

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

FACULTAD DE CIENCIAS



“Elaboración de abono líquido mediante fermentación homoláctica de papas de descarte utilizando el consorcio microbiano ácido láctico B-lac”

Presentado por:

Lisset Mariella Meza Del Aguila

Tesis para Optar por el Título Profesional de:

BIÓLOGO

Lima-Perú

2014

AGRADECIMIENTOS

Le doy gracias a Dios por siempre estar conmigo, cuidarme, ayudarme en todos mis proyectos y bendecirme al darme una familia tan amorosa, comprensiva y que me da todo su apoyo.

Agradezco mucho a mi mamá por darme fuerzas siempre, por ser tan comprensiva, por hacerme reír, por sus consejos y por ayudarme cuando más lo he necesitado. A mi papá por toda su ayuda, sus palabras de aliento, su ejemplo, su fuerza y por ser el mejor. A mi mamá Hildita por su apoyo incondicional, por preocuparse tanto por mí, por tanto cariño que me da y por toda la fuerza que me transmite y a mi hermana Patty, que es la persona más fuerte, decidida, comprensiva, graciosa e inteligente que conozco, mi mejor amiga. Agradezco también a mis tías Elba, Deya, Alicia, Mirtha, Rosa y a mis primos Verónica y Eduardo por sus palabras de aliento, preocupación y todo su cariño. Gracias a todos ustedes he podido concluir este trabajo, no tienen idea cuánto los quiero y agradezco infinitamente.

Quisiera agradecer también a mi asesores: Blgo. Juan Juscamaita e Ing. Rolando Egúsquiza por confiar en mí, por su paciencia, sus consejos y por apoyarme con sus conocimientos y experiencia, muchas gracias.

Finalmente quisiera agradecer a unas personas muy especiales que Dios puso en mi camino: Mara, Beatriz y Richi, gracias por ayudarme con la tesis, por toda su alegría, sus consejos, por su paciencia y amistad, siempre los llevaré en mi corazón. Por fin puedo decir: tesis terminada!.

ÍNDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1 IMPORTANCIA Y CARACTERÍSTICA DEL CULTIVO DE PAPA.....	3
2.2 COMERCIALIZACIÓN DE LA PAPA EN EL PERÚ.....	5
2.3 EL GORGOJO DE LOS ANDES O GUSANO BLANCO DE LA PAPA.....	7
2.3.1 MÉTODOS PARA ERRADICAR EL GUSANO BLANCO.....	8
2.4 ÁREAS DE MAYOR PRODUCCIÓN DE PAPA EN EL PERÚ.....	9
2.5 NUTRICIÓN MINERAL EN EL CULTIVO DE PAPA.....	10
2.6 ABONOS ORGÁNICOS.....	11
2.6.1 ABONO ORGÁNICO LIQUIDO–BIOL.....	14
2.7 ÁCIDO LÁCTICO.....	16
2.8 BACTERIAS ÁCIDO LÁCTICAS.....	18
2.8.1 BACTERIOCINAS.....	21
2.9 BACTERIAS B-LAC.....	24
2.10 ENSILAJE.....	25
2.10.1 ENSILADO DE PAPA.....	27
2.11 MELAZA.....	29
2.12 BIOENSAYO DE TOXICIDAD AGUDA CON SEMILLAS DE LECHUGA.....	31

2.13 LEGISLACIÓN.....	33
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	43
3.1 LUGAR DE EJECUCIÓN.....	43
3.2 MATERIALES EMPLEADOS EN LA ELABORACIÓN DEL ABONO ORGÁNICO.....	43
3.2.1 MATERIA PRIMA E INSUMOS.....	43
3.2.2 MATERIALES.....	43
3.2.3 REACTIVOS Y SOLUCIONES.....	44
3.2.4 EQUIPOS.....	44
3.3 MATERIALES EMPLEADOS EN EL BIOENSAYO.....	45
3.3.1 SEMILLAS.....	45
3.3.2 MATERIALES.....	45
3.3.3 REACTIVOS Y SOLUCIONES.....	45
3.3.4. EQUIPOS.....	46
3.4 MÉTODOS DE ANÁLISIS.....	46
3.4.1. MEDICIÓN DEL pH.....	46
3.4.2. MEDICIÓN DEL PORCENTAJE DE ACIDEZ TITULABLE.....	46
3.4.3. MEDICIÓN DEL PORCENTAJE DE HUMEDAD.....	47
3.4.4 ANÁLISIS AGRONÓMICO.....	47
3.4.5. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO.....	48
3.4.6. ANÁLISIS PARA DETERMINAR LA PRESENCIA DE ETANOL.....	48

3.5 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL.....	49
3.5.1 TOMA DE MUESTRA Y PREPARACIÓN DE MEZCLAS.....	49
3.5.2 SELECCIÓN DE LAS MEJORES MEZCLAS.....	52
3.5.3 ESTABILIDAD DEL pH DEL BIOL.....	52
3.5.4 ANÁLISIS DE COSTO-BENEFICIO.....	52
3.5.5 CARACTERIZACIÓN DE LA MEZCLA SELECCIONADA.....	53
3.5.6 PRUEBA DE GERMINACIÓN.....	53
3.5.7 CÁLCULO DEL ÍNDICE DE GERMINACIÓN (IG).....	54
3.5.8 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	55
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	56
4.1 CONDICIONES INICIALES DE LAS MATERIAS PRIMAS.....	56
4.2 CARACTERIZACIÓN DE LAS PAPAS DE DESCARTE.....	57
4.3 EVALUACIÓN INTERDIARIA DEL pH DE LAS MEZCLAS.....	59
4.4 EVALUACIÓN INTERDIARIA DEL PORCENTAJE DE ACIDEZ TITULABLE.....	63
4.5 ESTABILIDAD DEL pH DE LAS MEZCLAS SELECCIONADAS.....	68
4.6 ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO DE LAS MEZCLAS SELECCIONADAS.....	69
4.7 CARACTERIZACIÓN DEL PAPA-BIOL.....	72
4.7.1 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO.....	73
4.7.2 ANÁLISIS AGRONÓMICO.....	74

4.7.3	ANÁLISIS PARA DETERMINAR LA PRESENCIA DE ETANOL.....	79
4.8	EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL PAPA-BIOL EN LA GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE LECHUGA.....	80
4.8.1	ÍNDICE DE GERMINACIÓN.....	81
V.	CONCLUSIONES.....	84
VI.	RECOMENDACIONES.....	86
VII.	BIBLIOGRAFÍA.....	87
VIII.	ANEXOS.....	97

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Composición nutricional de diferentes tipos de papa.....	4
Cuadro 2: Composición química de diferentes tipos de bioles.....	15
Cuadro 3: Composición bioquímica del biol.....	15
Cuadro 4: Espectro de actividad de bacteriocinas producidas por bacterias del ácido láctico.....	23
Cuadro 5: Análisis Microbiológico del B-lac.....	24
Cuadro 6: Composición de diferente tipos de ensilado.....	27
Cuadro 7: Tipos de ensilaje.....	29
Cuadro 8: Composición de la melaza de caña de azúcar.....	30
Cuadro 9: Fertilizantes permitidos.....	35
Cuadro 10: Límite de metales pesados.....	41
Cuadro 11: Métodos empleados en el análisis de la materia orgánica.....	48
Cuadro 12: Mezclas controles.....	49
Cuadro 13: Mezclas evaluadas.....	50
Cuadro 14: Análisis fisicoquímico de las papas de descarte.....	57
Cuadro 15: Composición nutricional de papas comestibles.....	58
Cuadro 16: Valores promedios de las mezclas controles en la evaluación del pH.....	59
Cuadro 17: Valores promedios de las mezclas en la evaluación del pH.....	59

Cuadro 18: Valores promedio de las mezclas controles en la evaluación del porcentaje de acidez titulable.....	64
Cuadro 19: Valores promedio de las mezclas en la evaluación del porcentaje de acidez titulable	64
Cuadro 20: Promedio del valor de pH de las mezclas seleccionadas.....	68
Cuadro 21: Valores promedio de los porcentajes de acidez titulable de las mezclas seleccionadas.....	69
Cuadro 22: Costo de producción del Papa-Biol a nivel de investigación.....	70
Cuadro 23: Costo de producción del Papa-Biol para 50 L.....	71
Cuadro 24: Costo-beneficio en la producción del Papa-Biol.....	71
Cuadro 25: Análisis microbiológico del Papa-Biol.....	73
Cuadro 26: Análisis agronómico del Papa-Biol y de otro tipo de bioles.....	74
Cuadro 27: Límites permitidos de metales pesados según el Real Decreto 824/2005.....	77
Cuadro 28: Análisis agronómico del Papa-Biosol.....	78
Cuadro 29: Diluciones del Papa-Biol a evaluar.....	80
Cuadro 30: Índice de Germinación de las semillas de lechuga usando el Papa-Biol.....	82

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Principales rutas metabólicas de fermentación de azúcares por bacterias acidolácticas.....	20
Figura 2: Flujograma del proceso.....	51
Figura 3: Variación del pH promedio de las mezclas.....	63
Figura 4: Variación del porcentaje de acidez titulable promedio de las mezclas.....	66
Figura 5: Relación del pH promedio y porcentaje de acidez titulable de las mezclas seleccionadas.....	67
Figura 6: Porcentaje de germinación de las semillas evaluadas.....	81
Figura 7: Índice de germinación de las semillas de lechuga.....	82

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Ficha técnica del B-lac.....	97
Anexo 2: Evaluación del pH de cada mezcla.....	99
Anexo3: Análisis estadísticos para el parámetro pH.....	102
Anexo 4: Evaluación del porcentaje de acidez titulable de cada mezcla.....	106
Anexo 5: Análisis estadísticos para el parámetro porcentaje de acidez titulable.....	109
Anexo 6: Análisis de laboratorio.....	111
Anexo 7: Evaluación de la estabilidad del pH.....	112
Anexo 8: Índice de germinación.....	114
Anexo 9: Registro Fotográfico.....	117

RESUMEN

En los campos de cultivos de papa se puede encontrar porcentajes diversos de tubérculos dañados por plagas, enfermedades, factores fisiológicos etc. las cuales ocasionan pérdidas al agricultor. Por ésta razón, el presente estudio propone una alternativa ecológica para el aprovechamiento de las papas de descarte diseñando un protocolo para la elaboración de un abono líquido mediante un proceso rápido de fermentación homoláctica.

Para este fin se recolectaron diferentes muestras de papas de descarte del mercado mayorista N°1 La Parada las cuales fueron trituradas y mezcladas con agua. Se realizaron 25 combinaciones de esta mezcla con diferentes porcentajes de melaza y B-lac (0%, 10%, 20% y 25%) y fueron incubadas a 40°C por 5 días para facilitar el proceso de fermentación. Cada mezcla se analizó mediante la medición del pH y el porcentaje de acidez titulable en los días cero, uno, tres y cinco. Posteriormente se evaluó la estabilidad del pH, fitotoxicidad y los costos de producción.

Fue la mezcla T10 (5% de B-lac y 20% de melaza) la que presentó las mejores características y se le llamó Papa-Biol. Con ésta mezcla se realizó el bioensayo de fitotoxicidad en semillas de lechuga variedad Duett utilizando diluciones de biol puro, 10/100, 1/100, 0.1/100 y 0.01/100 empleando como control agua embotellada. La dilución elegida fue la de 1/100 por presentar un Índice de Germinación de 40.40% mayor que el control. Las pruebas microbiológicas realizadas al biol reportaron ausencia de coliformes totales y fecales mientras que las pruebas fisicoquímicas mostraron valores aceptables que garantizan el enriquecimiento del suelo al cual se aplique.

De la elaboración del biol se obtuvo también un biosol al que se le llamó Papa-Biosol el cual por su naturaleza puede ser usado como alimento para ganado o como abono orgánico.

Palabras clave: papa, abono orgánico, biol, fermentación homoláctica, biosol.

ABSTRACT

In the fields of potato crops can be found various percentages of tubers damaged by pests, diseases, psychological factors etc. which cause losses to the farmer. For this reason, this study proposes an ecological alternative to the use of waste potatoes designing a protocol for the preparation of a liquid fertilizer through a rapid homolactic fermentation process.

For this purpose, different samples of waste potato from the ex-wholesale market N°. 1 “La Parada” were crushed and mixed with water. 25 combinations of this mixture were made with different percentages of molasses and B-lac (0%, 10%, 20% and 25%) and were incubated at 40 ° C for 5 days to facilitate the fermentation process. Each mix was tested by measuring the pH and the percentage of titratable acidity at days zero, one, three and five. Subsequently the pH stability, phytotoxicity and production costs were evaluated.

T10 was the mixture (5% B-lac and 20% molasses) which presented the best features and was called Papa-Biol. With this mixture, phytotoxicity bioassay was performed on lettuce seed variety Duett using dilutions of pure biol, 10/100, 1/100, 0.1 / 100 and 0.01/100 using bottled water as control. The dilution of 1/100 was chosen for presenting a germination rate of 40.40% over the control. The microbiological tests performed to the biol reported absence of total and fecal coliforms while the physicochemical tests showed acceptable values that ensure the enrichment of the soil to which it is applied.

From the biol elaboration, we also obtained biosol which was called Papa-biosol. For its nature, papa-biosol can be used as cattle feed or as organic fertilizer.

Keywords: potato, organic fertilizer, biol, homolactic fermentation, biosol.

I. INTRODUCCIÓN

La papa es uno de los cultivos más importantes para el agricultor alto andino siendo éste una fuente de ingresos. Se le ha dado diferentes usos desde tiempos antiguos (alimenticio, medicinal, cosmético etc.) llegando a ser uno de los cultivos más consumidos y apreciados (Sonnino, 2011).

Existen diferentes agentes que afectan al cultivo de papa como insectos, bacterias, virus, hongos, nematodos o factores fisiológicos que dañan al cultivo generando porcentajes variados de tubérculos no comerciales que se conocen como “papas de descarte”, los cuales son a veces empleados como alimento para los cerdos o simplemente desechadas.

El gorgojo de los andes o gusano blanco de la papa es una de las plagas que más afecta al cultivo de papa y que por lo tanto más daños causa a la economía de los agricultores, se han registrado sólo en la región Puno una pérdida estimada de 64 millones de soles en el año 2009 (Los Andes, 2010) convirtiéndose en un problema para la agricultura. En nuestro país diversas organizaciones han trabajado directamente con el campesino para tratar de contrarrestar los efectos de esta plaga mediante métodos naturales, llegando a disminuir el número de papas dañadas mas no a erradicar el problema por completo, quedando aún cantidades considerables de cosecha por desechar. Los métodos químicos son los más usados por los agricultores, sin embargo éstos tampoco logran eliminar el problema por completo (INIA, 2006).

En el presente trabajo se propone una alternativa ecológica para el aprovechamiento de las papas de descarte teniendo como objetivo principal diseñar un protocolo para la elaboración de un abono líquido a partir de éstas, mediante un proceso de fermentación homoláctica.

En este tipo de fermentación el único producto que se forma es el ácido láctico a diferencia de la fermentación heteroláctica en la cual se genera además etanol y CO₂

(Madigan et al., 2009). La presencia de ácido láctico produce una disminución del pH a valores cercanos o menores a 4.5 lo que garantiza la ausencia de microorganismos patógenos (Hernández *et al.*, 2008 citado por Román, 2011), coliformes totales y fecales los cuales se desarrollan mejor a un pH ligeramente ácido o cercano a la neutralidad (Isea *et al.*, 2004 citado por Román, 2011), de esta manera se obtiene un abono líquido sin microorganismos patógenos que podrá ser empleado para la fertilización del suelo.

Para la realización de este proceso se consideraron los siguientes objetivos:

Objetivo General:

- Determinar las proporciones de B-lac, melaza y papa adecuadas para la obtención de un abono líquido con pH óptimo y estable.

Objetivos Específicos:

- Analizar la variación de pH en la generación del abono líquido.
- Analizar la variación de la acidez expresado en ácido láctico.
- Evaluar la fitotoxicidad del abono líquido.
- Cuantificar el contenido de macro y micronutrientes del abono líquido obtenido.

Mediante este procedimiento el agricultor podrá beneficiarse al máximo de los productos que normalmente desecha aumentando su economía y mejorando su producción con la ventaja de obtener el producto final en corto tiempo.

Es importante recalcar también que se podrá dar solución a un problema que por mucho tiempo ha perjudicado a gran parte de los productores de papa en el país, utilizando insumos naturales y de bajo costo. Este abono podrá ser producido por los mismos agricultores lo cual contribuiría a la economía de los mismos y a la promoción de productos orgánicos en el Perú. Asimismo, esta actividad promueve el cuidado del medio ambiente y preserva la salud tanto del campesino como del consumidor.

Este método también servirá de base para posteriores estudios en los cuales se utilice como materia prima diferentes tipos de vegetales que sirvan para la elaboración de abonos o alimentos para ganado.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 IMPORTANCIA Y CARACTERÍSTICA DEL CULTIVO DE PAPA

La papa se ha cultivado desde hace más de 8000 años en la frontera de Perú y Bolivia. El Perú es el primer país donde se cultivó y comió papa. Se han encontrado cultivos de papa y camote en valles costeros, desde el valle de Casma (Ancash) hasta Pisco (Ica), estas muestras datan de finales de la era del hielo (8000 a.c.). En el Perú, la papa ha sido utilizada desde tiempos pre incaicos como alimento, empleando inclusive técnicas para almacenarlas y aprovecharlas en épocas de guerra o escasez. Los campesinos andinos también se han encargado de seleccionar las papas por su sabor, color, figura etc. manteniendo la diversidad de la especie (Sánchez, 2003).

En su composición encontramos alto contenido de carbohidratos y bajo contenido de proteínas sin embargo tiene mayor cantidad de proteínas que cualquier otro tubérculo. En su composición también encontramos vitamina C, potasio, sodio y vitamina B1 y B2 en menor cantidad (Perú Ecológico, 2009; Borba, 2008).

Cuadro 1: Composición nutricional de diferentes tipos de papa

	CLASE DE PAPA (O PRESENTACIÓN)					
	Amarilla	Blanca	Harina	Helada	Seca	Vieja
Energía (Kcal)	103	97	332	180	332	140
Agua (g)	73.2	74.5	10.9	54.5	14.8	63.4
Proteínas (g)	2	2.1	6.4	1.8	8.2	1.9
Grasa (g)	0.4	0.1	0.4	0.6	0.7	0.2
Carbohidrato (g)	23.3	22.3	77.1	42.1	72.6	33
Fibra (g)	0.7	0.6	2.3	2	1.8	2.5
Ceniza (g)	1.1	1	5.2	1	3.5	1.5
Calcio (mg)	6	9	199	58	47	21
Fósforo (mg)	52	47	1	54	200	63
Hierro (mg)	0.4	0.5	-	2.8	4.5	2.6
Retinol (mg)	-	3	-	-	-	3

Tiamina (mg)	0.07	0.09	0.18	0.07	0.19	0.08
Riboflavina (mg)	0.06	0.09	-	0.2	0.09	0.09
Niacina (mg)	1.85	1.67	-	1.65	5	2.15
Ácido Ascórbico Reducido (mg)	9	14	8.9	1	3.2	-

Nota: Composición por 100 gramos de porción comestible

Fuente: Sánchez, (2003).

El tubérculo ha sido empleado también en el campo medicinal como antiespasmódico, contra las úlceras, el reumatismo, picadura de insectos etc., en cosmética se ha usado para combatir las arrugas y en el área industrial se le ha empleado en la fabricación de almidón, papel, repostería, panadería etc. (MINAG, 2011). El Perú posee más de 3000 variedades de papa de las 5000 que crecen en Latinoamérica. Entre las más conocidas encontramos: la papa canchán, papa tomasa, papa amarilla, papa huayro, papa tarmeña, papa huamantanga, papa negra, papa peruanita, papa perricholi y papa cóctel (MINAG, 2011).

En el Perú, el cultivo de papa ocupa el segundo lugar en superficie de siembra de los cultivos anuales de importancia siendo las bajas temperaturas y disponibilidad de agua los factores que determinan su siembra y producción. La siembra de éste tubérculo se realiza en un gran número de condiciones: punas secas, punas húmedas, valles interandinos de la sierra, vertientes orientales húmedas, vertientes occidentales subáridas y valles costeros subdesérticos (Egúsquiza, 2000).

La papa es el cultivo que más ingresos brinda a los agricultores de la sierra y es una de las principales fuentes de alimentación. En el año 2012 la producción alcanzó un volumen de 4 411 000 toneladas de los cuales: Puno, Huánuco, Cusco, Junín y la Libertad fueron los principales departamentos con 568 000, 546 000, 430 000, 409 000 y 379 000 toneladas respectivamente. En cuanto a la superficie cosechada, se alcanzó un total de 309 000 hectáreas, siendo los principales departamentos: Puno, Huánuco, Cusco, Cajamarca, Huancavelica con 51 000, 36 000, 35 000, 28 000, 27 000 hectáreas respectivamente (MINAG citado por Inform@cción).

El 95% de la producción de papa en el Perú proviene de la sierra, siendo las zonas más importantes: Puno, Apurímac, Cusco, Cajamarca, Ayacucho, Pasco, Huánuco, Junín, La Libertad, Huancavelica y Ancash. Las variedades más sembradas son Canchán, Peruanita, Perricholi y Yungay. La siembra se realiza de agosto a diciembre mientras que la cosecha entre Marzo y Mayo (Sánchez, C. 2003).

El 5% de la producción proviene de la costa siendo las zonas de mayor actividad: Barranca, Huaral, Chincha, Ica, Cañete, Palpa y Nazca. Las variedades más sembradas en el año 2003 fueron: Tomasa 65%, Canchán 17%, Perricholi 16%, Revolución 1.3% y otras 0.7%. La siembra se realiza de Abril a Julio y la cosecha de Agosto a Diciembre (Sánchez, 2003).

2.2 COMERCIALIZACIÓN DE LA PAPA EN EL PERÚ

La papa se cultiva en la mayoría de pisos ecológicos. Además de ser una fuente de alimento, también genera empleo a los agricultores minifundistas y pequeños, medianos y grandes productores. El cultivo de papa contribuye también al 10% del PBI agrícola del país y al 5% de la PEA agrícola (Devaux *et al.*, 2010).

El Valle del Mantaro es, desde los años setenta, el principal abastecedor de papa en la costa, ahí se ubican centros de producción de semillas que abastecen a zonas de la costa y sierra. Asimismo, el Valle del Mantaro, era uno de los principales abastecedores de papa del mercado mayorista número 1 (La Parada) (Agreda *et al.*, 1994).

El primer semestre del año es cuando se comercializa la mayor cantidad de papa proveniente de los mayoristas de Huancayo, que a su vez les venden a los mayoristas de Lima (aunque también se ha reportado que la venta puede dirigirse a minoristas y otros intermediarios) (Agreda *et al.*, 1994).

La comercialización de la papa es una actividad generadora de empleos, en el proceso participan acopiadores, los que participan de intermediarios entre los productores y

mayoristas, los que transportan la papa desde los campos hacia los mercados, los mayoristas, estibadores etc. Por esta razón la papa es una de las principales fuentes de ingreso en la región rural andina del país, sin embargo esta actividad se ve afectada por la aparición de plagas que afectan el cultivo (Devaux *et al.*, 2010).

Es importante destacar que el porcentaje de pérdida ocasionada por el gorgojo de los andes es del 5% según afirmó el Ing. Gilberto Rodríguez catedrático de la UNALM. Informó también que sólo en Huasahuasi, una de las localidades productoras de papa en la sierra central, la producción de papa es de 20 toneladas por hectárea de las cuales se pierden un promedio de 5% a causa de las plagas (comunicación personal).

Los altos valores de pérdida afectan directamente la economía del agricultor disminuyendo considerablemente su producción. El agricultor desecha grandes cantidades de papa o en algunos casos dejan de cosecharlas al verlas inservibles lo cual contribuye a la propagación de las plagas.

2.3 EL GORGOJO DE LOS ANDES O GUSANO BLANCO DE LA PAPA

Como se conoce, son muchos los factores que afectan al cultivo de papa produciendo papas de descarte, uno de éstos son las plagas. La que más afecta al agricultor altoandino es el gorgojo de los andes o gusano blanco de la papa. Existen 12 especies de insectos coleópteros pertenecientes al género *Premnotrypes* que reciben el nombre de gorgojo de los andes, los más conocidos son *Premnotrypes vorax* Hustache, *Premnotrypes suturicallus* Kuschel y *Premnotrypes latithorax* Pierce. Habitan en la región andina, entre los 2500 y 4700 m.s.n.m. (Alcázar, 1997).

Comúnmente se les conoce por diversos nombres como: Gorgojo de los andes, Gusano blanco de la papa, Papa Kuru, Utu Kuru (adulto), Tucsa (adulto), Allpa Kuru,

Gorgojo de la papa y Andean weevil. Pueden causar hasta 70 o 100% de daños en la cosecha. El Cusco es el lugar donde se encuentra un alto número de estos insectos, especialmente en las provincias: Canchis, Urubamba, Quispicanchis, Calca, Cusco, Anta, Paucartambo, Paruro, Acomayo y Santo Tomás. La hembra produce en promedio 630 huevos que deposita cerca de las raíces de la planta. Posee una sola generación al año. Presenta 4 estadíos: huevo, larva, pupa y adulto. El más perjudicial para los cultivos es el estado larval debido a las pérdidas económicas que ocasiona. Luego de 32 días las larvas salen al suelo buscando alimentarse de la pulpa de la papa. Mientras se alimentan generan unos conductos en donde dejan sus excrementos, permaneciendo en ella unos 45 días en donde completará sus cuatro estadíos larvales. Al término de esta etapa la larva sale del tubérculo, dejando un agujero grande en ésta, dirigiéndose al suelo donde permanecerá 42 días como pre-pupa para luego transformarse en pupa quedándose así por 54 días. Para que se transforme en adulto pasarán 115 días más, el adulto saldrá al inicio de las primeras lluvias. Las papas infectadas poseen un aspecto sucio con abultamientos en las zonas donde se encuentran las lesiones. Las larvas permanecerán en el suelo hasta su estado adulto. Esta etapa se caracteriza por tener una fase en el suelo y la otra en la planta ya que migran hacia las hojas de la papa para alimentarse de ellas (Alcázar, 1997; Herrera, 1997; Bayer Cropscience, 2008).

