

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO  
MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN ANIMAL**



**“PRODUCCIÓN DE ABONO LÍQUIDO ACELERADO CON  
HECES DE ALPACA, LACTOSUERO BOVINO Y MELAZA  
DE CAÑA MEDIANTE FERMENTACIÓN HOMOLÁCTICA”**

**Presentada por:**

**HENRRY RAFAEL QUIÑONES RAMIREZ**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE MAGISTER SCIENTIAE EN  
PRODUCCIÓN ANIMAL**

**Lima - Perú**

**2016**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO  
MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN ANIMAL**

**“PRODUCCIÓN DE ABONO LÍQUIDO ACELERADO CON  
HECES DE ALPACA, LACTOSUERO BOVINO Y MELAZA  
DE CAÑA MEDIANTE FERMENTACIÓN HOMOLÁCTICA”**

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

**Presentada por:**

**HENRRY RAFAEL QUIÑONES RAMIREZ**

**Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:**

Ph.D. Lucrecia Aguirre Terrazas  
**PRESIDENTE**

Ms.Sc. Wilder Trejo Cadillo  
**PATROCINADOR**

Dra. Gladys Carrión Carrera  
**MIEMBRO**

Ph.D. Gustavo Gutiérrez Reynoso  
**MIEMBRO**

*A **mis raíces**: La localidad de Andahuasi, tierra  
azucarera habitada por personas  
emprendedoras, así como por las costumbres y  
valores morales que me inculcaron desde mi  
infancia y que son la base de mi formación  
profesional.*

## *Agradecimientos*

*A Dios, por iluminar mis pasos día a día y por darme siempre la fortaleza para seguir adelante, vencer los obstáculos de la vida y cumplir mis metas.*

*Al Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (CONCYTEC), por haberme otorgado la beca de Maestría en Producción Animal, dándome con ello la oportunidad de ejecutar la presente investigación.*

*Un agradecimiento especial al Ph.D. Javier Ñaupari por haberme apoyado desde el inicio de mis estudios de Maestría y por haber confiado en mí para formar parte del grupo de becarios del CONCYTEC.*

*Al Mg. Sc. Wilder Trejo, en su calidad de patrocinador de la tesis, por sus sugerencias, valiosos comentarios académicos y por haberme orientado con dedicación y responsabilidad para lograr mis objetivos académicos. Del mismo modo, al profesor Juan Juscamaita, colaborador de la presente investigación, de quien se tiene gratos recuerdos.*

*A la Ph.D. Lucrecia Aguirre Terrazas, en su calidad de Presidente. De igual modo al Ph.D. Gustavo Gutiérrez Reynoso y a la Dra. Gladys Carrión Carrera, miembros del comité consejero. A todos ellos por sus sabias enseñanzas, asesorías y valiosos comentarios académicos.*

*A la SAIS Pachacútec S.A.C., por abrirme las puertas y brindarme las facilidades necesarias para desarrollar la presente investigación.*

# ÍNDICE GENERAL

	<b>Pág.</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	<b>2</b>
2.1 Ganadería y medio ambiente.....	2
2.1.1 Producción de excretas e impacto ambiental.....	2
2.1.2 Sistemas de producción alpaquera.....	3
2.1.3 Gestión de las heces del ganado.....	8
2.2 Abonos orgánicos.....	10
2.2.1 Situación actual de los abonos orgánicos en el Perú.....	10
2.2.2 Marco legal.....	10
2.3 Biofertilizantes líquidos.....	14
2.3.1 Aplicaciones y beneficios de los biofertilizantes.....	14
2.3.2 Tipos de biofertilizantes.....	15
2.3.3 Biofertilizantes acelerados.....	16
2.4 Procesos fermentativos anaeróbicos.....	17
2.4.1 Fases de la digestión anaerobia.....	17
2.4.2 Factores que afectan la vida bacteriana.....	19
2.4.3 Fermentación ácido láctica.....	21
2.4.4 Bacterias ácido lácticas.....	21
2.5 Insumos utilizados en fermentación láctica.....	27
2.5.1 Heces de animales.....	27
2.5.2 Biolac.....	27
2.5.3 Melaza.....	28
2.5.4 Lactosuero.....	29
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>31</b>
3.1 Lugar de ejecución.....	31
3.2 Materiales.....	31
3.3 Metodología experimental.....	33
3.3.1 Fase de campo.....	33
3.3.2 Fase experimental.....	36
3.3.3 Producción de abono líquido a mayor escala piloto.....	44
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	<b>52</b>

4.1 Determinación del mejor tratamiento.....	52
4.1.1 Evaluación del pH y acidez titulable.....	52
4.1.2 Elección del mejor tratamiento al quinto día.....	57
4.1.3 Determinación del mejor tratamiento al día 30.....	59
4.2 Producción de abono líquido acelerado a mayor escala.....	62
4.2.1 Variación del pH y acidez titulable.....	62
4.2.2 Evaluación de caracteres organolépticos.....	63
4.2.3 Evaluación de la calidad nutricional.....	65
4.2.4 Análisis microbiológico del.....	71
4.2.5 Análisis parasitológico.....	73
4.2.6 Tipo de fermentación.....	74
4.2.7 Eficiencia agronómica.....	74
4.3 Rendimiento del biofertilizante líquido.....	77
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>79</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>80</b>
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>81</b>
<b>VIII. ANEXOS.....</b>	<b>93</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

	<b>Pág.</b>
<b>Cuadro 1:</b> Composición nutricional de las heces de animales al pastoreo.....	3
<b>Cuadro 2:</b> Población alpaquera en el Perú.....	5
<b>Cuadro 3:</b> Contribución económica de la crianza de alpacas a nivel familiar, regional y nacional (en soles).....	6
<b>Cuadro 4:</b> Análisis proximal de las heces de alpacas.....	7
<b>Cuadro 5:</b> Límites máximos permisibles de metales pesados para compost (mg/Kg).....	13
<b>Cuadro 6:</b> Límites máximos permisibles de microorganismos en abonos orgánicos.....	13
<b>Cuadro 7:</b> Composición química de los biofertilizantes acelerados.....	17
<b>Cuadro 8:</b> Sustancias inhibidoras del proceso de digestión anaerobia.....	20
<b>Cuadro 9:</b> Rangos de pH tolerables por bacterias y hongos.....	20
<b>Cuadro 10:</b> Géneros de bacterias ácido lácticas y sus productos.....	23
<b>Cuadro 11:</b> Análisis microbiológico del Biolac.....	28
<b>Cuadro 12:</b> Composición química de la melaza de caña.....	29
<b>Cuadro 13:</b> Composición físico-química y microbiológica del lactosuero en base fresca.....	30
<b>Cuadro 14:</b> Ubicación geográfica de la investigación.....	31
<b>Cuadro 15:</b> Insumos, materiales, equipos y reactivos .....	33
<b>Cuadro 16:</b> Tratamientos.....	37
<b>Cuadro 17:</b> Operacionalización de variables.....	39
<b>Cuadro 18:</b> Análisis de varianza del diseño completo al azar con arreglo factorial.....	40
<b>Cuadro 19:</b> Preguntas e hipótesis de investigación.....	41
<b>Cuadro 20:</b> Tipos de análisis de laboratorio efectuados.....	47
<b>Cuadro 21:</b> Valores promedio de pH de los tratamientos.....	53
<b>Cuadro 22:</b> Valores promedio de acidez titulable de los tratamientos.....	54
<b>Cuadro 23:</b> Análisis de varianza para pH al quinto día de fermentación.....	58
<b>Cuadro 24:</b> Contraste de medias para los niveles de melaza y Biolac.....	59

<b>Cuadro 25:</b> Determinación del mejor tratamiento.....	60
<b>Cuadro 26:</b> Valores de pH y acidez titulable en diferentes escalas y temperaturas.....	63
<b>Cuadro 27:</b> Comparación del valor nutricional del Alpa-biol con biofertilizantes noestandarizados.....	65
<b>Cuadro 28:</b> Calificación físico-química del Alpa-biol en base a 1 estándar.....	67
<b>Cuadro 29:</b> Comparación del contenido de N, P, K entre abonos foliares y el Alpa-biol..	69
<b>Cuadro 30:</b> Comparación de los concentraciones de metales pesados del Alpa-biol con la legislación internacional .....	70
<b>Cuadro 31:</b> Comparación de la carga microbiana entre las heces de alpaca y el Alpa- biol.....	71
<b>Cuadro 32:</b> Comparación de la carga microbiana del Alpa-biol con los estándares.....	72
<b>Cuadro 33:</b> Índices de germinación en plántulas de lechuga ( <i>Lactuca sativa L.</i> ).....	75
<b>Cuadro 34:</b> Comparación de Índices de germinación con otras investigaciones.....	77
<b>Cuadro 35:</b> Rendimiento del abono líquido acelerado.....	78

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 1:</b> Posibles pérdidas de nutrientes del estiércol en cultivos agrícolas.....	2
<b>Figura 2:</b> Localización de los sistemas de producción de camélidos andinos.....	4
<b>Figura 3:</b> Propuesta de gestión racional de las deyecciones del ganado.....	8
<b>Figura 4:</b> Beneficios del uso del estiércol de ganado en la sierra.....	9
<b>Figura 5:</b> Rutas de transmisión de patógenos con abonos orgánicos.....	11
<b>Figura 6:</b> Fermentación anaerobia de la materia orgánica.....	18
<b>Figura 7:</b> Formación de ácido láctico a partir de glucosa.....	21
<b>Figura 8:</b> Rangos de temperatura crítica en microorganismos anaerobios.....	24
<b>Figura 9:</b> Fermentación homoláctica.....	25
<b>Figura 10:</b> Fermentación heteroláctica.....	25
<b>Figura 11:</b> Modelo general del mecanismo de acción de bacteriocinas.....	26
<b>Figura 12:</b> Ubicación del Laboratorio de Biorremediación dentro de la UNALM.....	32
<b>Figura 13:</b> Vista panorámica de alpacas de SAIS Pachacútec en reposo a 5000 msnm.....	34
<b>Figura 14:</b> Producción de heces de alpaca en los áreas de reposo.....	35
<b>Figura 15:</b> Tratamientos 5x5 con 3 medidas por tratamiento.....	36
<b>Figura 16:</b> Procedimiento experimental.....	38
<b>Figura 17:</b> Medición del pH de los tratamientos.....	42
<b>Figura 18:</b> Preparación de los tratamientos y su fermentación láctica.....	43
<b>Figura 19:</b> Elección del mejor tratamiento.....	44
<b>Figura 20:</b> Homogeneización del biofermento.....	45
<b>Figura 21:</b> Diluciones del abono líquido acelerado.....	49
<b>Figura 22:</b> Diluciones del abono líquido acelerado.....	49
<b>Figura 23:</b> Medición de la conductividad eléctrica de las muestras.....	50
<b>Figura 24:</b> Morfología de la plántula de lechuga en crecimiento ( <i>Lactuca sativa L.</i> ).....	50
<b>Figura 25:</b> Variación del pH de los tratamientos.....	52
<b>Figura 26:</b> Variación de la acidez titulable de los tratamientos.....	55
<b>Figura 27:</b> Muestra afectada por mohos.....	57
<b>Figura 28:</b> Recuperación de la muestra.....	57
<b>Figura 29:</b> Interacción entre el Biolac y la melaza.....	58
<b>Figura 30:</b> Variación del pH de los 4 mejores tratamientos.....	60

<b>Figura 31:</b> Variación de la acidez titulable de los 4 mejores tratamientos.....	61
<b>Figura 32:</b> Variación del pH entre la escala piloto y la escala laboratorio.....	62
<b>Figura 33:</b> Variación de la acidez titulable entre la escala piloto y laboratorio.....	62
<b>Figura 34:</b> Biofermento.....	64
<b>Figura 35:</b> Abono líquido acelerado .....	64
<b>Figura 36:</b> Índices de germinación en plántulas de lechuga.....	75

## ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
<b>Anexo 1:</b> Precios de adherentes y nutrientes foliares según regiones del país (soles por unidad de medida)	94
<b>Anexo 2:</b> Precio de venta de fertilizantes químicos y abonos orgánicos según regiones del país (soles por tonelada)	95
<b>Anexo 3:</b> Ficha técnica del consorcio microbiano Biolac	96
<b>Anexo 4:</b> Valores de pH de los tratamientos	97
<b>Anexo 5:</b> Valores de acidez titulable al día 5 y 30	100
<b>Anexo 6:</b> Análisis experimental al quinto día de fermentación	101
<b>Anexo 7:</b> Análisis estadístico al treintavo día de fermentación	103
<b>Anexo 8:</b> Cantidad de semillas germinadas y tamaño de la radícula en lechuga ( <i>Lactuca sativa L.</i> )	104
<b>Anexo 9:</b> Rendimiento de bioabonos (sólido y líquido)	106
<b>Anexo 10:</b> Análisis físico-químico de las heces de alpaca	107
<b>Anexo 11:</b> Análisis físico-químico de los bioabonos (líquido y sólido)	110
<b>Anexo 12:</b> Caracterización físico-química de 8 biofertilizantes acelerados	114
<b>Anexo 13:</b> Caracterización físico-química de 13 bioles	115
<b>Anexo 14:</b> Análisis físico-químico del biosol	116
<b>Anexo 15:</b> Interpretación de características físico-químicas en abonos foliares	117
<b>Anexo 16:</b> Patógenos víricos y microbianos en residuos con contaminación fecal	118
<b>Anexo 17:</b> Inventarios alpaqueros de SAIS Pachacútec S.A.C.	119
<b>Anexo 18:</b> Registros fotográficos	124
<b>Anexo 19:</b> Presupuesto de la investigación	130

## REGISTROS FOTOGRÁFICOS

	<b>Pág.</b>
<b>Fotografía 1:</b> Alpacas de SAIS Pachacútec S.A.C. en reposo a 5,000 msnm.....	124
<b>Fotografía 2 y 3:</b> Producción de heces de alpaca.....	124
<b>Fotografía 4:</b> Biofermentos después de la medición de pH.....	125
<b>Fotografía 5:</b> Extracción del abono líquido acelerado .....	125
<b>Fotografía 6:</b> Efecto de la dosis pura sobre la germinación de semillas de la lechuga....	126
<b>Fotografía 7:</b> Efecto de la dosis 10% en la germinación de la lechuga.....	126
<b>Fotografía 8:</b> Plántulas de lechuga germinadas de la dosis 1%.....	126
<b>Fotografía 9:</b> Efecto de la dosis 0.1% sobre la germinación de la lechuga .....	127
<b>Fotografía 10:</b> Efecto de la dosis 0.01% sobre la germinación de la lechuga .....	127
<b>Fotografía 11:</b> Efecto de la dosis 0.001% sobre la germinación de la lechuga.....	128
<b>Fotografía 12:</b> Envase con biofermento en incubación .....	128
<b>Fotografía 13:</b> Instrumental de medición del pH y acidez titulable.....	129
<b>Fotografía 14:</b> Investigador a 5000 msnm .....	129

## RESUMEN

Se elaboró un biofertilizante líquido con las heces de alpaca provenientes de la SAIS Pachacútec S.A.C. mediante fermentación homoláctica; con el objetivo de evaluar su calidad nutricional y carga microbiológica patógena. Veinticinco biofermentos con diferentes proporciones de heces de alpaca, lactosuero bovino, melaza de caña y el consorcio microbiano Biolac, se incubaron a 40°C, para determinar el mejor tratamiento en base a su mayor grado de acidez y menor costo de insumos. Los promedios de pH al quinto y treintavo día se analizaron mediante un diseño completo al azar con arreglo factorial 5 x 5 (Biolac x melaza), realizando un análisis de varianza y la prueba de medias de Tukey ( $p < 0.05$ ) en el programa SAS versión 8. El mejor tratamiento contenía heces de alpaca, lactosuero bovino, Biolac y melaza en proporción 40:40:5:15, respectivamente; con un 59% de rendimiento líquido. Debido a su elevada acidez y salinidad tuvo que diluirse hasta una dosis de 0.1% para obtener el mayor índice germinativo de 94.26% en semillas de lechuga. El biofertilizante presentó un olor sutil a azúcar fermentada, color marrón brillante, sabor agridulce y consistencia viscosa ( $\rho = 1.57$  g/ml). La evaluación nutricional indicó un alto contenido nutricional y concentraciones de metales pesados inferiores a los máximos permisibles establecidos por la legislación internacional. El análisis microbiano reportó ausencia relativa de coliformes totales, coliformes fecales y *E. coli*. A partir de los resultados se concluye que el abono líquido acelerado producido con heces de alpaca (Alpa-biol) es de alta calidad nutricional e inocuidad microbiológica.

**Palabras clave:** *Abono líquido acelerado, fermentación homoláctica, heces de alpaca*

## ABSTRACT

A liquid biofertilizer was made with alpaca feces from SAIS Pachacutec S.A.C. through homolactic fermentation, with the aim to assess its nutritional quality, pathogenic microbial load and agronomic efficiency. Twenty-five bioferments with different ratios of alpaca feces, bovine lactoserum, cane molasses and the microbial consortium Biolac, were incubated at 40°C, to determine the best treatment based on its low acidity degree and minor inputs costs. The averages of pH in the days 5 and 30 were analyzed through a completely randomized design with factorial arrangement 5 × 5 (Biolac x molasses), doing an analysis of variance and Tukey's mean test ( $p < 0.05$ ) in software SAS version 8. The best treatment contained alpaca feces, bovine lactoserum, Biolac and molasses on ratio 40:40:5:15, respectively; with 59% of liquid yield. Because of its high acidity and salinity was dissolved until a dose of 0.1% to get the highest germinative index of 94.26% in lettuce seed. The biofertilizer had a scent subtle of fermented sugar, shiny brown color, bittersweet taste and semi-liquid consistency ( $\rho = 1.57$  g/ml). The nutritional assessment indicated high nutritional content and low concentrations of heavy metals (lead, cadmium and chromium) lower than the permissible limits set by international legislation. The microbial analyzes showed a relative absence of total coliforms, fecal coliforms and E. coli. According the results, it concludes that the liquid fertilizer accelerated made from alpaca feces (Alpa-biol) is of high nutritional quality and microbiological safety.

**Keywords:** *Liquid fertilizer accelerated, homolactic fermentation, alpaca feces*

## I. INTRODUCCIÓN

En el Perú la crianza de alpacas es de gran importancia socio-económica, ya que más de 500,000 familias altoandinas dependen directa e indirectamente de ésta actividad (Fernández, 1991 citado por Chaparro *et al.* 2012); siendo el Perú el principal productor a nivel mundial con el 87% de aproximadamente 4'800,000 cabezas (UNIDO, 2006). Un recurso adicional de su crianza es la producción de heces, las cuales se utilizan como abono (Fernández *et al.*, 2007), pero sin tratamientos que incrementen su valor fitonutriente y reduzcan su elevada carga microbiana (FAO, 1996). Según Pacheco (2007), una alpaca excreta entre heces y orina 3 kg al día, lo cual representa una buena oportunidad para su implementación en biofertilizantes al verse facilitada la gestión, ya que gran parte de las heces se producen en los propios dormideros.

Los biofertilizantes acelerados se producen mediante fermentación láctica a partir de las excretas del ganado, por acción de *Lactobacillus*, cuya síntesis de ácidos orgánicos y sustancias antimicrobianas tienen un amplio espectro de acción sobre bacterias enteropatógenas (De Vuyst y Leroy, 2007). Para lograr éste tipo de fermentación es imprescindible añadir a la mezcla melaza de caña (fuente de carbono) y el consorcio microbiano Biolac compuesto por *Lactobacillus* (Román, 2012), garantizando la obtención de un biofertilizante de calidad nutricional e inocuidad microbiológica en tan sólo 5 días (proceso fermentativo acelerado). Por tanto, la difusión de ésta biotecnología en zonas altoandinas permitiría incrementar la productividad y el valor nutricional de los pastos, forrajes y cultivos en parcelas de los que se alimenta el ganado, sus pobladores y gran parte de la población nacional (MINAG, 2010).

El objetivo de la presente investigación fue evaluar la calidad nutricional y carga microbiana patógena de un abono líquido acelerado elaborado con heces de alpaca, lactosuero bovino, melaza de caña y Biolac mediante fermentación homoláctica. Los resultados sentarán las bases para la mejora en la gestión de las excretas de alpaca, ya que propone la obtención de un abono orgánico de mayor valor fitonutriente y en corto tiempo, tal que pueda ser utilizado en los sistemas agropecuarios altoandinos ó comercializado, generando de éste modo beneficios económicos y ambientales.

