que la tecnología debe ser acompañada de pretratamientos que permitan reducir más el nivel de coliformes fecales.

En la Tabla 22, podemos observar que el biofertilizante elaborado en el presente trabajo tiene mayor contenido en materia orgánica comparado con los bioles de lodo residuales (1), biol de excretas de cuy (2); biol ventanilla (3), fertilizante orgánico basado en residuos de pescado y roca fosfatada; pero un valor menor

que el biol de origen vacuno (5). En el caso de macronutrientes el biofertilizante obtenido presenta un mayor contenido de N, P_2O_5 , K_2O , CaO , MgO con respecto a los demás bioles excepto al biol obtenido a partir de excreta de vacuno; en el caso de Na su valor es mayor que el biol de lodo residual y el biol de excretas de cuy pero menor que el resto.

En cuanto al contenido de micronutrientes el biofertilizante a partir de excreta de ovino obtenido presenta un mayor contenido de He con respecto a casi todos los bioles mencionados en la Tabla 22, salvo al biol de excreta de vacuno. En general con respecto a los demás micronutrientes su valor es mayor pero siempre menor al biol a partir de excreta de vacuno.

Por otro lado el pH es ácido (menor a 4) como en los bioles elaborados por Bossio (48), Peralta (11), Román (60) y Cárdenas. (61) Guerrero (18) señala que en condiciones de pH alcalino, usual en estiércol y guano, el nitrógeno se pierde rápidamente, generando un fuerte olor amoniacal. Con respecto a la elevada conductividad eléctrica, es importante mencionar que dicho valor disminuye cuando se preparan las dosificaciones (dilución de 3-5 ml del biol por cada litro de agua de riego) según los requerimientos del cultivo al cual se aplican foliarmente. (47 y 34)

Las características halladas en este compuesto, indican según lo anotado por García (45), que el biol puede ser útil como enmienda para la rehabilitación de suelos sódicos, ya que presenta pH ácido y elevada concentración electrolítica. (62)

Los biofertilizantes líquidos habitualmente se aplican directamente sobre los cultivos vía foliar, aunque también pueden ser aplicados al suelo, preferentemente cuando estén con cobertura. (62) Peña (47) sugiere que este

tipo de fertilizantes, al ser aplicados sobre el follaje, presentan la ventaja de resultar prácticos y eficientes, comparados con su aplicación vía radical, ya que dosis tan bajas dificultan su aplicación de manera uniforme.

En la Tabla 23, podemos observar las condiciones físico químicas de los seis tratamientos o diluciones incluido el control, realizados al biofertilizante obtenido, luego podemos diseminar que el pH mostró una variación ascendente es decir a medida que la dilución era mayor este parámetro aumentaba, siendo la dilución 10^{-4} o tratamiento 5 que obtuvo un valor de pH muy cercano al neutro que corresponde al que fue agua de mesa. Se distingue una variación mínima entre las diluciones 10^0 y 10^{-1} . En cuanto a la conductividad eléctrica (C.E) se observa una notoria disminución en la dilución 10^{-1} o T2 y luego sigue disminuyendo conforme las dosis sean más diluidas, el tratamiento control (T0) presentó mayor pH y menor conductividad eléctrica, ya que estaba conformada únicamente por agua de mesa.

En la Figura 11 se aprecia el porcentaje de germinación de las semillas de lechuga según los días de evaluación, se aprecia que la dilución 10^{-4} y el control tiene un porcentaje elevado en la germinación del 90 %; muy cercanos a este valor están los tratamientos o diluciones 10^{-2} y 10^{-3} con un 85 % de germinación.

El nivel de pH influye directamente sobre la absorción de los nutrientes por parte de la planta. Entre los valores de pH 5,5-7,0, se encuentra la mayor disponibilidad de nutrientes para las plantas, fuera de este rango las formas en que se pueden encontrar los nutrientes resultan inaccesibles para ser absorbidos, (63). En cuanto al poder germinativo de las semillas, se ve expresado en la velocidad de germinación, esto se dieron en el control, y en las diluciones 10^{-2} , 10^{-3} y 10^{-4} a las 24 horas de exposición, siendo más lenta en las

diluciones de 10^0 y 10^{-1} en los cuales no se evidencio germinación de las semillas durante los cinco días de evaluación, pero se observó cambio de coloración de las semillas (más oscuras) y se evidenció crecimiento de hongos y malos olores. Esto se aplica por bajos valores de pH y valores de conductividad eléctrica a los cuales las plántulas fueron sensibles lo que desfavoreció la germinación y crecimiento de las semillas de lechuga. Por ejemplo la lechuga tiene márgenes bajos de conductividad eléctrica para su desarrollo (entre 2 - 2,5 dS.cm), el tomate tolera valores más altos. Al tener valores más altos de sales disueltas en la solución, esto implica una mayor conductividad eléctrica, la absorción de nutrientes por la planta se ve limitada, repercutiendo en el normal desarrollo del cultivo. (63)