El gorgojo de los andes tiene la característica de haber adaptado su ciclo de vida al del cultivo de la papa, de esta manera el estado adulto del insecto concuerda con el desarrollo vegetativo de la planta permitiéndole alimentarse del follaje, la etapa de tuberización ocurre al mismo tiempo que el estado larval y el estado de pupa concuerda con el momento en el que no se encuentra cultivo en el campo (Yábar, 1994).

2.3.1 MÉTODOS PARA ERRADICAR EL GUSANO BLANCO

Se han desarrollado diversos métodos naturales y químicos para tratar de evitar los daños causados por este insecto que se pueden realizar en diferentes etapas del cultivo. Durante la siembra se puede realizar las siguientes actividades:

- Sembrar cultivos como mashua u olluco alrededor del cultivo de papa para evitar el ingreso de los gorgojos.
- Cavar zanjas alrededor del campo de cultivo.
- Adelantar la época de siembra.

Durante el desarrollo del cultivo:

- Recoger los gorgojos manualmente durante la noche.
- Eliminar las plantas voluntarias (plantas que nacen a partir de residuos de cosechas anteriores) para evitar que el gorgojo pueda depositar sus huevos.
- Aplicación de insecticidas en los bordes del campo.
- Colocar aporques altos para impedir el ingreso de las larvas.

Durante la cosecha del cultivo:

- Verificar si hay daño en el cultivo, si este es el caso adelantar la cosecha.
- Amontonar las papas sobre mantas o plástico con el fin de evitar el ingreso de larvas al suelo (DFID *et al.*, 2004; Alcázar, 1997).
- Colocar pollos en la zona para que se alimenten de las larvas.

Otro método de control biológico, el cual ha sido empleado en pueblos del Cusco, ha sido la exposición al hongo *Beauveria brongniartii*, que penetra en la cutícula de la larva por acción de la enzima producida por el hongo, provocando la muerte del insecto (Torres *et al.*, 1993).

Sin embargo, los métodos químicos son los más usados. Estos pesticidas pueden ser tóxicos para el agricultor, el consumidor y el medio ambiente, además de ser caros y de no solucionar el problema por completo. En estudios realizados en poblados de Cajamarca que contaron con la participación activa de los agricultores, se utilizaron diversos tratamientos para contrarrestar al gorgojo de los andes, tanto naturales como químicos. El resultado de la aplicación de estos métodos mostraron hasta un 20% de tubérculos dañados, logrando solo disminuir el efecto causado por la plaga más no erradicarla definitivamente (INIA, 2006).

2.4 ÁREAS DE MAYOR PRODUCCIÓN DE PAPA EN EL PERÚ

El valle del Mantaro se ubica en la sierra central del Perú en el departamento de Junín, la agricultura en esta zona tiene como función el abastecimiento interno. Entre los principales cultivos se encuentran la papa, la cebada y el maíz, también se cultivan trigo, habas, arvejas, oca, olluco y mashua. La composición de los cultivos se ve afectada por la altitud, la mayoría de estos son sembrados en el fondo del valle como el maíz y las hortalizas, mientras incrementa la altitud va disminuyendo el número de cultivos, por esta razón en las zonas más altas el cultivo predominante es la papa y en pequeñas proporciones cebada y avena para forraje (Franco y Horton, 1979).

Podemos distinguir diferentes zonas agroecológicas en el valle del Mantaro, entre ellas encontramos la zona agroecológica alta que posee un clima sub-húmedo y semi-frío. La superficie está conformada de terrenos con pendientes muy abruptas en donde se cultivan papas amargas que son resistentes a las heladas y se emplean en la elaboración de chuño. En menor escala se cultiva avena y algunos tubérculos como el olluco. La zona agroecológica intermedia abarca el territorio a lo largo del borde del río, su clima es variado generalmente húmedo y frío, los cultivos que se siembran son papa, mashua, oca, olluco, cebada, avena y en menor cantidad trigo, leguminosas y quinua. Esta zona se subdivide en dos, en la parte oriental predominan los tubérculos y en la parte occidental los cereales, la tecnología para la preparación de la tierra es diferente en estos dos lugares, en la zona más alta se utiliza el arado andino y en la más baja el arado de bueyes o yunta. La zona agroecológica baja posee un clima más templado y por lo tanto es la zona más explotada y productiva, se dividen en subzonas que se mantienen bajo riego y otras que son usadas sólo en la época lluviosa. Existen también tierras dedicadas sólo al consumo doméstico así como áreas de producción comercial (Mayer, 1981).

En cuanto al cultivo de papa, ésta se siembra en todo el valle especialmente en el lado oriental en donde el porcentaje de tierras que cultivan papa llega al 50%, el área que va desde Concepción a Comas es el que tiene mayor rendimiento y mejores condiciones para la producción de este tubérculo (Mayer, 1981).

2.5 NUTRICIÓN MINERAL EN EL CULTIVO DE PAPA

El cultivo de papa requiere grandes cantidades de fertilizante, en parte debido a su limitado y poco profundo sistema radicular y a su necesidad de llenado en un periodo corto de tiempo (HAIFA, 2011).

Hernández, (2001) y AgroEstrategias (2007) describen los elementos que forman parte de los requerimientos nutricionales del cultivo:

- **Nitrógeno:** Las plantas lo obtienen del suelo en la forma de amonio, nitritos y nitratos. La cantidad de nitrógeno en el suelo depende tanto del tipo de suelo como del clima. Bajos niveles de éste elemento produce clorosis de las hojas y necrosis prematura, por el contrario el exceso de nitrógeno produce aumento del follaje, disminución de frutos y del desarrollo de la raíz.

- **Fósforo:** Se absorbe principalmente como ión fosfato inorgánico monovalente. Las cantidades de los iones disponibles (H_2PO_4^- y HPO_4^{2-}) están controladas por el pH del suelo, en un suelo con pH menor que 7 habrá mayor cantidad de fosfato inorgánico monovalente. La deficiencia de fósforo provoca retraso en el crecimiento, poco desarrollo de las raíces y enanismo en las hojas y tallos.

- **Potasio:** Es el catión que se encuentra en mayor concentración. Es necesario para la conformación activa de varias enzimas del metabolismo (oxidoreductasas, deshidrogenasas, transferasas), para neutralizar aniones solubles del citoplasma y además contribuyen al potencial osmótico. La deficiencia de potasio produce amarillamiento ligero en hojas viejas, debilidad del tallo y mayor sensibilidad al ataque de patógenos.

- **Azufre:** La raíz absorbe el azufre en forma de anión sulfato (SO_4^{2-}). El azufre forma parte de muchos compuestos como aminoácidos (cisteína, metionina), coenzimas (tiamina, biotina, CoA) y sulfatos. Normalmente el sulfato se encuentra disponible en el suelo, pero en caso de deficiencia ésta se caracteriza como un amarillamiento generalizado de la planta.

- **Calcio:** Se absorbe como catión Ca^{2+} y es acumulado en las plantas, principalmente en las hojas. Es fundamental para el crecimiento de meristemas y ápices radicales. Se encuentra también en las paredes celulares, vacuolas y organelos como sales y fosfatos. Las concentraciones de calcio citosólico tienen que ser bajas, por esta razón las plantas tienen varios mecanismos de homeostasis que involucran a la vacuola, cloroplasto y retículo endoplasmático. La deficiencia de calcio produce en la planta una atrofia del sistema radical dándole una apariencia de hoja y las hojas se vuelven cloróticas, enrolladas y rizadas.

- **Magnesio:** Se absorbe como catión Mg^{2+} . Tiene un papel estructural en la molécula de clorofila y mantiene la estabilidad estructural de los ácidos nucleicos y las membranas. Participa en la activación de enzimas para la asimilación del rubisco, fosfoenolpiruvato carboxilasa y glutamato sintasa. La deficiencia de magnesio produce clorosis en hojas viejas principalmente entre las nervaduras.

2.6 ABONOS ORGÁNICOS

El incremento en la demanda de alimentos orgánicos es resultado de la voluntad de reducir la contaminación medioambiental provocada por el uso indiscriminado de los fertilizantes inorgánicos, esto implica el aumento del uso de abonos los cuales son elaborados a partir de desechos orgánicos (Romero *et al.*, 2004).

La elaboración de abonos orgánicos constituye una de las prácticas usadas para un manejo ecológico del suelo en la agricultura orgánica. Pueden ser de origen animal o vegetal siendo una fuente importante de nutrientes, materia orgánica, sustancias húmicas, reguladores de crecimiento y diferentes compuestos proteicos que mejoran las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo y por consiguiente el rendimiento de los cultivos (Siura, 2008).

Los abonos orgánicos son muy variables en su composición química y en sus características físicas. El humus que forman enriquece el suelo modificando sus

propiedades como su reacción (pH), cargas variables, capacidad de intercambio iónico, quelatación de elementos, disponibilidad de fósforo, calcio, magnesio y potasio, incluso mejora la población microbiana favoreciendo su desarrollo. Los abonos orgánicos pueden también abatir la acidez intercambiable (Al^{3+} e H^+) en los suelos ácidos que influyen en la retención de los fosfatos y otros aniones disminuyendo la disponibilidad de ellos (Trinidad, 2000).

Los abonos orgánicos influyen también en las características físicas del suelo como la estructura, porosidad, aireación, capacidad de retención de agua, infiltración, conductividad hidráulica y estabilidad de agregados. La porosidad aumenta la capacidad que tiene el suelo para retener agua incrementando la infiltración de agua en el suelo. En cuanto a las características biológicas del suelo, los microorganismos que participan en la descomposición del estiércol, incrementan la actividad biológica del suelo y con ello su estructura por efecto de la agregación de los productos resultantes de esta descomposición aumentando así su fertilidad y por consiguiente la rentabilidad del cultivo (Trinidad, 2000).

Entre los abonos orgánicos más conocidos figuran el estiércol, guano de islas, abonos verdes, rastrojo de cultivos, compost, humus de lombriz, aguas residuales, materias fecales, abonos líquidos como el biol y purin (Siura, 2008). Como ejemplos podemos nombrar:

- El Bocashi es un tipo de abono orgánico utilizado en la antigüedad por los japoneses. Éste es un abono fermentado parcialmente mediante un proceso de degradación aeróbica o anaeróbica que está compuesto de materiales de origen animal y vegetal, lo cual permite obtener el producto final más rápido que en el compostaje. Para su elaboración, se debe tener en cuenta que la temperatura no debe exceder los 50°C después de 14 horas de elaborado el abono, la humedad debe estar entre los 50% y 60% del peso, la concentración de oxígeno debe estar entre 6% a 10% y las partículas deben de ser pequeñas para aumentar la superficie de descomposición microbiológica (Mosquera, 2010).

- El compost es el resultado del proceso de descomposición de materiales orgánicos como restos de cosecha, excremento de animales y otros residuos, realizado por microorganismos en presencia de aire, los factores importantes a controlar son: la

temperatura, la cual no debe exceder de los 70 °C a las 14 horas de elaborado el compost, la humedad que debe estar entre 50% a 60% en relación con el peso de la mezcla, se debe tener cuidado que no se compacten los materiales y que haya buena aireación, debe haber un buen equilibrio entre la cantidad de carbono y nitrógeno de la mezcla, ya que si la relación C/N es muy alta (mayor a 35), disminuirá la actividad biológica y si es muy baja no afectará el proceso de compostaje pero se perderá nitrógeno en forma de amoníaco, el pH debe de estar entre 6 y 7.5 para asegurar una correcta actividad microbiana, es recomendable que el tamaño de las partículas sea pequeño y el control periódico para asegurarnos que se cumplan todas las fases y obtener un abono de buena calidad (CEDECO, 2005).

- La lombriz californiana *Eisenia Foetida* consume los residuos vegetales y estiércol para excretarlos en forma de humus el cual es un abono orgánico de excelentes propiedades para el mejoramiento de la fertilidad del suelo. Estas lombrices se utilizan con distinto tipo de alimentos y diferentes climas pudiéndose utilizar en todas las épocas del año bajo condiciones apropiadas sin embargo es importante tener en cuenta algunos factores como la alimentación, la cual debe de ser fresco y no fermentado para evitar la formación de gases nocivos y de esta forma el ahogamiento de las lombrices. En cuanto a la humedad, ésta debe de estar entre el 70% y 85% de la capacidad de campo, la temperatura también es un factor importante, la cual debe ser 20°C (Mosquera, 2010).

2.6.1 ABONO ORGÁNICO LÍQUIDO – BIOL

Según indica el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), el biol es un abono orgánico líquido que resulta de la descomposición de los residuos animales y vegetales en ausencia de oxígeno y contiene nutrientes que pueden ser asimilados fácilmente por las plantas haciéndolas más vigorosas y resistentes al ataque de plagas, enfermedades y a los efectos adversos del clima (INIA, 2008).

Se define también como la fracción líquida resultante del fango proveniente del biodigestor o fermentador (Aparcana, 2008). El biodigestor es un depósito en el cual se lleva a cabo la fermentación anaeróbica que consiste en la descomposición de desechos orgánicos como estiércol de ganado y desechos vegetales por acción de bacterias que trabajan en ausencia de oxígeno, produciendo un gas rico en metano y un residuo que sirve como abono (Elizondo, 2005).

El fango que se obtiene del biodigestor es decantado obteniéndose una parte líquida llamada biol, la composición de este biol depende de los tipos de residuos utilizados en el biodigestor. El biol puede considerarse también como un promotor y fortalecedor del crecimiento de las raíces y frutos gracias a la presencia de hormonas vegetales de crecimiento, las cuales provienen del desecho del metabolismo de bacterias típicas de este tipo de fermentación que no se encuentran en el compost. Por lo tanto, cualquiera sea el origen del biol, contará con la presencia de fitohormonas, que a bajas concentraciones, regulan los procesos fisiológicos y promueven el desarrollo de las plantas generando así, mayor productividad a los cultivos (Aparcana, 2008).

Cuadro 2: Composición química de diferentes tipos de bioles

Componente	Fuente 1	Fuente 2	Fuente 3	Fuente 4
pH	7.96	8.1	No menciona	6.7 – 7.9
Materia Seca	4.18 %	4.2 %	No menciona	1.4 %
Nitrógeno total	2.63 g/kg	2.4 g/kg	0.2 g/kg	0.9 g/kg
NH₄	1.27 g/kg	1.08 g/kg	No menciona	No menciona
Fósforo	0.43 g/kg	1.01 g/kg	0.076 g/kg	0.048 mg/kg
Potasio	2.66 g/kg	2.94 g/kg	4.2 g/kg	0.29 mg/kg
Calcio	1.05 g/kg	0.50 g/kg	0.056 g/kg	2.1 g/kg
Magnesio	0.38 g/kg	No menciona	0.131 g/kg	0.135 %
Sodio	0.404 g/kg	No menciona	2.1 g/kg	No menciona
Azufre	No menciona	No menciona	6.4 mg/kg	0.33 mg/l
Carbono	No menciona	No menciona	1.1 g/kg	0.23 – 0.30
Aluminio	No menciona	No menciona	0.04 mg/kg	No menciona
Boro	No menciona	No menciona	0.56 mg/kg	No menciona

Zinc	No menciona	No menciona	No menciona	0.05 mg/l
-------------	-------------	-------------	-------------	-----------

Fuente: Aparcana S., 2008

Fuente 1: Biol de estiércol de vacuno (Pötsh, 2004).

Fuente 2: Biol de mezcla de sustratos: estiércol de vacunos y restos de comida casera (Zethner, G., 2002).

Fuente 3: Biol de banano promedio hojas, tallos y frutos Clark et. Al (2007).

Fuente 4: Biol de estiércol de vacuno. ITINTEC, 1980.

Cuadro 3: Composición bioquímica del biol

Componentes	Cantidad
Ácido indol acético (ng/g)	9.0
Giberelina (ng/g)	8.4
Purinas (ng/g)	9.3
Citoquininas	No detectado
Tiamina (Vit B1) (ng/g)	259.0
Riboflavina (Vit B2) (ng/g)	56.4
Adenina	No detectado
Ácido fólico (ng/g)	6.7
Ácido pantoténico (ng/g)	142.0
Triptofano (ng/g)	26.0
Inositol	No detectado
Biotina	No detectado
Niacina	No detectado
Cianocobalamina (Vit B12) (ng/g)	4.4
Piridoxina (vit B6) (ng/g)	8.6

Fuente: Aparcana, S. (2005), Siura, S. (2008).

El biol es también biológicamente estable, rico en humus y con una baja carga de patógenos. Provee la materia orgánica necesaria para el suelo que influirá en los procesos físicos, químicos y biológicos involucrados en la fertilidad del mismo, resultando en mejores rendimientos de los cultivos (Sistema BioBolsa, 2013).

Puede ser aplicado en una gran variedad de plantas, como en las de ciclo corto, anuales, bianuales o perennes, gramíneas, forrajes, leguminosas, frutales, hortalizas, raíces,

tubérculos, ornamentales con aplicaciones al follaje, suelo, semilla o raíz (Suasaca *et al.*, 2009). El número y momento de aplicación depende de la fenología del cultivo.

2.7 ÁCIDO LÁCTICO

El ácido láctico es un ácido orgánico natural utilizado en la industria química, farmacéutica, de alimentos y de plástico. Posee dos isómeros ópticos: el D (-) láctico y el L (+) láctico y una forma racémica constituida por fracciones equimolares de las formas L (+) y D (-). El isómero D (-) es perjudicial al metabolismo humano y puede generar acidosis y descalcificación, mientras que el ácido L (+) láctico es considerada sustancia GRAS (reconocido como seguro para uso como aditivo alimenticio). El ácido L (+) láctico purificado se obtiene de procesos de separación, concentración y secado (García *et al.*, 2010).

Las formas ópticamente activas como la racémica se encuentran en estado líquido y son insolubles en agua. En estado puro, el ácido láctico se encuentra en estado sólido siendo altamente higroscópico con punto de fusión bajo, el punto de ebullición se encuentra entre 125°-140°C. Las formas isoméricas del ácido láctico pueden producir polímeros con diferentes propiedades dependiendo de la composición (Serna *et al.*, 2005).

El ácido láctico puede obtenerse por vía química o biotecnológica. Por vía química se produce mediante la reacción de acetaldehído con ácido cianhídrico (HCN) para obtener lactonitrilo el cual se hidroliza para dar ácido láctico. El ácido láctico obtenido químicamente constituye solo el 10% del ácido láctico producido en el mundo debido a que éste es una mezcla de ácido láctico D y L ópticamente inactivo. El ácido láctico obtenido por vía biotecnológica es el método más empleado y se basa en la fermentación de carbohidratos por medio de bacterias u hongos los cuales forman ácido láctico D (-) o L (+) ópticamente activos. La producción por esta vía depende también del microorganismo utilizado así como su inmovilización o recirculación, el pH, la temperatura, la fuente de

carbono, la fuente de nitrógeno, el modo de fermentación y la formación de subproductos (Serna *et al.*, 2005).

El ácido láctico que se produce durante la fermentación inhibe el crecimiento de bacterias indeseables, sin embargo la actividad antimicrobiana del ácido láctico no se debe sólo a la acidez que ocasiona la disminución del pH del medio, sino también al efecto antimicrobiano debido a su forma no disociada (Piard y Desmazeaud, 1991 citado por Cupe B. 2013).

La forma disociada de los ácidos no atraviesan fácilmente la membrana plasmática de los organismos por ser un anión, mientras que la forma no disociada sí atraviesa la membrana, de esta manera, una vez que el ácido está en el interior de la bacteria puede disociarse afectando al pH intracelular microbiano y por consiguiente su metabolismo, puesto que altera el gradiente de protones y de carga con el exterior interfiriendo así con los sistemas de transporte de aminoácidos y fosfatos (Leveau y Bouix, 2000 citado por Cupe B. 2013).

Al producirse la disociación del ácido en el interior de la célula, la concentración de aniones aumentará desencadenando un mecanismo de compensación de la carga eléctrica, lo cual obligará a la bacteria a aumentar los niveles de Na, K y/o glutamato incrementando así la fuerza iónica intracelular y el turgor. De esta forma aumenta la presión mecánica sobre la pared del microorganismo provocando que eventualmente la célula estalle (Booth, 1985 citado por Cupe B. 2013).

Aguilar C. *et al.*; (2011), reportó que en estudios realizados en co-cultivos de cepas de *Lactobacillus plantarum* y *Escherichia coli* se determinó que las cepas de *Lactobacillus* limitaban el crecimiento de *E. coli* aproximadamente en 3 ciclos logarítmicos. Las bacterias ácido lácticas mediaron el cambio de pH produciendo acidificación. Se demostró también que la entrada prematura de *E. coli* a la fase estacionaria en co-cultivo no se relacionaba con el bajo pH ni con el agotamiento de nutrientes, sino al ácido láctico sin disociar y/o a las bacteriocinas que pueden limitar el crecimiento del patógeno. Asimismo en pruebas

posteriores se concluyó que otros sistemas como las señales del quórum sensing podrían estar también involucradas ya que se obtuvieron resultados que indicaron que la fase estacionaria de *E. coli* no fue inducida por agotamiento de nutrientes, bajo pH ni acumulación de tóxicos pero si a factores asociados a la fisiología de las BAL o de *E. coli* en co-cultivo. De esta manera una respuesta dependiente de la densidad poblacional (quórum sensing) parece estar involucrado en el mecanismo de inhibición.

2.8 BACTERIAS ÁCIDO LÁCTICAS

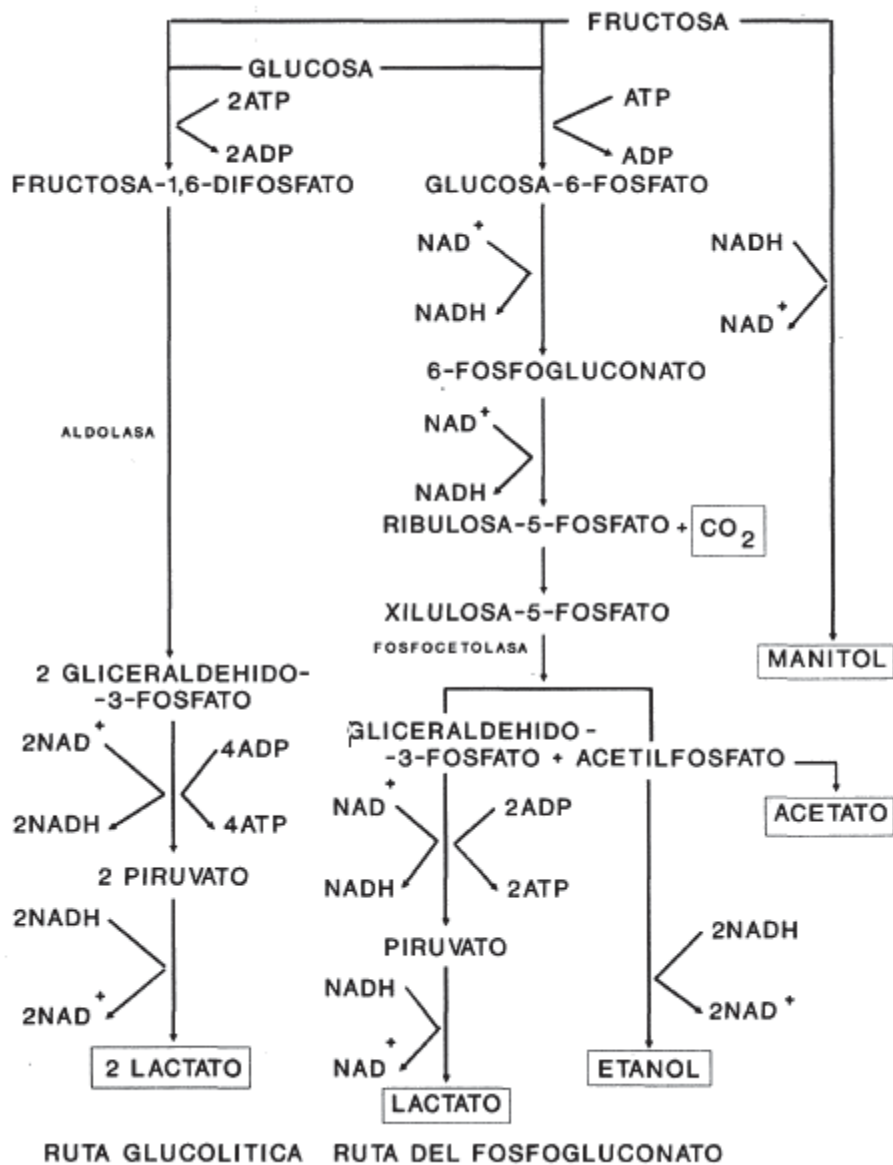
Las bacterias ácido lácticas (BAL) son bacilos y cocos que comprenden un gran número de bacterias gram-positivas que tienen como característica la producción de ácido láctico a partir de carbohidratos. Toleran condiciones ácidas, son no esporuladoras, no móviles, anaeróbicos, microaerofílicos o aerotolerantes, oxidasa, catalasa y benzidina negativas, carecen de citocromos, no reducen el nitrato a nitrito, con metabolismo estrictamente fermentativo y obtienen su energía sólo mediante fosforilación a nivel de sustrato, la mayoría obtiene su energía solo del metabolismo de los azúcares por lo que habitan en lugares ricos en azúcar. Las BAL son también ácido tolerantes, algunas pueden crecer a pH bajos como 3.2 o a pH altos como 9.6 aunque la mayoría crece dentro de un rango de pH de 4 y 4.5 lo que les permite vivir en un medio donde otras bacterias no resistirían. Entre las BAL encontramos a las bacterias pertenecientes a los géneros *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Leuconostoc* y *Streptococcus* (Vásquez *et al.*, 2009; Ramírez *et al.*, 2011; Prescott L. *et al.*, 2008; Madigan *et al.*, 2009).

Las bacterias ácido lácticas comprenden los siguientes géneros: *Aerococcus*, *Alloiococcus*, *Carnobacterium*, *Dolosigranulum*, *Enterococcus*, *Globicatella*, *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Lactosphaera*, *Leuconostoc*, *Oenococcus*, *Pediococcus*, *Streptococcus*, *Tetragenococcus*, *Vagococcus* y *Weissella*, aunque el género *Bifidobacterium* no está relacionado filogenéticamente se considera dentro de las bacterias ácido lácticas ya que tiene una única vía de fermentación del azúcar (Zamora, 2003).