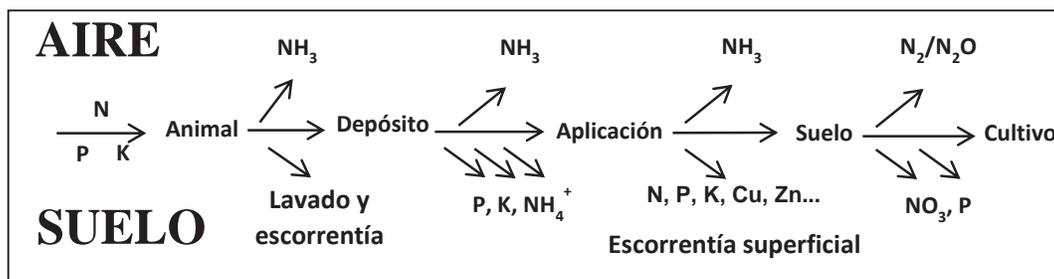
## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 GANADERÍA Y MEDIO AMBIENTE

La baja productividad y las altas emisiones de metano entérico son los problemas más relevantes en la ganadería de altura, debido al bajo valor nutricional de los pastos y forrajes fibrosos consumidos enteros (Gómez, 2012). Si los microorganismos ruminales no reciben suficiente nitrógeno, la productividad puede verse afectada; en consecuencia es evidente la preocupación del productor en satisfacer las necesidades nutricionales de su ganado (Machaca y Tapia, 2012). Por ello el uso de estrategias de mejora en la alimentación (principalmente de forraje) incrementaría el nivel productivo de los animales, mejorando con ello los ingresos de los ganaderos y reduciendo las emisiones de metano por unidad de producto generado como leche, carne y/o lana (Gómez, 2012).

#### 2.1.1 Producción de excretas e impacto ambiental

La tendencia al confinamiento y la frecuente falta de espacio ocasiona acumulación de desechos difíciles de eliminar, los cuales afectan el suelo, los cursos de agua, la estética del paisaje y causan problemas sanitarios por la intensificación de los procesos microbiológicos (Shimada, 1983 citado por Román 2012). De no restituir los nutrientes removidos por los pastos, el suelo será incapaz de suministrar los elementos esenciales para suplir la demanda del cultivo, afectando la producción vegetal (Rodríguez, 2009 citado por Jiménez 2011). Por eso se debe procurar minimizar la pérdida de nutrientes al utilizar las excretas, para incrementar su valor agrícola (FAO, 1999).



**Figura 1:** Posibles pérdidas de nutrientes del estiércol en cultivos agrícolas (Brandjes *et al.*, 1996 citado por la FAO 1999)

La deposición directa del estiércol tiene alta carga de materia orgánica con efectos tóxicos y contaminantes; además pone en riesgo la salud de las personas mediante infecciones gastrointestinales (De la Rosa, 2012).

**Cuadro 1: Composición nutricional de las heces de animales al pastoreo**

<b>Especie</b>	<b>Humedad (%)</b>	<b>Nitrógeno (%)</b>	<b>Fósforo (%)</b>	<b>Potasio (%)</b>
Vacuno	83.2	1.67	1.08	0.56
Ovino	64.0	3.81	1.63	1.25
Llama	62.0	3.93	1.32	1.34
Vicuña	65.0	3.62	2.00	1.31
Alpaca	63.0	3.60	1.12	1.29

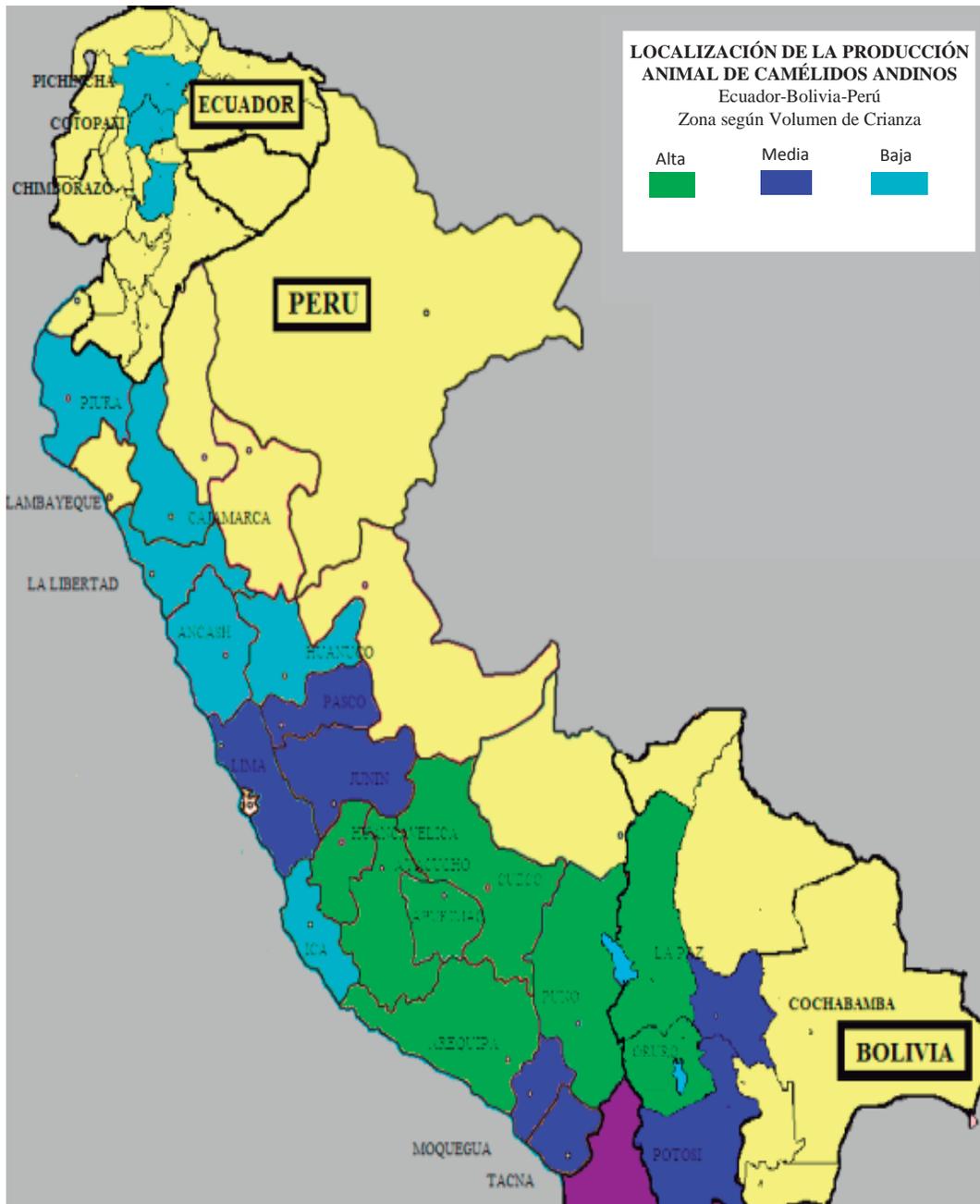
**FUENTE:** Añazco y Picado (2005)

### **2.1.2 Sistemas de producción alpaquera**

El Perú cuenta con la mayor cantidad de alpacas a nivel mundial (87%), estimándose una población de 4'648,358 cabezas (Cuadro 2), de las cuales la región Puno posee 2'711,726 ejemplares, lo que representa el 58.34% (UNIDO, 2010 citado por Roque 2014). Las alpacas habitan las zonas altoandinas del Perú, Bolivia, el Norte de Chile y el noreste de Argentina, jugando un rol importante en el mantenimiento de las comunidades, mantenidas bajo condiciones severas y con un manejo tradicional. También se crían alpacas en los Estados Unidos (120,000), Australia (100,000), Canadá, Nueva Zelanda y países europeos (Lupton *et al.*, 2006 citado por Quispe *et al.* 2009).

A nivel nacional, el 43.5% de las alpacas están distribuidas en comunidades campesinas, el 26% en pequeños propietarios parceleros precarios, un 16.5% en SAIS y Cooperativas, y el 7.8% en medianas propiedades privadas (Vivanco, 2007). Se estima que aproximadamente 500 mil familias de la región andina dependen directa e indirectamente de ésta actividad (Fernández, 1991 citado por Chaparro *et al.* 2012).

Moya (2012), califica a las alpacas, llamas, guanacos y vicuñas como las especies camélidas originales más amigables y menos vulnerables, porque ofrecen productos con ventajas comparativas (fibra y carne de camélidos) y competitivas por la calidad de sus productos de crianza (fibra animal fina y cualidades textiles especiales y carne magra con bajo colesterol).



**Figura 2:** Localización de los sistemas de producción de camélidos andinos (UNIDO, 2006)

En el Perú las zonas donde se localiza la producción de camélidos son principalmente los departamentos del sur: Puno, Cusco, Arequipa, Tacna y Moquegua, donde se concentra, aproximadamente, el 79% de la población de llamas y alpacas (UNIDO, 2006). En Segundo lugar, se encuentran las regiones de la zona central de los Andes: Ayacucho, Huancavelica, Apurímac, Pasco y Junín, que concentra a un 20%. Por último, en la zona norte, Cajamarca, La Libertad y Ancash poseen menos del 1%.

**Cuadro 2: Población alpaquera en el Perú**

<b>Región</b>	<b>Población</b>	<b>%</b>
Ancash	11,040	0.24
Apurímac	143,488	3.09
Arequipa	395,883	8.52
Ayacucho	218,756	4.71
Cajamarca	12,273	0.26
Cusco	584,824	12.58
Huancavelica	308,050	6.63
Huánuco	3,233	0.07
Junín	56,887	1.22
La Libertad	5,160	0.11
Lima	34,006	0.73
Moquegua	70,158	1.51
Pasco	33,779	0.73
Puno	2,711,726	58.34
Tacna	59,096	1.27
<b>Total</b>	<b>4,648,358</b>	<b>100.00</b>

**FUENTE:** UNIDO, 2010 citado por Roque (2014)

#### **a. Hábitat y alimentación de las alpacas**

La FAO reconoce a las alpacas como rumiantes con capacidad de transformar los pastizales, aún los de mala calidad que de otro modo serían desperdiciados, consumiendo además, muchos alimentos que las ovejas y vacunos desdeñan, las cuales son cada vez menos rentables para los productores (Fernández, 2007). La alpaca contribuye a la preservación del medio ambiente, lo cual es atribuido a sus caracteres anatómicos (extremidades), toma de alimentos y hábitos de defecación.

El hábitat natural de las alpacas son los ecosistemas altoandinos localizados entre los 3,800 y 5,000 msnm, en un ambiente adverso por la fragilidad de las praderas de los páramos, cuyos pastos son muy pobres en nutrientes (Huanca *et al.*, 2012). Por ello la alpaca tiene ventajas notorias sobre otras especies, como una mayor tolerancia a climas extremos, escasez de alimentos y estrés hídrico; siendo estos factores importantes a tomar en cuenta en un contexto de cambio climático e inseguridad alimentaria.

## b. Heces de alpaca

Un recurso adicional en la crianza de alpacas es la producción de heces, las cuales son aprovechadas principalmente como biocombustible para la preparación de alimentos en las zonas altoandinas, en hogares rurales pobres (Cancino *et al.*, 2006 citado por Cotacallapa 2012).

Las heces son recogidas especialmente en épocas secas y se almacenan en diferentes formas (en habitación o en parvas), para utilizarse durante la época de secas y de lluvia (Fernández *et al.*, 2007). Según Fernández *et al.* (2007), la valoración económica de las heces de alpaca en cuanto a combustible se basa en precios de venta en pequeños volúmenes y que contribuye al desarrollo de la vida en zonas altoandinas de América del Sur. Para un promedio de 138.7 alpacas por unidad familiar alpaquera, 1'919,538 alpacas en la región Puno y una población nacional al 2006 estimada en 3'459,656 alpacas, se calculan los siguientes ingresos por diferentes rubros en la crianza de alpacas:

**Cuadro 3: Contribución económica de la crianza de alpacas a nivel familiar, regional y nacional (en soles)**

A nivel	Fibra	Carne	Pieles	Reprod.	Estiércol	Turismo	Total
UFA*	3,181.10	3,846.40	400	800	911.2	2	9,140.70
Regional	44,024,819	53,232,235	5,535,798	11,071,596	12,610,548	27,679	126,502,675
Nacional	79,347,597	95,942,472	9,977,379	19,954,757	22,728,468	49,887	228,000,559

\*UFA: Unidad familiar alpaquera

**Fuente:** Fernández (2007)

Según el Cuadro 3, se estima que la población nacional de alpacas genera ingresos valorizados en 228'000,559.48 soles al año, contribuyendo considerablemente al PBI nacional (Fernández, 2007). Se calcula que una familia cuenta en promedio con 138.7 alpacas, cifra que va disminuyendo según disminuya la altitud, donde empiezan a predominar los ovinos y vacunos (Fernández, 2007).

La cantidad de heces no recogida es devuelta al campo donde son arrastradas por las lluvias, contribuyendo a la mejora de la producción de pastos (Fernández *et al.*, 2007). Las heces de alpaca también se aprovechan como abono orgánico por sus conocidas bondades como fertilizante (Cancino *et al.*, 2006 citado por Cotacallapa, 2012).

La recolección de las heces se ve facilitada ya que las alpacas tienen el hábito de defecar en estercoleros, equivalente a sus letrinas marcando así su territorio (White, 2004). El problema radica en su acumulación permanente, lo que ocasiona riesgos sanitarios por la generación de focos infecciosos en los animales, daños podales e impacto ambiental. Rosadio (2015) recomienda la remoción periódica de las excretas de las canchas de parición como una medida para prevenir el complejo enterotoxémico neonatal, lo que concuerda con la FAO (1996), que sugiere realizar limpiezas periódicas para evitar la difusión de enfermedades infecciosas.

Estrada (2005), citado por Carhuancho (2012) señala que la composición química de los estiércoles varía según la alimentación, tipo de crianza, edad, momento de recolección, tipo de almacenamiento, manipulación y presentación del producto comercial. En el siguiente Cuadro se presenta la composición nutricional de heces de alpacas al pastoreo en bofedales.

**Cuadro 4: Análisis proximal de las heces de alpacas**

Análisis proximal	Época lluviosa			Época seca			$\bar{X}$
	Carga ligera	Carga media	Carga pesada	Carga ligera	Carga media	Carga pesada	
Materia seca (%)	24.45	24.5	24.53	24.2	24.03	24.16	24.31
Materia orgánica (%)	91.18	90.87	91.05	91.34	91.43	91.13	91.17
Proteína (%)	13.14	12.79	13.13	14.46	14.65	14.84	13.84
Extracto etéreo (%)	13.54	15.14	13.48	13.76	13.87	13.37	13.86
Fibra cruda (%)	30.21	32.29	33.91	30.23	32.06	33.04	31.96
Extracto libre de nitrógeno (%)	34.29	30.65	30.48	32.9	30.85	29.85	31.50
Fibra de detergente neutro (%)	67.94	68.53	69.92	65.71	69.92	65.98	68.00

**FUENTE:** PNUD (2003)

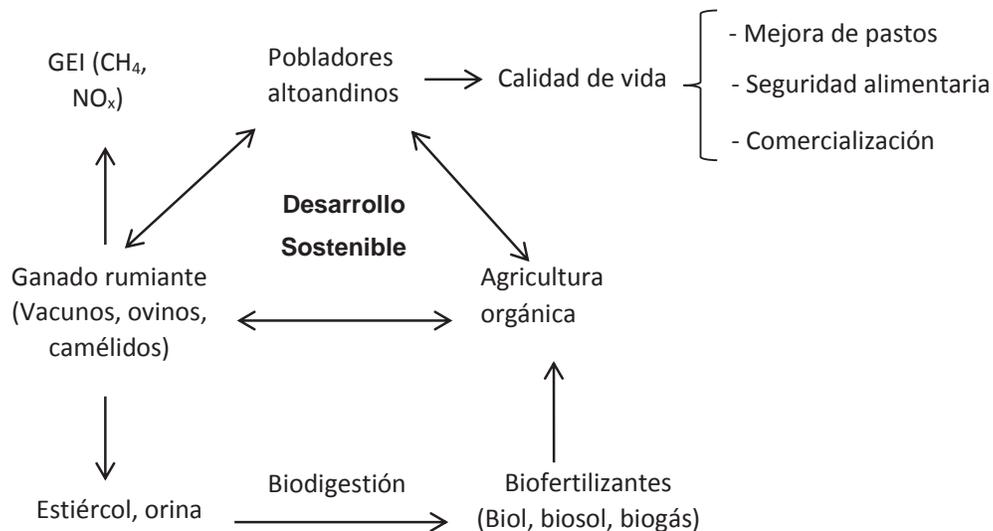
Vega y Torres (2013), indican que con el abonamiento se reponen los nutrientes orgánicos al suelo, logrando la revegetación en áreas desnudas con la germinación de las semillas de pastos palatables contenidas en el estiércol; sin embargo el estiércol debe provenir de estercoleras y dormideros que sean antiguos, donde el guano se encuentra mineralizado y se reconoce por el agradable olor a tierra fresca. White (2002) citado por Pacheco (2007), señala que una alpaca excreta entre heces y orina 3 kg al día. Asimismo, PNUD (2003) calculó que una alpaca al pastoreo excreta un promedio de 1.32 Kg diariamente. Al

respecto, la FAO (2010) señala que de familias dedicadas a la crianza de alpacas es factible recuperar 79 Kg de estiércol de alpaca al año con un precio de 0.6 soles por kilo en los propios sistemas de producción alpaqueros.

### 2.1.3 Gestión de las heces del ganado

El crecimiento de la ganadería implica la generación de grandes volúmenes de desechos orgánicos, los cuales deben ser reciclados y procesados para su posterior uso en las plantas con un mayor valor fitonutriente (Santander, 2015). Se estima que más del 80% del nitrógeno, fósforo y potasio consumidos por los animales son excretados nuevamente en la forma de heces y orina (Jiménez, 2011).

Es bien sabido que las excretas contienen importantes nutrimentos, pero también contienen elevadas cargas de coliformes fecales que producen enfermedades infecciosas capaces de causar hasta la muerte en humanos cuando manipulan el estiércol o en los casos de que los alimentos estén destinados al consumo en fresco (De la Rosa, 2012). Para reducir éstos riesgos, es necesario someterlos a un proceso de descomposición que elimine estos agentes estos agentes infecciosos (Uribe, 2003); de lo contrario es recomendable no utilizarse o utilizarse después de un largo periodo de tiempo, ya que se estima que algunas bacterias patógenas pueden sobrevivir en el estiércol por periodos mayores a un año (De la Rosa, 2012).



**Figura 3:** Propuesta de gestión racional de las deyecciones del ganado (Elaboración propia)

En los tratamientos anaeróbicos, la materia orgánica se degrada por acción de microorganismos (Carhuacho, 2012), pudiéndose obtener bioabonos como el biol y biosol que actúan como enmiendas orgánicas (Lozano, 2012), así como biocombustible (biogás) según la manipulación del sistema anaerobio. Esto representa un aprovechamiento total del proceso fermentativo de manera amigable con el ambiente, compuesto de materias primas disponibles de una zona particular (Acuña, 2003).

Con la aplicación de fertilizantes orgánicos y sintéticos en igual proporción, se puede obtener rendimientos 50% superiores a la forma convencional (Montesinos, 2013), teniendo en cuenta que un bioabono de calidad no deja residuos tóxicos en el suelo, eleva la calidad del mismo y puede considerarse como un buen fertilizante que puede competir o complementarse con los fertilizantes químicos (Soria *et al.*, 2001).



**Figura 4:** Beneficios del uso del estiércol de ganado en la sierra (Lozano, 2012)

Se debe considerar que el estiércol acumulado cerca de las viviendas supone un foco de infección, olores y moscas que desaparecerán al ser introducido el estiércol diariamente en el biodigestor familiar. También es importante recordar la cantidad de enfermedades respiratorias que sufren los pobladores altoandinos, principalmente las mujeres, por la inhalación de humo al cocinar en espacios cerrados con leña o bosta seca (Lozano, 2012). Cabe resaltar que la tendencia mundial en agricultura sostenible, que en otros aspectos, contempla disminuir o eliminar el empleo de agroquímicos contribuyendo a la protección del ambiente, la salud tanto animal como humana (Montesinos, 2013).

## **2.2 ABONOS ORGÁNICOS**

### **2.2.1 Situación actual de los abonos orgánicos en el Perú**

Al 2014, el mercado de los abonos orgánicos en el Perú generó US\$ 200 millones anuales, y se estima que su demanda es de 8.6 millones de toneladas al año; además se proyecta que la agro-exportación peruana superará los US\$ 10 billones en el 2020, un sector en continuo crecimiento (MINAGRI, 2014). Según los resultados del VI Censo Nacional Agropecuario, de los 5'476'977 de Ha. de superficie agrícola que existen en el Perú, 18% corresponden a una extensión aproximada de 1 millón de hectáreas, catalogada como área mejorable, es decir que su suelo debe ser enriquecido con fertilizantes.