Según el análisis de varianza, existen diferencias significativas ($p > 0,05$), entre las diluciones o tratamientos con respecto al porcentaje de germinación, y según la prueba de comparación de Tukey ($p > 0,05$), se encontraron dos grupos diferentes, a las 120 horas (Anexo 11). Se muestra que las diluciones 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} con el control, no presentan diferencias significativas, pero entre ellos el tratamiento 5 o dilución 10^{-4} obtuvo el mayor porcentaje de germinación $> 80 \%$. Sin embargo, éstas muestran diferencia significativa con respecto a las diluciones 10^0 y 10^{-1} , en las que se obtuvo 0% de germinación mostrando toxicidad por efectos adversos sobre el crecimiento de las plántulas de lechuga. Teniendo dichos resultados el tratamiento 5 o dilución 10^{-4} es el más óptimo debido a que poseen un pH cercano a la neutralidad y una baja C.E.

El Índice de germinación (IG) va a permitir evaluar el grado de madurez requerido para los residuos orgánicos que se seleccionen como componente base en la elaboración de sustratos especializados de uso agrícola. Siguiendo la metodología de Varnero (40), los resultados en cuanto al porcentaje de

germinación relativo (PGR) en las concentraciones del biofertilizante en las diluciones de 10^{-3} y 10^{-4} obtuvieron valores altos al primer día (24 horas) con valores del 90 %, sin embargo la dilución 10^{-2} también obtuvo un valor alto pero menor a los anteriores de 85 %, mientras que las diluciones 10^{-1} y 10^0 no germinaron al primer día teniendo un valor de 0 % (Anexo 12 y Figura 12).

Varnero (40), mencionan que los valores de PGR, CR e IG deben encontrarse por encima de 80 % para considerar que la sustancia empleada no contiene elementos fitotóxicos, valores entre 80 y 50 % indican una presencia moderada, mientras que valores por debajo de 50 % revela una fuerte presencia de fitotoxinas. Para el caso del biol de excreta de ovino el efecto en el índice de germinación más que por sustancias fitotóxicas, se presenta los valores de pH y conductividad eléctrica de las diluciones.

En la Tabla 24 y en la Figura 12, la dilución de 10^{-4} o el tratamiento 5 tiene un IG de 88,69 % cuyo pH (6,62) y conductividad eléctrica (0,90 dS/cm) permitieron observar plántulas vigorosas, parecidas a las del tratamiento control. Celis, (37) reportó un mayor IG con una dilución del 10 % para bioles de biodigestores de Lima y Huancayo. Román (60) reportó un IG de 99,49 % a una dilución de 0,01 % de biol de excretas de cuy.

Celis (37), evaluaron el efecto de la adición de tres tipos de biosólidos (lodo urbano (BU), biosólido de piscicultura (BP) y biosólido de salmonicultura en lago (BL) sobre la germinación y crecimiento de lechuga basado en el IG, longitud de radícula e hipocótilo. Los resultados indicaron que los mayores valores de IG, crecimiento de radícula e hipocótilo corresponden a BL, seguido por BP, mientras que BU reveló valores por debajo del testigo.

En la dilución 10^{-3} o tratamiento 4 el IG fue de 78,18 % que se encuentra dentro de los valores de IG entre 50 % y 80 %.

Para las demás diluciones, el IG resultó ser menor de 50 %, esto debido a valores de pH ácido, menores a 4 y una alta concentración de sales que afectaron la germinación de las semillas de lechuga y el crecimiento en cuanto a la longitud y forma de las radículas, así como la germinación normal de las semillas de lechuga mediante la emergencia de la radícula y posterior crecimiento y desarrollo del hipocótilo en los primeros estadios de crecimiento de las plántulas de lechuga. No obstante cabe destacar, que si bien la dilución 10^{-2} obtuvo un IG < a 50 % todas las plantas germinaron pero no de manera óptima como las diluciones 10^{-3} , 10^{-4} y el control, observándose crecimiento de radícula ensortijado de menor longitud, emergencia de cotiledones y no de radícula en algunas semillas, poco desarrollo de pelos absorbentes, respuesta que según Sobrero y Ronco (38) son indicadores del crecimiento anormal de las plántulas, lo cual se comprobó luego con el cálculo del Índice de germinación (IG) y también la germinación en esta dilución se explica por el valor del pH, la cual estuvo ligeramente por encima de 5 pudiendo tener más nutrientes que los que no germinaron y obteniendo resultados en la germinación. Como se mencionó anteriormente, los valores de pH donde se encuentra la mayor disponibilidad de nutrientes para las plantas son de 5,5 – 7,0, fuera de este rango las formas en que se pueden encontrar los nutrientes resultan inaccesibles para ser absorbidos. (62)