En cuanto a su clasificación, las bacterias ácido lácticas se agrupan en homofermentativas y heterofermentativas dependiendo del producto final de la fermentación. Las bacterias homofermentativas como *Lactococcus*, *Streptococcus*, *Pediococcus*, *Vagococcus* y algunos *Lactobacillus* poseen la enzima aldolasa y producen ácido láctico casi exclusivamente como producto final de la fermentación de la glucosa utilizando la vía de glucólisis (Embden-Meyerhof). Los productos de esta fermentación son dos moles de ATP por mol de hexosa fermentada. El NADH producido en la transformación de la triosafosfato a piruvato se consume en la reducción del piruvato a lactato (Montaño *et al*, 1992; Ramírez *et al.*, 2011).

Las bacterias heterofermentativas pertenecientes a los géneros *Leuconostoc*, *Oenococcus*, *Weisella*, *Carnobacterium*, *Lactosphaera* y algunos *Lactobacillus* al carecer de la enzima aldolasa producen a partir de un mol de glucosa un mol de ácido láctico, un mol de etanol (o ácido acético) y un mol de anhídrido carbónico mediante la vía 6-fosfogluconato-fosfoacetolasa. En esta ruta se produce un mol de ATP por mol de hexosa fermentada. Se producen también tres moles de NADH, un mol se oxida en la reducción del piruvato, si no existen aceptores de electrones alternativos, el acetilfosfato reduce al etanol oxidando a los otros dos moles de NADH, en caso de existir aceptores de electrones alternativos se forma ácido acético como producto final (Montaño *et al*, 1992; Ramírez *et al.*, 2011).

Figura 1: Principales rutas metabólicas de fermentación de azúcares por bacterias acidolácticas



Fuente: Montaña *et al.*, 1992.

Las bacterias ácido lácticas se clasifican también por el crecimiento a diferentes temperaturas, configuración del ácido láctico producido (L o D), habilidad de crecer a altas concentraciones de sal, tolerancia al medio ácido o básico así como pueden ser útiles también los marcadores quimiotaxonómicos, la composición de los ácidos grasos y los constituyentes de la pared celular (Zamora, 2003).

Las bacterias ácido lácticas tienen diversas aplicaciones, participan en la fermentación de alimentos como la leche, carne y vegetales para obtener productos como el yogurt, quesos, encurtidos, embutidos, ensilados etc., así como en la producción de vinos y cervezas, además estas bacterias contribuyen al buen olor, sabor, textura y aumentan la calidad nutritiva. La mayoría de los probióticos pertenecen a las BAL y son usados en la industria alimentaria así como en el área pecuaria para mejorar la producción animal (Ramírez *et al.*, 2011).

2.8.1 BACTERIOCINAS

Las bacteriocinas son péptidos o proteínas biológicamente activas que presentan acción bactericida sobre receptores celulares específicos. Fueron demostradas inicialmente en *E. coli* y luego en las bacterias gram-positivas. Las propiedades bioquímicas, peso molecular, espectro de actividad, modo de acción y respaldo genético de las bacteriocinas son muy heterogéneos. Se ha demostrado también que la producción de bacteriocinas es un fenotipo ampliamente predominante en este grupo de bacterias (Ramírez *et al.*, 2011; Piard y Desmazeaud; 1992).

Son sintetizados en el ribosoma de las Bacterias Ácido Lácticas (BAL) que se producen durante o al final de la fase logarítmica del desarrollo, son estables a pH ácido o neutro lo cual indica la adaptación al entorno natural de las bacterias que las producen (Vásquez *et al.*, 2009).

Algunos autores afirman que las bacteriocinas actúan solo sobre microorganismos relacionados taxonómicamente y otros clasifican a la bacteriocinas en dos grupos: bacteriocinas activas frente a cepas taxonómicamente relacionadas y bacteriocinas con un

amplio rango de actividad frente a bacterias gram- positivas. Las del primer tipo son posibles candidatas a favorecer el crecimiento de una cepa bacteriana en competencia con la flora natural. Esto es interesante en el caso de fermentaciones empíricas en las que arrancadores no son usados, por ejemplo la fermentación de los olivos. Este tipo de bacteriocinas podrían ser usadas en ciertos productos alimenticios en los cuales el desarrollo de bacterias ácido lácticas son perjudiciales (ciertas bebidas, productos de cuarto rango, productos de carne, azúcar refinada). Las bacteriocinas del segundo tipo, por otro lado, tienen un valor adicional ya que combaten cierta flora patogénica (Piard y Desmazeaud; 1992).

Por otro lado, estudios demostraron que el espectro de inhibición de estas sustancias se ve afectado por el tratamiento al cual es sometida como: liofilización, concentración del sobrenadante, purificación y neutralización entre otros. Respecto al mecanismo de inhibición de las bacteriocinas producidas por las bacterias lácticas, éstas comúnmente actúan formando poros en la membrana citoplasmática, esto ocurriría porque la estructura de los péptidos (α -hélice o β -laminar) formaría una cara hidrofílica y otra hidrofóbica que crea oligómeros que atravesarían la membrana formando poros (el lado apolar de la molécula se situaría próxima a los lípidos de la membrana, y el lado polar próxima al centro del poro) lo que provoca una pérdida de iones K, ATP y en algunos casos aminoácidos y moléculas pequeñas causando una pérdida del potencial de membrana, consumo de las reservas energéticas celulares, descenso en la síntesis de ADN, ARN y proteínas y finalmente la muerte celular (Vásquez *et al.*, 2009).

Cuadro 4: Espectro de actividad de bacteriocinas producidas por bacterias del ácido láctico

Bacteriocina	Organismo productor	Espectro de actividad	Referencias
Nisina	<i>L lactis</i>	<i>Bacteria Gram-positiva</i>	Hurst (1981)
Diplococcina	<i>L cremoris</i>	<i>Lactococcus sp</i>	Davey and Richardson (1981)
Lactostrepcins	<i>L lactis</i>	<i>Lactococcus sp, β-haemeolytic streptococci Lb herveticus, Leuconostoc sp, Clostridium sp</i>	Kozak et al (1978)
Bac	<i>Lactococcus sp</i>	<i>Lactococcus sp, lactobacillus sp, E faecalis, Pediococcus sp, Luconostoc sp, Clostridium sp</i>	Geis et al (1983)
Bac	<i>L lactis</i>	<i>Lb helveticus, L monocytogenes</i>	Carminati et al (1989)
Lacticin 481	<i>L lactis</i>	<i>Lactococcus sp, Lb helveticus, Lb bulgaricus, Leuconostoc sp, S thermophilus, C tyrobutyricum</i>	
Lactococcin A	<i>L cremoris</i>	<i>Lactococcus sp</i>	Holo et al (1991)
Lactocin 27	<i>Lb helveticus</i>	<i>Lb helveticus, Lb acidophilus</i>	Upreti and Hinsdill (1973)
Helveticin J	<i>Lb helveticus</i>	<i>Lb helveticus, Lb bulgaricus, Lb casei</i>	Joerger and Klaenhammer (1986)
Bac	<i>Lb fermenti</i>	<i>Lactobacillus sp</i>	De Klerk and Smit (1967)
Lactacin B	<i>Lb acidophilus</i>	<i>Lb leichmanii, Lb bulgaricus, Lb helveticus, Lb casei</i>	Barefoot and Klaenhammer (1983)
Lactacin F	<i>Lb acidophilus</i>	<i>Idem + Lb fermentum + E faecalis</i>	Muriana and Klaenhammer (1987)
Plantaricin A	<i>Lb plantarum</i>	<i>Lactobacillus sp, Pediococcus sp, Leuconostoc sp, E faecalis</i>	Daeschel et al (1990)
Plantaricin B	<i>Lb plantarum</i>	<i>Lb plantarum, Lc mesenteroides, P damnosus</i>	West and Warner (1988)
Plantaricin S	<i>Lb plantarum</i>	<i>Lactobacillus sp, Leuconostoc sp, Lactococcus sp, Pediococcus sp</i>	
Sakacin A	<i>Lb sake</i>	<i>Lactobacillus sp, L monocytogenes</i>	Schillinger and Lücke (1989)
Lactocin S	<i>Lb sake</i>	<i>Lactobacillus sp, Lc mesenteroides, P acidilactici, P pentosaceus</i>	Mertvedt and Nes (1990)
Caseicin 80	<i>Lb casei</i>	<i>Lb casei</i>	Rammelsberg et al (1990)
Brevicin 37	<i>Lb brevis</i>	<i>Lactobacillus sp, Leuconostoc sp, Pediococcus sp</i>	Rammelsberg and Radler(1990)
Pediocin A	<i>P pentosaceus</i>	<i>Lactic acid bacteria, Clostridium sp, S aureus, L monocytogenes, B cereus</i>	Daeschel and Klaenhammer (1985)
Pediocin ACh	<i>P. acidilactici</i>	<i>Idem</i>	Ray et al (1989a)
Pediocin PA-1	<i>P. acidilactici</i>	<i>Lactic acid bacteria + L monocytogenes</i>	Pucci et al (1988)
Bac	<i>P. acidilactici</i>	<i>Pediococcus sp, E faecalis, L monocytogenes</i>	Hoover et al (1988)
Bac	<i>P. acidilactici</i>	<i>L ivanovii, L monocytogenes</i>	Nielsen et al (1990)

Fuente: Modificado de Piard y Desmazeaud; 1992

2.9 BACTERIAS B-LAC (consorcio microbiano de bacterias ácido lácticas)

Se llama así al consorcio microbiano ácido láctico desarrollado por el Laboratorio de Biorremediación del Departamento de Biología de la UNALM. En la ficha técnica (Anexo 1) se observa que en su composición el B-lac posee bacterias probióticas, ácidos orgánicos como el ácido láctico, bacteriocinas, vitaminas del complejo B, microorganismos aerobios viables y sustancias precursoras de compuestos asimilables por las plantas.

Del análisis microbiológico del B-lac se observa que está elaborado principalmente a base de cepas seleccionadas de bacterias del género *Lactobacillus* como lo determina el análisis microbiológico de B-lac, el cual muestra que la concentración de *Lactobacillus* es casi 10^7 UFC/ml. Este cultivo muestra también una alta concentración de levaduras no perjudiciales y posee en menor concentración bacterias mesófilas viables que se desarrollan a 30°C en condiciones aeróbicas (García L., 2008).

Cuadro 5: Análisis Microbiológico del B-lac

Análisis Microbiológico	Resultado
Recuento de <i>Lactobacillus</i> (UFC/ml)	7×10^7
Recuento de levaduras (UFC/ml)	2.5×10^5
Recuento de mohos	< 10
Recuento de bacterias mesófilas viables (UFC/ml)	3.3×10^4
Enumeración de coliformes totales (NMP/ml)	< 3
Enumeración de coliformes fecales (NMP/ml)	< 3

Nota: Los valores de < 3 y < 10 significan ausencia.

Fuente: García, 2008 citado por Peralta, 2010.

Las bacterias mesófilas viables presentes en el B-lac no producen ningún riesgo ya que para el consumo humano se aceptan hasta 10^5 UFC/ml (valor aceptado en la leche destinada al consumo humano) (DIGESA, 2003 citado por García, L. 2008).

Los mohos y coliformes fecales se encuentran ausentes debido a la acidez del B-lac (pH=3.5) y a las bacterias probióticas que producen bacteriocinas y peróxido de hidrógeno

que participarían en la inhibición del crecimiento de microorganismos patógenos (García, L. 2008).

2.10 ENSILAJE

El ensilaje es el proceso por el cual se fermentan los carbohidratos mediante el uso de bacterias productoras de ácido láctico en medio anaeróbico. Este método se viene usando en países desarrollados como Alemania, Holanda y Dinamarca donde más del 90 por ciento de sus forrajes son ensilados por ser un método económico y natural, asimismo nos da la ventaja de usar diferentes tipos de forraje y subproductos industriales. Mediante este método se preserva el forraje en épocas de escasez, conservando su calidad, valor nutritivo y sabor. La presencia de ácido láctico producto de la fermentación, permite el descenso del pH y por lo tanto la inhibición de los microorganismos que provocan la descomposición (Garcés, 2004).

En esta técnica podemos distinguir cuatro fases:

- Fase aeróbica: Fase de corta duración en la que las levaduras y demás microorganismos aerobios facultativos presentes en el forraje consumen todo el oxígeno disponible.
- Fase fermentativa: La duración dependerá de la característica del material ensilado y del medio ambiente. Las bacterias productoras de ácido láctico (que pueden pertenecer a los géneros *Lactobacillus*, *Pediococcus*, *Leuconostoc*, *Enterococcus*, *Lactococcus* y *Streptococcus*) constituirán la población dominante bajando el pH del ensilado.
- Fase estable: Se reduce la presencia de la mayoría de microorganismos a excepción de algunas bacterias acidófilas, ácido tolerantes y aerobias.
- Fase de deterioro aerobio: Ocurre cuando entra oxígeno al ensilado lo cual puede permitir el crecimiento de mohos y otros microorganismos que lo deterioran (Garcés, 2004).

En el proceso de ensilaje las bacterias que producen ácido láctico son los *Lactobacillus* que utilizan como sustrato la glucosa permitiéndoles llegar a ser la población dominante. Existen muchos cultivos que pueden ser destinados al ensilaje, uno de los más populares es el maíz el cual es cortado en el momento en que la planta produce más carbohidratos que proteínas asegurando la formación de ácido láctico. También se debe tener en cuenta la etapa en la cual el porcentaje de materia seca en la planta es más alta para poder realizar el ensilaje manteniendo la cantidad de nutrimentos en un nivel considerable. Un ensilado hecho correctamente contiene aproximadamente 27% de materia seca, 18% de nutrimentos digeribles incluyendo 1,2% de proteína digerible. Otros cultivos también empleados son los sorgos, cereales y mezclas de leguminosas, girasoles etc.

Las papas crudas también han sido empleadas para la elaboración de ensilados por contener 80% de almidón, 10% de proteína bruta y 10% de fibra y minerales en su materia seca. Se le suele añadir maíz o cebada para estimular la fermentación, también las utilizan cocidas para evitar las enfermedades.

La preparación y almacenamiento del ensilado son factores muy importantes para conservar la calidad y valor nutritivo de éste (proteínas, carbohidratos fácilmente solubles, sales minerales y vitaminas). Los nutrientes más importantes son las proteínas y los carbohidratos, los cuales son medidos para la elaboración de alimentos de ganado y así asegurar la mayor asimilación de éstos en el metabolismo del animal.

En el cuadro 6 se indica la cantidad de proteína y almidón digerible que se obtiene de diferentes tipos de ensilados (Watson, 1969).

Cuadro 6: Composición de diferentes tipos de ensilado

Tipo de ensilaje	Porcentaje de ensilaje fresco			Porcentaje de materia seca		
	Materia seca	Proteína bruta digerible	Equivalente de almidón	Proteína bruta	Proteína bruta digerible	Equivalente de almidón
Pastizal:						
Frondoso	20	2.8	12.5	18	14	62
Mediano	25	2.1	14.5	14	8.4	58
Maduro	25	1.2	11.4	10	4.8	46
Leguminosas:						
Tréboles	20	2.7	8.9	20	13.5	45
Alfalfa	20	2.4	8	18	12	40
Frijoles	25	2.5	11.8	16	10	47
Cereales-leguminosas	25	1.9	10.8	13	7.6	43
Cereales:						
Maíz	20	1.4	12.1	11	7	60
Avena	25	1.1	11	7	4.2	45
Granos de cervecería	30	3.3	13.5	18	11	45
Varios:						
Girasol	20	0.7	8	8	3.3	40
Col tallo-hueco	15	1.6	9.2	14	10	60
Cabezuelas de remolacha	25	1.6	10.8	11	6.4	43
Pulpa de remolacha	10	0.6	6.5	10	6	65
Hojas de remolacha forrajera	25	2.2	8.8	13	8.9	35
Cabezuelas de nabo	20	1.7	10.4	12	8.7	52
Papas escaldadas	25	1.5	18.6	10	6	74
Rastrojos de papa	25	1.2	8.3	13	4.8	33

Fuente: Modificado de Watson, 1969.

2.10.1 ENSILADO DE PAPA

Las papas son una buena fuente de energía para el ganado. En lugares como Prince Edward Island (Canadá), las papas de descarte han sido utilizadas por muchos años como alimento para el ganado. En primavera, cuando la temperatura aumenta, las papas

comienzan a descomponerse produciendo escorrentías las cuales tienen consecuencias ambientales. Las papas se vuelven blandas y constituyen un peligro de ahogamiento, por esta razón el ensilado de las papas junto con el forraje fresco, es una de las mejores alternativas para preservarlas (Halliday, 2007).

Muchos investigadores concuerdan en que la papa es un buen alimento para las vacas lecheras ya que la mayoría de la materia seca es almidón en comparación con otros ensilajes como los de maíz, pulpa de remolacha, nabos y granos. Al comparar el valor alimenticio de la papa en vacas lecheras, se concluyó que 13.24 lbs de papa reemplazan cantidades similares de nabo, asimismo se concluyó que el valor alimenticio de la papa es aproximadamente igual al de un buen ensilaje de maíz comprobándose que las vacas lecheras que reciben de 25 a 40 lbs de papa, producen tanta leche y grasa como aquellas que se alimentan con ensilaje de maíz. Sin embargo se recomienda suplementar a la papa con buen heno o ensilaje y mezcla de granos para suplir las deficiencias de proteínas y vitaminas A y D (Cedeño *et al*, 1964).

Cuando se incluyen papas en la dieta del ganado sin un proceso de fermentación previo es necesario ir acostumbrando al ganado a este alimento y aumentar progresivamente la cantidad a suministrar debido a que la palatabilidad y aprovechamiento son bajos inicialmente. Si se usan grandes cantidades de este tubérculo en la dieta puede causar problemas gástricos al animal ya que tiene efecto laxante y en algunos casos podría producir flatulencia, además de la posibilidad de atragantamiento por lo que deben picarse antes de alimentar al animal (Siebald *et al.*, 1984).

Por esta razón, el ensilaje de papa es una actividad importante en países que presentan sobreproducción estacional o donde se descartan para el mercado los tubérculos muy grandes o muy pequeños, con daños fisiológicos o mecánicos (Chaverra *et al*, 2000). Éste método permite también al agricultor eliminar focos de infestación por plagas que ocasionan pérdidas económicas y permite dar uso a esas papas atacadas por diferentes plagas (FEDEPAPA, 2002).

Si tenemos en cuenta el objetivo fundamental del ensilaje que es preservar por largo tiempo la mayor cantidad de nutrientes tanto energéticos como proteicos presentes en un material, llegamos a la conclusión que es muy recomendable ensilar la papa por ser una técnica práctica, de fácil elaboración y conservación (FEDEPAPA, 2002).

En el cuadro 7 se muestra la ganancia de peso de novillos Holandeses (98 días) al utilizar el ensilaje de papa con pasto verde.

Cuadro 7: Tipos de ensilaje

Tipo de Ensilaje	Consumo alimentos/día			
	Ensilaje (kg)	A. Raps (kg)	M. Min. (kg)	Ganancia peso (kg/día)
1. Papas Heno	36.86	1.2	0.150	0.700
2. Papas pasto verde	53.66	1.2	0.150	0.940
3. Pasto solo	58.00	1.2	0.150	0.890

1. Ensilaje con 30% de materia seca
2. Ensilaje con 21-22% de materia seca

Fuente: INIA- Remehue (1975-1976)

Otra ventaja en la utilización de este procedimiento es que no importa que la papa esté verde o posea brotes ya que los procesos fermentativos que ocurren en el ensilaje desdoblán las sustancias tóxicas presentes (Siebald et al., 1984).

2.11 MELAZA

Swan y Karalazos, (1990) citado por Fajardo *et al.* (2007) señalan que la denominación melaza se aplica al efluente final obtenido en la preparación del azúcar mediante una cristalización repetida. El proceso de evaporación y cristalización es usualmente repetido tres veces hasta el punto en el cual el azúcar invertido y la alta viscosidad de las melazas ya no permitan una cristalización adicional de la sacarosa.

La melaza es una mezcla compleja de sacarosa, azúcar invertida, sales y otros compuestos solubles. Además de sacarosa contiene glucosa, fructosa, rafinosa y sustancias reductoras no fermentables (Fajardo *et al.* 2007).

En el cuadro 8 se muestra la composición de la melaza de caña de azúcar:

Cuadro 8: Composición de la melaza de caña de azúcar

COMPONENTES	CONSTITUYENTES	CONTENIDO P/P
Componentes mayores	Materia seca	78%
	Proteínas	3%
	Sacarosa	60-63% p/p
	Azúcares reductores	3-5% p/p
	Sustancias disueltas (diferentes azúcares)	4-8% p/p
	Agua	16%
	Grasas	0.40%
	Cenizas	9%
Contenido de minerales	Calcio	0.74%
	Magnesio	0.35%
	Fósforo	0.08%
	Potasio	3.67%
Contenido de aminoácidos	Glicina	0.10%
	Leucina	0.01%
	Lisina	0.01%
	Treonina	0.06%
	Valina	0.02%
Contenido de Vitaminas	Colina	600 ppm
	Niacina	48.86 ppm
	Ácido Pantoténico	42.90 ppm
	Piridoxina	44 ppm
	Riboflavina	4.40 ppm
	Tiamina	0.88ppm

Fuente: Tellez, 2004; Yopez, 1995 citado por Fajardo *et al.*, 2007.

Este subproducto de la industria azucarera presenta también en su composición cierto grado de metales pesados. En las fermentaciones homolácticas en donde se utiliza dicho producto, altas concentraciones de metales pesados en el medio (hierro, cobre, manganeso, magnesio, calcio etc.) causan un problema crítico durante el proceso al inhibir el crecimiento de microorganismos, influyen en el pH del sustrato y están involucrados en la inactivación de enzimas asociadas con la biosíntesis del producto. Existen métodos para remover los metales pesados de la melaza, sin embargo éstos generalmente no son usados por ser económicamente desfavorables y porque podrían complicar los procesos de la fermentación (Kotzamanidis Ch. *et al.*, 2002 y Castro G. *et al.*, 2008).

La melaza se utiliza principalmente en la industria del alcohol y como alimento de ganado. Entre sus principales características los autores destacan el alto contenido de energía metabolizable (2.7 Mcal) al igual que la abundancia de minerales y azúcares solubles de fácil fermentación, sin embargo su contenido de proteína cruda es bajo (Martínez, 2008).

Se emplea generalmente como suplemento energético para la alimentación de rumiantes, una pequeña porción se destina al consumo humano. La melaza destinada a la alimentación animal no es la misma que la que se emplea como materia prima del azúcar, esta última se procesa en forma artesanal en algunos países de sudamérica hasta transformarla en bloques sólidos de azúcar no refinada conocido como chancaca o panela mientras que la destinada al consumo animal es un producto residual de la industria azucarera (García, 2008).

2.12 BIOENSAYO DE TOXICIDAD AGUDA CON SEMILLAS DE LECHUGA

Los bioensayos han sido utilizados como métodos alternativos y complementarios a los análisis químicos para la medición de los niveles de toxicidad de muestras ambientales. Se caracterizan también por ser económicos, simples, rápidos y suministrar un resultado

confiable. Los organismos vivos utilizados en los bioensayos, presentan respuestas ante la presencia de cualquier compuesto tóxico a niveles peligrosos, así como ante la presencia de patógenos y una serie de compuestos que pueden afectar la salud de la población. Este método ha sido utilizado mayormente para el control de calidad de aguas usando una amplia variedad de organismos que van desde bacterias hasta vegetales (Navarro, *et al.*; 2006).

El bioensayo de toxicidad con semillas de lechuga es una prueba estática y aguda en la que las semillas son sometidas a diversas concentraciones de una solución por 120 horas, con el fin de evaluar los efectos fitotóxicos de compuestos puros o mezclas complejas en el proceso de germinación de las semillas y en el desarrollo de las plántulas en los primeros días de crecimiento que es cuando ocurre un alto número de procesos fisiológicos y la presencia de una sustancia tóxica impedirá el desarrollo normal de la planta (Sobrero, 2004).

Varnero *et al.*, (2007) señala una serie de compuestos tóxicos tales como: amonio, ácidos volátiles orgánicos, metales pesados y sales presentes en la materia orgánica inmadura que en elevadas concentraciones inhiben la germinación de las semillas o tienen efectos perjudiciales en el crecimiento de las raíces. Debido a que la determinación de las sustancias tóxicas en forma independiente encarece los análisis se han propuesto metodologías como la determinación del índice de germinación que permite evaluar los efectos sinérgicos de las sustancias tóxicas en la germinación y el crecimiento de las plantas.

Otro aspecto importante de esta metodología es que a comparación de la prueba tradicional de germinación en semillas, la evaluación de la elongación del hipocótilo y radícula nos dará información acerca de la presencia de sustancias tóxicas que no están en gran cantidad como para inhibir la germinación pero si para afectar la elongación constituyendo un indicador subletal sensible en vegetales (Sobrero, 2004).

2.13 LEGISLACIÓN

1. Normativa Nacional

a. Ley de promoción de la producción orgánica o ecológica (Ley N° 29196)

La ley de promoción de la producción orgánica tiene por finalidad promover el desarrollo sostenible y competitivo de la producción orgánica o ecológica en el Perú. Se encarga de fomentar y promover la agricultura orgánica para contribuir con la superación de la pobreza, seguridad alimentaria, conservación de los ecosistemas y diversidad biológica desarrollando de esta manera alternativas para un desarrollo económico y social del país.

Como principios de la producción orgánica, la ley señala intensificar la dinámica de los ciclos biológicos en el sistema agrícola aprovechando en forma sustentable los recursos que lo conforman, promover la producción de alimentos sanos e inocuos así como mantener la diversidad genética incluyendo al entorno, utilizar recursos renovables en los sistemas agrícolas y minimizar todas las formas de contaminación, promover el uso responsable del agua, crear un equilibrio entre la producción agrícola y crianza animal, promover un sistema de producción agrícola socialmente justo en el que las personas accedan a una mejor calidad de vida además de progresar hacia un sistema de producción, procesamiento y distribución ecológicamente responsable.

El ente rector en producción orgánica es el Ministerio de Agricultura el cual ejerce sus funciones a través de:

- La Dirección de Promoción Agraria: Encargado de la producción y fomento de la producción orgánica.
- El Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA): Encargada de la fiscalización de la producción orgánica.
- Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA): Autoridad en investigación de producción orgánica.