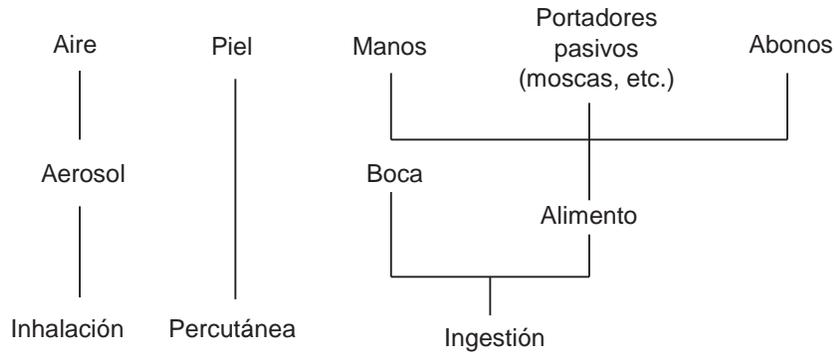
Sin embargo sólo se ha mejorado una extensión de 50,000 Ha, lo que representa un 1% de la superficie agrícola nacional, existiendo elevado potencial para el desarrollo de nuevos componentes en el sector de fertilizantes (Fernández, 2003 citado por Buchelli 2014). Por ello existen oportunidades de promoción y difusión de fertilizantes orgánicos procesados, que tienen eco-compatibilidad con el medio ambiente, abriendo la puerta a los sistemas ganaderos para diversificar su producción al realizar gestiones de tratamiento biológico a sus residuos pecuarios (FAO, 1999). Un claro ejemplo es el de la empresa avícola San Fernando, que a través del tratamiento aerobio de la gallinaza, lanzó al mercado el bioabono "Mallki", llegando a producir 100,000 toneladas al año y habiendo alcanzado ingresos superiores a los US\$ 3 millones durante su primer año de operaciones (GESTIÓN, 2013).

En el Perú el número total de productores agropecuarios que utilizan algún tipo de abono orgánico es de 1, 370 000; el cual representa el 62% del total de productores agropecuarios (INIA, 2012), lo cual es indicativo del potencial agropecuario en el país, especialmente en zonas altoandinas (MINAG, 2010).

### **2.2.2 Marco legal**

Los impactos al agroecosistema que vienen ocasionando los fertilizantes sintéticos, en busca de una mayor productividad a corto plazo ha generado el desarrollo de tecnologías que involucran microorganismos benéficos y efectivos, los cuales tienen la capacidad de restablecer el agroecosistema dañado y con mayores incrementos de productividad (Vessey, 2003 citado por Rojas y Moreno 2008). Sin embargo, cabe mencionar que no todos los abonos orgánicos pueden ser utilizados en agricultura orgánica; por ejemplo, el

uso de excretas de animales totalmente estabilados está prohibido por Ley 2092/91 de la regulación europea (Añazco y Picado, 2005).



**Figura 5:** Rutas de transmisión de patógenos con abonos orgánicos (Elaboración propia)

Los principales riesgos de los abonos orgánicos son la presencia de microorganismos patógenos (coliformes totales, coliformes fecales, *Salmonella spp.*, *Shigella spp.*, *Yersinia spp.*, etc.) y el contenido de metales pesados (Cadmio, cromo, cobre, mercurio, níquel, plomo, arsénico, selenio, zinc, etc.). Ante ello, la agricultura orgánica está regulada por decretos supremos y normas internacionales de certificación.

### a. Legislación nacional

Actualmente el marco legal de la producción orgánica nacional está dado por el Reglamento Técnico para los productos orgánicos con fines de certificación para su posterior exportación. Fue publicado el 14 de junio del 2006 con Decreto Supremo N° 044-2006 AG. El artículo 23 de este decreto menciona que el manejo de las excretas de los animales debe complementar un proceso de fermentación para prevenir focos infecciosos; mientras que el artículo 11 señala que el uso de abonamiento del suelo con estiércol animal preferentemente debe ser antes de un tratamiento como el compost (fermentación aerobia). La legislación nacional sobre abonos orgánicos consta de los siguientes decretos supremos:

- **Ley general de residuos sólidos (Ley N° 27314):** Su finalidad es asegurar una gestión y manejo de los residuos sólidos (entre los cuales se incluyen los estiércoles), sanitaria y ambientalmente adecuada con sujeción a los principios de minimización, prevención de riesgos ambientales y protección de la salud y bienestar de la persona humana, desde su generación hasta su disposición final.

- **Estándares de Calidad Ambiental para Agua (D.S. N° 002-2008-MINAM):**  
Esta ley aprueba los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para el agua, con el objetivo de establecer el nivel de concentración de elementos, sustancias o parámetros físicos y biológicos presentes en el agua que no presenta riesgo significativo para la salud de las personas, ni para el ambiente.

El artículo 81° del capítulo IV, clasifica los cursos de agua de las zonas costeras del país, estableciendo como agua de clase III aquellas aguas para riego de vegetales de consumo crudo y bebida de animales. Según esto, los parámetros para coliformes totales y fecales establecidos son de 5,000 y 1,000 NMP/100 ml, respectivamente.

Actualmente el Reglamento Técnico para los productos orgánicos se encuentra en proceso de reglamentación por el SENASA, INIA y Dirección General de Promoción Agraria del MINAG, CONAPO, INDECOPI, MINCETUR, PROMPERÚ y la Agencia peruana de cooperación Internacional (APCI).

#### **b. Legislación internacional**

La legislación internacional tiene por objeto establecer la normativa básica de abonos sólidos, así como garantizar que las riquezas nutritivas de los fertilizantes se ajusten a las exigencias de sus decretos, prevengan la salud y el medio ambiente.

Es importante mencionar que los coliformes fecales son un subgrupo de los coliformes totales constituido principalmente por microorganismos degradadores de lactosa, tales como: *Salmonella Paratyphi B.*, *Salmonella spp.* y *Shigella spp.*, los cuales no necesariamente degradan lactosa, sino glucosa y además pertenecen a la familia de los *Enterobacteriaceae*, altamente tóxicos para el hombre.

Los principales organismos indicadores de contaminación fecal son: *E. coli*, Enterococos fecales, *Salmonella* y *Clostridium* (De La Rosa, 2012), cuyas cargas máximas permisibles establecidas por la Environmental Protection Agency de los Estados Unidos se muestran en el Cuadro 5.

**Cuadro 5: Límites máximos permisibles de metales pesados para compost (mg/Kg)**

Parámetros	Norma chilena <sup>1</sup>			Norma Mexicana <sup>2</sup>		USA <sup>3</sup>	Canadá <sup>4</sup>	Real Decreto Español <sup>5</sup>		Unión Europea <sup>6</sup>
	Clase A*	Clase B*	Clase C*	Muy buenos	Buenos			Clase A*	Clase B*	
	Cadmio	0,7	2	3	39			75	39	
Cobre	70	300	400	1200	85	1500	-	100	1000	70-600
Níquel	25	90	100	420	3000	420	60	20	80	20-200
Plomo	45	150	200	300	4300	300	150	100	300	70-1000
Zinc	200	500	1	2800	840	2800	500	200	2000	210-4000
Mercurio	0,4	1,5	2,5	17	57	17	0.15	1	4	0.7-10
Cromo	70	250	300	1200	420	1200	50	120	600	70-200
Arsénico	-	-	-	41	7500			15	20	

\*A, B y C indica el grado de calidad del abono, inversamente relacionado con la cantidad de metales

**FUENTE:** <sup>1</sup>Norma Chilena Oficial N° 2880 (2004); <sup>2</sup>Norma Oficial mexicana NOM-004-SEMARNAT-2002; <sup>3</sup>Henry, (1991) citado por Soto y Meléndez (2004); <sup>4</sup>Gies, (1992), citado por Soto y Meléndez (2004); <sup>5</sup>Real Decreto Español 824/2005 (2005); <sup>6</sup>Brinton (2000), citado por Soto y Meléndez (2004)

Los abonos que presentan una mayor concentración de patógenos microbianos, tendrían un mayor riesgo en la salud pública y su utilización directa al suelo traería como consecuencia la contaminación biológica de los cultivos, el suelo y el ambiente (De La Rosa, 2012).

**Cuadro 6: Límites máximos permisibles de microorganismos en abonos orgánicos**

Parámetros	EPA (USA)
Coliformes Clase A (Cultivos de consumo directo)	<10 <sup>3</sup>
Coliformes Clase B (Cultivos de consumo no directo)	<2x10 <sup>6</sup>
<i>Salmonella sp.</i> (NMP/g)	<3
Virus entéricos (UPF/g)	<1
<i>Shigella</i> (NMP/g)	<10 <sup>3</sup>
Huevos viables de helmintos	<1

\*NMP: Número más probable; UFC y UPF: Unidad formadora de colonias, y de placas, respectivamente

**FUENTE:** EPA (2003), citado por Soto y Meléndez (2004)

## **2.3 BIOFERTILIZANTES LÍQUIDOS**

En la Agenda 21, como resultado de la Cumbre de la Tierra, en Río de Janeiro, en 1992 se recomendó la utilización de biofertilizantes como alternativa para el desarrollo sustentable (Aguirre *et al.*, 2009). Los biofertilizantes son efluentes líquidos con base en microorganismos que se descargan de un digestor mediante filtrado o decantación, por tanto están compuestos por los sólidos disueltos de la materia orgánica degradada y agua, llegando a representar hasta un 90% del total de residuos entrantes (Aparcana, 2008). Los biofertilizantes son utilizados como abonos orgánicos por sus propiedades fitonutrientes, fitoreguladores y fitosanitarios. Su calidad de varía de un digestor a otro, de una época de preparación a otra, etc., dependiendo de la composición bioquímica y microbiológica de sus ingredientes, especialmente de los estiércoles que se emplearon para su elaboración (Restrepo, 2007). Los biofermentos pueden enriquecerse con diferentes sales o rocas molidas de acuerdo a las necesidades específicas de cada cultivo o etapa de cultivo (Pacheco, 2006)

### **2.3.1 Aplicaciones y beneficios de los biofertilizantes**

Todos los biofertilizantes deben utilizarse con base a los requerimientos nutricionales de los cultivos, los análisis de suelos y la etapa fenológica (Restrepo, 2007). Los biofertilizantes favorecen el enraizamiento, mejoran la floración, activan el vigor y poder germinativo de las semillas (Robalino, 2011); además mejoran la fertilidad vegetal, las características físico-químicas y biológicas de los suelos y por ende el rendimiento y calidad de los cultivos (Santander, 2015). Las plantas tratadas con materia orgánica son menos susceptibles al ataque de insectos y enfermedades (Chaboussou, 1987 citado por Carhuancho 2012).

El uso de biofertilizantes líquidos resulta más sencillo que los abonos sólidos por su facilidad de transporte y aplicación en el campo (Robalino, 2011). Pacheco (2006) señala que la producción de biofertilizantes fortalece la autogestión campesina y constituyen un excelente vehículo para fomentar la investigación participativa y la creatividad de los agricultores en sus propias fincas. El Instituto de Desarrollo y Medio Ambiente (1998), citado por Peralta (2010), menciona que los biofertilizantes están siendo cada vez más utilizados en labores agrícolas como aplicaciones a la semilla, al suelo y al follaje, sin embargo, una de las mayores dificultades es la concentración y forma de aplicación; eso

difiere de acuerdo al cultivo, de los materiales utilizados en la elaboración del biol, y del tiempo de fermentación.

El biol se ha hecho muy popular en América Latina, especialmente entre los pequeños productores por su producción fácil, de bajos costos y mejores resultados; asimismo es usado en muchos cultivos mediante aplicaciones vía foliar y en concentraciones variables (Siura y Dávila, 2008).

Hasta la fecha no existe información estadística que cuantifique daños por la aplicación de biofertilizantes líquidos, sin embargo se reportan quemaduras a las hojas de plantas en estado fisiológico temprano en dosis puras (Chávez, 2009). Una desventaja de la producción de bioles son los largos periodos de fermentación requeridos para la cosecha del biol y biosol. Ante ello Jiménez (2011) sugiere planificar su producción anual. Además en extensiones cortas se requiere de una bomba de mochila para su aplicación, la cual eleva los costos de materiales y mano de obra lo cual limita la aplicación de esta práctica en las zonas altoandinas (Jiménez, 2011).

### **2.3.2 Tipos de biofertilizantes**

Se sabe que las raíces no son los únicos órganos vegetales capaces de absorber los nutrientes disponibles, sino que también las hojas y los tallos pueden asimilar las sustancias nutritivas tanto minerales como orgánicas, principalmente aminoácidos (Gros, 1976 citado por Santander 2015).

#### **a. Biofertilizante biocida**

Tiene por finalidad controlar plagas y enfermedades ya que contrarresta, neutraliza y ejerce control sobre ellas, a la vez que nutre a las plantas, estimulando el desarrollo de sus hojas, raíz y fructificación. El biofertilizante biocida posee sustancias repelentes que actúan como perturbadores fisiológicos más que como insecticidas, además se pueden utilizar para desinfectar las semillas y para acelerar el enraizamiento; remojándose la semilla antes de la siembra (Arana, 2011 citado por Carhuancho 2012).

#### **b. Biofertilizante para suelos y hojas**

Es útil para nutrir a la planta y mejorar la fertilidad del suelo, además estimula su recuperación y su fertilidad. Para obtener resultados más duraderos las aplicaciones al

suelo pueden realizarse en el agua de irrigación aplicando alrededor del tallo en una dilución del 10% hasta el 30% (Carhuancho, 2012). Santillana (2012), señala que el interés que se tiene por los microorganismos es que estos pueden incrementar la habilidad de las plantas para absorber nutrientes a partir del suelo, participar en la solubilización del fósforo, aumentar el porcentaje de germinación de las semillas o controlar patógenos del mismo suelo.

### **c. Biofertilizante abono foliar**

La vía típica de aplicación de los biofertilizantes líquidos es por la vía foliar, sin embargo, su condición líquida le permite ser introducida y aplicada vía sistemas de riego por goteo o regado con bomba de mochila. La fertilización foliar suministra a las plantas compuestos nutricionales como azúcares simples, disacáridos, aminoácidos, cadenas de péptidos, ácidos orgánicos, reguladores de crecimiento y estimuladores (Sylwester, 2012 citado por Santander 2015). La aplicación foliar puede repetirse de 3 a 4 veces durante el desarrollo vegetativo de los cultivos (Carhuancho, 2012).

### **2.3.3 Biofertilizantes acelerados**

Los biofertilizantes acelerados resultan de la fermentación láctica de la materia orgánica, en la que es indispensable la adición del consorcio microbiano Biolac el cual contiene cepas de *Lactobacillus* (Román, 2012), las cuales sintetizan ácido láctico y sustancias antimicrobianas, principalmente.

De esta forma se garantiza la obtención de un biofermento de cuyo filtrado se obtiene un efluente líquido (abono líquido) y un residuo sólido (biosol), en tan sólo 5 días (proceso fermentativo acelerado), a diferencia de los bioles que tardan aproximadamente 3 meses (Restrepo, 2007). Los biofertilizantes acelerados se caracterizan por su elevada acidez (pH<4.0), elevada salinidad y alto contenido nutricional, mayor que los bioles. Buchelli (2014) cosechó un biofertilizante acelerado a base de excretas de vaca en 5 días con parámetros físico-químicos y microbiológicos acordes a los resultados encontrados por Román (2012), Medina (2013), Noa (2013), Cornejo (2011) y Peralta (2010). Además ésta clase de biofertilizantes tiene la propiedad de mantenerse estables por varios meses. Los biofertilizantes líquidos acelerados que se presentan en la Cuadro emplearon al menos melaza y el consorcio microbiano Biolac.

**Cuadro 7: Composición química de los biofertilizantes acelerados**

<b>Biofertilizante</b>	<b>Heces bovinas<sup>1</sup></b>	<b>Heces bovinas<sup>2</sup></b>	<b>Heces ovinas<sup>3</sup></b>	<b>Heces Porcinos<sup>4</sup></b>	<b>Residuos de Rocoto<sup>5</sup></b>	<b>Residuos de pota<sup>6</sup></b>
N (mg/L)	4200	3546.7	1876	5320	2716	16800
P (mg/L)	744.2	955.26	203.4	2964	259	1222
K (mg/L)	17200	5190	9005.6	8850	8040	8160
Ca (mg/L)	5200	2440	1523.1	6310	836	1520
Mg (mg/L)	1740	755	1044.4	1950	556	864
Na (mg/L)	1040	755	590.8	970	214	2280

**FUENTE:** <sup>1</sup>Fast-Biol 20 de estiércol vacuno (Peralta, 2010); <sup>2</sup>Biol de estiércol vacuno (Buchelli, 2014); <sup>3</sup>Biol de 2<sup>da</sup> generación de estiércol ovino (Medina, 2013); <sup>4</sup>Biol de estiércol porcino (Noa, 2013); <sup>5</sup>Biofertilizante de residuos de rocoto (Ricse, 2013); <sup>6</sup>Biofertilizante líquido de residuos de pota (Peña, 2008)

## 2.4 PROCESOS FERMENTATIVOS ANAEROBIOS

El proceso de descomposición anaeróbica de la materia orgánica se lleva a cabo en ausencia de agentes oxidantes ( $O_2$ ,  $NO_3^-$ ,  $SO_4^-$ ) y es realizado por microorganismos provenientes del estiércol, pajas, cenizas, melaza, etc., los cuales obtienen nutrientes y energía a partir de aquellas fuentes nutricionales (Soria *et al.*, 2001). Como productos de esta degradación se producen vitaminas, ácidos y minerales, y gases que quedan como remanente una forma de materia orgánica estabilizada (Frioni, 1999). Las sustancias nutritivas que requieren las bacterias pueden clasificarse en cuatro grupos: Carbonadas, nitrogenadas, minerales y, con frecuencia, sustancias accesorias del crecimiento como vitaminas del grupo B y las bases nitrogenadas purina y pirimidina (Sanz, 1976).

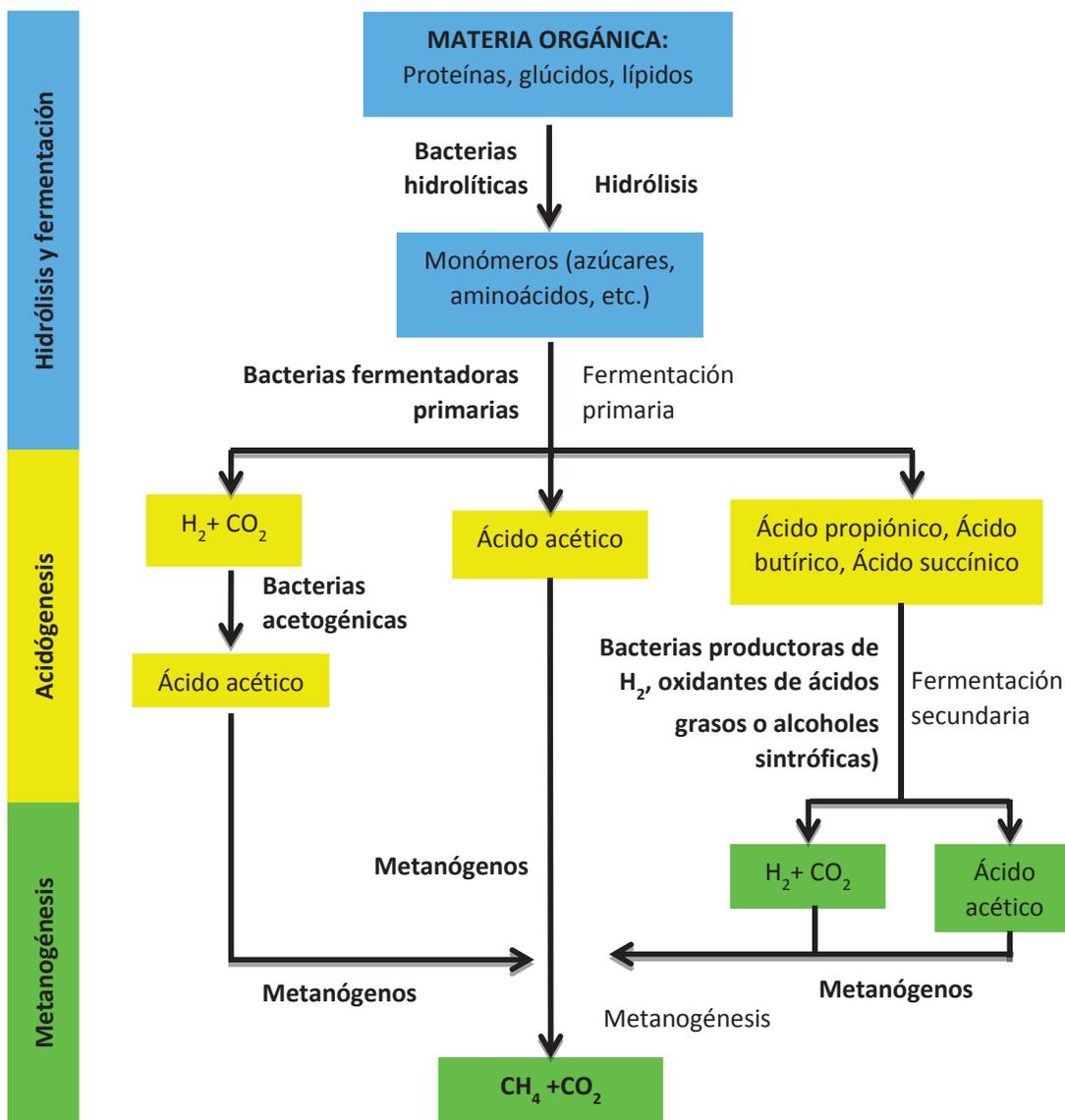
### 2.4.1 Fases de la digestión anaerobia

La digestión anaerobia se lleva a cabo generalmente en biodigestores, realizándose el proceso de descomposición de la materia orgánica en 3 fases: Hidrólisis, acidogénesis y acetogénesis (Jiménez, 2009 citado por Gordón 2013).