Analizando los resultados obtenidos se dedujo que la dilución 10^{-4} o tratamiento 5 es la que mejor favorece a las plántulas de lechuga, debido a que presentó mayor IG (88,69 %). Sin embargo, el alcance del índice de germinación es limitado, ya que su determinación depende sólo del número de semillas

germinadas y la longitud de la radícula de las plántulas, sin tener en cuenta las características físicas de ellas. (60)

VI. CONCLUSIONES

1. El tratamiento de las excretas frescas de ovino del establo de la UNALM, en combinación con melaza y suero lácteo fermentado mediante la técnica de fermentación ácido láctica, permitió la estabilización y uso de las excretas de ovino como abono líquido orgánico en un tiempo muy reducido.
2. El tratamiento T12 cuya composición es de 20 % de Melaza, 15 % SLF y 65 % de excreta tratada, resultó ser la mejor combinación, que presentó un descenso notorio del pH cercano a 4 al sexto día de fermentación y el porcentaje de ácido láctico titulable evaluado, varió de 0,14 a 3,56 % en los días de tratamiento.
3. Según los análisis microbiológicos del biofertilizante de excreta de ovino, este mostró ser un producto inocuo, libre de microorganismos patógenos que puedan generar riesgos en la salud a las personas que puedan manipularlos, además tampoco representa riesgo de contaminación en los suelos para cultivos ya que presentó una menor concentración de fosforo y similar y mayor concentración de nitrógeno, potasio y micronutrientes con respecto a los bioles comerciales.

4. El biol de excreta de ovino, presentó propiedades físicas y organolépticas aceptables durante 30 días del periodo de evaluación de la estabilidad, comprobado a través de la medición de un pH ácido y porcentaje de ácido láctico constante que permite obtener un producto estable.

5. Se determinó que la dosis óptima de biol de excreta de ovino fue de 0,1/1000 %, la cual no genera efecto adverso en el poder germinativo ni en la germinación de semillas de *Lactuca sativa* L. "lechuga", variedad Mantecoso, y tampoco ocasiona efectos de toxicidad en el crecimiento normal de las plántulas de lechugas germinadas. (Corroborando así la hipótesis planteada en el presente trabajo de investigación)

39. Taiz L, Zeiger E. Fisiología Vegetal. 3era Edición. Publicaciones Universitat Jaume Tomo II, pp 1173-1191., 2006
40. Varnero M, Rojas C, Orellana R. Índices de fitotoxicidad en residuos orgánicos durante el compostaje. 2007. Revista de Ciencia del Suelo y Nutrición Vegetal. 7(1) (28-37).
41. Zaldivar Valer, R. Efecto de diferentes fuentes nitrogenadas sobre el rendimiento de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en la Molina. [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima-Perú; 2005.
42. Chang M, Hoyos M, Rodríguez A. Comparación del crecimiento de tres variedades de lechuga resistentes al bolting, cultivadas en sistemas hidropónicos. Anales Científicos. 2005. Volumen LXII. UNALM. pp. 36-43.
43. Kuepper G, Bachmann J, Thomas, R. Producción Orgánica de Lechugas de Especialidad y Verduras Para Ensalada de ATTRA #SP260. 2002. [acceso el 30 de noviembre 2012].
44. Prescott L, Harley J, Klein, D. Microbiología. Quinta Edición. Mc Graw. Cap.5 ,6 y 23., 2004.
45. García Torres L. Uso de bacterias pro bióticas en el ensilado de residuos de pescado. [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional Agraria la Molina – Perú; 2008.
46. Kimura Carrasco R. Evaluación de los efectos del producto “ENZYMPLUS” (activador biológico) en la elaboración de compost utilizando dos tipos de estiércol (vacuno y ovino). [Tesis de maestría]. Universidad Nacional Agraria la Molina. Perú; 2005.
47. Peña Aponte N. Utilización de residuos de papa (*Dioscorea gigas*) para la elaboración de un fertilizante orgánico. [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima – Perú; 2008.
48. Bossio Palomino P F. Obtención de un biofertilizante basado en residuos de pescado y roca fosfatada. [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional Agraria la Molina Perú; 2007.
49. AOAC (Association of Official Agriculture Chemist). Codex-Adopted 942.15. Copyright. 1998.
50. ICMSF (International Commission on Microbiological for Food). 1993. Segunda Edición. Vol. 1 Part II. Editorial Acribia.
51. Laboratorio de agua, suelo, plantas y fertilizantes (LASPAF) - UNALM. 2009. Perú.
52. Swan H, Karalazos A. Las melazas y sus derivados. 1999. Revista tecnología. Revista Ceplegea. N° 19. España. Pag 78-82p.
53. Winsen R, Urlings P, Lipman A, Snijders A, Keuzenkamp D, Verheijden J, Van Knapen F. 2001. Effect of fermented feed on the microbial population of the gastrointestinal tracts of pigs. Appl. Environm. Microbiol. 67:3071
54. Gauthier R. La Salud intestinal: clave de la productividad (El caso de los ácidos orgánicos). Segundo Pre-congreso Científico Avícola IASA. XXVII Convención ANECAWPDC. Puerto Vallarta. Jalisco, México., 2002.
55. Martínez A, Mendoza G, González S, Gómez A, Estrada M, De la Cruz E, Cruz A, Brito N. y Pinos J. Evaluación *in vitro* de un ensilado de estiércol, rastrojo de maíz y melaza. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México. 2008. Vol. 24, No 3 pp. 247-250.
56. Soto G. 2003. Abono o enmiendas. Como medir la calidad de un compost. Taller de Abonos orgánicos. Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica. [acceso el 27 de diciembre de 2012]. Disponible en <http://www.catie.cr/BancoMedios/Documentos%PDFversion%20electronica%20memoria.pdf>