Mediante esta ley se crean también las siguientes entidades:

- Consejo Nacional de Productos Orgánicos (CONAPO): Ente asesor y consultivo que propone políticas y normas de desarrollo sostenible para la promoción de la agricultura orgánica.
- Consejos Regionales de Productos Orgánicos (COREPO): Entes representativos regionales para fortalecer la producción orgánica.

La ley también certifica a instituciones como el SENASA el cual registra y autoriza a los organismos de certificación orgánica del país así como la certificación de los productos orgánicos a los mismos productores. En cuanto a la promoción y comercialización de la producción orgánica, las entidades encargadas son: el Ministerio de Agricultura (MINAG), el Ministerio de la Producción (PRODUCE), el Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI) y los gobiernos regionales y locales, mientras que el Ministerio de Relaciones Exteriores, el Ministerio de Comercio Exterior y Turismo (MINCETUR) y la Comisión de Promoción del Perú para la Exportación y el Turismo (PROMPERÚ) y la Agencia Peruana de Cooperación Internacional (APCI) promueven la comercialización de los productos orgánicos en el mercado internacional.

b. Reglamento Técnico de la Producción Orgánica de la Ley N° 29196

Luego de la derogatoria de los Decretos Supremos N° 044-2006-AG y 061-2006-AG se aprobó el Reglamento Técnico de la Producción Orgánica el cual tiene como objetivo establecer normas y procedimientos para la fiscalización de la producción orgánica a nivel nacional. Este reglamento es aplicable a toda persona, sociedad, patrimonio autónomo o cualquier entidad privada o pública con o sin fines de lucro, en el ámbito de la producción agropecuaria y recolección silvestre aplicándose a la producción, transformación, etiquetado, certificación y comercialización de productos sin procesar o procesados destinados a la alimentación humana o animal.

En el capítulo I, artículo 6° de dicho reglamento se indican los requerimientos en cuanto a la fertilización, señalándose que aquellos como el estiércol y desechos vegetales deben provenir de la misma unidad productiva, en caso de requerir materiales externos el Organismo de Certificación debe asegurarse de que éste no contenga sustancias tóxicas y definirá las condiciones para su incorporación. Se prohíbe el uso de reguladores de crecimiento sintéticos así como el uso de efluentes industriales y procedentes de la explotación de hidrocarburos y minería. Se prohíbe también el uso de insumos que contengan Organismos Vivos Modificados o en base a sus derivados y finalmente se prohíbe la hidroponía.

El cuadro 9 pertenece al Anexo 2 del reglamento, en éste se enumeran los fertilizantes externos permitidos los cuales deben ser autorizados por el Organismo de Certificación como se mencionó anteriormente.

Cuadro 9: Fertilizantes permitidos

Sustancia	Descripción; requisitos de composición; y condiciones de uso
Estiércol de establo y avícola	Necesidad reconocida por el Organismo de Certificación, si no procede de sistemas de producción orgánica. Fuentes de “agricultura industrial” no permitidas ¹ .
Estiércol líquido u orina	Si no procede de fuentes orgánicas, necesidad reconocida por el Organismo de Certificación. Emplear de preferencia después de fermentación controlada y/o dilución apropiada. Fuentes de “agricultura industrial” no permitidas.
Excrementos de animales compostados, incluido estiércol avícola	Necesidad reconocida por el Organismo de Certificación.
Estiércol y estiércol de granja compostado	Fuentes de “agricultura industrial” no permitidas.
Estiércol de establo y estiércol avícola Deshidratados	Necesidad reconocida por el Organismo de Certificación. Fuentes de “agricultura industrial” no permitidas.
Fertilizantes derivados de excrementos humanos y basura doméstica urbana	Solamente para productos no alimentarios. Necesidad reconocida por el Organismo de

	Certificación.
Guano	Necesidad o autoridad de certificación.
Paja	Necesidad reconocida por el Organismo de Certificación.
Compostes de sustratos agotados procedentes del cultivo de hongos y la vermicultura	Necesidad reconocida por el Organismo de Certificación. La composición inicial del sustrato debe limitarse a los productos incluidos en esta lista.
Desechos domésticos surtidos, compostados o fermentados	Necesidad reconocida por el Organismo de Certificación.
Compostes procedentes de residuos Vegetales	
Productos animales elaborados procedentes de mataderos e industrias pesqueras	Necesidad reconocida por el Organismo de Certificación.
Subproductos de industrias alimentarias y textiles	No tratados con aditivos sintéticos. Necesidad reconocida por el Organismo de Certificación.
Algas marinas y sus derivados	Necesidad reconocida por el Organismo de Certificación.
Aserrín, cortezas de árbol y deshechos de Madera	Necesidad reconocida por el Organismo de Certificación, de madera no tratada
Cenizas de madera y carbón de madera	Necesidad reconocida por el Organismo de Certificación, de madera no tratada químicamente después de la tala.
Roca de fosfato natural	Necesidad reconocida por el Organismo de Certificación. El cadmio no deberá exceder 90mg/kg P ₂ O ₅ .
Escoria básica	Necesidad reconocida por el Organismos de certificación.
Potasa mineral, sales de potasio de extracción mineral (por Ej. cainita, silvinita)	Menos de 60% de cloro.
Sulfato de potasa (por Ej. patenkali)	Obtenido por procedimientos físicos pero no enriquecido mediante procesos químicos para aumentar su solubilidad. Necesidad o autoridad de certificación.
Carbonato de calcio de origen natural (por Ej. creta, marga, maërl, piedra caliza, creta fosfato)	
Roca de magnesio	
Roca calcárea de magnesio	Necesidad reconocida por el de certificación.
Sales de Epsom (sulfato de magnesio)	
Yeso (Sulfato de calcio)	Solo de fuentes/origen natural.
Vinaza y sus extractos	Vinaza amónica excluida.
Cloruro sódico	Sólo de sal mineral
Fosfato cálcico de aluminio	El Cadmio no debe exceder los 90 mg/kg

	P ₂ O ₅
Oligoelementos (por Ej. boro, cobre, hierro, manganeso, molibdeno, zinc)	Necesidad reconocida por el Organismo de Certificación.
Azufre	Necesidad reconocida por el Organismo de Certificación.
Polvo de piedra	Necesidad reconocida por el Organismo de Certificación.
Arcilla (por Ej. bentonita, perlita, zeolita)	
Organismos biológicos naturales (por Ej. gusanos)	
Vermiculita	
Turba	Excluidos los aditivos sintéticos; permitida para semillas, macetas y compostes modulares. Otros usos, según lo admita el Organismo de Certificación. Prohibido como acondicionador de suelos,
Humus de gusanos e insectos	
Cloruro de cal	Necesidad reconocida por el Organismo de Certificación.
Subproductos de la industria azucarera (por ej. vinaza)	Necesidad reconocida por el Organismo de Certificación.
Subproductos de las palmas oleaginosas, del coco y del cacao (incluyendo los racimos de cáscaras de frutas, efluentes de la producción de aceite de palma (pomo), turba de cacao y las vainas vacías del cacao)	Necesidad reconocida por el Organismo de Certificación
Subproductos de industrias que elaboran ingredientes procedentes de agricultura orgánica	Necesidad reconocida por el Organismo de Certificación.
Solución de cloruro de calcio.	Tratamiento foliar en caso de deficiencia probada de calcio.
Fosfatos naturales	Necesidad reconocida por el Organismo de Certificación.
Sulfato de magnesio (p.e. kieserita)	Necesidad reconocida por el Organismo de Certificación.
Preparados bacterianos	
Preparados biodinámicos	
Extractos y preparados vegetales y animales	

Fuente: Anexo 2 del Reglamento Técnico de la Producción Orgánica de la Ley N° 29196

c. Ley General de Residuos Sólidos (Ley N° 27314)

El primer artículo de la presente ley señala que el objetivo de la Ley general de Residuos Sólidos es establecer los derechos, obligaciones, atribuciones y responsabilidades de la sociedad en su conjunto, para asegurar una gestión y manejo de los residuos sólidos, sanitaria y ambientalmente adecuada, con sujeción a los principios de minimización, prevención de riesgos ambientales y protección de la salud y el bienestar de la persona humana. Tiene como finalidad el manejo integral y sostenible, mediante la articulación, integración y compatibilización de las políticas, planes, programas, estrategias y acciones de quienes intervienen en la gestión y el manejo de los residuos sólidos, aplicando los lineamientos de política establecidas, entre los cuales tenemos:

- Educar y capacitar para una lograr una gestión de los residuos sólidos eficaz y eficiente.
- Reducción de volúmenes de generación y características de peligrosidad de los residuos sólidos.
- Establecer un sistema de responsabilidad compartida y manejo integral de los residuos sólidos con el fin de evitar situaciones de riesgo e impactos negativos para la salud humana y el ambiente.
- Adoptar medidas para que las entidades que manejen o generen residuos sólidos reflejen adecuadamente el costo real del control, fiscalización, recuperación y compensación que se derive de dicha actividad.
- Desarrollar y utilizar tecnologías y métodos adecuados en el proceso de producción y comercialización que favorezcan el reaprovechamiento y uso adecuado de los residuos sólidos.
- Fomentar el reaprovechamiento de los residuos sólidos así como el manejo selectivo de éstos cuando no se generen riesgos sanitarios o ambientales significativos.
- Recuperar áreas degradadas por la descarga inapropiada de residuos sólidos.
- Promover la participación activa de la población, la sociedad civil y el sector privado en el manejo de los residuos sólidos.

- Armonizar las políticas de ordenamiento territorial y gestión de residuos sólidos para identificar las áreas apropiadas para el tratamiento, transferencia y disposición final.
- Elaborar planes y estrategias para la gestión de residuos sólidos así como fomentar la difusión de información para el mejoramiento del manejo de los residuos sólidos.

Las autoridades competentes en la gestión y manejo de los residuos son:

- Consejo Nacional del Ambiente
- Ministerio de Salud
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento
- Ministerio u organismos reguladores o de fiscalización contemplados en el artículo 6 de la Ley
- Dirección General de Capitanías y Guardacostas del Ministerio de Defensa
- Municipalidades provinciales y distritales.

2. Normativa Internacional

d. Real Decreto 824/2005, de 8 de julio, sobre productos fertilizantes

El Real Decreto español 824/2005 tiene como objetivo y fin establecer la normativa básica en materia de productos fertilizantes así como garantizar que la riqueza nutritiva de los fertilizantes se ajuste a las exigencias del Real Decreto, previniendo de esta manera riesgos para la salud y el medio ambiente. También regula la inscripción de los productos antes de su venta y crea el registro de productos fertilizantes.

El Artículo 3 señala que se consideran sujetos de este Real Decreto a todos los productos fertilizantes puestos en el mercado español que sean utilizados en agricultura, jardinería o restauración de suelos degradados y que correspondan a alguno de los tipos incluidos en el Artículo 5. Éste último señala los grupos y tipos de fertilizantes, donde podemos observar:

- a) Grupo 1. Abonos inorgánicos nacionales.
- b) Grupo 2. Abonos orgánicos.
- c) Grupo 3. Abonos órgano-minerales.
- d) Grupo 4. Otros abonos y productos especiales.
- e) Grupo 5. Enmiendas calizas.
- f) Grupo 6. Enmiendas orgánicas.
- g) Grupo 7. Otras enmiendas.

En el Artículo 18 se mencionan las materias biodegradables utilizadas para la elaboración de los abonos, indicando que para la elaboración de productos fertilizantes de los grupos 2, 3 y 6, sólo se permite la utilización de materias primas de origen orgánico, animal o vegetal incluidos expresamente en la lista de residuos orgánicos biodegradables del anexo IV del Real Decreto. En dicho anexo encontramos que entre los materiales permitidos figuran residuos de la agricultura (como residuos de tejidos vegetales), horticultura, acuicultura, silvicultura, caza, pesca entre otros.

El Artículo 18 también establece que los productos fertilizantes constituidos, total o parcialmente, por residuos orgánicos biodegradables deberán cumplir, además los requisitos que se definen en el anexo V del presente Real Decreto, los cuales son:

- **Porcentaje de nitrógeno orgánico:** En los abonos orgánicos, el contenido orgánico deberá ser al menos de un 85% del nitrógeno total, salvo que en los requisitos específicos del tipo se dispongan otros valores.
- **Humedad:** En los abonos granulados o peletizados, el contenido máximo en humedad permitido, expresado en porcentaje en masa, será del 14%, salvo que en la especificación del tipo se fije una cifra diferente.
- **Granulometría:** Con carácter general, en los abonos orgánicos y las enmiendas orgánicas, el 90% del producto fertilizante deberá pasar por una malla de 10mm, salvo que en la especificación del tipo se fije una cifra diferente. Este requisito no obliga a los productos que están industrialmente granulados o peletizados.

- Límite máximo de microorganismos:

1. La materia prima transformada, lista para ser usada como ingrediente de abonos orgánicos de origen animal, debe ser sometida a un proceso de higienización que garantice que su carga microbiana no supere los valores máximos establecidos en el Reglamento (CE) N° 1774/2002.
2. En los productos fertilizantes de origen orgánico, se acreditará que no superan los siguientes niveles máximos de microorganismos:

Salmonella: Ausente en 25g de producto elaborado.

Escherichia coli: < 1000 número más probable (NMP) por gramo de producto elaborado.

- Límite de metales pesados: Los productos fertilizantes con materias primas de origen animal o vegetal no podrán superar el contenido de metales pesados indicado en el cuadro siguiente, según sea su clase A, B o C:

Cuadro 10: Límite de metales pesados

Metal pesado	Límites de concentración		
	Sólidos: mg/kg de materia seca Líquidos: mg/l		
	Clase A	Clase B	Clase C
Cadmio	0.7	2	3
Cobre	70	300	400
Niquel	25	90	100
Plomo	45	150	200
Zinc	200	500	1000
Mercurio	0.4	1.5	2.5
Cromo (total)	70	250	300
Cromo (VI)	0	0	0

Clase A: Productos fertilizantes cuyo contenido en metales pesados no superan ninguno de ellos los valores de la columna A.

Clase B: Productos fertilizantes cuyo contenido en metales pesados no superan ninguno de ellos los valores de la columna B.

Clase C: Productos fertilizantes cuyo contenido en metales pesados no superan ninguno de ellos los valores de la columna C.

- Limitaciones de uso:

1. Sin perjuicio de las limitaciones establecidas en el capítulo IV, los productos fertilizantes elaborados con componentes de origen orgánico se aplicarán al suelo siguiendo los códigos de buenas prácticas agrícolas.
2. Los productos de la clase C no podrán aplicarse sobre suelos agrícolas en dosis superiores a cinco toneladas de materia seca por ha y año. En zonas de especial protección, particularmente a efectos del cumplimiento del Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano, las comunidades autónomas modificarán, en su caso, la cantidad anterior.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 LUGAR DE EJECUCIÓN

La etapa experimental del presente estudio 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 MATERIALES EMPLEADOS EN LA ELABORACIÓN DEL ABONO ORGÁNICO

3.2.1 MATERIA PRIMA E INSUMOS

- **Materia prima**

Se utilizó como materia prima las papas de descarte obtenidas del ex - Mercado Mayorista N°1 “La Parada”.

- **B-lac**

Se llama así al consorcio microbiano ácido láctico provisto por el Laboratorio de Biorremediación del Departamento de Biología de la UNALM. Está elaborado principalmente a base de cepas seleccionadas de *Lactobacillus* de fermentación homoláctica.

- **Melaza de caña**

Fue obtenida del establo de la Universidad Agraria La Molina.

3.2.2 MATERIALES

- Envases de plástico de 1 litro con tapa
- Envases de plástico de 20 litros

- Baguetas
- Espátulas
- Bureta
- Soporte
- Pipetas
- Vasos de precipitado
- Multiprocesador
- Fuentes de metal
- Piceta
- Papel toalla
- Guantes de látex
- Prensa

3.2.3 REACTIVOS Y SOLUCIONES

- Solución buffer de pH 7.01 Hanna instruments HI 7007
- Solución buffer de pH 4.01 Hanna instruments HI 7004
- Hidróxido de sodio 0.1N
- Solución de limpieza
- Agua destilada

3.2.4 EQUIPOS

- Potenciómetro Hanna instruments HI 8424 microcomputer

- Balanza electrónica modelo LPCR 20.

3.3 MATERIALES EMPLEADOS EN EL BIOENSAYO

3.3.1 SEMILLAS

Se utilizó semillas de lechuga (*Lactuca sativa L.*) variedad Duett, proporcionadas por el Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral de la UNALM. Estas semillas no presentaron plaguicidas, tienen buen poder germinativo y baja variabilidad en la elongación de radículas e hipocótilos.

3.3.2 MATERIALES

- Placas petri de 10 cm de diámetro
- Fiolas de 50 ml
- Papel toalla
- Bolsas
- Pipetas
- Pinza
- Mechero
- Caja de tecnopor
- Papel milimetrado

3.3.3 REACTIVOS Y SOLUCIONES

- Solución buffer de pH 7.01 Hanna instruments HI 7007
- Solución buffer de pH 4.01 Hanna instruments HI 7004
- Agua destilada

3.3.4. EQUIPOS

- Potenciómetro Hanna instruments HI 8424 microcomputer

3.4 MÉTODOS DE ANÁLISIS

3.4.1. MEDICIÓN DEL pH

La medición del pH se realizó a través del método potenciométrico, por medición directa, introduciendo el electrodo en cada muestra homogenizada. La lectura del pH se consideró válida cuando el valor se mantuvo constante por un tiempo aproximado de 10 segundos. Previo a la medición, el potenciómetro fue calibrado utilizando las soluciones buffer de pH 4 y pH 7.

3.4.2. MEDICIÓN DEL PORCENTAJE DE ACIDEZ TITULABLE

Paralelamente al análisis de pH se llevó a cabo la determinación del porcentaje de acidez titulable expresado como ácido láctico, siguiendo la metodología de la AOAC (1998) citada por Peralta (2010) en la que se mide en forma indirecta el ácido láctico presente en la muestra. El método consiste en la titulación del ácido con 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.

Para este fin se pesó 10 gramos de la muestra y se diluyó en 50 ml de agua destilada agregándosele además 0.3 ml de fenolftaleína, luego se procedió a la titulación con NaOH manteniendo el electrodo dentro para registrar el cambio de pH. Una vez alcanzado el valor de pH deseado (es decir pH 8.1 +/- 0.2) se midió el gasto de NaOH utilizado el cual se usó en la siguiente fórmula para conocer el porcentaje de ácido láctico:

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

Donde:

G = gasto de NaOH (ml)

N = normalidad del NaOH

m = masa de la muestra (g)

0.090 = factor de conversión

Esta fórmula expresa los gramos de ácido láctico por 100 gramos de producto.

3.4.3. MEDICIÓN DEL PORCENTAJE DE HUMEDAD

Para hallar el porcentaje de humedad del biosol obtenido de la mezcla, se pesó a penas se prensó para obtener la masa inicial y luego se colocó en una fuente de metal el cual fue llevado a una estufa a 70°C por 5 días. Pasado este tiempo se volvió a pesar el biosol para obtener el porcentaje de humedad mediante la siguiente fórmula:

$$\%H = \frac{(W_i - W_f)}{W_i} \times 100$$

Donde:

% H = porcentaje de humedad

W_i = masa inicial del biosol (g)

W_f = masa final del biosol (g)

3.4.4 ANÁLISIS AGRONÓMICO

Se realizaron dos análisis agronómicos en el Laboratorio de Análisis de Suelos, plantas, Aguas y Fertilizantes (LASPAF), en el primer análisis se determinó el porcentaje de materia orgánica, N, P₂O₅, K₂O, CaO, MgO, Na, humedad, así como la cantidad de Fe, Cu, Zn, Mn, B, Pb, Cd y Cr en partes por millón, además del valor de pH y conductividad eléctrica, este análisis se realizó a la materia prima que consistió en agua y papa.

En el segundo análisis se determinó el valor de pH, conductividad eléctrica, concentración de sólidos totales, materia orgánica en solución, nitrógeno, fósforo, potasio,

calcio, magnesio, sodio, hierro, cobre, zinc, manganeso, boro, cadmio, plomo y cromo del biol obtenido. Los métodos de análisis se presentan en el cuadro:

Cuadro 11: Métodos empleados en el análisis de la materia orgánica

Parámetros	Metodología
pH	Potenciometría
Conductividad eléctrica	Conductimetría
Sólidos totales	Gravimetría
Materia orgánica	Walkley y Black o Dicromato de Potasio
Nitrógeno	Kjeldahl
Fósforo	Amarillo de Vanadato Molibdato
Potasio, calcio, magnesio, sodio	Espectometría de absorción atómica
Hierro, cobre, zinc, manganeso	Espectometría de absorción atómica
Boro	Curmina

Fuente: Peralta, 2010

3.4.5. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

Se realizó el análisis microbiológico del abono orgánico líquido, en el Laboratorio de Ecología Microbiana y Biotecnología Marino Tabusso siguiendo la metodología del International Commission on Microbiological Specifications for Foods (ICMSF, 1983) para la enumeración de coliformes totales y coliformes fecales utilizando la técnica del número más probable.

3.4.6 ANÁLISIS PARA DETERMINAR LA PRESENCIA DE ETANOL

Se realizó el análisis de determinación del grado alcohólico mediante la metodología AOAC International Official Methods of Analysis 19th Edition, 2012. 930.35 Q. con el fin de verificar la ausencia de etanol.

3.5 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

3.5.1 TOMA DE MUESTRA Y PREPARACIÓN DE MEZCLAS

Se utilizaron papas de descarte recolectadas del mercado mayorista N°1 La Parada. La muestra se trasladó al Laboratorio de Biorremediación de la UNALM.

En el laboratorio se pesaron 13 kg de papas las cuales se cortaron y colocaron en un multiprocesador, luego se vertieron a un balde de plástico al cual se le agregó agua corriente en proporción 1:1 (proporción elegida luego de pruebas preliminares en el laboratorio) con el fin de brindar condiciones favorables a los microorganismos que se añadirán, además de facilitar la homogenización de la mezcla.

Se prepararon 25 mezclas diferentes de papa (utilizando la mezcla de papa y agua preparada anteriormente), melaza y B-lac (agregados en ese orden) como se muestra en el cuadro 12, con sus respectivas repeticiones a excepción de las mezclas controles los cuales fueron realizados una sola vez y se usaron para la comparación de datos.

Cuadro 12: Mezclas controles

	B-Lac	Melaza	Papa
T1	0%	0%	100%
T2	0%	5%	95%
T3	0%	10%	90%
T4	0%	15%	85%
T5	0%	20%	80%
T6	5%	0%	95%
T11	10%	0%	90%
T16	15%	0%	85%
T21	20%	0%	80%

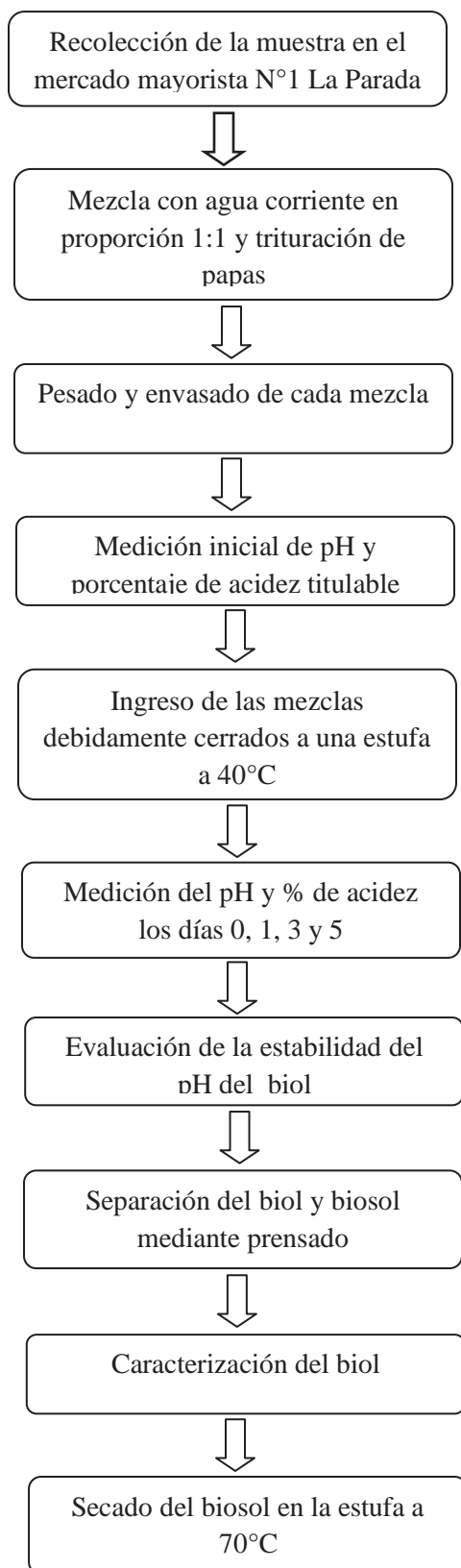
Cuadro 13: Mezclas evaluadas

	B-Lac	Melaza	Papa
T7	5%	5%	90%
T8	5%	10%	85%
T9	5%	15%	80%
T10	5%	20%	75%
T12	10%	5%	85%
T13	10%	10%	80%
T14	10%	15%	75%
T15	10%	20%	70%
T17	15%	5%	80%
T18	15%	10%	75%
T19	15%	15%	70%
T20	15%	20%	65%
T22	20%	5%	75%
T23	20%	10%	70%
T24	20%	15%	65%
T25	20%	20%	60%

Cada mezcla y sus repeticiones pesaron 500 g cada una, se homogenizaron y se colocaron en envases de plástico de 1 litro los cuales se rotularon con el número de mezcla respectiva.

Una vez preparadas las mezclas se procedió a la medición inicial del pH y del porcentaje de acidez titulable, luego de registrar los datos, cada mezcla se cubrió con un plástico al ras de ésta para luego cerrar cada envase con el fin de brindar condiciones anaeróbicas y ser llevados a la estufa a 40°C para iniciar el proceso de fermentación homoláctica. La medición de pH y acidez titulable fueron realizados en los días 0, 1, 3 y 5 para evaluar la fermentación y estabilidad del pH de las mezclas. En la figura 1 se muestra el flujograma del proceso.