#### a. Hidrólisis

Las macromoléculas de la materia orgánica son hidrolizadas por enzimas extracelulares de los microorganismos a moléculas más solubles en agua como azúcares simples,

aminoácidos, ácidos grasos, hidrógeno y CO<sub>2</sub>, amoníaco y amonio (Pavlostathis y Giraldo-Gómez, 1991 citado por Rivera, 2010). Las proteínas son hidrolizadas por proteasas en péptidos y aminoácidos, parte de los cuales son utilizados directamente en la síntesis del nuevo material celular y el resto es degradado a ácidos grasos volátiles, dióxido de carbono, hidrógeno, amonio y sulfuro en las siguientes fases del proceso (Soria *et al.*, 2001). Los lípidos son degradados por enzimas lipasas produciendo ácidos grasos de cadena larga y glicerol. La degradación de los materiales lignocelulósicos es lenta, por ello suele ser la etapa limitante del proceso hidrólisis pues la lignina es muy resistente a la degradación por parte de las bacterias anaeróbicas (Soria *et al.*, 2001).



**Figura 6:** Fermentación anaerobia de la materia orgánica (Robalino, 2011)

## **b. Acidogénesis**

Las moléculas orgánicas solubles de la primera fase son degradados a compuestos acéticos liberando hidrógeno y CO<sub>2</sub> que son utilizados directamente por bacterias metanogénicas (Martí, 2006). El pH en esta fase está en un rango que varía entre 5.1 a 6.8 (Guevara, 1996). En la fermentación de carbohidratos solubles (Kandler, 1983), la glucosa se convierte en ácido butírico, acético, CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>.

En la fermentación de aminoácidos, los principales productos son: Ácidos grasos de cadena corta, succínico, aminovalérico e hidrógeno. Las bacterias que participan en el proceso son: *Clostridium*, *Peptococcus* y *Bacteroides*. Los ácidos grasos de cadena larga son oxidados a ácidos grasos de cadena corta mediante el mecanismo de β-oxidación de ácidos grasos donde se forman altas cantidades de ácido acético.

## **c. Acetogénesis**

En ésta fase se oxidan los ácidos orgánicos y los electrones liberados son utilizados para formar metano a partir de CO<sub>2</sub> y de H<sub>2</sub> (Batstone *et al.*, 2002 citado por Rivera 2010). En esta fase el pH se encuentra en un rango de 6.6 y 6.8 (Guevara, 1996). Uno de los principales inhibidores de ésta fase es la acumulación de hidrógeno molecular porque provoca la acumulación rápida de sustratos (Martí, 2006).

### **2.4.2 Factores que afectan la vida bacteriana**

Frobisher (1964) menciona que factores medioambientales como temperatura, desecación, frío extremo, pH, electricidad, presión osmótica, energía radiante, presión hidrostática, vibraciones rápidas y fuerzas superficiales afectan a las bacterias. Según Martí (2006) ciertos sub-productos de la actividad metabólica de los microorganismos también pueden interferir con la fermentación anaerobia (Martí, 2006).

#### **a. Sustancias inhibitorias y compuestos sintéticos**

Las sustancias inhibitorias más comunes son el amoníaco, sulfuro, iones metálicos ligeros, metales pesados, antibióticos, pesticidas y desinfectantes en las materias primas, entre otros. También mecanismos como el antagonismo, sinergismo, aclimatación y complejidad pueden afectar significativamente el fenómeno de inhibición (Chen *et al.*, 2008 citado por Carhuancho 2012).

**Cuadro 8: Sustancias inhibidoras del proceso de digestión anaerobia**

Inhibidores	Concentración inhibidora
Sulfatos	5.000 ppm
Sal	40.000 ppm
Nitratos	0,05 mg/ml
Cobre	100 mg/L
Cromo	200 mg/L
Níquel	200-500 mg/L
Cianuros	25 mg/L
Detergente sintético	20-40 mg/L
Sodio	3.500-5.500 mg/L
Potasio	2.500-4.500 mg/L
Calcio	2.500-4.500 mg/L
Magnesio	1.000-1.500 mg/L

**FUENTE:** Hilbert (2006), citado por Carhuancho (2012)

**Cuadro 9: Rangos de pH tolerables por bacterias y hongos**

Especie	Clase	pH mínimo	pH máximo
<i>Pseudomonas spp.</i>	Gram (-)	5.6	8
<i>Clostridium perfringes</i>	Gram (+)	5.5	8.5
<i>Clostridium botulinum</i>	Gram (+)	4.7	8.5
<i>Bacillus cereus</i>	Gram (+)	5	8.8
<i>Campylobacter spp.</i>	Gram (-)	4.9	9
<i>Bacillus subtilis</i>	Gram (+)	4.5	8.5
<i>Enterococcus spp.</i>	Gram (+)	4.8	10.6
<i>Escherichia coli</i>	Gram (-)	4.4	9
<i>Listeria monocytogenes</i>	Gram (+)	4.4	9.4
<i>Staphylococcus aureus</i>	Gram (+)	4.2	9.3
<i>Salmonella spp.</i>	Gram (-)	4	8.2
<i>Lactobacillus spp.</i>	Gram (+)	3.4	7.2
<i>Saccharomyces spp.</i>	-	2.1	9.0
<i>Aspergillus spp.</i>	-	1.6	9.3

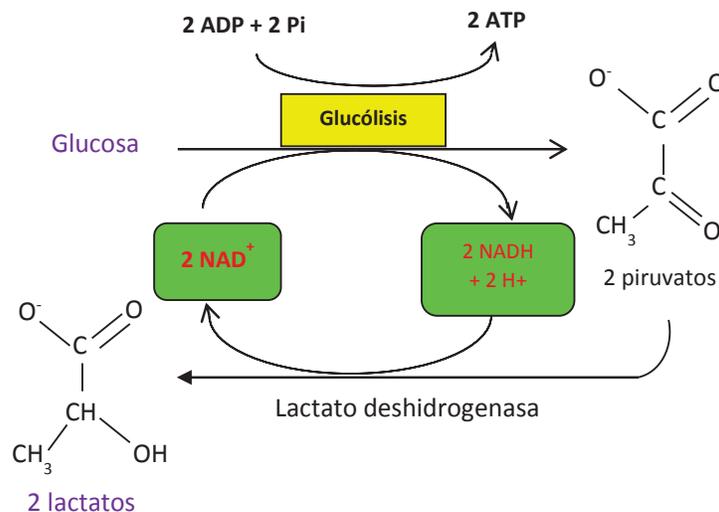
**FUENTE:** Heer (2007)

## b. pH

El proceso fermentativo se desarrolla en forma óptima cuando el pH se encuentra cercano al neutro y presenta graves problemas si el pH baja a menos de 6.0 o sube a más de 8.3 (Singh, 1975 citado por Coronado 2010). Si el pH se torna muy ácido la acción de las bacterias metanogénicas se inhibe aumentando la proporción de CO<sub>2</sub>. El pH incrementa por la acumulación de amonio durante la degradación de proteínas, mientras que la acumulación de ácidos grasos volátiles produce reducción del pH (Botero y Preston, 1987 citado por Robalino 2011).

### 2.4.3 Fermentación ácido láctica

Es un proceso celular anaerobio en el cual se produce ácido láctico como principal producto de la fermentación de carbohidratos. Es realizado por bacterias ácido lácticas, algunas algas, hongos, mohos y levaduras en condiciones anaerobias, las cuales tienen la capacidad de inhibir las bacterias patógenas teniendo amplio uso en la producción de alimentos fermentados, ya que se producen compuestos que contribuyen con el sabor, olor, color y textura (Parra, 2010).



**Figura 7:** Formación de ácido láctico a partir de glucosa (Gómez y Nieto, 2002)

### 2.4.4 Bacterias ácido lácticas

Las bacterias ácido lácticas están conformadas por un grupo filogenéticamente diverso de bacterias Gram positivas, que comparten rasgos morfológicos, metabólicos y fisiológicos

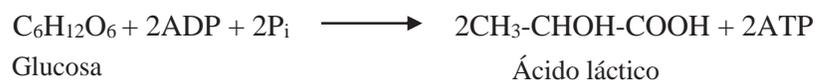
(Martin, 2002). Los géneros más importantes son: *Lactococcus*, *Lactobacillus*, *Streptococcus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus*, *Carnobacterium*, *Bifidobacterium*, *Enterococcus*, *Oenococcus*, *tetragenococcus*, *vagococcus* y *Weissella* (Axelson, 1993).

Las bacterias ácido lácticas fermentan monosacáridos y polisacáridos como la lignina y celulosa, para transformarlos en ácidos orgánicos, antimicrobianos, oxidantes, vitaminas, exopolisacáridos, endulzantes bajos en calorías y aromas deseables. Para las industrias alimentarias el producto más importante es el ácido láctico porque contribuye con las propiedades organolépticas, propiedades terapéuticas y con el valor nutricional de los alimentos (Parra, 2010).

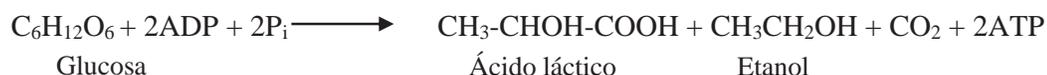
Frioni (1999) afirma que la mayoría de las bacterias ácido lácticas obtienen energía sólo del metabolismo de carbohidratos y por lo tanto usualmente están restringidas a hábitats en los cuales existen azúcares. Además, sus requerimientos también incluyen necesariamente aminoácidos, vitaminas, purinas y pirimidinas. Es importante considerar que además de la exigencia nutricional, las bacterias ácido lácticas requieren condiciones óptimas de temperatura para su correcto crecimiento (Guerra *et al.*, 2001 citado por Parra 2010). Por ello se recomienda el uso de melaza de caña por su riqueza en carbohidratos (Ramírez, 2005).

#### a. Clasificación según los productos metabólicos

Según el tipo y cantidad de productos metabólicos, las bacterias ácido lácticas pueden ser homofermentativas, cuando sintetizan ácido láctico hasta en un 95%. La estequiometría de la fermentación homoláctica es (Sanz, 1976):



Las bacterias ácido lácticas del tipo heterofermentativa, además del ácido láctico sintetizan alcohol etílico, glicerina, H<sup>+</sup>, acetaldehído y CO<sub>2</sub> en proporciones equimolares (Madigan *et al.*, 2004). En éste caso se emplea la vía de las pentosas fosfato también denominada ruta dependiente fosfocetolasa (Figura 10), porque siguen la ruta de la pentosas fosfato al carecer de la enzima aldolasa. Como consecuencia producen solamente 50% de ácido láctico (Garassini, 1958). La estequiometría de la fermentación heteroláctica es la siguiente (Sanz, 1976):



Existen también algunas especies del género *Lactobacillus* que son heterofermentativas facultativas, que a condiciones aeróbicas o anaeróbicas se comportan como homofermentativas y que en condiciones aeróbicas producen ácido láctico, ácido acético y peróxido de hidrógeno (Estela *et al.*, 2007). Según qué microorganismo lo realice, el producto de la fermentación puede ser ácido D (-) láctico, ácido L(+) láctico o bien ácido DL-Láctico (Sanz, 1976), como se aprecia en el Cuadro 10. El ácido láctico está conformado por los grupos funcionales alcohol y carboxilo conformando un carbono asimétrico que le confiere su actividad óptica (García *et al.*, 2010 citado por Buchelli 2014).

**Cuadro 10: Géneros de bacterias ácido lácticas y sus productos**

Género (subgénero)	Tipo de fermentación	Productos principales (proporción molar)	Configuración del lactato
<i>Streptococcus</i>	Homofermentativa	Lactato	L(+)
<i>Pediococcus</i>	Homofermentativa	Lactato	DL, L(+)
<i>Lactobacillus</i>	Homofermentativa	Lactato	
<i>Thermobacterium</i>	Homofermentativa	Lactato	D (-), L(+), DL
<i>Streptobacterium</i>	Homofermentativa	Lactato	D (-), L(+), DL
	Heterofermentativa	Lactato: acetato (1:1)	D (-), L(+), DL
<i>Betabacterium</i>	Heterofermentativa	Lactato: acetato : CO <sub>2</sub> (1:1:1)	DL
<i>Leuconostoc</i>	Heterofermentativa	Lactato: acetato : CO <sub>2</sub> (1:1:1)	D(-)
<i>Bifidobacterium</i>	Heterofermentativa	Lactato: acetato (2:3)	L(+)

\*L: Levógiro y D: Dextrógiro, según el tipo de isomería óptica

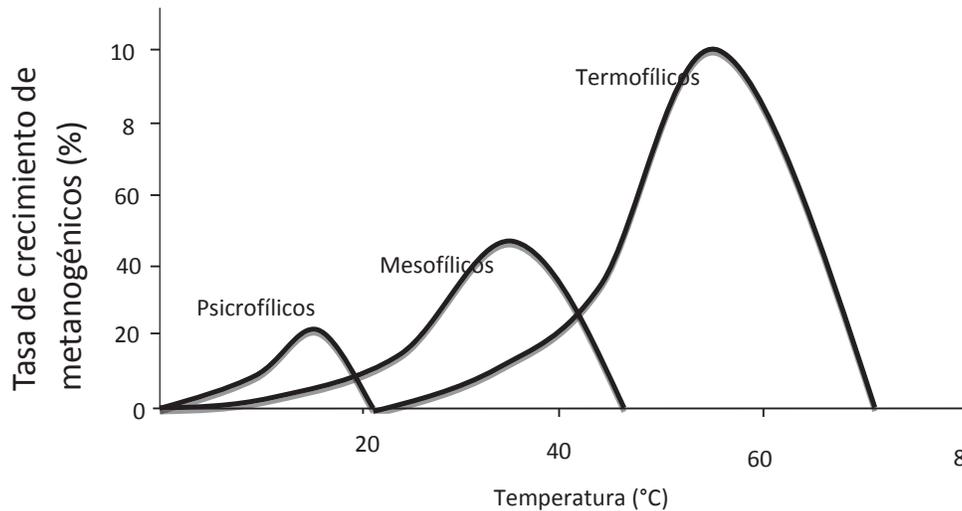
**FUENTE:** Kandler (1983)

## b. Clasificación según la temperatura ideal

La temperatura ideal es un factor fundamental porque influye en la velocidad de la digestión anaerobia, así como en el crecimiento bacteriano (Martí, 2006). Según esto, los *Lactobacillus* se clasifican en mesófilos y termófilos.

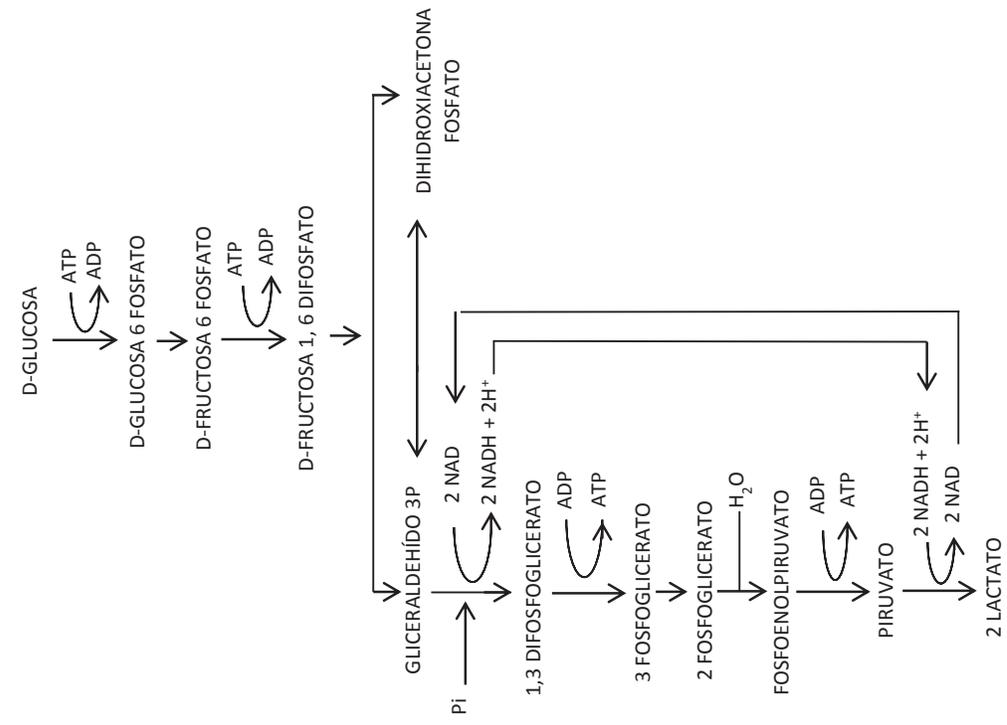
La temperatura ideal de los *Lactobacillus* mesófilos está entre 20-25°C (Garassini, 1958) y entre las especies que las representan están: *Lactococcus lactis subs. lactis*, *Lactococcus lactis subs. cremoris*, *lactococcus lactis biovariedad diacetylactis*, *Leuconostoc mesenteroides subs. cremoris*, entre otros (Garassini, 1958).

Por otra parte, la temperatura ideal de los termófilos está entre 40-50°C y las especies que representan son (Blanco *et al.*, 2006): *Lactobacillus delbruekii subsp. bulgaricus*, *Lactobacillus lactis*, *Lactobacillus helveticus*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus plantarum*, *Streptococcus salivarius subsp.thermophilus* (Garassini, 1958).

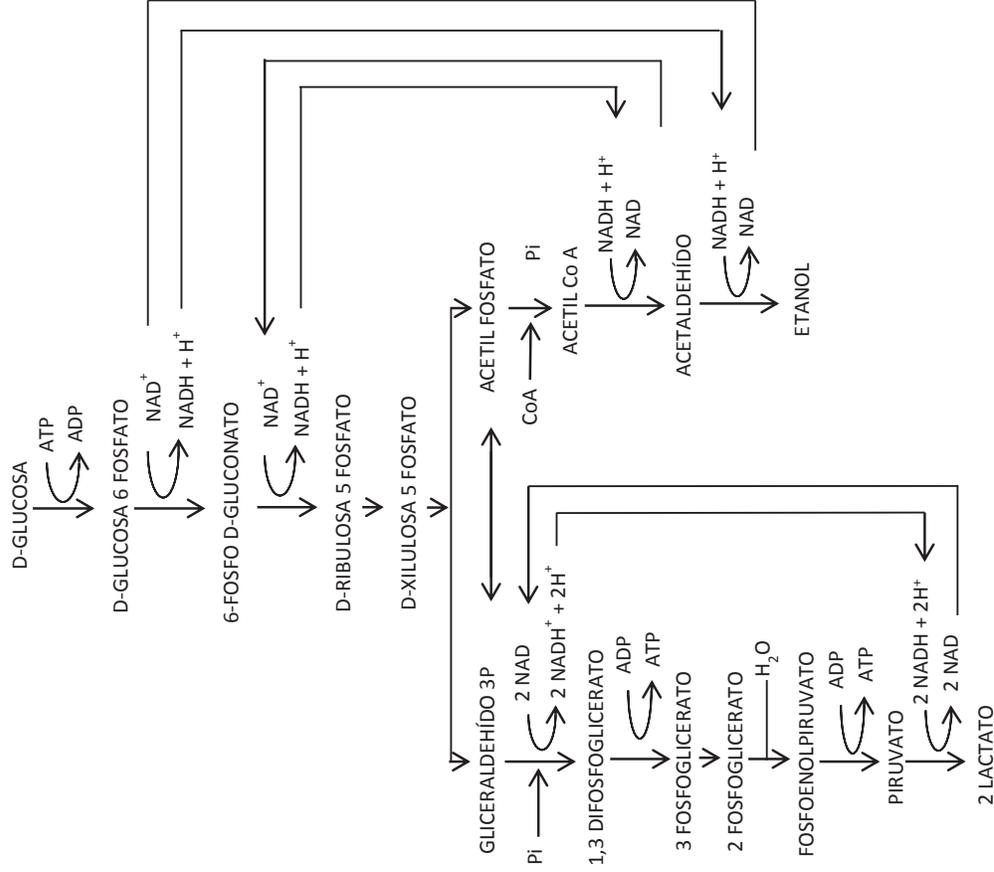


**Figura 8:** Rangos de temperatura crítica en microorganismos anaerobios (Martí, 2006)

Las variaciones bruscas de temperatura en el digestor pueden provocar la desestabilización del proceso, por ello se recomienda un sistema adecuado de agitación y controlador de temperatura (Martí, 2006). Al mismo tiempo se deberá tener en cuenta que al no generar calor el proceso la temperatura deberá ser lograda y mantenida mediante energía exterior (Hilbert, 2006 citado por Carhuancho 2012).