57. Carrasco S, Scarincini E, Simonetta C. Antibacterial Activity of Lactic Acid bacteria Isolated from Argentinian Dairy Products. 2002. The Australian Journal of Dairy Technology. Vol. 57. No. 1, 15-19.
58. Lindgren E y Dobrogoz J. Antagonic activities of Lactic Acid Bacteria in Food and Feed Fermentation. FEMS. Microbial. 1990. Rev. 87, 149-164.
59. Muck R y Kung L. Effects of silage additives on ensiling proceedings from the silage: field to feed bunk. North American Conference Hershey, Pennsylvania, USA February. 1997. 11-13 pp. 187-199.
60. Román Soto C. Tratamiento biológico de la cuyinaza de la granja de cuyes de Cieneguilla de la UNALM a través de un proceso de fermentación homoláctica. [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima – Perú; 2011.
61. Cárdenas Salazar J. Obtención de biodiesel y abono orgánico a partir de vísceras de pollo. [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima. Perú; 2012.
62. Suarez Segura M. Caracterización de un compuesto orgánico producido en forma artesanal por pequeños agricultores en el departamento del magdalena. [Tesis de maestría]. Universidad Nacional de Colombia sede Palmira; 2009.

ANEXOS

Anexo 01

Tabla 25. Cálculo del porcentaje de humedad de las excretas frescas

24horas			
Peso inicial	Peso final	Diferencia	% de Humedad
(g)	(g)		
85	25	60	70,58
70	8,05	61,95	88,5
50	15	35	70
55	10,6	44,4	80,7
		Promedio(% H)	77,4

48horas			
Peso inicial	Peso final	Diferencia	% de Humedad
(g)	(g)		
85	22,2	62,8	73,8
70	7	63	90
50	13,5	36,5	73
55	10	45	81
		Promedio (% H)	79,4

Anexo 02

Tabla 26. pH de los diferentes tratamientos en los días de evaluación.