Figura 2: Flujograma del proceso



3.5.2 SELECCIÓN DE LAS MEJORES MEZCLAS

A partir de los resultados obtenidos, se determinaron las mejores mezclas teniendo en cuenta los siguientes criterios señalados por García (2008), Peña (2008) y Peralta (2010):

- El pH debe ser menor a 4.5; si es menor o cercano a 4 se considera una buena mezcla.
- No deben presentar mal olor ni olores fuertes.
- No debe formar burbujas en la superficie.
- No debe formar capas de microorganismos ya sean hongos o levaduras.

Finalmente se tuvo como criterio de selección la mezcla que suponía un menor costo en su elaboración y que presentaba, además de las características ya mencionadas, los nutrientes necesarios para ser utilizado como abono líquido.

3.5.3 ESTABILIDAD DEL pH DEL BIOL

El análisis de la estabilidad del valor de pH del biol se realizó a las mejores mezclas con sus respectivas repeticiones. Se midió el pH al día 15 y al día 30 (en el día 30 se midió también el porcentaje de acidez titulable) una vez terminados los 5 primeros días de fermentación homoláctica.

3.5.4 ANÁLISIS DE COSTO-BENEFICIO

Se realizó un análisis de costo-beneficio a las mezclas seleccionadas, tanto a nivel de investigación (1 kg de papas de descarte) como para una producción de 100 L de biol. Para ello se tuvo en cuenta el costo de los insumos y materiales empleados. En cuanto a los insumos se consideró las papas de desecho, agua, melaza y B-lac mientras que los materiales fueron los envases de plástico y consumo eléctrico. Se calculó la suma de todos los insumos y materiales para obtener el costo total de producción, dicho valor se dividió entre la cantidad de litros para obtener el costo de producción de un litro y posteriormente calcular un precio de venta aproximado.

3.5.5 CARACTERIZACIÓN DE LA MEZCLA SELECCIONADA

Después de escoger la mejor mezcla, se volvió a preparar siguiendo la metodología descrita anteriormente pero esta vez para 1 kg de papa, esto se realizó por fines prácticos.

Después de los cinco primeros días de fermentación homoláctica se procedió a prensar la mezcla y a separar el biol del biosol. El biol fue enviado al Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes de la UNALM para la determinación del contenido de macronutrientes, micronutrientes, metales pesados y características fisicoquímicas y al Laboratorio de Ecología Microbiana y Biotecnología Marino Tabusso para su análisis microbiológico.

3.5.6 PRUEBA DE GERMINACIÓN

El biol obtenido de la nueva mezcla (realizada con 1 kg de papa) preparada en base a las proporciones de la mejor mezcla fue usado también para la prueba de germinación.

Para esta prueba se usaron 360 semillas de *Lactuca sativa* variedad Duett repartidas en 20 semillas por placa petri. Se realizaron diluciones logarítmicas con tres repeticiones por placa (el tipo de agua usada para el control fue el mismo que se usó en las diluciones):

T0 = Mezcla Control (agua de mesa)

T1 = Biol puro

T2 = Biol diluido a 0.1

T3 = Biol diluido a 0.01

T4 = Biol diluido a 0.001

T5 = Biol diluido a 0.0001

Cada material utilizado estuvo debidamente esterilizado para evitar cualquier tipo de contaminación. Se colocó un disco de papel toalla en cada placa petri, a cada uno de ellas

se le añadió 5 ml de la dilución correspondiente y se sembró con ayuda de una pinza 20 semillas por placa colocándolas con un espacio entre ellas para permitir una adecuada germinación. Dichas placas se colocaron en una caja de tecnopor para mantener la temperatura adecuada (22 +/- 2 °C) además de proporcionar oscuridad.

Este procedimiento se realizó teniendo en cuenta la metodología propuesta por Sobrero y Ronco (2004) la cual indica también que al término de las 120 horas se observa la inhibición de la elongación de la radícula e hipocótilo además de la inhibición de la germinación. Para que un resultado sea aceptable debe de tener más del 90% de germinación.

Para la medición de las radículas e hipocótilos se utilizó una hoja de papel milimetrado considerándose la medida desde el nudo (región más engrosada de transición entre la radícula y el hipocótilo) hasta el ápice radicular (Peralta, 2010).

3.5.7 CÁLCULO DEL ÍNDICE DE GERMINACIÓN (IG)

Para hallar el índice de germinación se siguió la metodología seguida por Tiquia (2000) citada por Varnero *et al.* (2007) que mide el porcentaje de germinación relativo (PGR) y el crecimiento de radícula relativo (CRR) los que se comparan con la mezcla control para obtener el índice de germinación (IG).

Las fórmulas usadas son las siguientes:

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

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

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

3.5.8 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El diseño estadístico empleado para la comparación de los datos de pH y porcentaje de acidez titulable fue un DCA (diseño completo al azar) en el cual se consideraron dieciséis mezclas (como se dijo anteriormente las mezclas controles fueron empleados para la comparación de datos) con tres repeticiones cada uno.

Para determinar la diferencia significativa entre las mezclas se utilizó la prueba de comparación de medias de Tukey. Los resultados fueron analizados mediante el programa Statical Analsys Software (SAS) versión 8.2.

El análisis estadístico del índice de germinación fue evaluado en DCA (diseño completo al azar) con cinco mezclas y un control con tres repeticiones cada uno. La comparación de medias se hizo mediante la prueba de Tukey. Los resultados se analizaron mediante el programa Statical Analsys Software (SAS).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 CONDICIONES INICIALES DE LAS MATERIAS PRIMAS

Las mediciones iniciales del pH de las materias primas se realizaron en el laboratorio de Biorremediación de la UNALM obteniéndose:

- Papas de descarte con agua (proporción 1:1) => pH = 6.05
- B-Lac => pH = 3.28
- Melaza => pH = 4.46

Respecto al pH de la papa, el valor registrado está cerca a la neutralidad. Éste valor es mayor al pH registrado en el grupo de papas evaluadas en el Laboratorio de Análisis de Suelos, plantas, Aguas y Fertilizantes (LASPAF) el cual fue de 4.47 como se verá más adelante.

Observamos también que el pH de las papas de descarte es menor a los valores de pH reportados por Sosa (2005) que indicaron valores mayores de 7, para estiércol de vacuno, porcino, caprino, conejo y gallina, los cuales son usados como insumos para preparar abonos. El bajo valor de pH de las papas de descarte nos permitiría un mayor descenso del pH al momento de la elaboración del abono líquido.

En cuanto al B-lac, García (2008) reportó un valor de 3.5 el cual es un pH ácido cercano al valor obtenido en el laboratorio, la diferencia puede deberse al tiempo de almacenamiento del B-lac el cual en éste caso, puede haber producido mayor cantidad de ácido láctico.

El pH de la melaza, fue ligeramente menor al rango reportado por Aldón (2008) el cual varió de 4.8 a 5.4 unidades. Según Aldón, (2008) citado por García, (2008) el pH bajo de la melaza se debe a la acción de los ácidos no volátiles sobre la sacarosa en la etapa de clarificación del azúcar.

4.2 CARACTERIZACIÓN DE LAS PAPAS DE DESCARTE

La muestra recogida fue analizada fisicoquímicamente para así evaluar el posible potencial de las papas de descarte (el cual se consideró como papa con agua en proporción 1:1) como materia prima para la elaboración de abono líquido.

Cuadro 14: Análisis fisicoquímico de las papas de descarte

Parámetro	Papas de descarte
pH	4.47
CE dS/m	6.77
Materia Orgánica (%)	94.54
Nitrógeno (%)	1.46
P ₂ O ₅ (%)	0.43
K ₂ O (%)	2.09
CaO (%)	0.11
MgO (%)	0.12
Humedad (%)	90.23
Sodio (%)	0.04
Fierro (ppm)	276
Cobre (ppm)	8
Zn (ppm)	16
Mn (ppm)	13
B (ppm)	27
Plomo (ppm)	0.51
Cadmio (ppm)	0.00
Cromo (ppm)	3.90

Para este grupo de papas de descarte observamos un pH ácido a diferencia del pH registrado en el grupo de papas analizadas en el Laboratorio de Biorremediación. El valor del pH de la papa está generalmente cerca a 6.0, sin embargo los valores de pH podrían variar dependiendo de la variedad y características propias de las papas, de igual forma el estado en que se encuentran las papas de descarte pueden influir en el valor de pH ya que las que se encuentran en proceso de deterioro se acidifican.

La cantidad de macro y microelementos nos indica que este insumo es útil para la elaboración de un abono líquido. Observamos también la presencia de metales pesados tóxicos como plomo, cadmio y cromo, esto puede ser debido a que las aguas de los ríos con los cuales se riegan los cultivos pueden presentar este tipo de contaminación o también al empleo de fertilizantes químicos, plaguicidas y a la composición de los suelos donde fueron cultivados.

Asimismo, al comparar estos resultados con la composición nutricional de papas comestibles, observamos diferencias en los componentes como proteínas, fósforo, potasio, calcio, magnesio, sodio etc. Sin embargo, son varios los factores que tienen efecto sobre los nutrientes de las papas tales como la edad, la madurez de los tubérculos, el clima, el suelo, las prácticas culturales realizadas durante su cultivo y el almacenamiento (Quilca, 2007).

Cuadro 15: Composición nutricional de papas comestibles

Nutriente	Contenido
	(g / 100 g)
Humedad	80
Materia seca	20
Hidratos de carbono	14.7
Ceniza	1
Proteína	2
Fibra	2.2
Lípidos	0.1
	(mg / 100 g)
Sodio	0.8
Potasio	430
Hierro	4
Calcio	7
Magnesio	19.9
Fósforo	50
Vit. C	18

Fuente: Escobar, 1997; Verdú, 2005 y Wills, 1998 citado por Quilca, 2007.

4.3 EVALUACIÓN INTERDIARIA DEL pH DE LAS MEZCLAS

Los cuadros 16 y 17 presentan la variación de los valores promedio de pH en las diferentes mezclas de B-lac y melaza. En el Anexo 2 se muestra los valores de pH para cada repetición.

Cuadro 16: Valores promedios de las mezclas controles en la evaluación del pH

Mezclas	B-lac	Melaza	Día 0	Día 1	Día 3	Día 5
T1	0%	0%	5.94	4.28	3.97	4.38
T2	0%	5%	5.49	3.93	3.37	3.44
T3	0%	10%	5.3	4.18	3.27	3.37
T4	0%	15%	5.24	4.25	3.3	3.47
T5	0%	20%	5.13	4.77	3.42	3.56
T6	5%	0%	5.2	4.25	4.08	4.34
T11	10%	0%	4.45	4.08	4.07	3.81
T16	15%	0%	4.28	4.02	3.98	3.84
T21	20%	0%	4.17	4.07	3.91	3.89

Cuadro 17: Valores promedios de las mezclas en la evaluación del pH

Mezclas	B-lac	Melaza	Día 0	Día 1	Día 3	Día 5
T7	5%	5%	4.78	3.91	3.41	3.20
T8	5%	10%	4.76	3.92	3.32	3.13
T9	5%	15%	4.77	4.02	3.36	3.08
T10	5%	20%	4.72	4.08	3.41	3.17
T12	10%	5%	4.48	3.75	3.50	3.34
T13	10%	10%	4.52	3.83	3.33	3.07
T14	10%	15%	4.53	3.89	3.35	3.03
T15	10%	20%	4.52	3.98	3.41	3.06
T17	15%	5%	4.37	3.84	3.45	3.23
T18	15%	10%	4.4	3.96	3.38	3.12
T19	15%	15%	4.4	3.92	3.39	3.05
T20	15%	20%	4.35	4.04	3.45	3.1
T22	20%	5%	4.38	4.09	3.44	3.16
T23	20%	10%	4.27	3.88	3.35	3.09
T24	20%	15%	4.27	4.3	3.44	3.08
T25	20%	20%	4.26	3.98	3.42	3.09

Como se puede observar, el rango de pH obtenido en el día cero va desde 5.94, el cual corresponde a la mezcla control T1 que está compuesto solo de papa, hasta 4.17 que fue el valor que mostró la mezcla T21 (20%B-lac, 0%Melaza).

Analizando las mezclas controles, observamos que el valor de pH de las mezclas sin melaza varían desde 5.2 (T6: 5%B-lac, 0%Melaza) a 4.17 (T21: 20%B-lac, 0% Melaza), las cuales son menores al compararlos con las mezclas sin B-lac que van desde 5.49 (T2: 0%B-lac, 5%Melaza) a 5.13 (T5: 0%B-lac, 20%Melaza). Podemos notar que el añadir B-lac a la mezcla nos proporciona un medio más ácido debido al pH que posee este insumo, el cual es más ácido que la melaza.

Al primer día de fermentación homoláctica observamos que todas las mezclas presentan una disminución en el valor del pH. En promedio las mezclas disminuyeron media unidad de pH a diferencia de las mezclas controles T6 (5%B-lac, 0%Melaza), T2 (0%B-lac, 5%Melaza), T4 (0%B-lac, 15%Melaza) y T1 (0%B-lac, 0%Melaza) que disminuyeron en una unidad. Si bien la disminución en los controles fue mayor que las demás mezclas, el pH de las mezclas presentan valores menores a los de las mezclas controles.

Al tercer día de fermentación homoláctica todas las mezclas se encuentran en el orden de 3 unidades, a excepción de los controles de melaza T6 (5%B-lac, 0%Melaza) y T11 (10%Melaza, 0%B-lac) que tienen un valor de pH en el orden de 4 unidades y las mezclas T16 (15%B-lac, 0%Melaza) y T21 (20%B-lac, 0%Melaza), también controles de melaza que están muy cerca de ese valor.

Para las demás mezclas podemos constatar lo propuesto por Peralta (2010) al observar el descenso del pH especialmente al tercer día, notamos que las bacterias lácticas al ser inoculadas en un medio nuevo, pasan por un periodo de adaptación conocido como fase de latencia y luego entre el segundo y tercer día se produce un crecimiento exponencial que ocasiona una alta producción de ácido láctico por acción de éstas bacterias, las cuales logran descender el pH a valores cercanos a 4.

Notamos también que los controles de B-lac al 0% mostraron una disminución del pH también en el orden de 3 unidades, según García (2008) esto se debe a que la melaza también posee microorganismos que generan acidez incluyendo posiblemente a las bacterias del ácido láctico. Sin embargo, en los estudios que realizó sobre el efecto de los microorganismos de la melaza en el ensilado de pescado, evaluó la disminución del pH durante 20 días en mezclas utilizando melaza calentada a 100°C por 10 minutos y en mezclas con melaza sin calentar para fermentaciones a temperatura ambiente y a 40°C, demostrando que la diferencia en los valores de pH fue menor a 0.1 unidades en cada mezcla. De esta forma se llegó a la conclusión que los microorganismos presentes en la melaza no tiene influencia en la fermentación. Dicho esto, podríamos encontrar también bacterias del ácido láctico en la papa.

Al quinto día las mezclas mostraron valores de pH menores a 3.35, el control 0% de B-lac y 0% melaza obtuvo como valor de pH 4.38, los controles de B-lac al 0% tuvieron valores de pH menores a 3.6 y los controles de melaza al 0% mostraron valores de pH menores a 4.4. Este último valor nos indica que las bacterias del B-lac no pueden generar importantes cambios de pH hacia la acidez si no tienen la fuente de carbono necesaria, en este caso la melaza (Peña, 2008; García, 2008). Por este motivo se observó que las mejores mezclas (aquellos que presentaban las características anteriormente descritas) fueron aquellos que contenían a partir de 10% de melaza en la mezcla (Peña, 2008).

La mayoría de las mezclas presentaron buen olor y aspecto físico, sin embargo se observó una ligera capa blanca, en los controles así como formación de burbujas en algunas mezclas con poca cantidad de melaza, como se mencionó anteriormente, esto pudo deberse a que la cantidad de fuente de carbono no fue suficiente para que proliferen las bacterias benéficas del B-lac (Peralta, 2010; Peña, 2008), a las levaduras presentes en la melaza o también al ingreso de oxígeno a la mezcla que dio lugar a la aparición de levaduras y hongos filamentosos, en la superficie.

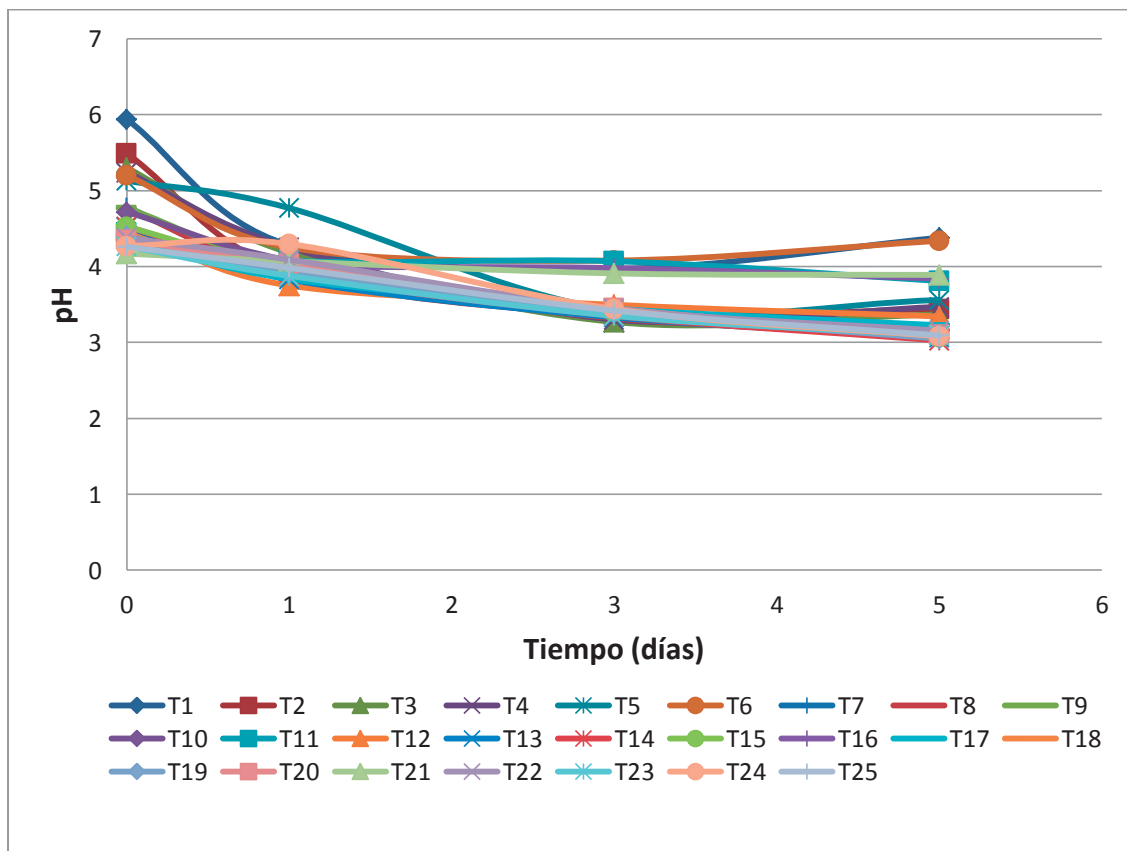
La obtención de un pH menor a 4.5 al quinto día de fermentación así como la ausencia de gases, malos olores y capa de levaduras nos indica que las bacterias ácido lácticas presentes en el B-lac produjeron ácido láctico mediante fermentación homoláctica

lo cual concuerda con los resultados reportados por García (2008), Guccione (2009), Román (2010), Peralta (2010) y Cupe (2013).

El análisis estadístico del pH muestra un coeficiente de varianza de 1,58% para el quinto día de evaluación y alta significancia para las mezclas (Ver anexo 3). La prueba de Tuckey nos indica que las mezclas T19 (15% B-lac, 15%Melaza) y T14 (10%B-lac, 15%Melaza) presentan diferencias significativas con respecto a las mezclas T7 (5% B-lac, 5%Melaza), T17 (15% B-lac, 5%Melaza) y T12 (10% B-lac, 5%Melaza), todas las demás mezclas no presentan diferencias significativas entre ellos ni entre T19 (15% B-lac, 15%Melaza) y T14 (10% B-lac, 15%Melaza).

En la figura 3 se observa la evolución del pH en los cinco días de evaluación para las 25 mezclas. El mayor descenso de pH lo muestran las mezclas: T9 (5% B-lac, 15%Melaza), T8 (5% B-lac, 10%Melaza), T10 (5% B-lac, 20%Melaza), T13 (10% B-lac, 10%Melaza), T14 (10% B-lac, 15%Melaza), T15 (10% B-lac, 20%Melaza), T18 (15% B-lac, 10%Melaza), T19 (15% B-lac, 15%Melaza), T20 (15% B-lac, 20%Melaza), T22 (20% B-lac, 5%Melaza), T24 (20% B-lac, 15%Melaza) y T25 (20% B-lac, 20%Melaza), por lo tanto observamos que a mayor cantidad de B-lac añadido más 10% de melaza como mínimo podremos obtener una mayor producción de ácido láctico por parte de las bacterias lácticas ya que al tener una cantidad suficiente de fuente de carbono permite la proliferación de éstas, eliminando así a los microorganismos patógenos presentes debido a la acidez producida (García, 2008).

Figura 3: Variación del pH promedio de las mezclas



4.4 EVALUACIÓN INTERDIARIA DEL PORCENTAJE DE ACIDEZ TITULABLE

Paralelamente a la medición del pH se realizó la medición del porcentaje de acidez titulable durante cinco días. Los cuadros 18 y 19 presentan los valores promedio del porcentaje de acidez titulable de las mezclas evaluadas y en el Anexo 4 se registran los valores para cada mezcla con su respectiva repetición.

Cuadro 18: Valores promedio de las mezclas controles en la evaluación del porcentaje de acidez titulable

Mezclas	B-lac	Melaza	Día 0	Día 1	Día 3	Día 5
T1	0%	0%	0.11	0.37	0.45	0.42
T2	0%	5%	0.11	0.72	1.22	1.35
T3	0%	10%	0.21	0.64	1.64	1.69
T4	0%	15%	0.3	0.63	1.64	1.75
T5	0%	20%	0.31	0.41	1.45	1.59
T6	5%	0%	0.15	0.38	0.41	0.41
T11	10%	0%	0.27	0.5	1.41	0.66
T16	15%	0%	0.41	0.36	0.64	0.54
T21	20%	0%	0.5	0.74	0.77	0.64

Cuadro 19: Valores promedio de las mezclas en la evaluación del porcentaje de acidez titulable

Mezclas	B-lac	Melaza	Día 0	Día 1	Día 3	Día 5
T7	5%	5%	0.3	0.85	1.56	1.68
T8	5%	10%	0.32	0.92	1.97	2.14
T9	5%	15%	0.36	1.03	2.27	2.76
T10	5%	20%	0.5	1.01	2.36	3.04
T12	10%	5%	0.37	0.99	1.34	1.44
T13	10%	10%	0.41	1.09	2.1	2.13
T14	10%	15%	0.5	1.23	2.35	2.84
T15	10%	20%	0.56	1.17	2.48	2.99
T17	15%	5%	0.42	1.09	1.69	1.68
T18	15%	10%	0.46	1.17	2.15	2.16
T19	15%	15%	0.62	1.3	2.52	3.06
T20	15%	20%	0.68	1	2.85	3.53
T22	20%	5%	0.53	1.1	1.95	2.3
T23	20%	10%	0.58	1.24	2.19	2.42
T24	20%	15%	0.72	0.85	2.29	2.9
T25	20%	20%	0.8	1.31	2.7	3.1

Podemos observar que para el día cero todas las mezclas presentan valores menores a 0.9%. Conforme aumenta la cantidad de melaza añadida en cada mezcla y también conforme pasaron los días, independientemente de la proporción de B-lac que se usó, notamos que el porcentaje de acidez aumentó debido a que como se mencionó antes, las bacterias del ácido láctico tienen más fuente de carbono para realizar la fermentación, la producción de ácido láctico continuará mientras haya suficiente reserva de melaza.

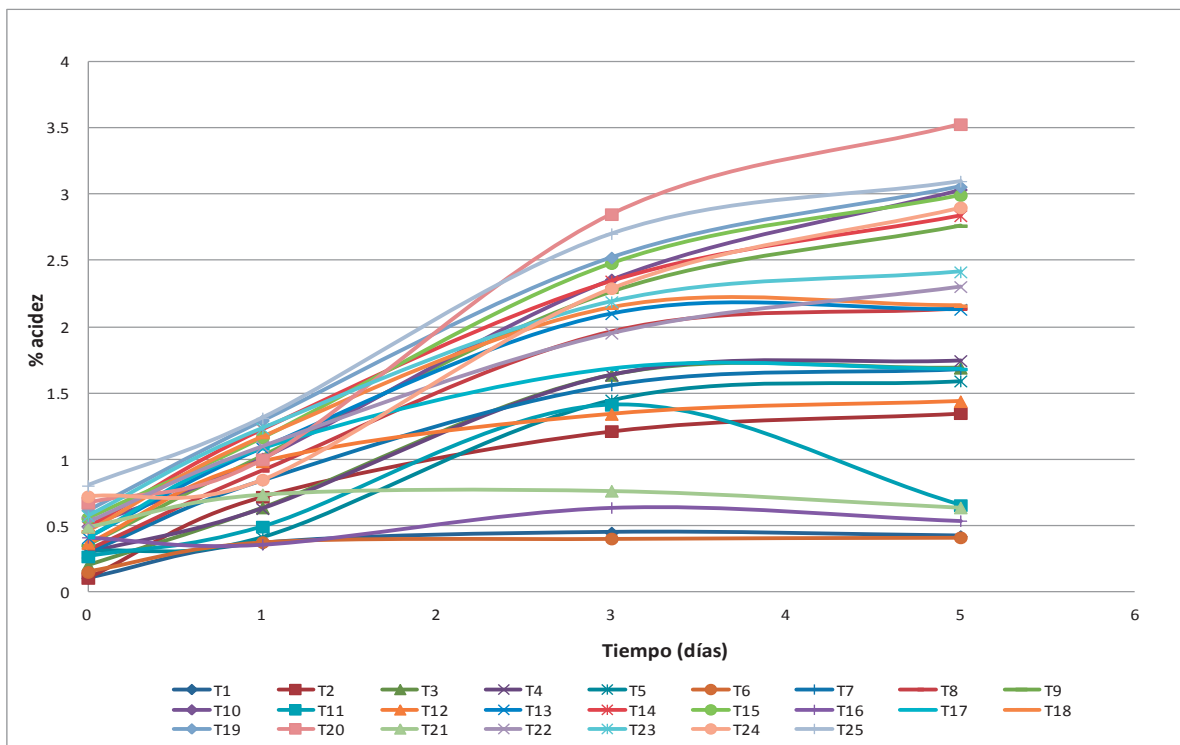
La producción de ácido láctico es lo que genera los cambios de pH hacia la acidez y por lo tanto origina relaciones de antagonismo que no permiten el desarrollo de bacterias putrefactivas y patógenas (García, 2008).