**Figura 9:** Fermentación homoláctica (Axelson, 1993)

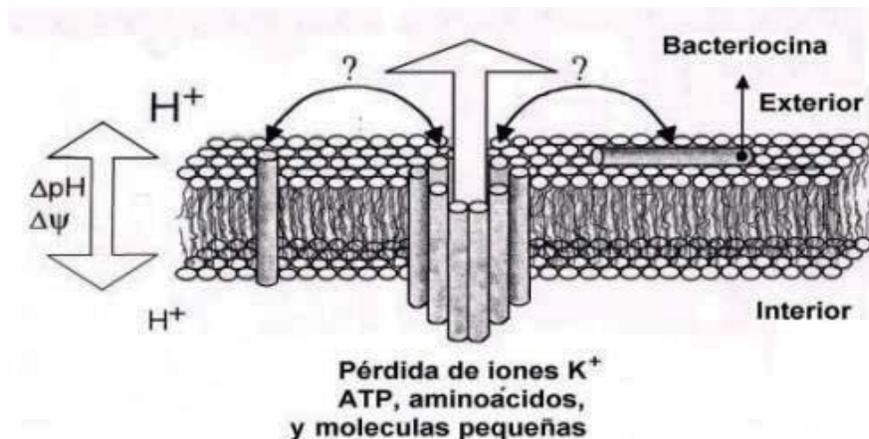


**Figura 10:** Fermentación heteroláctica (Axelson, 1993)

### c. Mecanismo de acción

Las bacterias ácido lácticas compiten por los nutrientes mediante la síntesis de ácidos orgánicos (láctico y acético), los cuales se disocian en el citoplasma de las células competidoras, desestabilizando sus componentes estructurales y funcionales como proteínas y otros componentes estructurales y funcionales (Axelson, 1993). Las bacterias ácido lácticas pueden desarrollarse a valores de pH relativamente bajos, ya que poseen un sistema de transporte simultáneo de ácido láctico y protones al exterior celular (Mora y García, 2007). Incluso algunas especies pueden crecer a pH de 2.0. La resistencia a pH muy ácidos les permite seguir creciendo durante las fermentaciones lácticas naturales, mientras que otras bacterias lácticas ya no pueden crecer (Madigan *et al.*, 2004).

Otro mecanismo de acción de las bacterias ácido lácticas es la síntesis de péptidos antimicrobianos denominados bacteriocinas (Martin, 2002), lo cual provoca la pérdida de  $K^+$ , ATP, y en algunos casos aminoácidos y moléculas pequeñas en las bacterias competidoras, originando una pérdida del potencial de membrana, consumo de las reservas energéticas celulares, descenso de la síntesis de ADN, ARN y proteínas, provocando finalmente la muerte celular (Bruno y Montville, 1993 citados por Martin 2002).



**Figura 11:** Modelo general del mecanismo de acción de bacteriocinas (McAULIFFE *et al.*, 2001 citado por Martin 2002)

Dentro del grupo de bacterias sensibles a las bacteriocinas se incluyen patógenos como *Clostridium botulinum*, *Staphylococcus aureus* y *Listeria monocitogenes*, *E. coli* y la

*Salmonella* pero generalmente cuando la integridad de su membrana externa se ha visto comprometida, ya sea después de choque osmótico por bajo pH, detergentes o alta presión (De Vuyst y Leroy, 2007). Las bacteriocinas también actúan mediante la formación de poros en la membrana citoplasmática de células sensibles, los cuales actúan destruyendo la integridad de la membrana citoplasmática mediante la formación de poros o canales iónicos (Figura 11). Esto provoca la reducción o disipación de la fuerza motriz de la célula competidora (Martin, 2002).

La pérdida de  $K^+$ , ATP y en algunos casos aminoácidos y moléculas pequeñas, originan una pérdida del potencial de membrana, consumo de las reservas energéticas celulares, descenso de la síntesis de ADN, ARN y proteínas, originando finalmente la muerte celular (Bruno y Montville, 1993 citado por Martin 2002). Se ha demostrado también actividad contra las bacterias Gram (-) tales como *E. coli* y la *Salmonella* pero generalmente cuando la integridad de su membrana externa se ha visto comprometida, ya sea después de choque osmótico por tratamiento de pH bajo, presencia de un detergente, o tratamiento de alta presión (De Vuyst y Leroy, 2007).

## **2.5 INSUMOS UTILIZADOS EN FERMENTACIÓN HOMOLÁCTICA**

### **2.5.1 Heces de animales**

Aporta principalmente inóculos de levaduras, hongos, protozoos y bacterias comensales y patógenas característico de los mamíferos, los cuales digieren todos los elementos nutritivos del biodigestor (Restrepo, 2007). Sin embargo se caracterizan por presentar una cantidad relativamente baja en nutrientes, cuyo valor depende del tipo de animal, sistema de alimentación, sistema de crianza y el manejo (Gordón, 2013).

### **2.5.2 Biolac**

Es un producto comercial de inocuidad microbiológica, al estar compuesto por *Lactobacillus* y haber ausencia relativa de mohos, coliformes fecales y coliformes totales en su composición (Guccione, 2009), debido al pH ácido de 3.5 que ellos mismos generan y son capaces de tolerar, manteniéndose estables por periodos prolongados (Román, 2012). Su uso en

producción de biofertilizantes transforma las excretas del ganado en un producto inocuo, ya que activa y hace desarrollar la fermentación homoláctica (Román, 2012). Se utiliza además en ganadería y agricultura para la reducción de olores desagradables y como enmienda orgánica, respectivamente.

Las levaduras presentes en el Biolac realizan la fermentación de azúcares, produciendo alcohol o ácido láctico (Bylund, 2003 citado por Gordón 2013), y a pesar que se encuentran junto con las bacterias ácido lácticas, éstas no son perjudiciales (García, 2008). El Biolac también contiene bacterias mesófilas viables ( $3.3 \times 10^4$  UFC/ml) capaces de desarrollarse en ambientes a 30°C, las cuales toleran ambientes con pH ácido, a diferencia del resto de bacterias, además son mesófitas, aunque son capaces de vivir en un rango de 5°C a 45°C, generalmente su temperatura óptima es de 25°C a 35°C (Martin, 2002).

**Cuadro 11: Análisis microbiológico del Biolac**

<b>Análisis Microbiológico</b>	<b>Resultado</b>
Recuento de <i>Lactobacillus sp.</i> (UFC/ml)	$7 \times 10^7$
Recuento de levaduras (UFC/ml)	$2.5 \times 10^5$
Recuento de mohos (UFC/ ml)	<10 (Ausente)
Recuento de bacterias mesófitas viables (UFC/ml)	$3.3 \times 10^4$
Recuento de coliformes totales (NMP/ml)	<3 (Ausente)
Recuento de coliformes fecales (NMP/ml)	<3 (Ausente)

**FUENTE:** García (2008)

Cuando los microorganismos del Biolac entran en contacto con la materia orgánica secretan vitaminas, ácidos orgánicos, bacteriocinas y fundamentalmente sustancias antioxidantes (Román, 2012).

### 2.5.3 Melaza

La melaza de caña es un efluente de la industria azucarera mediante cristalización repetida final, de la cual no se puede extraer más azúcar por métodos físicos (Garassini, 1958). Resulta ser la materia prima más barata y adecuada en los países productores de azúcar (Crueger y Crueger, 1993).

En pruebas de fermentación aporta con la energía necesaria para activar el metabolismo microbiológico, para que el proceso se potencialice, además de aportar minerales y aminoácidos (Restrepo, 2007).

**Cuadro 12: Composición química de la melaza de caña**

<b>Componentes</b>	<b>Constituyentes</b>	<b>Contenido (p/p)</b>	
	Materia seca	78%	
	Proteínas	3%	
	Sacarosa	60-63% p/p	
<b>Componentes mayores</b>	Azúcares reductores	3-5% p/p	
	Azúcares disueltos	4-8 % p/p	
	Agua	16%	
	Grasas	0.40%	
	Cenizas	9%	
	<b>Minerales</b>	Calcio	0.74%
		Magnesio	0.35%
Fósforo		0.08%	
Potasio		3.67%	
<b>Aminoácidos</b>	Glicina	0.10%	
	Leucina	0.01%	
	Lisina	0.01%	
	Treonina	0.06%	
	Valina	0.02%	

\*p/p: masa de soluto/masa de una solución

**FUENTE:** Téllez (2004), citado por Fajardo y Sarmiento (2007)

#### **2.5.4 Lactosuero**

Tiene la función de reavivar el biopreparado de la misma forma que lo hace la melaza; aporta vitaminas, proteínas, grasa y aminoácidos para la formación de otros compuestos orgánicos que se generan durante el periodo de la fermentación del biofertilizante; al mismo tiempo permite la reproducción de la microbiología de la fermentación. Su contenido en *Lactobacillus*

así como de coliformes (Cuadro 13), lo constituyen un excelente medio de cultivo (Restrepo, 2001 citado por Gordón 2013).

Valencia y Ramirez (2009), estiman que a partir de 10 litros de leche de vaca se puede producir de 1 a 2 Kg de queso y un promedio de 8 a 9 kg de lactosuero, dependiendo principalmente del tipo de queso producido, de las características de la leche y de las condiciones de elaboración del queso de que proceda (proceso tecnológico).

**Cuadro 13: Composición físico-química y microbiológica del lactosuero en base fresca**

<b>Parámetro</b>	<b><math>\bar{X}</math></b>
Materia seca (%)	7.69
Cenizas (%)	0.70
Proteína (%)	0.73
Lactosa (%)	4.84
Grasa (%)	0.29
Calcio (%)	0.0095
Acidez titulable (%)	0.42
Fosfatasa alcalina (%)	57.25
pH	5.785
Densidad (g cm <sup>-3</sup> )	1.028
Coliformes (UFC ml <sup>-1</sup> )	10 <sup>5.59</sup>
Mesófilas aerobias (UFC ml <sup>-1</sup> )	10 <sup>7.6</sup>
Mohos y levaduras (UFC ml <sup>-1</sup> )	<1

**FUENTE:** Paredes *et al.* (2014)

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 LUGAR DE EJECUCIÓN

El presente estudio se realizó en el Laboratorio de Biorremediación de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Agraria La Molina, entre los meses de setiembre del 2014 y marzo del 2015; donde se elaboró un abono líquido acelerado con heces de alpaca provenientes de la SAIS Pachacútec S.A.C., ubicada en la provincia de Yauli (Región Junín) a una altitud comprendida entre los 3,800 a 5,200 msnm (Castro, 1993).

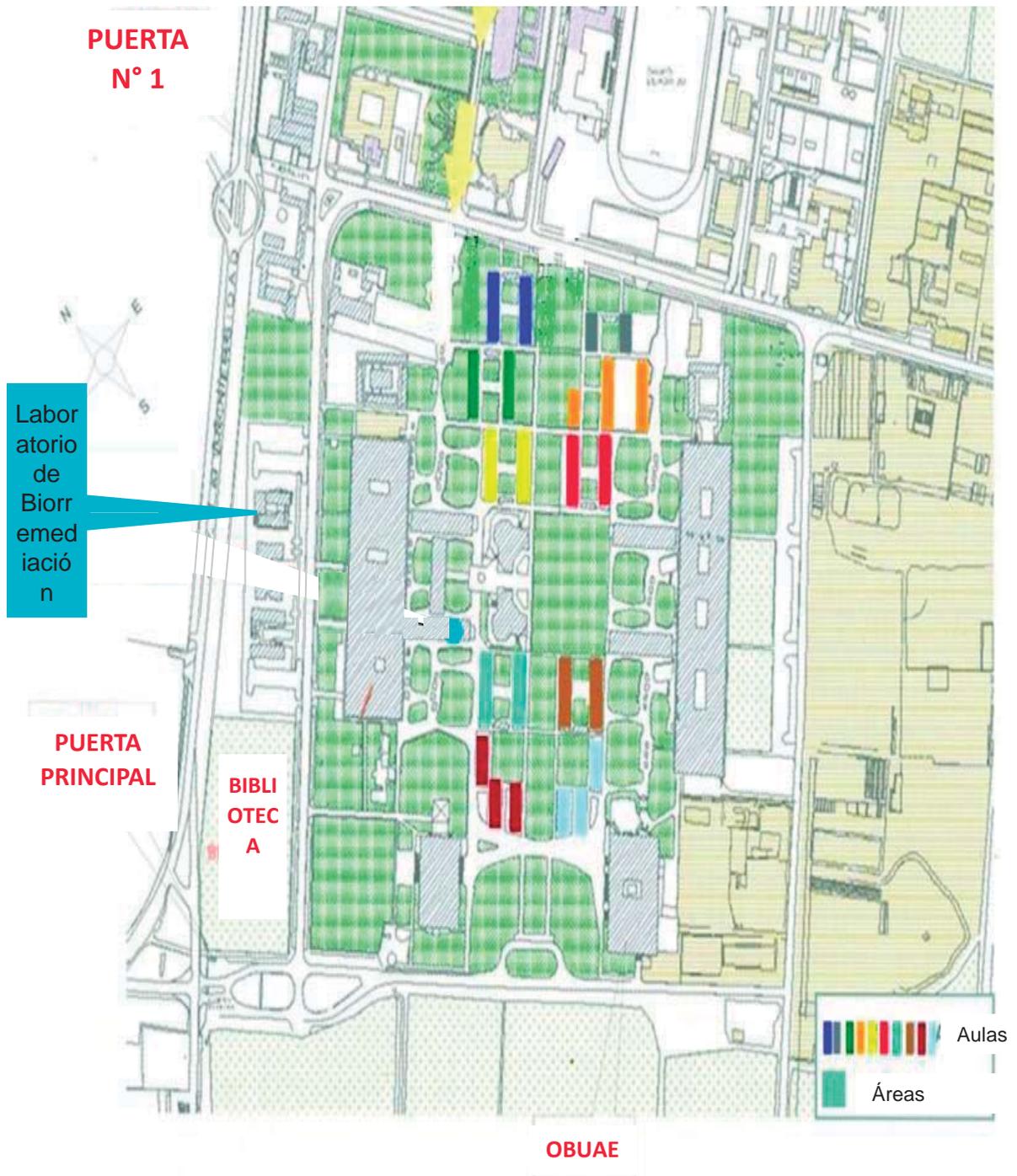
**Cuadro 14: Ubicación geográfica de la investigación**

Ubicación	SAIS Pachacútec (Junín) <sup>1</sup>	UNALM (Lima) <sup>2</sup>
Altitud	3900-5000 msnm	241 msnm
Latitud	14°07'35'' S	-12° 04' 36'' S
Longitud	70° 43' 85'' O	-78° 56' 43'' O
T° media mensual	10.85°C	14.6° C- 28.7°C
Precipitación media mensual	14 mm	13.5 mm
Humedad relativa	90%	88%

**FUENTE:** <sup>1</sup>Castro (1993); <sup>2</sup>INIA (2016)

#### 3.2 MATERIALES

En la presente investigación se utilizaron residuos pecuarios (heces de alpaca y lactosuero), un residuo agroindustrial (melaza) y un producto biotecnológico (Consorcio microbiano Biolac). Parte de los materiales y equipos de laboratorio así como de reactivos estuvieron a disposición en el laboratorio de Biorremediación mientras que los materiales complementarios fueron financiados por el Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (CONCYTEC), mediante el contrato N° 018-2013-II/FONDECYT.



**Figura 12:** Ubicación del Laboratorio de Biorremediación dentro de la UNALM

**Cuadro 15: Insumos, materiales, equipos y reactivos**

Insumos	Materiales	Equipos	Reactivos	
Heces de alpaca	2 bidones (60 L) 2 baldes (20 L)	20 placas de Petri 1 plumón indeleble	1 Potenciómetro 1 Conductímetro	Soluciones buffer de pH 7.01 y 4.01
Lactosuero bovino	75 envases (1 L) 6 frascos con tapa	25 papeles filtro Pipetas graduadas	Estufa eléctrica Autoclave	NaOH (0.1 N) Agua destilada
Melaza de caña	200 bolsas (10x15)	1 Probeta graduada	Prensa manual	Agua mineral
Biolac	10 bolsas de basura	1 piceta	Balanza analítica	Alcohol 95°
Semillas de lechuga	1 Guardapolvo Mascarillas (50 u) 200 Guantes de látex Ligas de hule (200 u) Papel toalla (5 u) 3 m de organza	1 fiola 1 bureta 4 Matraces (50 ml) 1 matraz erlemeyer 1 agitador de metal Cámara fotográfica	Balanza comercial 1 Taladro	

**FUENTE:** Elaboración propia

### 3.3 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.3.1 Fase de campo

En la fase de campo se realizaron viajes a la SAIS Pachacútec S.A.C., con la finalidad de recolectar heces de alpaca, necesarias para los ensayos de fermentación en laboratorio. La SAIS Pachacútec S.A.C. abarca 100,000 hectáreas y está integrada en la Sierra Central por 4 Unidades de Producción: Corpacancha (Unidad central), Conocancha, Santa Ana y Cuyo (Castro, 1993); siendo esta última el sector donde se concentra la mayor población alpaquera de la empresa. Según reportes recientes, la SAIS Pachacútec posee alrededor de 17,000 ejemplares (ANEXO 17). Las alpacas se manejan en manadas clasificadas por categorías, en diferentes zonas con grandes extensiones de pastizales a cargo de los pastores (Castro, 1993). Los viajes se realizaron desde el mes de setiembre hasta el mes de diciembre del 2014.

### a. Caracterización del hábitat de las alpacas de SAIS Pachacútec

Para esta finalidad, se viajó a Corpacancha (Unidad central de Producción). En primer lugar, se reafirmó los acuerdos previamente coordinados. Seguidamente, se dio una explicación a las autoridades acerca del plan de trabajo a ejecutar. Con los permisos legales y movilidad facilitada por la empresa, se enarbó hasta la Unidad de Producción Cuyo (4800 msnm), la cual consta de viviendas para los trabajadores y de las oficinas administrativas. Como las alpacas se situaban en zonas más altas (5,000-5,200 msnm), fue necesario contar con el servicio de un trabajador para el transporte en motocicleta en la madrugada del día siguiente y como guía en el recorrido.



**Figura 13:** Vista panorámica de alpacas de la SAIS Pachacútec en reposo a 5000 msnm

Las alpacas de la SAIS Pachacútec S.A.C. habitan en una vegetación típica de puna que posee una composición florística donde predominan tres gramíneas: *Festuca dolichophylla*, *Calamagrostis vicunarum* y *Mulemberghia peruviana* (Castro, 1993). Además, la evaporación en esta zona es alta debido a su situación altitudinal, lo cual le da una presión baja y ello provoca que las condiciones de humedad del suelo tiendan a ser más secas de las que corresponden a su nivel de precipitación (Castro, 1993).

Debido a la existencia de lagunas y riachuelos de curso perenne, la humedad ambiental se incrementa, favoreciendo por tanto la vigencia de la comunidad biótica (Castro, 1993). El viaje desde Cuyo se realizó el 3 de setiembre del 2014 en horas de la madrugada (4: 30 am). Al llegar a los dormitorios (6:00am), las alpacas se iban levantando y empezaban a defecar; además había cúmulos de heces de periodos anteriores (Figura 14). Las heces se distribuían a lo largo del área en montones, lo que facilitó su recolección.



**Figura 14:** Producción de heces de alpaca en áreas de reposo

En la Figura anterior se observa que las heces se producen en áreas de reposo, cuyo nombre técnico es “dormideros o reposaderos” (Vega y Torres, 2013) y además se depositan sobre una superficie con cubierta vegetal, lo que reduce el contacto con el suelo. La forma como se aglomeran las cagarrutas facilitan su recojo (cúmulos de excretas) y además, las bajas temperaturas de la zona reducen el grado de maduración de las heces. Según Castro (1993) las temperaturas de la zona varían a lo largo del año entre 8.4 a 9.8 °C.

#### **b. Recojo de las heces de alpaca**

Se realizaron 2 viajes con la finalidad de adquirir las heces de alpaca: El primero se realizó el 08 de octubre del 2014, mientras que el segundo se realizó el 18 de diciembre, adquiriéndose 5 Kg y 50 Kg de heces frescas, respectivamente. La primera cantidad recolectada sirvió para las pruebas de fermentación en la UNALM; mientras que la segunda recolección sirvió para la producción del abono líquido acelerado a una mayor escala. Se recogieron las heces

directamente del suelo, las cuales se encontraban dispersas y en abundancia, gran parte de las cuales eran recién depositadas y otra parte de días anteriores. Empleando guantes de látex, se iban almacenando en un envase de plástico hasta completar los requerimientos programados. Las heces se almacenaron en un bidón con tapa y se trasladaron inmediatamente al laboratorio de Biorremediación de la UNALM, lo cual se consiguió tras un lapso aproximado de 10 horas, donde el grado de fermentación fue ligero, lo cual no afectó el trabajo experimental, teniendo en cuenta las bajas temperaturas en las punas altoandinas que conservan las propiedades físico-químicas de la materia orgánica.

### 3.3.2. Fase experimental

Se preparó 75 biofermentos (25 tratamientos por triplicado) compuestos por heces de alpaca, lactosuero bovino, melaza de caña y Biolac en diferentes proporciones. Los tratamientos se generaron al combinarse 5 niveles de Biolac (0%, 5%, 10%, 15% y 20%) y 5 niveles de melaza de caña (0%, 5%, 10%, 15% y 20%). Tomando como base 500 g de mezcla por envase, se calcularon las cantidades fijas de Biolac y melaza y las diferencias se complementaron con heces de alpaca y lactosuero bovino en proporción 1:1.