Tratamiento	Melaza/ SLF	Repeticiones	pH						
			Día 0	Día 1	Día2	Día3	Día 4	Día 5	Día 6
T1	0 - 0	1	8,09	4,67	4,73	4,99	5,64	5,63	6,06
		2	8,16	5,31	5,53	5,15	5,64	5,42	6,04
		3	8,27	5,31	4,92	4,73	5,88	5,59	6,03
		Promedio	8,17	5,1	5,06	4,96	5,72	5,55	5,86
T2		1	7,76	4,79	4,3	3,8	3,9	3,73	3,73
		2	7,76	4,94	4,29	3,76	3,82	3,77	3,76
		3	7,45	5,22	4,4	3,75	3,85	3,78	3,84
		Promedio	7,66	4,98	4,33	3,77	3,86	3,76	3,78
T3		1	7,14	4,9	4,14	3,83	3,89	3,89	3,88
		2	7,34	4,96	3,99	3,81	3,86	3,85	3,84
		3	7,57	4,86	4,3	3,83	3,87	3,74	3,74
		Promedio	7,35	4,91	4,14	3,82	3,87	3,83	3,82
T4		1	7,55	4,97	4,16	3,83	3,84	3,84	3,82
		2	6,98	5,05	4,18	3,76	3,83	3,74	3,74
		3	7,07	5,05	4,3	3,81	3,91	3,8	3,8
		Promedio	7,2	5,02	4,21	3,8	3,86	3,79	3,79
T5		1	7,7	4,93	4,26	4,17	4,16	4,16	4,15
		2	7,92	4,73	4,34	4,23	4,45	4,31	4,31
		3	7,81	4,88	4,68	4,1	4,17	4,2	4,26
		Promedio	7,81	4,85	4,43	4,17	4,26	4,22	4,24
T6		1	7,4	4,44	3,89	3,58	3,57	3,5	3,5
		2	7,24	4,82	4,05	3,61	3,68	3,52	3,49
		3	7,58	4,77	4,01	3,65	3,87	3,66	3,52
		Promedio	7,41	4,68	3,98	3,61	3,71	3,56	3,5
T7		1	6,45	4,73	3,98	3,87	3,98	3,47	3,47
		2	6,58	4,46	4,16	3,81	3,87	3,43	3,43
		3	6,63	4,84	3,89	3,86	3,94	3,46	3,44
		Promedio	6,55	4,68	4,01	3,85	3,93	3,45	3,45
T8		1	6,47	4,44	3,77	3,54	3,63	3,42	3,41
		2	6,41	4,47	3,81	3,58	3,56	3,38	3,37

Continúa

		3	6,48	4,28	3,76	3,54	3,52	3,39	3,37
	Promedio		6,45	4,4	3,78	3,55	3,57	3,4	3,38
T9		1	7,79	4,29	4,13	4,04	4,11	4,18	4,17
		2	7,33	4,65	4,63	4,1	4,37	4,22	4,31
		3	7,35	4,25	4,3	4	4,16	4,12	4,12
	Promedio		7,49	4,4	4,35	4,05	4,21	4,17	4,2
T10		1	6,89	4,4	3,81	3,58	3,84	3,47	3,37
		2	7,12	4,67	3,94	3,57	3,53	3,53	3,45
		3	7,23	4,67	4,43	3,68	3,59	3,6	3,6
	Promedio		7,08	4,58	4,06	3,61	3,65	3,53	3,47
T11		1	6,34	4,63	3,94	3,52	3,6	3,44	3,38
		2	6,38	4,52	3,88	3,57	3,44	3,42	3,41
		3	6,27	4,78	3,87	3,56	3,57	3,37	3,37
	Promedio		6,33	4,64	3,9	3,55	3,54	3,41	3,39
T12		1	6,09	4,25	3,8	3,49	3,48	3,49	3,47
		2	6,13	4,29	3,82	3,48	3,42	3,4	3,4
		3	6,08	4,3	3,85	3,52	3,46	3,43	3,32
	Promedio		6,1	4,28	3,82	3,5	3,45	3,44	3,4
T13		1	7,58	4,54	4,08	3,87	3,98	3,98	4,06
		2	7,5	4,06	4,02	3,81	3,87	3,81	4,04
		3	7,34	4,04	4,01	3,86	3,94	3,93	3,96
	Promedio		7,47	4,21	4,04	3,85	3,93	3,91	4,02
T14		1	6,74	4,8	3,98	3,59	3,58	3,57	3,49
		2	6,02	4,87	3,99	3,57	3,5	3,5	3,45
		3	6,11	4,69	4,3	3,65	3,63	3,65	3,55
	Promedio		6,29	4,79	4,09	3,6	3,57	3,57	3,5
T15		1	6,29	4,93	3,93	3,54	3,5	3,42	3,4
		2	6,44	4,5	3,85	3,51	3,57	3,42	3,41
		3	6,34	5,13	3,97	3,55	3,52	3,49	3,41
	Promedio		6,36	4,85	3,92	3,53	3,53	3,44	3,41
T16		1	5,8	5,01	3,86	3,48	3,5	3,34	3,31
		2	5,85	4,27	3,9	3,56	3,55	3,53	3,47
		3	5,9	4,7	3,83	3,51	3,4	3,45	3,39
	Promedio		5,85	4,66	3,86	3,52	3,48	3,44	3,39

Anexo 03

Tabla 27. Análisis de varianza del pH de los dieciséis tratamientos.

Fuente	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F calculado	Pr > F	Significación
SLF	3	5,016	1,672	449,95	<.0001	**
Melaza	3	10,994	3,664	986,08	<.0001	**
SLF* Melaza	9	4,019	0,446	120,17	<.0001	**
Error	32	0,316	0,003			
Total	47	18,014				
C.V.	1.6					

Anexo04

Tabla 28. Prueba de Tukey para el factor SLF y melaza al sexto día.