Al tercer día de fermentación homoláctica se observó un aumento en la producción de ácido láctico, esto se dedujo al observar que la mayoría de mezclas mostraron más del 2% de acidez titulable. Para el quinto día, las mezclas que presentaron los porcentajes más altos de acidez titulable fueron: T10 (5% B-lac, 20% Melaza), T15 (10% B-lac, 20% Melaza), T19 (15% B-lac, 15% Melaza), T20 (15% B-lac, 20% Melaza), T24 (20% B-lac, 15% Melaza) y T25 (20% B-lac, 20% Melaza).

El análisis estadístico presentó un coeficiente de varianza de 11,07% para el quinto día de evaluación y alta significancia para las mezclas. La prueba de Tuckey nos indica que las mezclas T20 (15% B-lac, 20% Melaza), T25 (20% B-lac, 20% Melaza), T19 (15% B-lac, 15% Melaza) y T10 (5% B-lac, 20% Melaza) presentan diferencias significativas respecto a las mezclas T12 (10% B-lac, 5% Melaza), T7 (5% B-lac, 5% Melaza), T17 (15% B-lac, 5% Melaza), T13 (10% B-lac, 10% Melaza) y T8 (5% B-lac, 10% Melaza).

En la figura 4 se muestra la variación del porcentaje de acidez titulable desde el día cero hasta el día cinco.

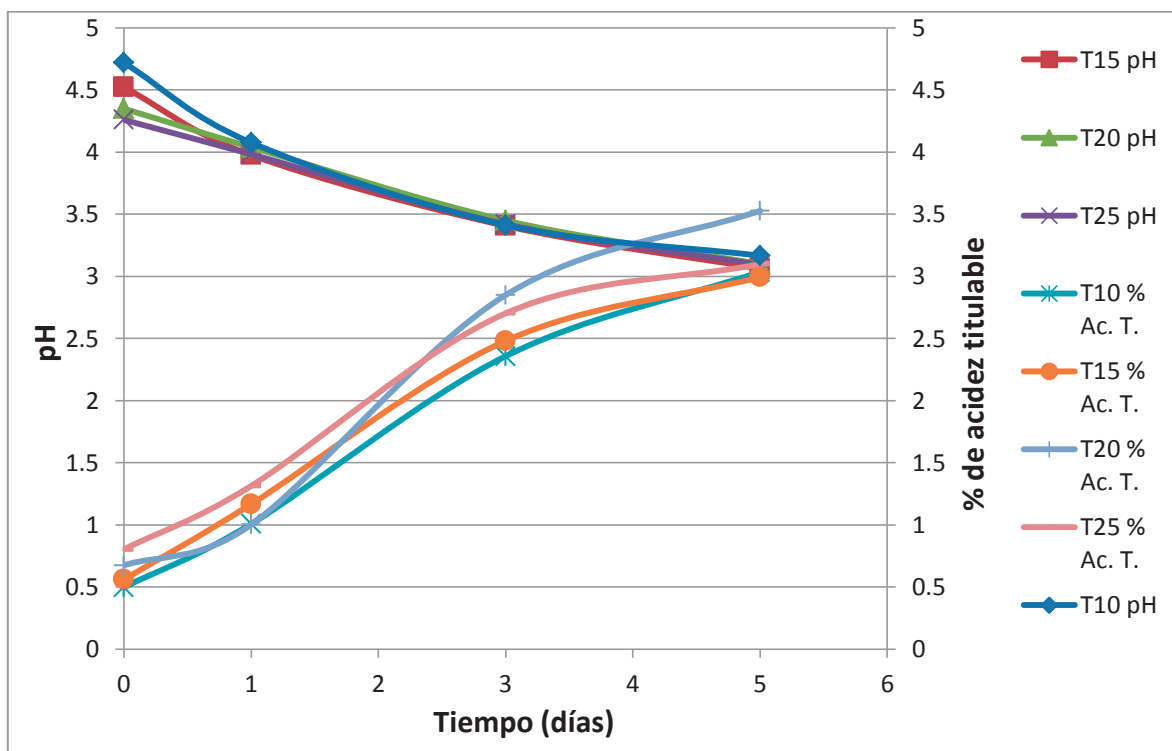
Figura 4: Variación del porcentaje de acidez titulable promedio de las mezclas



Finalmente se procedió a elegir las mezclas que presentaron un valor de pH menor al quinto día y que a la vez mostraron los mayores valores en cuanto a porcentaje de acidez titulable se refiere, también al quinto día.

En la figura 5 se muestra la relación inversa entre los valores de pH y porcentaje de acidez que presentan las mejores mezclas, las cuales fueron: T10 (5% B-lac, 20%Melaza), T15 (10% B-lac, 20%Melaza), T20 (15% B-lac, 20%Melaza) y T25 (20% B-lac, 20%Melaza), éstos poseen el mayor porcentaje de melaza.

Figura 5: Relación del pH promedio y porcentaje de acidez titulable de las mezclas seleccionadas



De la figura podemos destacar que las cuatro mezclas seleccionadas poseen un valor de pH similar que está en el rango de 3 unidades para el quinto día, en cuanto al porcentaje de acidez titulable las cuatro mezclas también presentaron valores similares encontrándose en el rango de 3% para el quinto día.

Estadísticamente no hubo diferencias significativas entre las mezclas seleccionadas (tanto para la prueba de evaluación del pH como para la de porcentaje de acidez titulable), así que se procedió a realizar la prueba de estabilidad del pH para todos ellos.

4.5 ESTABILIDAD DEL pH DE LAS MEZCLAS SELECCIONADAS

La estabilidad del pH de las mezclas seleccionadas se evaluó en base a la medición del pH a los 15 y 30 días después de los primeros cinco días de fermentación homoláctica para comprobar que mantenía un pH menor a 4.5. Asimismo se tomó en cuenta el olor, producción de gases, y aspecto físico del producto.

El cuadro 20 muestra el promedio del valor de pH de las mezclas seleccionadas.

Cuadro 20: Promedio del valor de pH de las mezclas seleccionadas

Mezcla	Día 15	Día 30
	pH	pH
T10	3.25	3.48
T15	3.15	3.49
T20	3.18	3.49
T25	3.31	3.7

Observamos que para las mezclas T10 (5% B-lac, 20%Melaza), T15 (10% B-lac, 20%Melaza) y T20 (15% B-lac, 20%Melaza) el valor de pH fue menor a 3.5 unidades y para T25 (20% B-lac, 20%Melaza) el valor de pH fue menor a 3.8 unidades. Todas las mezclas presentaron buen olor y aspecto físico, así como un valor de pH bajo menor a 4.5 por lo tanto cumplen con los requisitos señalados por Peralta (2010) y García (2008) para ser considerados buenas mezclas.

En el día 30 también se evaluó el porcentaje de acidez titulable de las mezclas escogidas. En el cuadro 21 se muestran los promedios de los porcentajes de cada mezcla seleccionada. Se observó que las mezclas T10, T15 y T20 son las que obtuvieron mayor porcentaje de acidez titulable.

Cuadro 21: Valores promedio de los porcentajes de acidez titulable de las mezclas seleccionadas

Tratamiento	Día 30
	% Ac. Titulable
T10	2.84
T15	2.86
T20	3.84
T25	2.35

Con estos resultados podemos concluir que las bacterias ácido lácticas, al tener suficiente cantidad de carbono, tienen el medio adecuado para poder proliferar y producir acidez. De esta forma pueden seguir desarrollándose a través del tiempo (García, 2008; Cupe, 2013).

4.6 ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO DE LAS MEZCLAS SELECCIONADAS

Como se pudo observar, las mezclas T10, T15, T20 y T25 mostraron características similares en cuanto al descenso de pH, porcentaje de acidez titulable y en cuanto a características físicas se refiere. Al realizar los costos de producción para la elaboración de cada mezcla se eligió el que requería menor costo de producción (teniendo en cuenta que el insumo más caro es el B-lac) el cual fue la mezcla T10 y se le llamó Papa-Biol.

Siguiendo las proporciones indicadas para la mezcla T10, se preparó el abono líquido a partir de 1kg de papas de descarte. Se utilizaron 533,33g de melaza y 133,33g de B-lac con lo cual se obtuvo 1.800 L de Biol y 191 g de biosol (en peso seco y 450 g en peso húmedo), obteniéndose un porcentaje de humedad del biosol de 57,56% y 42,44% de materia seca lo que asegura la estabilidad del producto.

En el siguiente cuadro se muestran los costos de insumos y materiales a nivel de investigación (1 L) y para la producción de 50 L del Papa-Biol.

Cuadro 22: Costo de producción del Papa-Biol a nivel de investigación

Papa-Biol (Nivel de Investigación)				
Materiales	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Total (S/.)
Envases de Plástico	1	-	6	6
Consumo Eléctrico	23	Kwh	0.3421	7.868
Transporte	5	Pasaje	varios	5.2
Mano de obra	1	h/hombre	30	30
			Sub-total	49.068
Insumos				
Melaza	0.53	Kg	1	0.53
B-lac	0.13	L	10	1.3
Papas de desecho	1	Kg	0.625	0.625
Agua	0.001	m ³	0.952	0.00095
			Sub-total	2.46
Volumen producido		L		1.8
Materiales				19.368
Insumos				2.46
Costo total de producción				51.528
Costo total de producción/L				28.63

Cuadro 23: Costo de producción del Papa-Biol para 50 L

Papa-Biol (Para 50 l de Biol)				
Materiales	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Total (S/.)
Envases de Plástico	1	-	50	50
Consumo Eléctrico	23		0.3421	7.868
Transporte	5	Pasaje	varios	5.2
Mano de obra	1	-	30	30
			Sub-total	93.068
Insumos				
Melaza	14.82	kg	1	14.82
-lac	3.7	L	10	37
Papas de desecho	27.78	kg	0.625	17.36
Agua	0.028	m ³	0.952	0.0267
			Sub-total	69.207
Volumen producido		L		50
Materiales				93.068
Insumos				69.207
Costo total de producción				162.275
Costo total de producción/L				3.25

Cuadro 24: Costo-beneficio en la producción del Papa-Biol

Producto	Cantidad producida	Unidad	Costo de producción (S/.)	Precio Unitario (S/.)	Total (S/.)	Ganancia (S/.)
Papa-Biol	50	L	162.275	3.6	180	17.725
Papa-Biosol	5.31	kg	-	0.50	2.655	2.655
Total						20.38

Como se observa el costo de producción del Papa-Biol a nivel de investigación es de 28.63 soles mientras que para 50 L el costo baja a 3.25 soles el litro.

El cuadro de Costo-beneficio muestra que para un posible precio de venta de 3.6 soles el litro del Papa-Biol y 0.5 soles el kg de Papa-Biosol obtendríamos de ganancia 20.38 soles.

Debemos tener en cuenta también que el precio de venta bajaría si no contamos el costo del envase y de las papas utilizadas ya que la adquisición de los envases ocurriría solo una vez y las papas no significarían un costo extra debido a que pertenecerían al mismo agricultor, por lo tanto para obtener un precio de venta sólo se tendría en cuenta el consumo de energía, mano de obra y los insumos B-lac, melaza y agua. Bajo esta premisa, al preparar 50 L de biol tendríamos un costo total de producción de 1.90 soles el litro. Con un posible precio de venta de 2.10 estaría por debajo del precio de otros bioles como Avibiol (biol obtenido por biodigestión anaeróbica de estiércol de gallinas ponedoras) con un precio de 2.60 soles el litro y similar en precio al del biol Casablanca que se vende a 2 soles el litro.

Como vemos, la realización de ésta técnica es una buena opción de uso para el agricultor que le confiere un valor agregado a las papas de descarte, generando ingresos con su propio abono orgánico sin dañar el medio ambiente.

4.7 CARACTERIZACIÓN DEL PAPA-BIOL

Una vez preparado el biol y biosol a nivel de investigación, se analizó microbiológica y fisicoquímicamente en el Laboratorio de Ecología Microbiana y Biotecnología “Marino Tabusso”, Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes (LASPAF) y en el Laboratorio de Análisis Químico de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

4.7.1 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

El análisis microbiológico se realizó para demostrar la ausencia de microorganismos patógenos en el biol, mostrando los siguientes resultados:

Cuadro 25: Análisis microbiológico del Papa-Biol

Análisis Microbiológico	Papa-Biol
Enumeración de Coliformes totales (NMP/g)	< 3
Enumeración de Coliformes fecales (NMP/g)	< 3

Nota: El valor < 3 indica ausencia de microorganismos en ensayo.

Fuente: Laboratorio de Ecología Microbiana y Biotecnología “Marino Tabusso”.

En los resultados del análisis observamos la ausencia de coliformes totales y fecales lo cual se debe:

- Al bajo pH del Papa-Biol que inhibe la presencia de estas bacterias, las cuales se desarrollan mejor a un pH ligeramente ácido o cercano a la neutralidad (Isea *et al.*, 2004 citado por Román, 2011), la *Salmonella sp.* también estaría inhibida debido a que tiene como pH óptimo 7.7 (Hernández *et al.*, 2008 citado por Román, 2011).
- A la gran cantidad de ácido láctico producido por las Bacterias del Ácido Láctico (BAL) presentes en el B-lac, lo cual permite también la formación de sustancias antimicrobianas que inhiben el crecimiento de organismos relevantes como lo son *Fusarium* y *B. cereus*, éste último caso ha sido estudiado en alimentos fermentados como lácteos, productos basados en cereales y semilla de soya (Parra, 2010). Las bacteriocinas producidas por las BAL y/o sus metabolitos producidos como peróxido de hidrógeno, compuestos aromáticos (diacetilo, acetaldehído), derivados deshidratados del glicerol (reuterina), benzoato, enzimas bacteriolíticas (Martínez, 1996 citado por Román, 2011), presentan también actividad antimicrobiana.

- Al efecto antimicrobiano de la forma no disociada del ácido láctico producida por las bacterias ácido lácticas que conforman el B-lac. El ácido láctico no disociado penetrará las membranas y pared celular de los patógenos inhibiendo los procesos metabólicos dentro de la célula (Leveau y Bouix, 2000 citado por Cupe B. 2013).

4.7.2 ANÁLISIS AGRONÓMICO

La mezcla T10 llamada Papa-Biol fue sometido a un análisis fisicoquímico para evaluar su potencial como abono orgánico líquido y compararlo con otros bioles. En el cuadro 26 se presentan los valores de macro y micro nutrientes.

Cuadro 26: Análisis agronómico del Papa-Biol y de otro tipo de bioles

Ensayos	BV ¹	BC ²	Biol con alfalfa ³	Biol con chicha de jora ³	Fast biol 20 ⁴	Biol <i>Ulva lactuca</i> ⁵	Fert. RPC ⁶	Abono de Vísceras ⁷	Avibiol ⁸	Papa-Biol
Parámetros										
pH	7.89	8.2	6.8	6.8	3.75	3.66	3.6	4.05	7.47	3.67
C.E (dS/m)	19.28	15.3	11.2	10.2	25.7	22.3	16.5	18.4	21.30	24.1
Sólidos totales (g/l)	---	---	---	---	232.98	---	---	155.04	17.20	147.2
M.O. en solución (g/l)	5.28	5.4	2.86	3.75	181.1	---	148.42	137.16	4.60	117.3
Macronutrientes										
N total (mg/l)	1876	980	1064	1015	4200	2214	9485	21000	1764	2688
P total (mg/l)	71.2	121	53.3	66.5	744.2	324	310	1802	245.73	275.52
K total (mg/l)	1940	6760	1143	1045	17200	7362	3296	16000	4600	5316.7
Ca total (mg/l)	104.8	220.4	755	707	5200	873	1672	2820	487.60	1316.7
Mg total (mg/l)	27.6	53.4	348	353	1740	2835	696	1260	160	750
Na total (mg/l)	3400	542	463	500	1040	---	1072	1320	956	450
Micronutrientes										

Fe total (mg/l)	0.16	---	5	12.5	516	994.5	30	110	15.96	38.8
Cu total (mg/l)	2.28	---	0.3	0.4	14	17.5	2.25	24	0.8	1.53
Zn total (mg/l)	1.36	---	1.9	2.9	60	30	4.2	58	4.92	4.12
Mn total (mg/l)	14.08	---	1.8	2.7	28	25.5	2.4	8	5.36	3.48
B total (mg/l)	5.2	---	124	93	19	62.32	21	550.38	10.74	6.01

Fuente: (1) Biol Ventanilla Ciudad Saludable. Informe de análisis especial de materia orgánica, 2008. (2) Biol Casablanca citado por Siura y Dávila. (3) LASPAF 2001 citado por Mendizábal 2003, (4) Tesis de Determinación de los Parámetros Óptimos en la Producción de Fastbiol usando excretas de Ganado Lechero del Establo de la UNALM por Peralta Veran Liliana, 2010, (5) Tesis de Estrategia Ambiental de Aprovechamiento de *Ulva lactuca* a través del proceso de ensilaje por Aldón Coca Dante, 2008, (6) Tesis de obtención de un Fertilizante Orgánico basado en residuos de pescado y roca fosfatada por Bossio Palomino Félix, 2007, (7) Biodiesel y Abono Orgánico a partir de vísceras de pollo por Juan Juscamaita Morales y Juan Manuel Cárdenas Reynaga, (8) Avibiol, biol comercial obtenido por biodigestión anaeróbica del estiércol de gallinas ponedoras (gallinaza) mediante un proceso heterofermentativo.

Según Suarez (2009), investigaciones realizadas por Corpoica y la Corporación PBA sugieren que los rangos mínimos nutricionales para bioles son:

- Nitrógeno: >700 mg/l
- Fósforo: >170 mg/l
- Potasio: >1.300 mg/l
- Calcio: >1.800 mg/l
- Azufre: >270 mg/l
- Boro: > 7,0 mg/l

De acuerdo al análisis realizado en el laboratorio LASPAF, el biol presentado en esta investigación cumple con los requisitos previamente mencionados a excepción de la cantidad de Calcio y Boro presente el cual sin embargo presenta un valor cercano.

Se observa en el cuadro 26 que el contenido de ácido láctico en el Papa-Biol genera uno de los valores de pH más bajos y que la cantidad de materia orgánica presente en el

biol es mayor que en los otros bioles elaborados con materia vegetal. Según Irañeta J. *et al.*, (2011), la materia orgánica en el suelo juega un papel fundamental ya que influye en tres aspectos importantes: (1) Mejora las propiedades físicas: permeabilidad, retención de agua, estructura, facilita el trabajo del suelo, el desarrollo de las raíces, (2) Mejora las propiedades biológicas al aumentar la cantidad, diversidad y la actividad de los microorganismos, (3) Aporta importantes cantidades de elementos minerales a la “despensa” del suelo.

Podemos observar también que la concentración de N, P y K del Papa-Biol es mayor que los bioles BV, BC (a excepción de K), biol alfalfa, biol con chicha de jora y en el caso de *Ulva lactuca* se obtienen datos cercanos. De igual forma presenta mayores cantidades de Ca y Mg más no de Na. En cuanto a los micronutrientes, posee alto contenido de Fe y Zn en comparación con los otros bioles de origen vegetal.

Si bien la cantidad de nutrientes de los bioles en los cuales se usan estiércol son mayores, el Papa-Biol presenta alta cantidad de nutrientes comparado con otros bioles de origen vegetal.

La conductividad eléctrica que presenta es relativamente alta, sin embargo este valor disminuirá conforme se realicen las diluciones para las dosificaciones según el requerimiento del cultivo al cual se le aplicará (Peña, 2008 y Aldón, 2008 citado por Peralta L., 2010).

El análisis también muestra la presencia de metales pesados como cadmio, plomo y cromo lo cual, como se mencionó anteriormente, podría ser debido a los metales presentes en la papa y en la melaza. En el Perú no existe una norma con respecto al contenido de metales pesados en los abonos orgánicos líquidos, por tal motivo se comparó los resultados con la normativa existente en España. Podemos observar que los niveles encontrados en el Papa-Biol están muy por debajo de los límites permitidos en el Real Decreto 824/2005 lo cual lo haría apto para ser aplicado al suelo.

Cuadro 27: Límites permitidos de metales pesados según el Real Decreto 824/2005

Normativa española				
Metal pesado	Clase A	Clase B	Clase C	Papa-Biol
Cadmio	0.7	2	3	0.017
Cobre	70	300	400	-
Niquel	25	90	100	-
Plomo	45	150	200	2.18
Zinc	200	500	1000	-
Mercurio	0.4	1.5	2.5	-
Cromo (total)	70	250	300	0.40
Cromo (VI)	0	0	0	-

Nota: Sólidos: mg/kg de materia seca, líquidos: mg/l.

Fuente: Real Decreto 824/2005.

De la separación de la parte líquida y sólida mediante el prensado, se obtuvo un biosol al que se le nombró Papa-Biosol, rico en carbohidratos no fibrosos, con alto contenido energético y buena palatabilidad, el cual puede ser usado como complemento en la dieta del ganado o de lo contrario puede ser usado también como abono orgánico sólido. El biosol fue entregado para su análisis directamente después del prensado, las otras muestras fueron secadas a 70 °C por 48 horas.

En el cuadro 28 se muestra el análisis fisicoquímico del Papa-Biosol con otros biosoles donde se observa el alto contenido de potasio, hierro, boro y materia orgánica del Papa-Biosol comparado con el que presentan los otros abonos orgánicos hechos a base de estiércol, lo que constituye una buena fuente de nutrientes para el suelo.

Posee también un valor de pH bajo comparado con los otros biosoles y un contenido de sales moderado (Peralta; 2010).

En cuanto al contenido de metales pesados, estos se encuentran por debajo de lo que indica el Real Decreto 824/2005 como límites permisibles para fertilizantes por lo tanto el abono orgánico puede ser usado sin presentar riesgos.

Cuadro 28: Análisis agronómico del Papa-Biosol

Ensayos	Excreta fresca	Guano de inverna	Compost	Fast Biosol 20	Papa-Biosol
Parámetros					
pH	6.69	8.27	7.9	4.48	3.98
C.E (dS/m)	5.05	10.92	19.8	10.64	9.95
M.O. en solución (%)	77.95	76.60	-	80.40	74.83
Hd (%)	85.35	26.00	59.00	3.19	60.49
N total (%)	2.65	2.13	1.91	1.43	0.81
P ₂ O ₅ total (%)	1.50	1.59	1.60	0.62	0.22
K ₂ O total (%)	1.27	3.03	3.34	3.03	3.51
CaO total (%)	3.56	2.24	-	2.04	0.53
MgO total (%)	1.04	1.17	-	0.50	0.25
Na total (%)	0.40	0.53	-	0.18	0.07
Fe total (ppm)	-	-	-	-	1475
Cu total (ppm)	92	-	-	45	13
Zn total (ppm)	165	-	-	75	15
Mn total (ppm)	180	-	-	70	24
B total (ppm)	17	-	-	35	109
Metales Pesados					
Pb (ppm)	-	-	-	-	9.187
Cd (ppm)	-	-	-	-	0.012
Cr (ppm)	-	-	-	-	14.91

Fuente: Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes (LASPAF) y Peralta, (2010).

Adicionalmente se calculó la relación C/N para el Papa-Biol, el cual es un índice de calidad de la materia orgánica. Este valor indica el correcto equilibrio de los nutrientes

especialmente entre el nitrógeno (N) y carbono (C), altas relaciones de C/N hace que el proceso sea más lento y bajas concentraciones produce la pérdida de nitrógeno (Soliva 2001, citado por Iparraguirre R., 2007).

El valor de la relación de C/N del Papa-Biol se calculó obteniendo primero el porcentaje de carbono según los porcentajes de materia orgánica de la muestra analizada en el LASPAF y el factor 1.724 (Thompson et al., 1988):

$$\% C = \frac{\% \text{Materia orgánica}}{1.724} = \frac{11.73}{1.724} = 6.804$$

Luego la relación C/N se obtuvo dividiendo el resultado obtenido entre el nitrógeno total:

$$C/N = \frac{6.804}{0.269} = 25.29$$

Se comparó el valor del Papa-Biol con los valores permitidos para el compost debido a que no se han establecido aún los valores correspondientes para la elaboración de bioles. El Consejo Canadiense de Ministros del Ambiente (CCME) citado por Kimura (2005), exige una relación $C/N \leq 25$ para que un compost se encuentra maduro (Peralta L., 2010). El valor de la relación C/N del Papa-Biol fue de 25.29, el cual se encuentra muy cerca del rango de aceptación.

4.7.3 ANÁLISIS PARA DETERMINAR LA PRESENCIA DE ETANOL

El Papa-Biol fue enviado al Laboratorio de Análisis Químicos de la Universidad Agraria la Molina para verificar la ausencia de etanol. Se realizó el análisis de determinación del grado alcohólico obteniendo el siguiente resultado (ver Anexo 6):

Grado Alcohólico a 20/20°C (%) = 0,0

Con este análisis se comprobó la ausencia de etanol en la muestra de Papa-Biol.