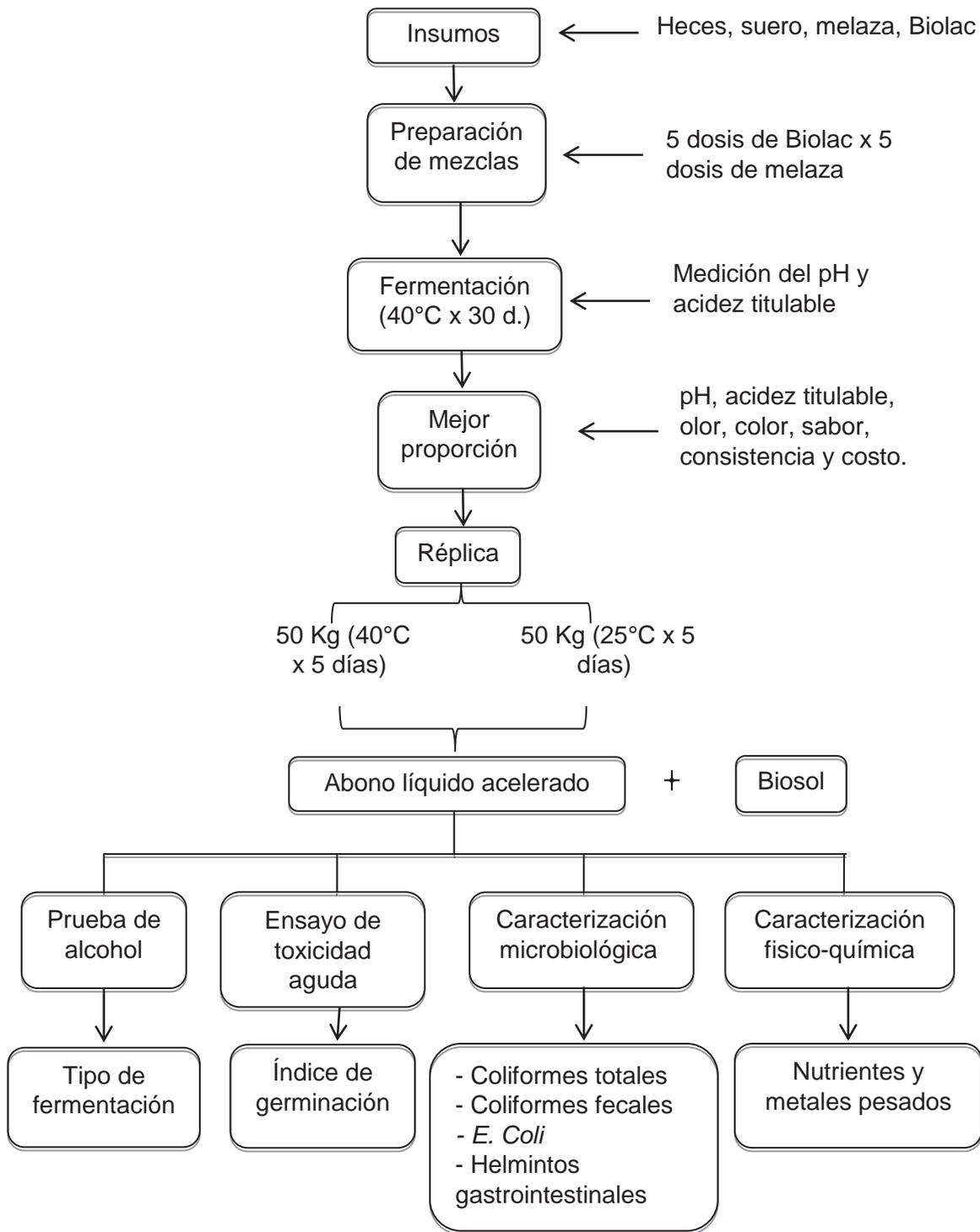
		Melaza				
		0%	5%	10%	15%	20%
Biolac	0%	3	3	3	3	3
	5%	3	3	3	3	3
	10%	3	3	3	3	3
	15%	3	3	3	3	3
	20%	3	3	3	3	3

**Figura 15:** Tratamientos 5x5 con 3 medidas por tratamiento (Elaboración propia)

**Cuadro 16: Tratamientos**

Tratamiento	Heces de alpaca		Lactosuero		Biolac		Melaza		Total (g)
	(%)	(g)	(%)	(g)	(%)	(g)	(%)	(g)	
T1 <sup>a,b</sup>	50.0	250.0	50.0	250.0	0	0	0	0	500
T2 <sup>b</sup>	47.5	237.5	47.5	237.5	0	0	5	25	500
T3 <sup>b</sup>	45.0	225.0	45.0	225.0	0	0	10	50	500
T4 <sup>b</sup>	42.5	212.5	42.5	212.5	0	0	15	75	500
T5 <sup>b</sup>	40.0	200.0	40.0	200.0	0	0	20	100	500
T6 <sup>a</sup>	47.5	237.5	47.5	237.5	5	25	0	0	500
T7	45.0	225.0	45.0	225.0	5	25	5	25	500
T8	42.5	212.5	42.5	212.5	5	25	10	50	500
T9	40.0	200.0	40.0	200.0	5	25	15	75	500
T10	37.5	187.5	37.5	187.5	5	25	20	100	500
T11 <sup>a</sup>	45.0	225.0	45.0	225.0	10	50	0	0	500
T12	42.5	212.5	42.5	212.5	10	50	5	25	500
T13	40.0	200.0	40.0	200.0	10	50	10	50	500
T14	37.5	187.5	37.5	187.5	10	50	15	75	500
T15	35.0	175.0	35.0	175.0	10	50	20	100	500
T16 <sup>a</sup>	42.5	212.5	42.5	212.5	15	75	0	0	500
T17	40.0	200.0	40.0	200.0	15	75	5	25	500
T18	37.5	187.5	37.5	187.5	15	75	10	50	500
T19	35.0	175.0	35.0	175.0	15	75	15	75	500
T20	32.5	162.5	32.5	162.5	15	75	20	100	500
T21 <sup>a</sup>	40.0	200.0	40.0	200.0	20	100	0	0	500
T22	37.5	187.5	37.5	187.5	20	100	5	25	500
T23	35.0	175.0	35.0	175.0	20	100	10	50	500
T24	32.5	162.5	32.5	162.5	20	100	15	75	500
T25	30.0	150.0	30.0	150.0	20	100	20	100	500
<b>Total (Kg)</b>	-	5.00	-	5.00	-	1.250	-	1.250	12.5

<sup>a</sup>Tratamientos sin melaza; <sup>b</sup>Tratamientos sin Biolac; <sup>a,b</sup>Testigo o control



**Figura 16:** Procedimiento experimental (Elaboración propia)

**Cuadro 17: Operacionalización de variables**

<sup>1</sup> Se combinaron los niveles de melaza y Biolac y la diferencia para 0.5 Kg se rellenó con lactosuero y heces

Hipótesis	Variables	Índice	Ítem	Indicador	Técnica	
<b>Hipótesis de investigación:</b> El abono líquido acelerado producido con heces de alpaca es de calidad nutricional e inocuidad microbiológica	<b>Independiente:</b> Heces, suero, melaza y Biolac	5 niveles de Biolac	-	0%, 5%, 10%, 15%, 20%	Volumen diferencial	
		5 niveles de melaza	-	0%, 5%, 10%, 15%, 20%		
	<b>Dependiente:</b> - Características físico-químicas Carga microbiana patógena - Eficiencia agronómica	pH	Acidez titulable (AT)	Ácido	pH<7.0	Potenciometría: Lectura directa
				Neutro	pH=7.0	
				Básico	pH>7.0	
				Alta	AT>3.0%	
		Propiedades organolépticas	Deseables	Indeseables	Color: Marrón brillante	Titulación de ácidos
					Sabor: agrí dulce	
					Olor: Aromático	
					Consistencia: Viscosa	
Composición química	Nutrientes	Alto	Mayor al estándar	Análisis de laboratorio: Comparaciones		
			Bajo		Inferior al estándar	
Carga microbiológica indeseable	Metales pesados	Bajos niveles	Inferiores a los LMP	Análisis de laboratorio: Comparaciones		
			Altos niveles		Superiores a los LMP	
Eficiencia agronómica	Tipo de fermentación	Homoláctica	Ausente	<3 NMP/g	Análisis de laboratorio: Comparaciones	
			Existente	>3 NMP/g		
			Alta	IG>80%		
			Media	50%<IG<80%		
Homoláctica	Heteroláctica	Baja	IG<50%	Diluciones logarítmicas		
			Grado de alcohol=0°		Análisis de laboratorio	
					Grado de alcohol>0°	

**FUENTE:** Elaboración propia

### a. Diseño experimental

Se utilizó un diseño completo al azar con arreglo factorial 5 x 5, con 25 tratamientos y 3 repeticiones, ya que hubo el interés de estudiar el efecto individual y combinado del Biolac y la melaza de caña sobre el pH al quinto día de fermentación (tiempo óptimo de cosecha para biofertilizante acelerados). El modelo aditivo lineal para éste diseño es (Weimer, 2009):

$$\gamma_{ijk} = \mu + \alpha_i + \gamma_j + (\alpha\gamma)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

$$i = 1, 2, 3, \dots, a; j = 1, 2, 3, \dots, b; k = 1, 2, \dots, n$$

#### Donde:

$\gamma_{ijk}$ : Variable respuesta del i-ésimo nivel de Biolac y el j-ésimo nivel de melaza

$\mu$ : Efecto verdadero medio

$\alpha_i$ : Efecto verdadero del i-ésimo nivel de Biolac

$\gamma_j$ : Efecto verdadero del j-ésimo nivel de melaza

$(\alpha\gamma)_{ij}$ : Efecto de la interacción del Biolac y la melaza

$\varepsilon_{ijk}$ : Efecto del error experimental

**Cuadro 18: Análisis de varianza del diseño completo al azar con arreglo factorial**

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F <sub>cal</sub>
Tratamientos	ab-1	SC <sub>TR</sub>	CM <sub>T</sub> = SC <sub>TR</sub>	F= CM <sub>TR</sub> /CM <sub>E</sub>
Factor A	a-1	SC <sub>A</sub>	CM <sub>A</sub> = SS <sub>A</sub> /(a-1)	F= CM <sub>A</sub> /CM <sub>E</sub>
Factor B	b-1	SC <sub>B</sub>	CM <sub>B</sub> = SS <sub>B</sub> /(b-1)	F= CM <sub>B</sub> /CM <sub>E</sub>
Interacción AxB	(a-1)(b-1)	SC <sub>AB</sub>	CM <sub>AB</sub> = SS <sub>AB</sub> /(a-1)(b-1)	F= CM <sub>AB</sub> /CM <sub>E</sub>
Error	ab(r-1)	SC <sub>E</sub>	CM <sub>E</sub> = SS <sub>E</sub> /ab(r-1)	
<b>Total</b>	<b>rab-1</b>	<b>SC<sub>total</sub></b>		

FUENTE: Weimer (2009)

#### Factores en estudio

Al considerar 2 factores en la etapa experimental (Biolac y melaza) surgieron las siguientes interrogantes de investigación, así como sus posibles explicaciones:

**Cuadro 19: Preguntas e hipótesis de investigación**

<b>Preguntas</b>	<b>Hipótesis nula (H<sub>0</sub>)*</b>	<b>Hipótesis alterna (H<sub>1</sub>)*</b>
¿Hay un efecto del tratamiento en el pH al día 5 debido a la interacción melaza x Biolac?	La melaza y Biolac no interactúan para afectar el pH al día 5	La melaza y Biolac interactúan para afectar el pH al día 5
¿Hay un efecto del tratamiento en el pH al día 5 debido al Biolac?	Los niveles de Biolac son iguales.	Al menos dos medias de los niveles de Biolac difieren.
¿Hay un efecto del tratamiento en el pH al día 5 debido a la melaza?	Los niveles de melaza son iguales	Al menos dos medias de los niveles de melaza difieren

\*H<sub>0</sub>:  $\tau_1 = \tau_2 = \tau_3 = \tau_4 = \tau_5$ ; H<sub>1</sub>: Al menos el efecto de un tratamiento es diferente de los demás

**FUENTE:** Elaboración propia

### **Análisis de datos y elección del mejor tratamiento**

A los 75 biofermentos (25 tratamientos por triplicado) se les midió el pH por 5 días consecutivos y luego cada 5 días hasta el llegar al treintavo día. Los valores promedio de pH al quinto día se analizaron mediante la aplicación del *software* SAS versión 8, utilizando el procedimiento (PROC) GLM. Primero se realizó un análisis de varianza al modelo expandido del diseño completo al azar con arreglo factorial 5 x 5 (ANEXO 6), y seguidamente un contraste de medias con la prueba múltiple de Tukey ( $p < 0.05$ ).

A partir de los resultados, se eligieron los 4 tratamientos con menor valor de pH (mayor acidez). Al treintavo día se realizó el análisis de varianza y el contraste de medias sólo a los 4 tratamientos elegidos para las variables pH y acidez titulable. Para la elección del mejor tratamiento se consideró además el factor de costos de los insumos, dándose prioridad a los que tenían el menor nivel de Biolac en su composición, ya que es el insumo más caro y menos accesible.

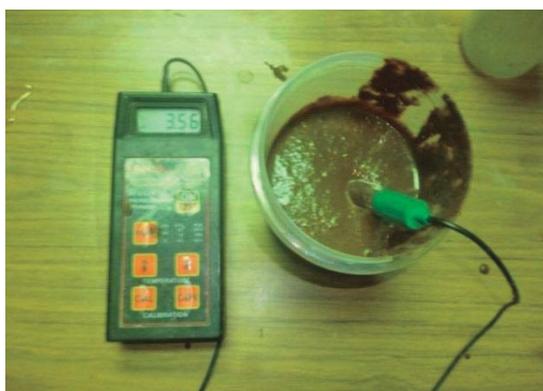
#### **b. Producción de abono líquido acelerado**

Se utilizó 5 Kg de heces de alpaca, 5 Kg de lactosuero bovino, 1.25 Kg de melaza de caña y 1.25 Kg de Biolac para la preparación de los biofermentos (Cuadro 17). El lactosuero bovino y melaza de caña, se adquirieron del establo lechero de la UNALM; mientras que el Biolac fue

proporcionado en el Laboratorio de Biorremediación de la UNALM. A medida que se preparaban los biofermentos, los envases eran cubiertos con bolsas de plástico, para generar un ambiente anaerobio. Seguidamente, los envases se taparon y llevaron a una estufa a 40°C. Los envases eran abiertos sólo durante la medición diaria del pH, luego del cual eran tapados nuevamente e incubados.

### Medición del pH y acidez titulable

Para la medición del pH se empleó un potenciómetro electrónico previamente calibrado con soluciones buffer de pH 7.0 y 4.0 en primer y segundo orden, respectivamente. La medición del pH se realizó mediante inmersión directa sobre la muestra homogeneizada.



**Figura 17:** Medición del pH de los biofermentos

La acidez titulable se determinó mediante el método potenciométrico establecido por la AOAC (1990). Se diluyó 1 g de muestra en 50 ml de agua destilada, y agregó 0.3 ml de fenolftaleína en un matraz de Erlenmeyer para luego titular con NaOH al 0.1 N, haciendo gotear sobre la muestra diluida, hasta que el potenciómetro marque un pH de  $8.1 \pm 0.2$ . Los gastos de NaOH se reemplazaron en la siguiente fórmula (AOAC, 1990):

$$\text{Acidez titulable (\%)} = \frac{G \times N \times f \times 100}{m}$$

**Donde:**

G= Gasto del NaOH en la titulación (ml)

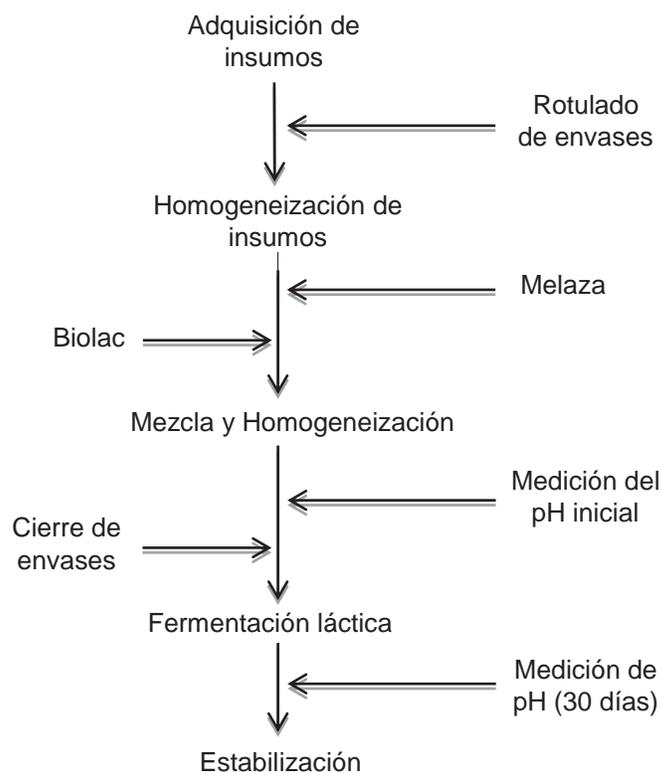
N= Normalidad del NaOH

m= Masa de la muestra diluida (g)

f= Factor de conversión para el ácido láctico equivalente a 0.09

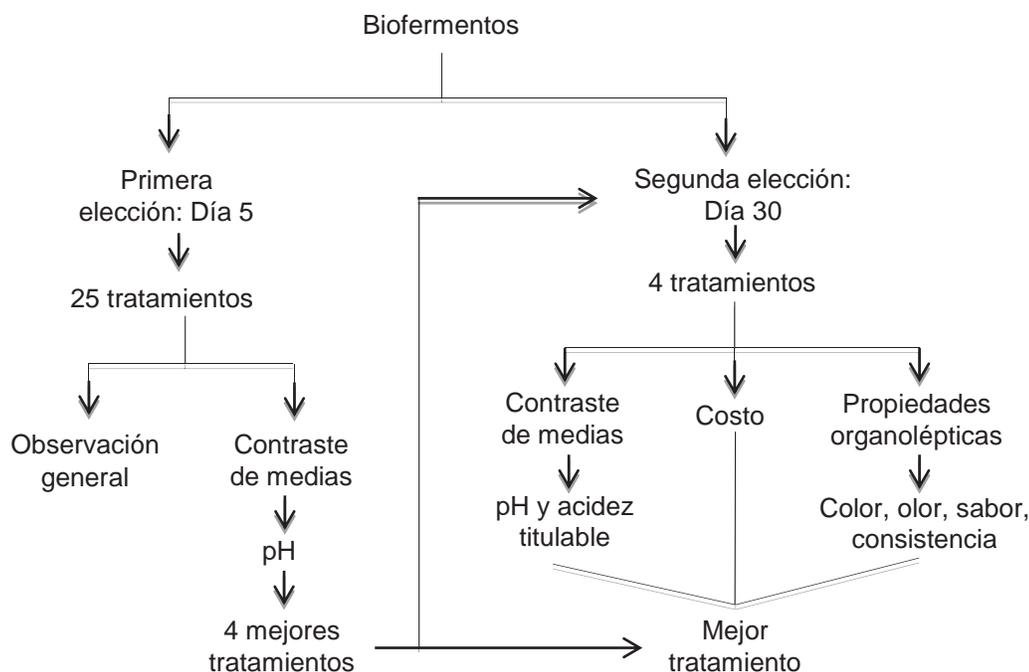
## Cosecha del biofermento

La cosecha del biofermento (posterior al treintavo día) consistió en la extracción del efluente líquido (abono líquido acelerado), quedando un residuo sólido (biosol). El proceso de extracción consistió en verter los 3 envases (3 repeticiones) del mejor tratamiento en una tela especial (organza), para filtrar el componente líquido. Se utilizó para ello una prensa manual, donde el extracto líquido caía en una botella acoplada. En éste proceso se consideró la asepsia de los materiales y utensilios utilizados, para evitar una contaminación cruzada, según la recomendación de Gordón (2013). Los demás tratamientos se desecharon. Por motivos prácticos se denominó al efluente líquido “Alpa-biol”



**Figura 18:** Preparación de los tratamientos y su fermentación láctica (Elaboración propia)

La diferencia de pesos entre los bioabonos cosechados y el biofermento inicial es equivalente a la merma experimental. Los abonos líquido y sólido obtenidos se pesaron en una balanza de aproximación al gramo, para establecer sus rendimientos (ANEXO 9).



**Figura 19:** Elección del mejor tratamiento (Elaboración propia)

### 3.3.3. Producción de abono líquido a escala piloto

Se preparó 100 Kg del mejor tratamiento, donde la mitad pasó a un bidón sometido a temperatura ambiental (25°C dentro del laboratorio) y el restante a otro bidón incubado en estufa a 40°C. Se midió el pH y acidez titulable de ambos envases por 5 días consecutivos luego del cual se realizó la cosecha. Con ello fue posible obtener mayores volúmenes de biofertilizante necesarios para enviar muestras de 1 Kg a los laboratorios para sus análisis de caracterización (Cuadro 20).