SLF			
Tukey Grouping	Mean	N	SLF
A	4,35667	12	0
B	3,64333	12	10
B	3,61417	12	15
B	3,57833	12	20

Melaza			
Tukey Grouping	Mean	N	SLF
A	4,62583	12	0
B	3,56250	12	10
CB	3,51500	12	15
C	3,48917	12	20

Anexo 05

Tabla 29. Porcentaje de ácido láctico según días y repeticiones.

Tratamiento	Melaza/ SLF	Repeticiones	% Ácido láctico			
			Día 0	Día 2	Día4	Día6
T1		1	0,36	1,44	0,52	0,14
		2	0,02	0,63	0,63	0,54
		3	0,01	1,8	0,41	0,23
		Promedio	0,13	1,29	0,52	0,30
T2		1	0,09	2,43	3,31	3,2
		2	0,04	2,36	3,28	3,08
		3	0,14	2,52	3,38	2,68
		Promedio	0,09	2,44	3,32	2,99
T3		1	0,16	2,66	2,81	2,63
		2	0,09	2,61	3,15	3,06
		3	0,02	2,59	3,1	2,92
		Promedio	0,09	2,62	3,02	2,87
T4		1	0,02	2,41	3,22	3,13
		2	0,07	2,47	3,24	3,2
		3	0,05	2,56	3,13	3,08
		Promedio	0,05	2,48	3,2	3,14
T5		1	0,02	2,34	1,94	1,62
		2	0,02	1,8	1,8	1,71
		3	0,02	2,34	1,87	1,73
		Promedio	0,02	2,16	1,87	1,69
T6		1	0,05	2,72	3,4	3,4
		2	0,14	2,66	2,92	3,06
		3	0,09	2,68	3,24	3,37
		Promedio	0,1	2,69	3,19	3,28
T7		1	0,13	2,65	3,44	3,11
		2	0,11	2,16	3,4	3,46
		3	0,09	2,66	3,47	3,28
		Promedio	0,11	2,49	3,44	3,28
T8		1	0,11	2,54	3,11	3,29
		2	0,09	2,61	3,47	3,46
		3	0,13	2,66	3,44	3,51
		Promedio	0,11	2,6	3,34	3,42
T9		1	0,02	2,36	1,91	1,76
		2	0,07	1,8	1,84	1,73
		3	0,04	1,98	1,89	1,8
		Promedio	0,04	2,05	1,88	1,76
T10		1	0,11	2,77	3,35	3,42
		2	0,09	2,79	3,62	3,67
		3	0,04	2,52	3,35	3,31
		Promedio	0,08	2,69	3,44	3,47
T11		1	0,13	2,72	3,64	3,78
		2	0,13	2,75	3,49	3,73
		3	0,11	2,74	3,6	3,44
		Promedio	0,12	2,74	3,58	3,65
T12		1	0,14	2,81	3,51	3,6

Continúa

		2	0,13	2,7	3,53	3,37
		3	0,14	2,66	3,58	3,71
	Promedio		0,14	2,72	3,54	3,56
T13		1	0,07	2,05	1,98	1,89
		2	0,05	2,18	2,07	1,94
		3	0,09	2,16	2,05	2
	Promedio		0,07	2,13	2,03	1,94
T14		1	0,09	2,56	3,38	3,64
		2	0,16	2,74	3,69	3,78
		3	0,16	2,43	3,47	3,42
	Promedio		0,14	2,57	3,51	3,61
T15		1	0,09	2,61	3,64	3,38
		2	0,13	2,68	3,62	3,55
		3	0,13	2,54	3,55	3,55
	Promedio		0,11	2,61	3,6	3,49
T16		1	0,18	2,68	3,69	3,69
		2	0,16	2,75	3,6	3,33
		3	0,16	2,66	3,65	3,67
	Promedio		0,17	2,7	3,65	3,56

Anexo 06

Tabla 30. Análisis de varianza del porcentaje de ácido láctico para los dieciséis tratamientos.

Fuente	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F calculado	Pr > F	Significación
SLF	3	5,254	1,751	63,93	<.0001	**
Melaza	3	33,792	11,264	411,2	<.0001	**
SLF* Melaza	9	1,923	0,213	7,8	<.0001	**
Error	32	0,027				
Total	47					
C.V.	5,75					

Anexo 07

Tabla 31. Prueba de Tukey para el factor SLF y melaza al sexto día.

SLF			
Tukey Grouping	Mean	N	SLF
A	3,15333	12	20
A	3,11000	12	15
B	2,91667	12	10
C	2,32417	12	0

Melaza			
Tukey Grouping	Mean	N	SLF
A	3,42000	12	20
A	3,33583	12	10
A	3,32417	12	15
B	1,42417	12	0

Anexo 08

Tabla 32. pH de los tratamientos seleccionados.