4.8 EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL PAPA-BIOL EN LA GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE LECHUGA

Se evaluó el efecto del Papa-Biol en la germinación de semillas de lechuga variedad Duet. Para este fin se prepararon seis diluciones diferentes y se midió el valor de pH y conductividad eléctrica de cada una de ellas:

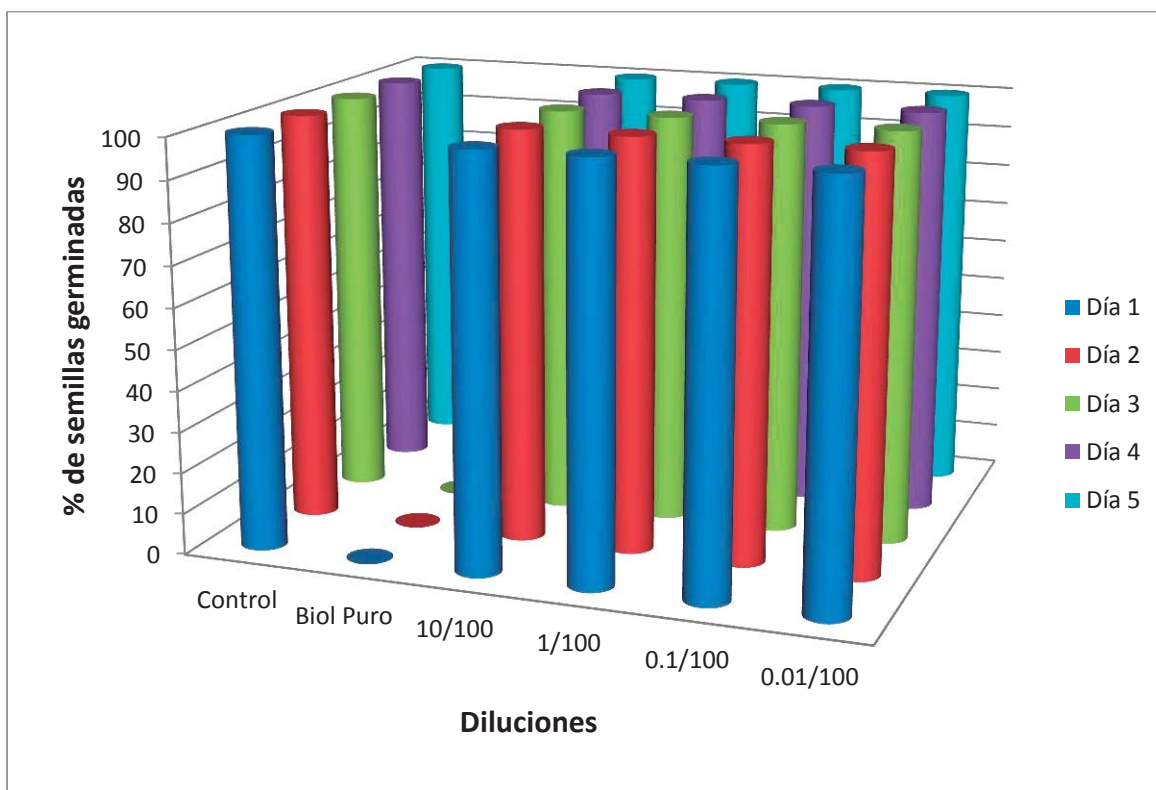
Cuadro 29: Diluciones del Papa-Biol a evaluar

Diluciones	pH	CE (dS/m)
Control (agua de mesa)	7.49	0
Biol puro	3.72	24.3
10/100	4.01	4.48
1/100	6.04	0.97
0.1/100	7.24	0.6
0.01/100	7.42	0.56

El valor de pH de las diluciones subió conforme la solución se encontraba más diluida, la dilución que presentó mayor valor de pH fue la solución control (agua de mesa) con 7.49 y el menor valor presentó la solución compuesta por el biol puro con 3.72. Por el contrario, el valor de la conductividad eléctrica disminuyó conforme el biol se encontraba más diluido.

En la siguiente figura se muestra el número de semillas de lechuga germinadas por cada día de evaluación, se puede apreciar que las semillas germinaron en su totalidad en todas las diluciones excepto en el biol puro donde se pudo apreciar también el crecimiento de levaduras formando una capa blanca sobre las semillas.

Figura 6: Porcentaje de germinación de las semillas evaluadas



4.8.1 ÍNDICE DE GERMINACIÓN

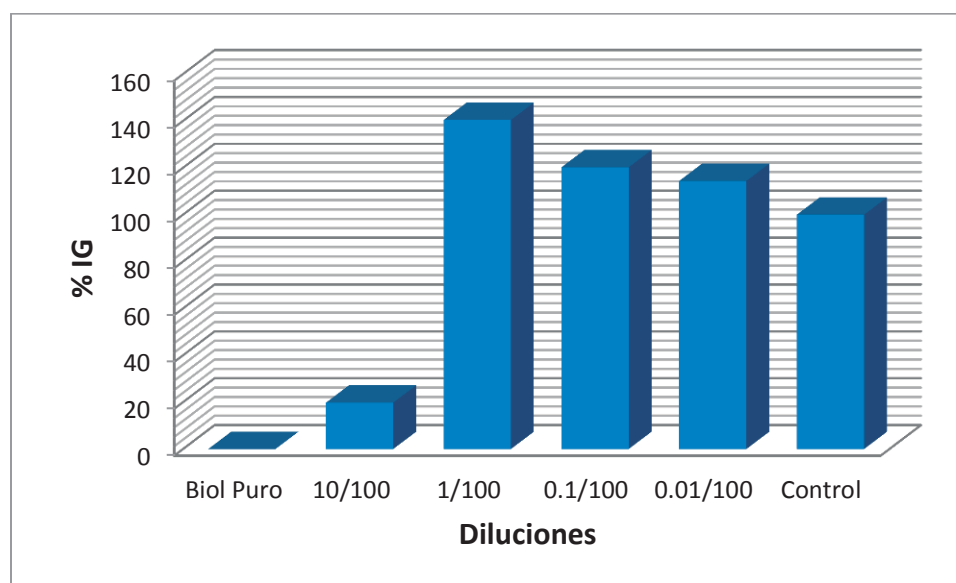
En el siguiente cuadro se presentan el Porcentaje de Germinación Relativo (PGR), Crecimiento de Radícula Relativo (CRR) y el Índice de Germinación (IG) para cada dilución al término de las 120 horas de ensayo:

Cuadro 30: Índice de Germinación de las semillas de lechuga usando el Papa-Biol

Diluciones	N° de semillas germinadas	PGR (%)	Elongación de radícula (mm)	CRR (%)	IG (%)
Control	20	-	16.83	-	-
Biol Puro	0	0	0	0	0
10/100	20	100	3.33	19.79	19.79
1/100	20	100	23.63	140.40	140.40
0.1/100	20	100	20.23	120.20	120.20
0.01/100	20	100	19.25	114.38	114.38

Se calcularon los porcentajes siguiendo la metodología de Tiquia (2000) citado por Varnero *et al.* (2007) mediante la cual distinguimos un 100% de PGR para las diluciones: 10/100, 1/100, 0.1/100 y 0.01/100 del Papa-Biol, sin embargo fue la dilución 10/100 que presentó un crecimiento ensortijado de la radícula además de presentar ésta junto con el hipocótilo, una longitud muy corta al término de las 120 horas de ensayo como lo muestra su respectivo CRR.

Figura 7: Índice de germinación de las semillas de lechuga



Según Zucconi *et al* (1981) citado por Varnero *et al.* (2007), valores de IG $\leq 50\%$ indicarían que hay una fuerte presencia de sustancias fitotóxicas y valores entre 50% y 80% se interpretaría como presencia moderada de estas sustancias. El bajo porcentaje de IG y sus características en el crecimiento de la dilución 10/100 podría indicar la presencia de sustancias fitotóxicas, además del pH bajo y la alta conductividad eléctrica que impidieron el correcto desarrollo de las plántulas.

Los mismos autores demostraron también que valores de IG $\geq 80\%$ indicarían que no existe presencia de sustancias fitotóxicas o están en muy bajas concentraciones. Tres diluciones del Papa-Biol presentaron más del 100% en su IG, en base a esta información podríamos elegir cualquiera de las tres diluciones como la concentración óptima para dicho abono líquido (Román C., 2011), además según la prueba de medias de Tukey no existen diferencias significativas entre estas tres diluciones (1/100, 0.1/100, 0.01/100).

Uno de los factores que establecerían mayores diferencias entre estas diluciones podría ser el crecimiento de los pelos radiculares, lo cual fue el caso de la dilución 0.01/100, sin embargo para afirmar este hecho con mayor exactitud habría que realizar una prueba más exhaustiva.

V. CONCLUSIONES

- Mediante el proceso de fermentación homoláctica realizado por el consorcio microbiano B-lac compuesto por bacterias ácido lácticas como lo indica la ficha técnica del producto, fue posible obtener un abono orgánico líquido partir de papas de descarte y melaza utilizada como fuente de carbono.
- Las mezclas presentaron en general valores de pH bajos que van de 3.03 a 4.34, además mostraron buenas propiedades organolépticas siendo el tercer día de fermentación homoláctica cuando presentaron mayores descensos de pH.
- Después de las pruebas realizadas se determinó que las mezclas T10, T15, T20 y T25 fueron los que obtuvieron los valores más bajos de pH y mayor porcentaje de acidez titulable al finalizar los cinco primeros días de fermentación homoláctica.
- Se eligió a la mezcla T10 (al cual se llamó Papa-Biol) por presentar valores óptimos de pH (3.48) y de porcentaje de acidez titulable (2.84%) al término de la prueba de estabilidad que duró 30 días (una vez concluidos los primeros 5 días de evaluación). Además dicho tratamiento mantuvo en todo momento un buen color y olor siendo éstas características importantes para su elección. No evidenció producción de CO₂ ni presencia de etanol. Otro factor fundamental fue el presentar menor costo de producción y aún así obtener resultados favorables.
- El Papa-Biol presentó valores de macronutrientes y micronutrientes aceptables, estos fueron mayores a 4 de los bioles con los cuales se comparó, siendo dos de ellos realizados en base a materia vegetal. Por ésta razón, el Papa-Biol nos asegura ser un buen abono líquido para las plantas.

- El análisis de metales pesados (plomo, cromo y cadmio) confirman la presencia de éstos pero en concentraciones mucho menores a lo permitido por el Real Decreto español 824/2005.

- El análisis microbiológico confirmó la ausencia de patógenos en el abono líquido el cual lo hace un producto inocuo para el público en general y para los cultivos.

- La dilución óptima para el Papa-Biol fue la de 1/100 debido a que presentó el mayor índice de germinación, mayor crecimiento de radícula e hipocótilo siendo éstos mayores al control.

- El biosol obtenido llamado Papa-Biosol constituye una buena fuente de carbohidratos y de energía para el ganado, con lo cual se obtienen dos productos aptos para su venta a partir de la fermentación homoláctica de las papas de descarte.

VI. RECOMENDACIONES

- Realizar estudios del Papa-Biol sobre diversos cultivos aplicándolo según los requerimientos nutricionales de la planta.
- Realizar estudios sobre el Papa-Biosol según la dieta del ganado a evaluar.
- Realizar estudios sobre el Papa-Biosol como enmienda para el suelo.
- Realizar un análisis económico más exhaustivo.
- Elaborar los dos productos obtenidos de la fermentación homoláctica a escala piloto con el fin de obtener ingresos económicos al comercializarlos o para reducir gastos al emplearlo para su propio cultivo y ganado.

VII. BIBLIOGRAFÍA

1. Aguilar C., Klotz B. (2011). Inhibición del crecimiento de *Escherichia coli* por bacterias ácido lácticas: presencia de quórum sensing? Facultad de Ingeniería. Grupo de Investigación: Procesos Agroindustriales. Universidad de la Sabana. Colombia.
2. Agreda, V.; Alarcón, J.; Cannock, G.; Geng, R. y Valdivia, M. 1994. Comercialización agrícola en el Perú. Comercialización de papa para consumo: el caso del eje Valle del Mantaro – Lima Metropolitana. (GRADE) Grupo de análisis para el desarrollo, (AID) Agencia Para el desarrollo Internacional. 139-179.
3. AgroEstrategias Consultores (2007). Nutrición Mineral de las Plantas. Artículos Técnicos (en línea). Acceso 30 de Junio del 2012. Disponible en web: <http://www.agroestrategias.com/pdf/Nutricion%20-%20Nutricion%20Mineral%20de%20las%20Plantas.pdf>
4. Aldon, D. 2008. Estrategia Ambiental de aprovechamiento de la macroalga *Ulva lactuca* (lechuga de mar) a través del proceso de ensilaje. Tesis de Ingeniero Ambiental. UNALM. Lima-Perú.
5. Alcázar, J. 1997. Producción de Tubérculos-semillas de Papa Manual de Capacitación. Principales plagas de la papa: Gorgojo de los Andes, *Epitrix* y Gusanos de Tierra. Fasc. 3.6. Centro Internacional de la Papa (CIP).
6. América Economía. 2011. Negocios & Industrias. Producción peruana de papa llegará a los 3,8M de toneladas (en línea). Acceso el 1 de Marzo del 2012. Disponible en web: <http://www.americaeconomia.com/negocios-industrias/produccion-peruana-de-papa-llegara-los-38-millones-de-toneladas>
7. Aparcana, S. 2008. Estudio sobre el Valor Fertilizante de los Productos del Proceso “Fermentación Anaeróbica” para producción de Biogás. German PROFEC

(Professional Energy and Environmental Consultancy). Reporte N° BM-4-00-1108-1239.

8. Bayer Cropscience 2008. Problemas. Plagas. *Premnotrypes latitorax* (en línea). Acceso el 8 de Marzo del 2012. Disponible en web: <http://www.bayercropscience.com.pe/web/index.aspx?articulo=518>
9. Borba, N. 2008. La papa un alimento básico. Posibles impactos frente a la introducción de papa transgénica. Artículo elaborado para RAP-AL (Red de Acción en Plaguicidas y sus Alternativas de América Latina), Uruguay.
10. Castro, G., V. Bustos, Ramírez J. (2008). Aprovechamiento biotecnológico de la melaza de caña de azúcar para la producción de ácido láctico utilizando *Lactobacillus Rhamnosus*. Tu Revista Digi.U@T. Vol. 3 Núm 2. Universidad Autónoma de Tamaulipas Dirección general de Investigación y Postgrado. México.
11. CIP (Centro Internacional de la Papa), Proyecto INCOPA (2007). T'IKAPAPA. Vinculando Consumidores Urbanos y Pequeños Productores Andinos con la Biodiversidad de la Papa. PE.
12. CEDECO (Corporación Educativa para el Desarrollo Costarricense). 2005. Preparación y uso de abonos orgánicos sólidos y líquidos. Serie Agricultura Orgánica N°7, Costa Rica.
13. Cedeño G., Waugh R. (1964). La papa como alimento para vacas lecheras. Programa nacional de lechería del ICA (Instituto Colombiano Agropecuario).
14. Chaverra H., Bernal, J. (2000). El ensilaje en la alimentación del ganado vacuno. Primera Edición. Tercer Mundo Editores. P 38-40.
15. Cupe B. (2013). Tratamiento de lodos residuales de una industria cervecera a través de fermentación homoláctica para la producción acelerada de abono orgánico. Tesis biólogo. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima-Perú.

16. Devaux, A. ; Ordinola, M. ; Hibon, A. ; Flores, R. 2010. El sector papa en la región andina: Diagnóstico y elementos para una visión estratégica (Bolivia, Ecuador y Perú). Centro Internacional de la Papa (CIP). Lima, Perú. 8-23.
17. DFID (Department for International Development), Natural Resource Institute, CIP (Centro Internacional de la Papa), Fundación PROINPA (Promoción e Investigación de Productos Andinos) 2004. ¿Cómo vive el gorgojo de los Andes o gusano blanco? Hoja Divulgativa (en línea). Acceso el 10 de febrero del 2012. Disponible en web: <http://cipotato.org/publications/pdf/003840.pdf>
18. DFID (Department for International Development), Natural Resource Institute, CIP (Centro Internacional de la Papa), Fundación PROINPA (Promoción e Investigación de Productos Andinos). 2004. ¿Cómo combatir el gorgojo de los andes? Hoja divulgativa. (en línea). Acceso el 7 de Abril del 2012. Disponible en web: <http://cipotato.org/publications/pdf/003837.pdf>
19. Echevarría, N. “Impacto económico del uso de semilla certificada de papa (*Solanum tuberosum* L.) cultivar Canchan, distrito de Huasahuasi, provincia de Tarma, región de Junín, Campaña agrícola 2006-2007”. Tesis Magister Scientiae. Lima, Perú. UNALM.
20. Elizondo D. (2005). El Biodigestor. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Costa Rica.
21. Fajardo, E.; Sarmiento, S. 2007. Evaluación de Melaza de Caña como Sustrato para la producción de *Saccharomyces cerevisiae*. Trabajo de grado, Microbiólogo Industrial. Bogotá, Colombia.
22. FEDEPAPA (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural Federación Colombiana de Productores de Papa). 2002. La papa como alimentación animal. Elaboración de ensilaje con papa. Proyecto: Ajuste y Validación de Estrategias de Aprovechamiento de Semillas de Desecho y Apoyo a Programas de Manejo Integrado de Plagas MIP. Bogotá, Colombia.

23. Franco, E.; Horton, D. 1979. Producción y Utilización de la papa en el valle del Mantaro-Perú. Resultados de la encuesta de Agro-Económica de Visita Única. Centro Internacional de la Papa.
24. Garcés, A.; Berrio, L.; Ruiz, S.; Serna, J.; Builes, A. 2004. Ensilaje como fuente de alimentación para el ganado. Revista Lasallista de Investigación. Vol. N°1.
25. García C., Arrázola G., Durango A. (2010). Producción de ácido láctico por vía biotecnológica. Temas agrarios - Vol. 15:(2) Julio – Diciembre. Universidad de Córdoba, Montería. Colombia.
26. García, L. 2008. Uso de bacterias probióticas en el ensilado de residuos de pescado. Tesis Bach. Biología. Lima, Perú, UNALM. 142 p.
27. Guccione, L. 2009. Tratamiento de los residuos orgánicos del comedor universitario de la UNALM para su uso como alimento para cerdos en crecimiento. Tesis Ingeniero Ambiental. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima – Perú.
28. HAIFA (2011) Buenas cosechas de papa con nutrición equilibrada (en línea). Acceso el 19 de Mayo del 2013. Disponible en web: http://www.haifa-group.com/thai/files/Articles/Articles_spanish/Haifa_papa.pdf
29. Halliday, L. (2007). Ensiling Potatoes. Department of Agriculture, Fisheries and Aquaculture. Beef Development Officer. Canadá.
30. Hernández, R. (2001). Libro Botánica On Line. Nutrición Mineral de las Plantas (en línea). Acceso el 30 de Julio del 2012. Disponible en web: <http://www.forest.ula.ve/~rubenhg/nutricionmineral/>.
31. Herrera, F. 1997. El gusano blanco de la papa. Biología, comportamiento y prácticas de manejo integrado. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria CORPOICA Regional Uno. Primera edición. p2-7.

32. ICMSF (International Commission on Microbiological for Food). 1993. Segunda Edición. Vol. 1 Part II. Editorial Acribia.
33. Inform@cción (2014). Agricultura. Reportes producción. (en línea). Acceso el 1 de marzo del 2014). Disponible en web: <http://www.informacion.com/new/index.php>
34. INIA (Instituto Nacional de Innovación Agraria) 2006. INFO-INIEA. Manejo integrado del gorgojo de los andes. Nro. 003-06 (en línea). Acceso el 9 de febrero del 2012. Disponible en web: <http://www.inia.gob.pe/boletin/boletin0022/>
35. INIA (Instituto Nacional de Innovación Agraria) 2008. Tecnologías innovativas apropiadas a la conservación in situ de la agrobiodiversidad. Producción y uso del Biol. Primera ed.
36. Iparraguirre, R. 2007. Tipos de excretas y degradación aeróbica del estiércol en el compostaje. Tesis Ingeniero Zootecnista. Lima, Perú, UNALM. 115 p.
37. Irañeta J., Sánchez L., Malumbres A., Amezueta J., Delgado J. 2011. II - Valoración agronómica de las materias orgánicas. Agricultura, Fertilización y Medio Ambiente. Acceso el 29 de Noviembre del 2012. Disponible en web: <http://www.unizar.es/centros/eps/doc/ValoracionMateriasOrganicas.pdf>
38. Kotzamanidis Ch., Roukas T., Skaracis G. (2002) Optimización de la producción de ácido láctico proveniente de la melaza de remolacha por *Lactobacillus delbrueckii* NCIMB 8130. World Journal of Microbiology and Biotechnology, Volume 18, Number 5, Page 441.
39. Los Andes (2010). 64 millones de pérdida por “gorgojo de los andes” en Puno. Puno, 25 de marzo del 2010. Artículo periodístico. En: Regional (en línea). Acceso el 22 de febrero del 2012. Disponible en web: <http://www.losandes.com.pe/Regional/20100325/34281.html>
40. Madigan M., Martinko J., Dunlap P., Clark D. 2009. BROCK. Biología de los Microorganismos. Doceava edición. Editorial Pearson Educación. 678-683p.

41. Martínez, L. 2008. Fortalecimiento del sistema producto ovinos. Tecnologías para Ovinocultores. Serie: ALIMENTACIÓN. Uso de la melaza en la alimentación de ovinos. Sistema producto Ovinos. México.
42. Mayer, E. 1981. Uso de la tierra en los andes. Ecología y Agricultura en el Valle del Mantaro del Perú con referencia especial a la papa. Centro Internacional de la Papa.
43. Sonnino A. (2011). La papa nuestra de cada día. MINAG (Ministerio de Agricultura del Perú (en línea). Acceso el 4 de Marzo del 2012. Disponible en web: <http://siea.minag.gob.pe/siea/sites/default/files/LA-PAPA-NUESTRA-DE-CADA-DIA.pdf>
44. Montaña A., de Castro A. Rejano L. (1992) Información. Transformaciones bioquímicas durante la fermentación de productos vegetales. Instituto de la Grasa y sus Derivados. Sevilla, España.
45. Mosquera B. (2010). Abonos orgánicos protegen el suelo y garantizan alimentación sana. Manual para elaborar y aplicar abonos y plaguicidas orgánicos. Fondo para la Protección del Agua. Manual Técnico.
46. Municipalidad distrital de Huasahuasi. 2012. Descripción del lugar, geografía y territorio (en línea). Acceso el 22 de Abril del 2012. Disponible en web: <http://www.munihuasahuasi.gob.pe/>
47. Navarro, AR.; Arrueta, RG.; y Maldonado, MC. 2006. Determinación del efecto de diferentes compuestos a través de ensayos de fitotoxicidad usando semillas de lechuga, escarola y achicoria. Rev. Toxicol. 23: 125-129. Tucumán, Argentina.
48. Parra, R. 2010. Review: Bacterias Ácido lácticas: Papel funcional en los alimentos. Rev.Bio.Agro Vol 8 N°1 Popayán. Colombia.
49. Peña, N. 2008. Utilización de residuos de papa (*Dosidicus gigas*) para la elaboración de un fertilizante orgánico. Tesis de Ingeniero Ambiental. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima – Perú.

50. Peralta, R. L. 2010. Determinación de parámetros óptimos en la producción de Fast Biol usando excretas del ganado lechero del establo de la UNALM. Trabajo de investigación Biólogo. Lima, Perú. 120p.
51. Perú Ecológico. 2009. Cultivo de los Incas: Tubérculo- papa. La Papa y la Alimentación Mundial (en línea). Acceso el 1 de Marzo del 2012. Disponible en web: http://www.peruecologico.com.pe/tub_papa.htm
52. Piard JC., Desmazeaud M. 1992. Inhibiting factors produced by lactic acid bacteria. 2. Bacteriocins and other antibacterial substances. INRA, station de Recherchers Laitieres, Unité de Microbiologie, 78352 Jouy-en-Josas Cedex, France.
53. Prescott L., Harley J., Klein, D. 2008. Microbiología. Séptima edición. Editorial Mc Graw Hill. 1240p.
54. Quilca N., (2007) Caracterización física, morfológica, organoléptica, química y funcional de papas nativas para orientar sus usos futuros. Proyecto previo a la obtención del título de Ingeniera agroindustrial. Escuela Politécnica Nacional. Ecuador.
55. Ramírez J.; Rosas P.; Velázquez M.; Armando J.; Arce F. (2011). Bacterias lácticas: Importancia en alimentos y sus efectos en la salud. Revista Fuente Año 2, N° 7. ISSN 2007 – 0713.
56. Rodríguez, M. L. 1994. Bacterias productoras de ácido láctico: Efectos sobre el crecimiento y la flora Intestinal de pollos, gazapos y lechones. Tesis Doctoral. Madrid, España. Universidad Complutense de Madrid.
57. Román C., 2011. Tratamiento biológico de la cuyinaza de la granja de cuyes de Cieneguilla de la UNALM a través de un proceso de fermentación homoláctica. Tesis Ing. Ambiental, Lima- Perú. UNALM. 198 pag.
58. Romero, C.; Chirinos, R.; López, R. 2004. Elaboración de un abono orgánico a partir de la cáscara de la semilla del árbol de Neem (*Azadirachta indica*). Ingeniería UC. 11(1): 35-40. (en línea) Acceso el 18 de abril del 2012.

59. Romero L. (2004). Silajes. Calidad en forrajes conservados. INTA, CACF, CREA, CLAAS y otros, pag. 28-30.
60. Sánchez, C. 2003. Cultivo y Comercialización de la papa. Origen, variedades, Cultivos. Ediciones Ripalme. Lima, Perú.
61. Serna L., Rodriguez de Stouvenel, A. (2005). Producción biotecnológica de ácido láctico: estado del arte. Ciencia y tecnología alimentaria. Año/vol. 5, número 001. Sociedad Mexicana de Nutrición y Tecnología de Alimentos. Reynosa, México. 54-65 p.
62. Siebald, E., Goic, L., Matzner, M. 1984. Alimentación de Rumiantes con papas de desecho. Instituto de Investigaciones Agropecuarias – Centro Regional de Investigación Remehue. Boletín Técnico Remehue N°88.
63. Sistema BioBolsa. (2013). Manual de Biol. Aplicaciones de Biol en diferentes cultivos agrícolas. México.
64. Siura S., Montes I., Dávila S. (2008). Efecto del biol y la rotación con abono verde (*Crotalaria juncea*) en la producción de espinaca (*Spinacea oleracea*) bajo cultivo orgánico. Departamento de Horticultura, UNALM.
65. Sobrero, M., Ronco, A. 2004. Ensayo de toxicidad aguda con semillas de lechuga (*Lactuca sativa* L.). Acceso el 4 de Abril del 2012. Disponible en web: <http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/libros/573/cap4.pdf>
66. Sosa, O. 2005. Los estiércoles y su uso como enmiendas orgánicas. Revista Agromensajes de la facultad. Publicación cuatrimestral de la Facultad de Ciencias Agrarias - UNR -Distribución gratuita.
67. Suárez, D. 2009. Caracterización de un compuesto orgánico producido en forma artesanal por pequeños agricultores en el departamento del Magdalena. Universidad Nacional de Colombia sede Palmira, convenio con la Universidad de Magdalena, maestría en Ciencias Agrarias con énfasis en suelos, Santa Marta – Colombia.