#### a. Producción de 100 Kg de biofermento

##### Preparación

Sé mezcló 40 Kg de heces de alpaca, nuevamente adquirido de SAIS Pachacútec S.A.C. (Segundo viaje), con 40 litros de lactosuero bovino adquirido del establo Heidy, ubicado en el distrito de Puente Piedra (Lima). Luego se completó la mezcla con 5 Kg de Biolac y 15 Kg de melaza. Se homogeneizó con un taladro mecánico acoplado al porta-cuchillas de una licuadora industrial y se agitó con un tubo de plástico (Figura 20). Desde el primer momento de la

mezcla se empezó a notar la intensidad de fermentación en las burbujas que se intensificaban en la superficie del recipiente. De los 100 Kg de mezcla, la mitad pasó a un bidón que se mantuvo a temperatura ambiente y el otro permaneció en incubación a 40°C, ambos forrados con bolsa de plástico y cerrados herméticamente.



**Figura 20:** Homogeneización del biofermento

### **Cosecha y rendimiento de bioabonos**

La separación de la parte líquida y sólida del biofermento se realizó mediante prensado mecánico. Para efectuar éste proceso, se iban vaciando cantidades de 1 litro de biofermento a la organza que forraba internamente un cilindro de plástico con agujeros. La tela se amarraba completamente entre cada llenado, y se presionaba con las manos hasta que se filtrara la mayor cantidad de líquido posible. La parte líquida iba cayendo en un balde de 20 litros de capacidad, y la parte sólida se acumulaba en un costal. Los bioabonos (abono líquido acelerado y biosol) se pesaron en una balanza comercial y se registraron los valores.

Posterior a la extracción del abono líquido, se sacó 3 muestras de 100 ml del abono líquido en una pipeta y se vertían en una probeta hasta un volumen de 100 ml, los cuales se pesaron en una balanza analítica. La densidad se calculó mediante la división entre el peso de la muestra con los 100 ml de muestra constante.

También se llevó a la estufa una muestra de 1 Kg de biosol fresco, por un periodo de 24 horas a 100°C. Después de éste periodo se volvió a pesar el biosol seco (ANEXO 9). El porcentaje de humedad se calculó con la siguiente fórmula:

$$\text{Humedad (\%)} = \frac{(\text{Peso}_{\text{inicial}} - \text{Peso}_{\text{final}}) \times 100}{\text{Peso}_{\text{inicial}}}$$

### **b. Evaluación de la calidad nutricional del Alpa-biol**

Se envió 1 litro de Alpa-biol al Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Fertilizantes (LASPAF) de la Facultad de Agronomía de la UNALM, donde se le realizó una caracterización de caracteres físico-químicos, nutricional (N, P, K, CaO, MgO, Na, Fe, Cu, Zn, Mn, B) y análisis de metales pesados (Pb, Cd y Cr).

Se comparó la composición nutricional del Alpa-biol con 2 grupos de biofertilizantes no estandarizados (promedio nutricional de 13 bioles y el promedio nutricional de 8 biofertilizantes acelerados) y 2 estándares, uno basado en abonos foliares comerciales y el otro fue un biofertilizante acelerado con calificaciones específicas de su composición físico-química (Alto, moderado o bajo).

Algunos cálculos derivados de la caracterización físico-química fueron:

#### **Cálculo del carbono orgánico**

Según los resultados del contenido del Alpa-biol analizado en el Laboratorio de suelos, agua y fertilizantes (LASPAF), se calculó la concentración de carbono mediante la siguiente fórmula (Jackson, 1964 citado por Román 2012):

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

#### **Cálculo de la relación Carbono/ Nitrógeno**

La relación C/N del abono líquido se calculó mediante la división entre el carbono total y el nitrógeno total, cuyos valores también fueron obtenidos del análisis de caracterización físico-química.

$$\text{C: N} = \frac{\text{C}_{\text{muestra}}}{\text{N}_{\text{muestra}}}$$

**Cuadro 20: Tipos de análisis de laboratorio efectuados a los bioabonos**

Abono	Parámetros		Técnica
Análisis físico-químico <sup>1</sup>	Características físico-químicas	pH, C.E., materia orgánica disuelta	Potenciometría, conductimetría, Walkley y Black o dicromato de potasio, respectivamente
	Macro-nutrientes	N, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Kjeldahl, amarillo de vanadato molibdato, respectivamente
		K <sub>2</sub> O, CaO, MgO, Na	Espectrometría de absorción atómica
	Micro-nutrientes	Fe, Cu, Zn, Mn	
			B
Metales pesados	Cr, Pb, Cd	Espectrometría de absorción atómica	
Análisis microbiano <sup>2</sup>	Bacterias	Coliformes totales, coliformes fecales, <i>E. coli</i> , <i>Lactobacillus</i>	International Commission on Microbiological Specifications for Foods ICMSF (1983)
	Hongos	Mohos y levaduras	
	Parásitos	Helmintos gastrointestinales	Técnica de Mc Master y Sedimentación para descarte de helmintos gastrointestinales
Análisis químico <sup>4</sup>	Grado alcohólico a 20/20°C (%)		AOAC International Official Methods of Analysis 19 <sup>th</sup> Edition, 2012. 930.35Q

**FUENTE:** <sup>1</sup>Laboratorio de análisis de suelos, aguas y fertilizantes, UNALM (2014); <sup>2</sup>Laboratorio de ecología microbiana Marino Tabuso (2014); <sup>3</sup>Laboratorio parasitológico de la facultad de zootecnia-UNALM (2014); Laboratorio de servicio de análisis químicos (LASAQ)-UNALM (2014)

### c. Evaluación de la carga microbológica del Alpa-biol

Los parámetros, métodos y lugar de ejecución para el análisis microbiano se muestran en el Cuadro 20. Los parámetros microbiológicos cuantitativos se compararon con parámetros de calidad microbiológica establecidos por la legislación nacional e internacional, para determinar sus ventajas o desventajas de uso en la agricultura.

#### **d. Evaluación de características organolépticas**

Se caracterizó el olor, sabor y consistencia del Alpa-biol tras la cosecha, considerando el siguiente criterio:

- Un olor fétido es indicativo de la carga microbiana patógena como el caso de los Coliformes, *Salmonella*, *Yersinia*, *Staphilococcus*, etc. que afectan el proceso fermentativo. Por el contrario, olores agradables y aromáticos son indicativos de la alta concentración de ácidos orgánicos, y de aromatizantes sintetizados por las bacterias lácticas (Robalino, 2013).
- El color y el sabor son indicativos de la composición nutricional de un biofertilizante. De este modo, un biofertilizante de sabor agridulce se asocian con una alta concentración de ácido láctico. Así también muestras oscuras retienen más radiación solar, controlando la termorregulación y la eficiencia fotosintética en las plantas cuando se aplica vía foliar o radicular (Soto Meléndez, 2004). La consistencia indica el grado de digestión de la materia orgánica, relacionado a la cantidad de sólidos, densidad y rendimiento en bioabonos líquido y sólido.

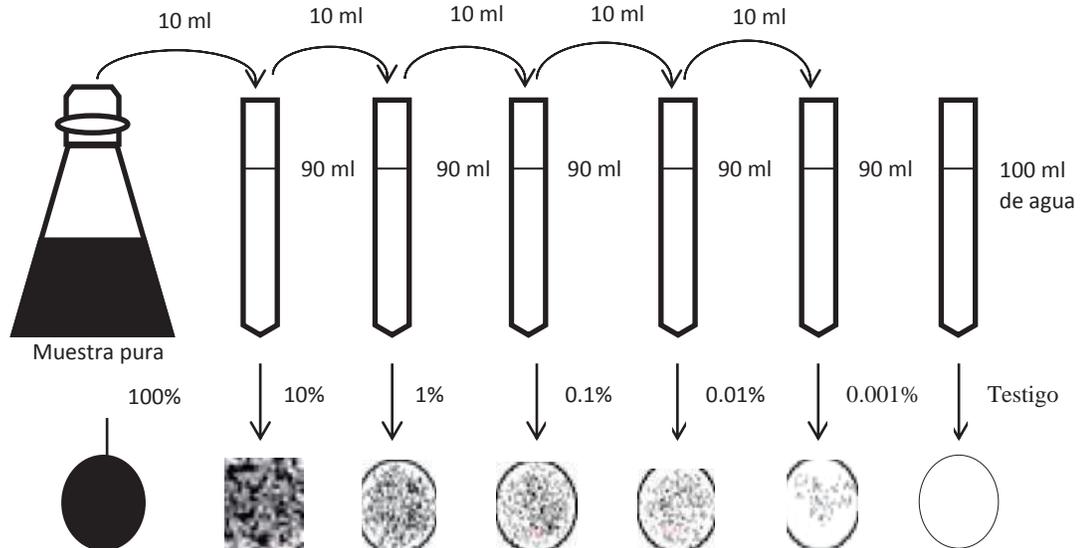
#### **e. Evaluación de la eficiencia agronómica**

A fin de determinar la dosis del Alpa-biol en la que no se ve afectada la germinación, se realizó un ensayo de toxicidad aguda, el cual es un método estandarizado para evaluar los riesgos ecológicos producidos por contaminantes desconocidos y su concentración letal media ( $CL_{50}$ ) (Bowers *et al.*, citado por Sobrero y Ronco 2004). Se utilizaron semillas de lechuga (*Lactuca sativa L.*) obtenidas del Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral de la UNALM. Debido a la alta sensibilidad frente a contaminantes tóxicos, por su rápida germinación, y los costos asociados a materiales y equipos que se requieren es posible desarrollar la prueba en pocos días (Solano, 2007).

#### **Procedimiento**

Se realizaron diluciones logarítmicas del Alpa-biol, ya que permiten establecer el intervalo de concentración conveniente para obtener valores del efecto de sustancias desconocidas entre el

100% del inóculo (abono líquido puro) y el testigo (0%), necesarios para calcular la concentración letal media (Sobrero y Ronco, 2004). En 6 probetas graduadas, se diluyeron en agua destilada diferentes concentraciones del Alpa-biol recién cosechado: 0.001%, 0.01%, 0.1%, 1%, 10%, 100% y un testigo utilizando la técnica de diluciones consecutivas.



**Figura 21:** Diluciones del abono líquido acelerado

Se diluyó 10 ml del abono líquido puro en 90 ml de agua pura, y de la nueva dilución se volvió a sacar 10 ml para diluir en 90 ml de agua pura en la siguiente probeta, y así sucesivamente hasta completar todos los 6 grados de dilución, hasta la dosis 0.001%



**Figura 22:** Diluciones del abono líquido acelerado

## Medición de la conductividad eléctrica

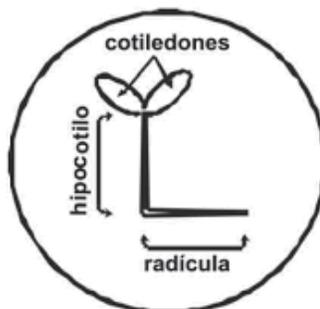
Mediante conductimetría, se determinó el grado de salinidad del Alpa-biol. Para efectuar la medición, se introdujo el electrodo del conductímetro en la parte líquida de las muestras, mediante lectura directa en el equipo. Previo a la medición, el conductímetro fue calibrado con una buffer de solución salina patrón de 1433 uS/m.



**Figura 23:** Medición de la conductividad eléctrica de las muestras

## Cálculo del índice de germinación

Pasado las 120 horas de siembra, se destaparon las placas de Petri, se contabilizó la cantidad de semillas germinadas y se midieron sobre papel milimetrado las longitudes de radícula de las semillas. La medida de la radícula se consideró desde el nudo hasta el ápice radicular, tal como se aprecia en la siguiente figura (Sobrero y Ronco, 2004).



**Figura 24:** Morfología de la plántula de lechuga en crecimiento (*Lactuca sativa L.*)  
(Sobrero y Ronco, 2004)

Los promedios de semillas germinadas y crecimiento de radícula de las plántulas de cada tratamiento se reemplazaron en las siguientes ecuaciones (Varnero *et al.*, 2007):

$$\text{PGR (\%)} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de semillas germinadas en la dilución} \times 100}{\text{N}^\circ \text{ de semillas germinadas en el testigo}}$$

$$\text{CRR (\%)} = \frac{\text{Elongación media de la radícula en la dilución} \times 100}{\text{Elongación media de la radícula en el testigo}}$$

$$\text{IG (\%)} = \frac{\text{PGR} \times \text{CRR}}{100}$$

**Donde:**

**PGR:** Germinación Relativo (%)

**CGR:** Crecimiento de radícula relativo (%)

**IG:** Índice de germinación (%)

La interpretación de los resultados de los índices de germinación se realizó en base a los criterios establecidos por Zucconi *et al.* (1981), citado por Varnero *et al.* (2007):

- Valores iguales o mayores al 80% indican que no hay sustancias fitotóxicas o están presentes en muy baja concentración.
- Valores entre 50% y 80% indican la presencia de estas sustancias fitotóxicas.
- Valores iguales o menores a 50% indican una fuerte presencia de sustancias fitotóxicas.

#### **h. Determinación del tipo de fermentación**

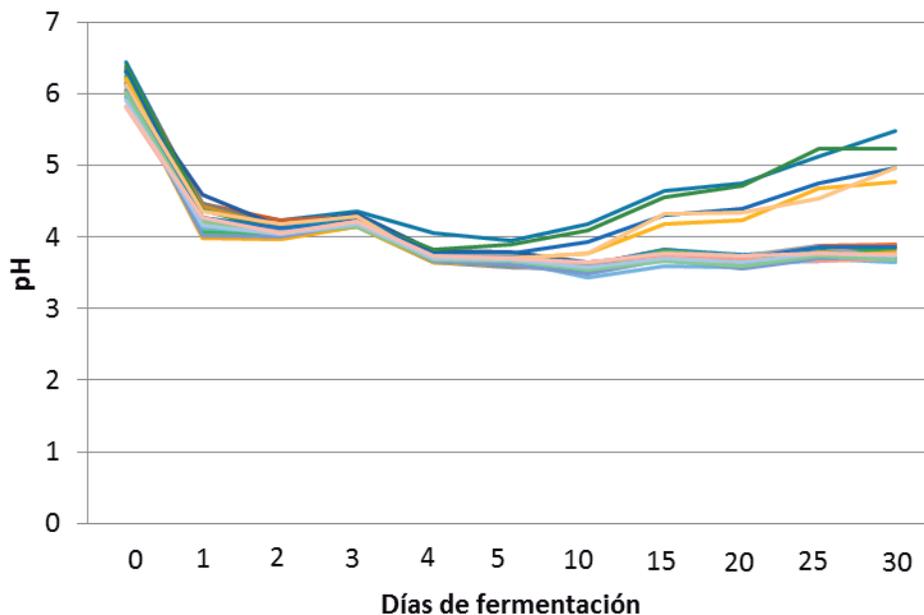
Se envió una muestra de 100 ml de Alpa-biol al laboratorio de servicio de análisis químicos (LASAQ), ubicado en la Facultad de Ciencias de la UNALM, en el cual se determinó el grado de alcohol existente. La existencia o no de alcohol determinó por descarte si la fermentación fue del tipo homoláctica o heteroláctica.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 DETERMINACIÓN DEL MEJOR TRATAMIENTO

#### 4.1.1 Evaluación del pH y acidez titulable de los tratamientos

El pH de todos los tratamientos descendió drásticamente hasta valores inferiores a 4.0 (Cuadro 21) desde el primer día de fermentación, debido a la acción de las bacterias ácido lácticas, las cuales empezaron a degradar inmediatamente la materia orgánica al contar con 3 elementos importantes: Un medio anaeróbico, un sustrato adecuado (melaza) y las cepas de *Lactobacillus* (Betancourt *et al.*, 2005 citado por Cornejo 2011). Resultados similares fueron obtenidos por Román (2012), Buchelli (2014), Noa (2013), Peralta (2010), Medina (2013) y Cornejo (2014), quienes reportaron un descenso drástico de los valores de pH desde el primer día de fermentación. Al respecto, García (2008) menciona que el periodo de incubación necesario para producir un crecimiento adecuado de las bacterias ácido lácticas es de 48 horas, en el cual se consigue un descenso de pH hasta valores cercanos a 4.0.



**Figura 25:** Variación del pH de los tratamientos

**Cuadro 21: Valores promedio de pH de los tratamientos (biofermentos)**

Tratamientos			Valores de pH										
N <sup>o</sup>	Biolac (%)	Melaza (%)	Día 0	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 10	Día 15	Día 20	Día 25	Día 30
1 <sup>a,b</sup>	0	0	6.45	4.42	4.24	4.36	4.06	3.95 <sup>a</sup>	4.18	4.64	4.76	5.12	5.48
2 <sup>a</sup>	0	5	6.35	4.47	4.23	4.29	3.76	3.78 <sup>abc</sup>	3.61	3.82	3.74	3.80	3.90
3 <sup>a</sup>	0	10	6.31	4.46	4.17	4.20	3.71	3.69 <sup>cd</sup>	3.55	3.72	3.64	3.78	3.71
4 <sup>a</sup>	0	15	6.22	4.44	4.13	4.26	3.74	3.75 <sup>bcd</sup>	3.57	3.70	3.59	3.78	3.70
5 <sup>a</sup>	0	20	6.15	4.60	4.15	4.32	3.80	3.79 <sup>abc</sup>	3.65	3.76	3.69	3.73	3.72
6 <sup>b</sup>	5	0	6.40	4.38	4.10	4.24	3.83	3.90 <sup>ab</sup>	4.10	4.55	4.71	5.24	5.24
7	5	5	6.32	4.20	4.13	4.29	3.74	3.70 <sup>cd</sup>	3.62	3.82	3.76	3.81	3.88
8	5	10	6.22	4.15	4.00	4.16	3.67	3.66 <sup>cd</sup>	3.55	3.75	3.69	3.88	3.90
9	5	15	6.16	4.06	4.01	4.15	3.65	3.57 <sup>d</sup>	3.55	3.72	3.67	3.74	3.70
10	5	20	6.05	3.98	3.97	4.15	3.65	3.62 <sup>cd</sup>	3.53	3.72	3.66	3.79	3.80
11 <sup>b</sup>	10	0	6.32	4.26	4.07	4.23	3.77	3.77 <sup>abc</sup>	3.93	4.31	4.39	4.76	4.97
12	10	5	6.25	4.13	4.02	4.20	3.72	3.65 <sup>cd</sup>	3.58	3.80	3.73	3.77	3.84
13	10	10	6.13	4.16	4.06	4.20	3.70	3.68 <sup>cd</sup>	3.51	3.74	3.65	3.66	3.75
14	10	15	6.00	4.22	4.07	4.20	3.72	3.71 <sup>bcd</sup>	3.56	3.76	3.68	3.73	3.67
15	10	20	5.95	4.28	4.07	4.22	3.74	3.74 <sup>bcd</sup>	3.61	3.79	3.73	3.88	3.69
16 <sup>b</sup>	15	0	6.21	4.18	4.03	4.19	3.69	3.71 <sup>bcd</sup>	3.78	4.19	4.24	4.68	4.77
17	15	5	6.12	4.27	4.13	4.18	3.66	3.62 <sup>cd</sup>	3.56	3.76	3.71	3.86	3.87
18	15	10	6.05	4.07	4.02	4.19	3.70	3.67 <sup>cd</sup>	3.54	3.79	3.71	3.73	3.66
19	15	15	5.96	4.13	4.06	4.20	3.68	3.67 <sup>cd</sup>	3.44	3.60	3.57	3.71	3.65
20	15	20	5.83	4.21	4.04	4.22	3.72	3.65 <sup>cd</sup>	3.65	3.74	3.71	3.67	3.70
21 <sup>b</sup>	20	0	6.13	4.36	4.18	4.29	3.66	3.70 <sup>cd</sup>	3.78	4.32	4.34	4.54	4.97
22	20	5	6.06	4.03	4.01	4.18	3.67	3.62 <sup>cd</sup>	3.48	3.68	3.56	3.70	3.72
23	20	10	6.01	4.22	4.05	4.15	3.68	3.67 <sup>cd</sup>	3.54	3.66	3.59	3.73	3.69
24	20	15	5.91	4.17	4.04	4.18	3.71	3.68 <sup>cd</sup>	3.58	3.70	3.64	3.78	3.73
25	20	20	5.82	4.28	4.06	4.22	3.74	3.70 <sup>cd</sup>	3.64	3.78	3.73	3.77	3.75