Tratamiento	Melaza / SLF	Repeticiones	pH			
			Día 0	Día 6	Día 15	Día30
T8		1	6,47	3,41	3,65	3,85
		2	6,41	3,37	3,6	76
		3	6,48	3,37	3,6	3,76
		Promedio	6,45	3,38	3,61	3,79
T10		1	6,89	3,37	3,56	3,74
		2	7,12	3,45	3,55	3,75
		3	7,23	3,6	3,7	3,95
		Promedio	7,08	3,47	3,6	3,81
T11		1	6,34	3,38	3,61	3,67
		2	6,38	3,41	3,63	3,71
		3	6,27	3,37	3,63	3,69
		Promedio	6,33	3,39	3,62	3,69
T12		1	6,09	3,47	3,6	3,74
		2	6,13	3,4	3,57	3,78
		3	6,08	3,32	3,55	3,72
		Promedio	6,1	3,4	3,57	3,68
T14		1	6,74	3,49	3,66	3,71
		2	6,02	3,45	3,61	3,69
		3	6,11	3,55	3,61	4,11
		Promedio	6,29	3,5	3,63	3,84
T15		1	6,29	3,4	3,56	3,74
		2	6,44	3,41	3,59	3,74
		3	6,34	3,41	3,66	3,83
		Promedio	6,36	3,41	3,6	3,77
T16		1	5,8	3,31	3,56	3,69
		2	5,85	3,47	3,54	3,7
		3	5,9	3,39	3,55	3,7
		Promedio	5,85	3,39	3,55	3,7

Anexo 09

Tabla 33. Análisis de varianza del pH para tratamientos seleccionados.

Fuente	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F calculado	Pr > F	Significación
SLF	2	0,01	0,05	0,49	0,623	ns
Melaza	2	0,039	0,01	1,8	0,201	ns
SLF *	2	0,012	0,006	0,58	0,572	ns
Melaza						
Error	14	0,153	0,01			
Total	20	0,21				
C.V.	2,78					

Anexo 10

Tabla 34. Prueba de Tukey para el factor SLF y melaza al sexto día.

SLF			
Tukey Grouping	Mean	N	SLF
A	3,79000	3	10
A	3,76778	9	20
A	3,75000	9	15

Melaza			
Tukey Grouping	Mean	N	SLF
A	3,82500	6	10
A	3,74444	9	20
A	3,73000	6	15

Anexo 11

Tabla 35. Porcentaje de ácido láctico en tratamientos seleccionados.

Tratamiento	Melaza/ SLF	Repeticiones	% Ácido láctico			
			Día 0	Día 6	Día 15	Día 30
T8		1	0,11	3,29	2,98	2,3
		2	0,09	3,46	3,43	2,7
		3	0,13	3,51	3,51	2,7
		Promedio	0,11	3,42	3,3	2,56
T10		1	0,11	3,42	3,6	2,8
		2	0,09	3,67	3,61	3,02
		3	0,04	3,31	2,8	2,28
		Promedio	0,08	3,47	3,33	2,7
T11		1	0,13	3,78	2,91	3,04
		2	0,13	3,73	3,04	2,88
		3	0,11	3,44	3,04	2,98
		Promedio	0,12	3,65	2,99	2,96
T12		1	0,14	3,6	2,86	2,8
		2	0,13	3,37	3,6	2,62
		3	0,14	3,71	3,07	2,84
		Promedio	0,14	3,56	3,17	2,75
T14		1	0,09	3,64	2,88	2,88
		2	0,16	3,78	3,49	2,98
		3	0,16	3,42	3,49	2,21
		Promedio	0,14	3,61	3,28	2,69
T15		1	0,09	3,38	3,06	2,98
		2	0,13	3,55	2,97	2,98
		3	0,13	3,55	2,73	2,77
		Promedio	0,11	3,49	2,92	2,91
T16		1	0,18	3,69	3,24	2,98
		2	0,16	3,33	3,06	3,02
		3	0,16	3,67	2,97	3,02
		Promedio	0,17	3,56	3,09	3

Anexo 14

Tabla 35. Relación carbono: nitrógeno (C:N).

$$\% C = \% MO / 1,724$$

BIOLES	% MO	Factor	% C	% N	C : N
Biofertilizante a partir de excreta de ovino	15,04	1,724	8,72	0,382	22,86
Biol a partir de excreta de vacuno	18,11	1,724	10,51	0,42	25
Biol con alfalfa	0,286	1,724	0,166	0,106	2
Biol con chicha de jora	0,375	1,724	0,218	0,102	2
Biol Casablanca	0,47	1,724	0,273	0,092	3
Biol de Ventanilla	0,528	1,724	0,306	0,188	2

Fuente: Peralta L. (11)

Anexo 15

Tabla 36. Análisis de varianza para la prueba de germinación con semillas de lechuga.