68. Suasaca A., CCamapaza C., Huanacuni T. (2009). Proyecto mejoramiento de capacidades técnico productivas para la competitividad de los cultivos andinos de papa nativa, haba y cañihua en la región Puno. Producción, manejo y aplicación de abonos orgánicos. Boletín N°02.
69. Tardieu, F., Alcalá P., Tomassini L. 1980. Control Químico del “Gorgojo de los Andes” (*Premnotrypes suturicallus Kuschel*) en el Valle Mantaro, Perú. Rev. Per. Ent. 23 (1): 145-147.
70. Tellez, V. 1999. Los abonos agroecológicos- un camino alternativo al desarrollo rural. DESMI, A.C. San Cristóbal de las Casas, Choapas, México.
71. Thompson L., Troeh F. (1988). Los suelos y su fertilidad. Cuarta edición. Editorial Reverté. P 148.
72. Torres, H.; Ortega, A.; Alcázar, J.; Ames, T.; Palomino, L. 1993. Control Biológico del Gorgojo de los Andes (*Premnotrypes* spp.) con *Beauveria brongniartii* . Guía de Investigación CIP 8. Lima, Perú.
73. Trinidad A. (2000). Abonos Orgánicos. SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación. Subsecretaría de Desarrollo Rural. Dirección General de Apoyos para el Desarrollo Rural, México.
74. Grupo UCO-6 (2012). Digestión, absorción y metabolismo de los carbohidratos en monogástricos y rumiantes. Departamento de Producción Animal y Gestión de Empresas. Biblioteca virtual. Universidad de Córdoba.
75. Varnero, M., Rojas, C. y Orellana, R. 2007. Índices de fototoxicidad en residuos orgánicos durante el compostaje. Revista de Ciencia del Suelo y Nutrición Vegetal. 7 (1) (28-37). Santiago, Chile.
76. Vásquez S.;Suárez, H; Zapata S.2009. Utilización de sustancias antimicrobianas producidas por Bacterias ácido lácticas en la conservación de la carne. Revista

chilena de nutrición, vol. 36, núm. 1, pp. 64-71. Sociedad chilena de nutrición, bromatología y toxicología. Chile

77. Watson, S.; Smith, A. 1969. El ensilaje. Segunda edición en inglés. Compañía editorial continental S.A. México D.F.
78. Yábar, E. 1994. Manejo Ecológico del Gorgojo de los Andes. Red de Acción en Alternativas al uso de Agroquímicos (RAAA). Primera Edición. Lima, Perú. 7-33.
79. Zamora L. (2003). Aislamiento, identificación y conservación de cultivos de bacterias lácticas antagonistas de microbiota contaminante de sangre de matadero. Tesis doctoral. Universidad de Girona.

VIII. ANEXOS

Anexo 1: Ficha técnica del B-lac

 **NOGA-FER PERU SAC.** “Mejorando la productividad en la agroindustria”

Biolac



Biolac es un consorcio de microorganismos benéficos o GRAS (Generalmente Reconocidos como Seguros) concentrado líquido de amplio uso en el sector agropecuario.

Biolac presenta un complejo de bacterias benéficas cuyos metabolitos mejoran el pH del suelo, acelerando el proceso de descomposición de la materia orgánica e incrementando la población microbiana benéfica del suelo, optimiza la solubilidad de los nutrientes y activa y estimula los procesos fisiológicos de las plantas.

Biolac protege el medio ambiente, no contamina el agua y restaura el suelo en el agro ecosistema.

PROPIEDADES Y VENTAJAS:

Pecuario:

Biolac acelera el proceso de descomposición de la materia orgánica en el suelo y en procesos de compostaje.

Biolac en el tratamiento de agua en bebederos de animales para mejorar el sistema inmune y la biota del tracto digestivo.

Biolac reduce los malos olores en crianza de animales, evitando el incremento de moscas.

Biolac mejora el tratamiento de aguas residuales.

Agrícola:

Biolac es un acidificante orgánico, presenta un pH de 3,5 a 3,8.

Biolac aumenta la solubilidad de los nutrientes del suelo y su absorción por las plantas.

Biolac estimula el proceso de germinación de las semillas y las protege de microorganismos fitopatógenos del suelo.

Biolac optimiza el aprovechamiento de los fertilizantes químicos ayudando a disminuir su uso.

Biolac incrementa la población de microorganismos benéficos del suelo como bacterias promotoras de crecimiento.

Biolac suprime el desarrollo de microorganismos fitopatógenos.

Biolac promueve la secreción de exudados radiculares.

Biolac es compatible con los plaguicidas de uso común.

Biolac mejora la resistencia a plagas, enfermedades y factores climáticos adversos.

Biolac es compatible con el uso de otros microorganismos benéficos como entomopatógenos y hongos antagónicos.

Biolac es efectivo para el tratamiento sanitario en pastizales.

COMPOSICIÓN

- pH de 3,5 a 3,8
- Bacterias probióticas.
- Ácidos orgánicos como ácido láctico.
- Bacteriocinas.
- Vitaminas del complejo B.
- Microorganismos aerobios viables
- Además de sustancias precursoras de compuestos asimilables por las plantas.

APLICACIÓN

- Sobre las excretas de los animales de granja use solución concentrada o al 50%.
- En compost usar una concentración de 1 L en 100 L de agua.
- En bebederos de animales de 1 a 2 mL por 1 L de agua.
- En plantas 1 a 2 L por cilindro de 200 L de agua vía foliar.

RECOMENDACIONES DE USO

- No necesita condiciones especiales de aplicación y manejo.
- No necesita adherente ni acidificante adicional.
- Agítelo antes de usar.
- Una vez preparada la solución nutritiva usarlo inmediatamente.
- Después de usar **Biolac** tápelo herméticamente.
- Almacenar en ambientes ventilados y evitar la exposición directa al sol

Anexo 2: Evaluación del pH de cada mezcla (para el cálculo de los promedios sólo se consideran las mezclas con repeticiones)

Mezcla	% B-lac	% Melaza	Día 0	Día 1	Día3	Día 5
T1	0%	0%	5.94	4.28	3.97	4.38
T2	0%	5%	5.49	3.93	3.37	3.44
T3	0%	10%	5.3	4.18	3.27	3.37
T4	0%	15%	5.24	4.25	3.3	3.47
T5	0%	20%	5.13	4.77	3.42	3.56
T6	5%	0%	5.2	4.25	4.08	4.34
T7-a	5%	5%	4.76	4.03	3.3	3.1
T7-b	5%	5%	4.82	3.87	3.48	3.31
T7-c	5%	5%	4.76	3.84	3.45	3.2
Promedio			4.78	3.91	3.41	3.20
T8-a	5%	10%	4.79	3.93	3.3	3.06
T8-b	5%	10%	4.72	3.9	3.3	3.12
T8-c	5%	10%	4.77	3.92	3.36	3.2
Promedio			4.76	3.92	3.32	3.13
T9-a	5%	15%	4.78	3.97	3.34	3.05
T9-b	5%	15%	4.74	4.08	3.33	3.09
T9-c	5%	15%	4.79	4.01	3.41	3.1
Promedio			4.77	4.02	3.36	3.08
T10-a	5%	20%	4.74	4.16	3.44	3.2
T10-b	5%	20%	4.77	4.09	3.43	3.18
T10-c	5%	20%	4.65	3.98	3.37	3.12
Promedio			4.72	4.08	3.41	3.17
T11	10%	0%	4.45	4.08	4.07	3.81
T12-a	10%	5%	4.52	3.75	3.58	3.43
T12-b	10%	5%	4.42	3.72	3.49	3.33

T12-c	10%	5%	4.51	3.78	3.42	3.27
Promedio			4.48	3.75	3.50	3.34
T13-a	10%	10%	4.45	3.84	3.34	3.07
T13-b	10%	10%	4.55	3.82	3.31	3.05
T13-c	10%	10%	4.57	3.83	3.34	3.08
Promedio			4.52	3.83	3.33	3.07
T14-a	10%	15%	4.49	3.86	3.33	3.01
T14-b	10%	15%	4.56	3.93	3.35	3.01
T14-c	10%	15%	4.54	3.89	3.37	3.06
Promedio			4.53	3.89	3.35	3.03
T15-a	10%	20%	4.5	3.95	3.39	3.04
T15-b	10%	20%	4.5	3.93	3.4	3.05
T15-c	10%	20%	4.57	4.05	3.43	3.1
Promedio			4.52	3.98	3.41	3.06
T16	15%	0%	4.28	4.02	3.98	3.84
T17-a	15%	5%	4.39	3.84	3.47	3.33
T17-b	15%	5%	4.37	3.79	3.45	3.21
T17-c	15%	5%	4.35	3.88	3.42	3.14
Promedio			4.37	3.84	3.45	3.23
T18-a	15%	10%	4.41	4.05	3.39	3.13
T18-b	15%	10%	4.41	3.9	3.39	3.12
T18-c	15%	10%	4.38	3.92	3.37	3.11
Promedio			4.4	3.96	3.38	3.12
T19-a	15%	15%	4.43	3.92	3.38	3.04
T19-b	15%	15%	4.43	3.88	3.38	3.05
T19-c	15%	15%	4.34	3.95	3.4	3.06
Promedio			4.4	3.92	3.39	3.05
T20-a	15%	20%	4.18	4.04	3.45	3.1
T20-b	15%	20%	4.44	4.05	3.46	3.1
T20-c	15%	20%	4.43	4.03	3.44	3.1

Promedio			4.35	4.04	3.45	3.1
T21	20%	0%	4.17	4.07	3.91	3.89
T22-a	20%	5%	4.21	3.82	3.42	3.17
T22-b	20%	5%	4.21	3.85	3.46	3.19
T22-c	20%	5%	4.71	4.6	3.45	3.11
Promedio			4.38	4.09	3.44	3.16
T23-a	20%	10%	4.28	3.94	3.36	3.1
T23-b	20%	10%	4.26	3.82	3.35	3.1
T23-c	20%	10%	4.26	3.87	3.34	3.08
Promedio			4.27	3.88	3.35	3.09
T24-a	20%	15%	4.25	4.34	3.43	3.07
T24-b	20%	15%	4.25	4.25	3.44	3.08
T24-c	20%	15%	4.31	4.3	3.45	3.09
Promedio			4.27	4.30	3.44	3.08
T25-a	20%	20%	4.24	3.98	3.42	3.12
T25-b	20%	20%	4.3	3.99	3.42	3.08
T25-c	20%	20%	4.24	3.98	3.42	3.08
Promedio			4.26	3.98	3.42	3.09

Anexo 3: Análisis estadísticos para el parámetro pH

1. Análisis de variancia para el parámetro pH

Dependent Variable: DIA 0

Source	DF	Sum of squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	15	5.97231458	0.39815431	2.02	0.0470 * (significativo)
Error	32	6.31633333	0.19738542		
Corrected Total	47	12.28864792			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	DIA 0 Mean
0.486003	9.766649	0.444281	4.548958

Dependent Variable: DIA 5

Source	DF	Sum of squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	15	0.28826458	0.01921764	7.89	<.0001 ** (alta significancia)
Error	32	0.077933333	0.00243542		
Corrected Total	47	0.36619792			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	DIA 0 Mean
0.787182	1.579303	0.04935	3.124792

2. Prueba de Tukey para el parámetro pH

Promedios con la misma letra no son diferentes significativamente.

Tukey's Studentized Range (HSD)

Test for DÍA 0

Tukey Grouping		Mean	N	T
	A	5.7600	3	T8
	A			
B	A	4.7800	3	T7
B	A			
B	A	4.7700	3	T9
B	A			
B	A	4.7200	3	T10
B	A			
B	A	4.5300	3	T14
B	A			
B	A	4.5233	3	T15
B	A			
B	A	4.5233	3	T13
B	A			
B	A	4.4833	3	T12
B				
B		4.4000	3	T18
B				
B		4.4000	3	T19
B				
B		4.3767	3	T22
B				
B		4.3700	3	T17
B				
B		4.3500	3	T20
B				
B		4.2700	3	T24
B				
B		4.2667	3	T23
B				
B		4.26	3	T25

Tukey's Studentized Range (HSD)

Test for DÍA 5

Tukey Grouping			Mean	N	T
	A		3.34333	3	T12
	A				
B	A		3.22667	3	T17
B	A				
B	A	C	3.20333	3	T7
B		C			
B	D	C	3.16667	3	T10
B	D	C			
B	D	C	3.15667	3	T22
B	D	C			
B	D	C	3.12667	3	T8
B	D	C			
B	D	C	3.12000	3	T18
B	D	C			
B	D	C	3.10000	3	T20
B	D	C			
B	D	C	3.09333	3	T25
B	D	C			
B	D	C	3.09333	3	T23
B	D	C			
B	D	C	3.08000	3	T24
B	D	C			
B	D	C	3.08000	3	T9
	D	C			
	D	C	3.06667	3	T13
	D	C			
	D	C	3.06333	3	T15
	D				
	D		3.05000	3	T19
	D				
	D		3.02667	3	T14

Anexo 4: Evaluación del porcentaje de acidez titulable de cada mezcla (para el cálculo de los promedios sólo se consideran las mezclas con repeticiones)

Mezcla	% B-lac	% Melaza	Día 0	Día 1	Día3	Día 5
T1	0%	0%	0.11	0.37	0.45	0.42
T2	0%	5%	0.11	0.72	1.22	1.35
T3	0%	10%	0.21	0.64	1.64	1.69
T4	0%	15%	0.30	0.63	1.64	1.75
T5	0%	20%	0.31	0.41	1.45	1.59
T6	5%	0%	0.15	0.38	0.41	0.41
T7-a	5%	5%	0.26	0.63	1.85	2.07
T7-b	5%	5%	0.32	0.99	1.27	1.27
T7-c	5%	5%	0.33	0.92	1.57	1.71
Promedio			0.30	0.85	1.56	1.68
T8-a	5%	10%	0.33	0.9	2.07	2.39
T8-b	5%	10%	0.30	0.9	2.09	2.21
T8-c	5%	10%	0.32	0.95	1.74	1.82
Promedio			0.32	0.92	1.97	2.14
T9-a	5%	15%	0.34	1.04	2.20	2.93
T9-b	5%	15%	0.32	0.99	2.44	2.79
T9-c	5%	15%	0.41	1.05	2.16	2.57
Promedio			0.35	1.03	2.27	2.76
T10-a	5%	20%	0.50	0.96	2.30	2.95
T10-b	5%	20%	0.54	1.04	2.34	2.87
T10-c	5%	20%	0.46	1.03	2.44	3.29
Promedio			0.50	1.01	2.36	3.04
T11	10%	0%	0.27	0.50	1.41	0.66
T12-a	10%	5%	0.40	1.01	1.15	1.26
T12-b	10%	5%	0.333	1.01	1.32	1.41
T12-c	10%	5%	0.39	0.95	1.58	1.65
Promedio			0.37	0.99	1.34	1.44
T13-a	10%	10%	0.41	1.08	2.025	2.214
T13-b	10%	10%	0.41	1.10	2.12	2.03
T13-c	10%	10%	0.42	1.08	2.15	2.16

Promedio			0.41	1.09	2.1	2.13
T14-a	10%	15%	0.45	1.22	2.04	2.94
T14-b	10%	15%	0.54	1.22	2.48	2.92
T14-c	10%	15%	0.50	1.26	2.51	2.66
Promedio			0.50	1.23	2.35	2.84
T15-a	10%	20%	0.59	1.20	2.48	3.11
T15-b	10%	20%	0.55	1.22	2.475	2.988
T15-c	10%	20%	0.55	1.09	2.49	2.88
Promedio			0.56	1.17	2.48	2.99
T16	15%	0%	0.41	0.36	0.64	0.54
T17-a	15%	5%	0.50	1.07	1.48	1.22
T17-b	15%	5%	0.41	1.11	1.8	1.85
T17-c	15%	5%	0.35	1.08	1.78	1.98
Promedio			0.42	1.09	1.69	1.68
T18-a	15%	10%	0.45	0.97	2.07	1.98
T18-b	15%	10%	0.50	1.22	2.07	2.03
T18-c	15%	10%	0.43	1.32	2.30	2.48
Promedio			0.50	1.17	2.15	2.16
T19-a	15%	15%	0.63	1.31	2.52	2.88
T19-b	15%	15%	0.63	1.32	2.45	3.14
T19-c	15%	15%	0.60	1.26	2.60	3.15
Promedio			0.62	1.30	2.52	3.06
T20-a	15%	20%	0.51	1.30	2.88	3.70
T20-b	15%	20%	0.81	1.05	2.79	3.20
T20-c	15%	20%	0.70	0.66	2.88	3.69
Promedio			0.68	1.00	2.85	3.53
T21	20%	0%	0.50	0.73	0.77	0.64
T22-a	20%	5%	0.50	1.23	1.67	2.00
T22-b	20%	5%	0.51	0.81	2.40	1.89
T22-c	20%	5%	0.59	1.26	1.78	3.02
Promedio			0.53	1.10	1.95	2.30
T23-a	20%	10%	0.65	1.08	2.09	2.43
T23-b	20%	10%	0.59	1.41	2.26	2.24
T23-c	20%	10%	0.50	1.22	2.22	2.57
Promedio			0.58	1.24	2.19	2.42
T24-a	20%	15%	0.69	0.95	2.28	3.09
T24-b	20%	15%	0.73	0.77	2.30	2.97

T24-c	20%	15%	0.75	0.84	2.30	2.65
Promedio			0.72	0.85	2.29	2.90
T25-a	20%	20%	0.79	1.37	2.66	2.99
T25-b	20%	20%	0.9	1.31	2.7	3.16
T25-c	20%	20%	0.72	1.27	2.75	3.15
Promedio			0.80	1.31	2.70	3.10

Anexo 5: Análisis estadísticos para el parámetro porcentaje de acidez titulable

1. Análisis de variancia para el parámetro porcentaje de acidez titulable de cada mezcla

Dependent Variable: DIA5

Source	DF	Sum of squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	15	16.45301531	1.09686769	14.19	<.0001 ** (alta significancia)
Error	32	2.473524	0.07729762		
Corrected Total	47	18.92653931			

R-Square	Coef Var	Root MSE	DIA 0 Mean
0.869309	11.07309	0.278025	2.510813

2. Prueba de Tukey para el parámetro porcentaje de acidez titulable

Promedios con la misma letra no son diferentes significativamente.

Tuckey Grouping				Mean	N	T
		A		3.5280	3	T20
		A				
B		A		3.0990	3	T25
B		A				
B		A		3.0570	3	T19
B		A				
B		A		3.0360	3	T10
B		A				
B		A	C	2.9940	3	T15
B		A	C			
B	D	A	C	2.9010	3	T24
B	D	A	C			
B	D	A	C	2.8380	3	T14
B	D	A	C			
B	D	A	C	2.7630	3	T9
B	D		C			
B	D	E	C	2.4150	3	T23
B	D	E	C			
B	D	E	C	2.3040	3	T22
	D	E	C			
F	D	E	C	2.1600	3	T18
F	D	E				
F	D	E		2.1390	3	T8
F	D	E				
F	D	E		2.1330	3	T13
F		E				
F		E		1.6830	3	T17
F		E				
F		E		1.6830	3	T7
F						
F				1.4400	3	T12

Anexo 6: Análisis de laboratorio

Anexo 7: Evaluación de la estabilidad del pH

1. Evaluación del parámetro pH de las mezclas seleccionadas

Mezcla	Día 15	Día 30
T10-a	3.31	3.53
T10-b	3.17	3.45
T10-c	3.27	3.47
Promedio	3.25	3.48
T15-a	3.09	3.45
T15-b	3.11	3.42
T15-c	3.25	3.59
Promedio	3.15	3.49
T20-a	3.11	3.45
T20-b	3.26	3.56
T20-c	3.18	3.46
Promedio	3.18	3.49
T25-a	3.33	3.95
T25-b	3.15	3.48
T25-c	3.46	3.68
Promedio	3.31	3.70

2. Evaluación del parámetro porcentaje de acidez titulable

Mezcla	Día 30
T10-a	2.3
T10-b	3.02
T10-c	3.21
Promedio	2.84
T15-a	3.26
T15-b	3.3
T15-c	2.02
Promedio	2.86
T20-a	3.97
T20-b	3.96
T20-c	3.6
Promedio	3.84
T25-a	1.37
T25-b	3.78
T25-c	1.89
Promedio	2.35

Anexo 8: Índice de germinación

1. Longitud de la radícula

Dilución 10/100			Dilución 1/100			Dilución 0.1/100			Dilución 0.01/100			Control		
a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c
1	6	13	15	22	28	22	24	45	14	24	28	17	15	13
1	7	10	26	25	22	38	25	25	20	24	16	41	20	13
1	7	4	25	23	30	20	25	20	21	15	17	15	12	15
1	4	3	24	30	22	23	25	17	18	15	20	23	10	10
1	7	3	20	24	25	17	20	22	20	22	31	20	16	15
2	5	4	26	24	20	20	20	25	14	17	20	25	15	16
1	6	3	21	22	23	16	17	15	16	27	27	15	15	10
1	2	4	20	27	22	16	18	22	27	15	20	20	15	15
1	5	2	23	25	26	20	21	20	20	20	15	15	16	18
1	5	2	20	20	27	16	27	12	26	28	18	22	22	16
1	6	7	25	22	21	25	20	20	15	15	20	35	15	14
3	3	5	20	21	22	12	23	20	20	23	25	13	15	10
1	12	2	24	20	22	27	25	16	27	13	16	20	15	22
1	2	3	20	20	28	20	20	20	22	15	16	19	11	15
1	2	3	25	20	28	17	12	18	20	12	17	22	16	15
1	1	6	22	30	28	20	12	22	15	16	15	20	13	16
1	2	1	22	22	27	21	12	15	17	12	15	16	22	15
1	3	9	23	22	27	20	15	20	15	15	20	14	20	14
3	3	1	26	25	22	20	15	18	20	22	20	22	12	14
1	1	1	25	25	27	20	16	20	27	15	20	17	14	14

Promedio	1.25	4.45	4.3	22.6	23.45	24.85	20.5	19.6	20.6	19.7	18.25	19.8	20.55	15.45	14.5
Total Promedio	3.33			23.63			20.23			19.25			16.83		

2. Longitud del hipocótilo

	Dilución 10/100			Dilución 1/100			Dilución 0.1/100			Dilución 0.01/100			Control		
	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c
9	11	8	20	25	28	23	21	23	21	26	21	19	21	23	
8	7	6	28	27	26	20	26	22	25	25	27	19	23	26	
7	10	10	27	25	28	25	28	26	24	25	21	21	18	22	
7	6	12	29	28	25	23	25	24	25	22	24	25	18	23	
7	8	10	24	25	31	23	26	24	25	25	25	20	20	23	
7	8	6	26	26	22	25	25	26	24	26	24	21	17	22	
8	8	7	24	26	27	25	24	27	24	26	24	20	18	15	
7	8	10	24	24	26	26	25	24	25	25	23	21	20	18	
8	5	9	26	22	26	24	22	25	27	24	26	20	23	22	
8	3	9	28	26	25	25	27	23	25	24	24	23	21	20	
8	3	11	27	26	27	20	23	21	26	25	22	18	23	21	
8	9	12	22	25	23	22	22	26	24	24	23	16	17	22	
7	5	10	25	29	28	25	25	23	21	26	28	21	18	15	
7	7	12	27	26	24	26	25	26	25	24	22	20	24	15	
8	9	7	25	28	26	25	20	26	24	25	24	25	21	21	
7	7	11	28	23	28	21	21	26	25	20	23	20	14	16	
8	10	7	22	28	27	25	25	25	24	24	24	23	22	20	
8	6	8	30	28	27	24	25	24	23	22	24	22	21	14	
8	12	7	28	25	27	13	24	29	24	25	23	21	20	17	
6	4	7	25	22	27	20	22	24	20	22	22	11	21	20	
Promedio	7.55	7.3	8.95	25.75	25.7	26.4	23	24.05	24.7	24.05	24.25	23.7	20.3	20	19.75
Total Promedio	7.93			25.95			23.92			24			20.02		

Anexo 9: Registro Fotográfico



Foto 1: Papas de desecho con el Gorgojo de los Andes



Foto 2: Mezcla de papa y agua



Foto 3: Incubación de los tratamientos



Foto 4: Medición del porcentaje de acidez titulable



Foto 5: Separación del biol y el biosol



Foto 6: Biosol obtenido después del prensado



Foto 7: Diluciones realizadas para la prueba de fitotoxicidad

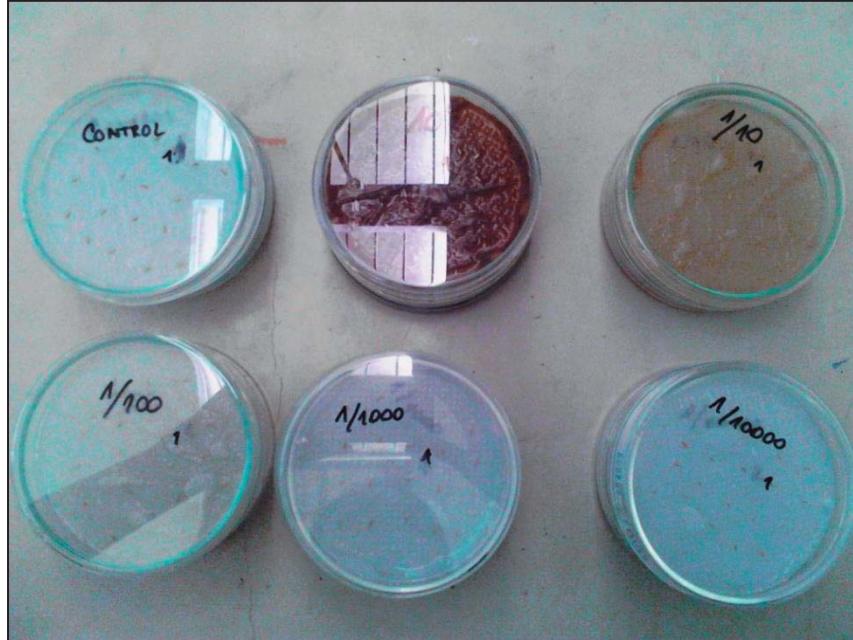


Foto 8: Bioensayo de fitotoxicidad día 0



Foto 9: Bioensayo de fitotoxicidad día 5. Plántulas de la dilución escogida (1/100)