Fuente	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F calculado	Pr > F	Significación
Tratamiento	5	1586,94	317,38	5713	<.0001	**
Error	12	0,66	0,055			
Total	17	1587,61				
C.V	1,77					

Anexo 16

Tabla 37. Prueba de Tukey para el factor SLF y melaza al sexto día.

SLF			
Tukey Grouping	Mean	N	SLF
A	20,0000	3	Control
A	20,0000	3	Trat5
A	20,0000	3	Trat3
A	19,6667	3	Trat4
B	0,0000	3	Trat2
B	0,0000	3	Trat1

Anexo 17

Tabla 38. Medición del tamaño de la radícula e hipocótilo.

Dilución	Tamaño radícula (mm)			Tamaño hipocótilo (mm)		
	R1	R2	R3	H1	H2	H3
Control	20	17	21	24	22	23
	15	17	18	23	23	25
	18	20	22	17	16	23
	16	21	18	26	24	24
	18	21	17	25	26	26
	20	23	19	24	24	31
	21	16	20	19	23	23
	22	28	21	23	25	27
	18	21	15	16	25	25
	23	20	32	16	24	27
	23	23	21	25	26	23
	20	20	22	23	23	20
	23	25	20	20	26	25
	21	20	18	22	22	23
	20	22	20	16	24	26
	19	22	22	15	24	21
	17	19	17	20	27	25
	18	21	20	23	24	25
	16	15	22	20	21	24
	19	22	20	21	23	22
Promedio	19,35	20,65	20,25	20,9	23,6	24,4
10^0	0	0	0	0	0	0
10^{-1}	0	0	0	0	0	0
10^{-2}	7	7	9	25	24	24
	8	8	8	24	24	24
	9	7	6	25	18	20
	6	6	8	26	23	24
	10	7	7	27	24	25
	6	8	6	21	29	24
	7	9	9	23	25	28
	7	9	8	26	25	25
	7	10	7	25	25	23
	7	9	8	16	23	24
	8	10	5	22	24	13
	9	7	9	23	20	22
	7	8	8	24	23	22
	9	7	10	19	24	23
	7	6	9	21	22	25
	11	11	8	18	27	26
	8	7	10	18	24	23
	8	10	8	21	24	24
	7	10	8	22	28	26
	9	8	10	22	23	22
Promedio	7,85	8,2	8,05	22,4	23,95	23,35
10^{-3}	16	17	14	25	27	24
	10	16	21	28	19	23
	16	15	14	27	25	27
	18	15	17	25	30	27
	15	15	17	24	26	27
	13	14	16	27	17	27

Continúa

	15	16	18	25	27	27
	10	13	16	25	24	28
	13	17	16	24	21	26
	15	18	16	24	26	29
	18	12	17	27	21	28
	18	14	20	24	25	27
	17	17	15	25	27	25
	11	16	17	22	25	29
	17	17	17	26	26	28
	16	14	18	23	25	26
	10	18	20	15	23	23
	16	17	18	24	27	31
	17	13	14	23	22	26
	14	16	16	24	25	26
Promedio	14,75	15,5	16,85	24,35	24,4	26,7
	18	15	15	27	22	24
10 ⁻⁴	14	15	18	20	16	25
	25	20	20	29	22	27
	16	18	17	23	27	24
	18	17	21	28	25	26
	12	18	18	24	18	30
	19	16	20	24	28	27
	20	16	15	27	22	25
	16	18	19	26	28	22
	17	17	19	28	28	24
	18	20	17	28	30	23
	6	20	20	25	28	24
	13	21	16	25	24	23
	15	20	18	30	23	24
	15	18	26	25	26	24
	17	21	28	27	28	25
	17	18	20	30	20	24
	14	19	21	26	21	23
	14	21	17	25	25	22
	17	18	17	26	23	20
Promedio	16,05	18,3	19,1	26,15	24,2	24,3

Anexo 18



Suero lácteo
Fermentado



Excreta de ovino



Suero lácteo



Recipientes con los
tratamientos realizados



Tratamientos en
estufa a 40°C/ 6 días



Medición del pH



Evaluación del %
de acidez titulable

Figura 13. Fotografías de la obtención del biofertilizante y medida de parámetros

Continúa



Figura 14. Biofertilizante líquido y sólido obtenido



Figura 15. Tratamientos del bioensayo mostrando la germinación de las semillas



Semilla anormal



Semilla no germinada

Figura 16. Semillas anormal y no germinada vistas al estereoscopio