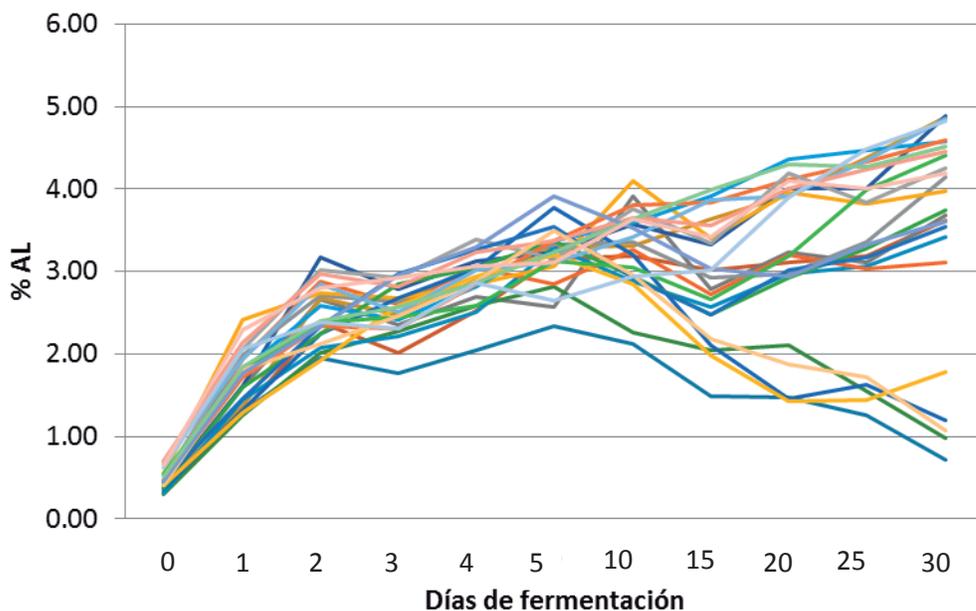
**Nota:** Distintas letras en la misma columna, difieren estadísticamente, según la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ )

<sup>a</sup>Tratamientos sin Biolac; <sup>b</sup>Tratamientos sin melaza; <sup>a,b</sup>Tratamiento carente de Biolac y melaza

**Cuadro 22: Valores promedio de acidez titulable de los tratamientos**

N°	Tratamientos		Acidez titulable (%)										
	Biolac (%)	Melaza (%)	Día 0	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 10	Día 15	Día 20	Día 25	Día 30
1	0	0	0.33	1.31	1.95	1.76	2.04	2.33	2.12	1.49	1.47	1.26	0.68
2	0	5	0.32	1.28	2.39	2.01	2.52	3.19	3.18	3.02	3.11	3.19	3.62
3	0	10	0.37	1.60	2.66	2.36	2.70	2.63	3.92	2.78	3.24	3.11	3.70
4	0	15	0.40	1.36	2.67	2.47	2.89	3.32	3.31	3.64	3.93	4.37	4.93
5	0	20	0.41	1.61	3.17	2.78	3.12	3.27	3.58	3.33	4.01	4.00	4.88
6	5	0	0.30	1.26	2.02	2.27	2.58	2.85	2.26	2.04	2.10	1.55	1.01
7	5	5	0.32	1.44	2.08	2.21	2.51	2.62	2.88	2.57	2.97	3.07	3.42
8	5	10	0.46	1.93	2.88	2.60	3.05	2.82	3.26	2.73	3.20	3.03	3.11
9	5	15	0.42	1.98	2.71	2.63	3.06	3.33	3.35	2.92	2.97	3.36	4.18
10	5	20	0.54	2.42	2.74	2.67	2.84	3.07	4.10	3.41	3.96	3.82	3.98
11	10	0	0.36	1.32	2.24	2.67	3.03	2.70	3.20	2.10	1.45	1.62	1.22
12	10	5	0.38	1.60	2.24	2.85	3.05	3.38	2.94	2.47	2.92	3.28	3.71
13	10	10	0.41	1.80	2.58	2.42	2.82	3.38	3.59	3.92	4.36	4.47	4.64
14	10	15	0.45	1.72	2.34	2.31	2.84	3.38	3.80	3.84	4.11	4.33	4.59
15	10	20	0.47	2.06	3.01	2.93	3.39	3.15	3.76	3.34	4.19	3.84	4.26
16	15	0	0.41	1.28	1.92	2.58	2.94	2.47	2.84	1.98	1.43	1.44	1.78
17	15	5	0.45	1.46	2.33	2.97	3.27	2.55	2.92	2.47	3.02	3.17	3.54
18	15	10	0.54	1.79	2.39	2.44	2.58	3.12	3.05	2.66	3.19	3.99	4.38
19	15	15	0.68	1.94	2.84	2.51	3.01	3.14	3.42	3.87	3.92	4.35	4.85
20	15	20	0.70	2.13	2.97	2.82	3.23	3.44	3.65	3.56	4.01	4.23	4.56
21	20	0	0.41	1.81	2.12	2.46	2.88	3.50	2.95	2.18	1.87	1.72	1.07
22	20	5	0.46	1.77	2.34	2.95	3.30	3.95	3.53	3.03	2.94	3.33	3.63
23	20	10	0.51	1.85	2.40	2.57	2.86	3.23	3.64	3.99	4.30	4.27	4.53
24	20	15	0.62	2.06	2.39	2.30	2.87	2.47	2.94	3.02	3.90	4.48	4.84
25	20	20	0.66	2.29	2.80	2.93	3.07	3.08	3.63	3.42	4.10	4.01	4.16

\* Distintas letras en la misma columna, difieren estadísticamente, según la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ).



**Figura 26:** Variación de la acidez titulable de los tratamientos

Como todas las muestras contenían al menos estiércol de alpaca y lactosuero bovino, los sustratos de la materia orgánica (azúcares, materia orgánica, minerales, microorganismos) en medio líquido activaron instantáneamente la fermentación, ya que se observó el burbujeo en los envases con biofermentos, lo cual indicó la actividad microbiana interna; con el notable descenso del pH que se observa en las figuras 25 y 26. Según Peralta (2010), el Biolac es un reavivador y un activador de la fermentación láctica. Al respecto, Román (2012) afirma que con la adición de Biolac (acelerador fermentativo) la fermentación se intensifica a tal grado de alcanzar una predominancia de *Lactobacillus* al quinto día de fermentación, con un pH generalmente con un pH inferior a 4 (altamente ácido), resultado de la alta concentración de ácidos orgánicos.

Al tener todos los tratamientos un pH ácido durante este periodo se asumió que la producción de gases como el amoníaco y sulfuro de hidrógeno se vio disminuida tal y como lo manifiestan Barrington y García (1995) citado por Cornejo (2011), quienes indican que al haber demasiada acidez o alcalinidad se inhibe la enzima ureasa, por lo tanto no se formó amoníaco. Los *Lactobacillus* al ser resistentes a las condiciones ácidas les permitió crecer y prevalecer en el sistema anaerobio, mientras que otras bacterias ya no pudieron (Madigan *et al.*, 2004).

Sin embargo, desde el quinto día de fermentación, los 5 tratamientos que carecían de melaza (T1, T6, T11, T16 y T21) empezaron a reducir su grado de acidez con la consiguiente elevación de la curva de pH (Gráfica 1), alcanzando valores de pH comprendidos entre 4.77 a 5.48 al treintavo día. Esto se debió a que los *Lactobacillus* presentes en las heces (ANEXO 10), el lactosuero bovino y el Biolac (Cuadro 11), consumieron la fuente inicial de carbono (melaza) y luego no tuvieron el sustrato necesario para producir más ácido láctico (Holguín *et al.*, 2009). En cambio, los 20 tratamientos restantes aún mantuvieron su pH inferior a 4.0 hasta el treintavo día, ya que si contenían algo de melaza (Cuadro 16).

También se observó al quinto día, que los tratamientos carentes de Biolac (T1, T2, T3, T4 y T5) a pesar de mantener un pH inferior a 4.0, presentaron un olor fétido, lo cual se explica por la predominancia de las bacterias indeseables como *E. coli* y los *Staphylococcus* que se caracterizan por la producción de aminas biógenas como histaminas, putrescinas, cadaverinas, etc. (Serna y Rodríguez, 2005). Debido a la ausencia de Biolac, la baja carga de *Lactobacillus* es insuficiente para prevalecer en la fermentación (Román, 2012).

Al respecto, García (2008) señala que ante la ausencia de bacterias ácido lácticas, además de un pH inicial mayor a 5 y temperatura de incubación de 40°C, el desarrollo de flora microbiana no deseada se ve favorecido, debido a que no hay producción de ácido láctico. El pH inferior a 4.0 en estos tratamientos se explica porque las excretas de alpaca presentaban bacterias lácticas ( $99 \times 10^4$  UFC/g). Resultados similares fueron reportados por Medina (2013), Noa (2013), Román (2012) Peralta (2010) y Buchelli (2014).

Como era de esperarse, el tratamiento control (0% Biolac y 0% melaza) presentó los mayores valores de pH (menor acidez) al día 5 y 30 (pH=3.95 y 5.48 respectivamente) y además presentaba olor desagradable, ya que sólo se compuso de 250 gramos de lactosuero y 250 gramos de heces de alpaca.

A pesar de que el lactosuero bovino y las heces de alpaca aportaron *Lactobacillus*, sus cantidades no fueron suficientes para prevalecer en el medio anaeróbico. En consecuencia las bacterias enteropatógenas (característico de los mamíferos) presentes en las heces de alpaca fueron prevaleciendo hasta colonizar completamente el sistema anaerobio, provocando el olor fétido y el mayor valor de pH.

Un inconveniente ocurrido al segundo día de fermentación fue la invasión de levaduras en todas las muestras, lo cual tuvo su explicación en el ingreso de aire a los envases durante la medición del pH y acidez titulable. Frente a ello, se homogeneizó bien todas los biofermentos y al cabo de 2 días todas las muestras restauraron su condición (Figura 28). Según Frioni (1999), las levaduras abundan en medios ricos en materia orgánica poco descompuesta y son capaces de desarrollarse en medios anaerobios cuando realizan fermentación.

**Figura 27:** Muestra afectada por mohos



**Figura 28:** Recuperación de la muestra



Según Román (2012), el ácido láctico secretado por las bacterias ácido lácticas homofermentadoras predomina en el ambiente anaerobio y a pesar de la presencia de mohos y levaduras, estas no son perjudiciales. En este caso el ácido láctico tuvo un efecto destabilizador sobre las levaduras, teniendo en cuenta que la formación de éste ácido llega hasta niveles del 95% (Garassini, 1958).

#### **4.1.2 Elección del mejor tratamiento al quinto día**

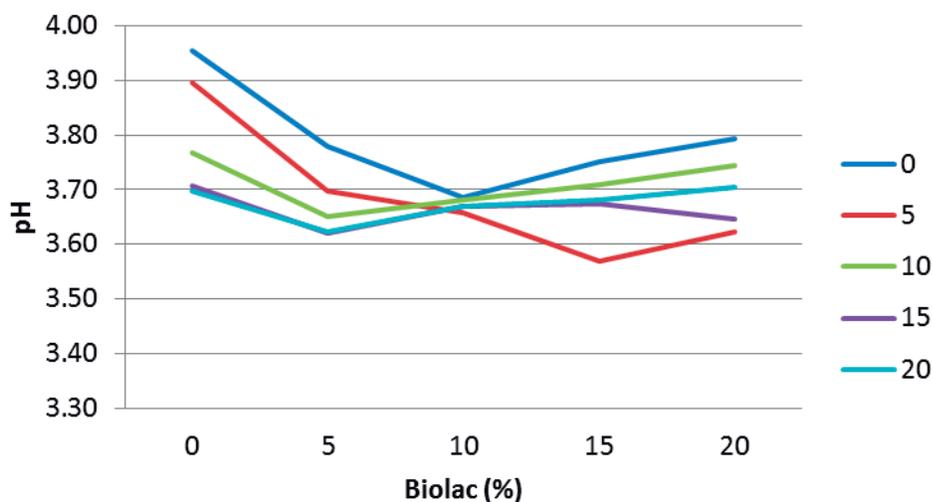
El contraste de medias realizado con la prueba múltiple de Tukey ( $p < 0.05$ ) indicó que al quinto día no hubo un tratamiento o grupo reducido de ellos que difieran significativamente del resto de tratamientos en cuanto a pH (Cuadro 22). Esto sucedió debido a la gran cantidad de tratamientos influenciados por la baja variabilidad del pH, ya que se utilizó un potenciómetro electrónico de alta precisión. De los 25 tratamientos el T9 (5% de Biolac, 15% melaza), T10 (5% Biolac, 20% melaza), T17 (15% Biolac, 5% melaza) y T22 (20% Biolac, 5% melaza) presentaron la mayor acidez al quinto día, los cuales además presentaron olor

agradable, altamente aromático. Por ello se los consideró como los mejores tratamientos en esta primera fase de evaluación, ya que el pH bajo es un factor físico-químico que inhibe a las bacterias patógenas y está ligado a caracteres físico-químicos y organolépticas deseables (Parra, 2010).

**Cuadro 23: Análisis de varianza de los tratamientos**

Fuentes de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F <sub>cal</sub>	F <sub>tab</sub>	Pr >F	Sig.
<b>Tratamiento</b>	24	0.5156	0.0215	5.84	1.99	<0.0001	**
<b>Melaza</b>	4	0.1892	0.0473	12.87	2.56	<0.0001	**
<b>Biolac</b>	4	0.1594	0.0399	10.84	2.56	<0.0001	**
<b>Melaza * Biolac</b>	16	0.1669	0.0104	2.84	1.81	0.0025	**
<b>Error</b>	50	0.1838	0.0037				
<b>Total</b>	74	0.6994	0.0095				

Los resultados del análisis de varianza del modelo expandido (Cuadro 23), indicaron que el valor del pH de los biofermentos al quinto día de fermentación se redujo en forma significativa debido al efecto combinado de la melaza y del Biolac (Gráfica 2).



**Figura 29:** Interacción entre el Biolac y la melaza

Este hecho se debe a que la melaza es la fuente azúcares para alimentar a las bacterias ácido lácticas aportados por el Biolac, las cuales a su vez son las que metabolizan la materia orgánica hasta convertirla en ácidos orgánicos (Román, 2012).

Con respecto a las diferencias de niveles dentro de los factores (melaza y Biolac), el nivel 0% para ambos casos es el que difiere significativamente respecto a los demás niveles (5%, 10%, 15% y 20%), los cuales a su vez son similares estadísticamente (Cuadro 24). Con esto se llegó a 2 conclusiones: i) No se puede obtener un biofermento con características físico-químicas ni organolépticas adecuadas con insumos carentes de melaza, Biolac o ambos y ii) que el tratamiento a elegir debe contener el menor nivel posible de melaza y Biolac, ya que ambos insumos limitan la elaboración de biofertilizantes, más aun en zonas altoandinas donde se hace menos accesible.

**Cuadro 24: Contraste de medias para los niveles de Biolac y melaza**

Factor	Niveles	N° de mediciones	$\bar{X}$	Agrupación de tukey
<b>Biolac</b> (%)	0	15	3.7927	a
	10	15	3.7100	b
	5	15	3.6887	b
	20	15	3.6747	b
	15	15	3.6633	b
<b>Melaza</b> (%)	0	15	3.8040	a
	20	15	3.7020	b
	15	15	3.6767	b
	5	15	3.6740	b
	10	15	3.6727	b

\* Distintas letras en la misma columna, difieren estadísticamente, según la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ )

#### 4.1.3 Determinación del mejor tratamiento al treintavo día

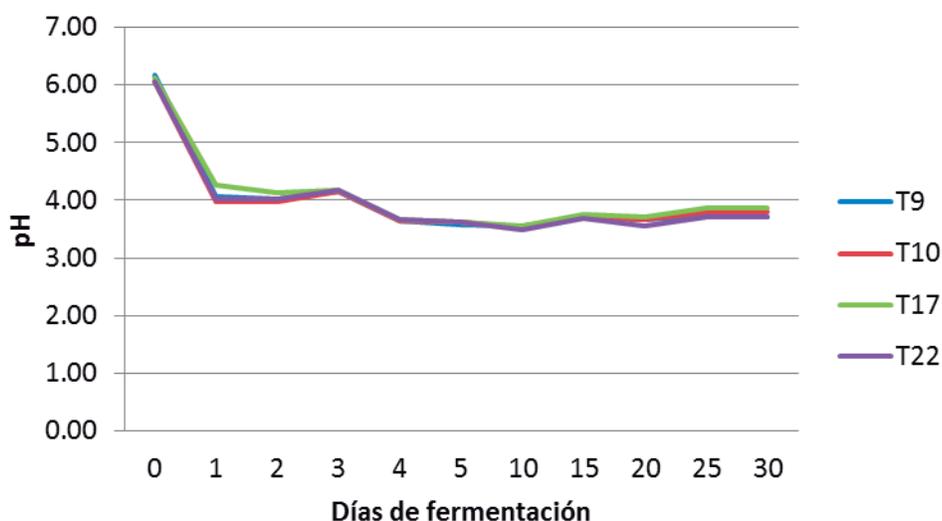
Finalizado las mediciones del pH de los biofermentos (día 30) se realizó un análisis de varianza y un contraste de medias a los 4 tratamientos elegidos al quinto día de fermentación (T9, T10, T17 y T22). Los resultados se muestran en el Cuadro 25.

**Cuadro 25: Determinación del mejor tratamiento**

Evaluación	Valor de pH		Acidez láctica (%)	
	Día 5	Día 30	Día 5	Día 30
T9 (5%B, 15%M)	3.5700	3.7033 <sup>b</sup>	3.33	4.18 <sup>a</sup>
T10 (5%B, 20%M)	3.6233	3.7967 <sup>ab</sup>	3.07	3.98 <sup>b</sup>
T17 (15%B, 5%M)	3.6200	3.8700 <sup>a</sup>	3.55	3.54 <sup>c</sup>
T22 (20%B, 5%B)	3.6233	3.7167 <sup>b</sup>	3.95	3.63 <sup>c</sup>

<sup>a,b,c</sup>Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

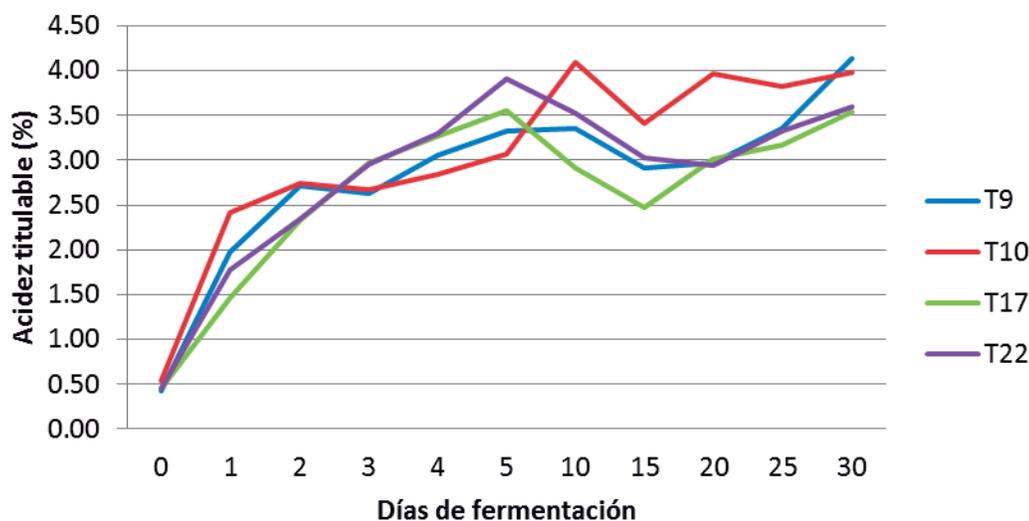
El Cuadro 25 indicó que el tratamiento menos eficiente en cuanto a pH es el T17, ya que difiere significativamente de los otros 3 tratamientos en el grado de acidez al día 30 (pH=3.87); además los 2 mejores tratamientos al treintavo día eran el T9 y el T10, ya que ambos tenían 5% de Biolac, a comparación de los tratamientos T17 y T22 con 15% y 20% de Biolac, respectivamente. Sin embargo el T10 es el menos eficiente en cuanto a acidez titulable.



**Figura 30:** Variación del pH de los 4 mejores tratamientos

Como se observa en la figuras 30 y 31, la variación del pH es menor respecto a la variación de la acidez titulable en los 30 días de fermentación, ya que en el primer caso la medición es más precisa y rápida. De los 4 mejores tratamientos, el T9 mostró el menor valor de pH (pH=3.57)

al día 5; sin embargo, su nivel de acidez titulable fue superado por el T22 y T17 (Cuadro 21). Esto, según García *et al.* (2004) puede deberse a que en una fermentación láctica además de la presencia de ácido láctico también hay ácido acético pero en menores cantidades. Al treintavo día el T9 mantuvo el menor valor de pH al (pH=3.70) y alcanzó el mayor valor en acidez titulable de 4.18% ( $p < 0.001$ ).



**Figura 31:** Variación de la acidez titulable de los 4 mejores tratamientos

Por todo lo anterior, se eligió como mejor tratamiento al T9 ya que contenía menor melaza a comparación del T10 (15% vs.20%) y llegó a alcanzar el mayor grado de acidez al treintavo día (pH=3.70; acidez titulable=4.18%). A pesar que hubo tratamientos con menor pH y acidez titulable al treintavo día (Cuadro 21), algunos de ellos presentaban olores desagradables y otros tenían elevado % de Biolac, lo cual no justificaba acomplejar el protocolo de selección.

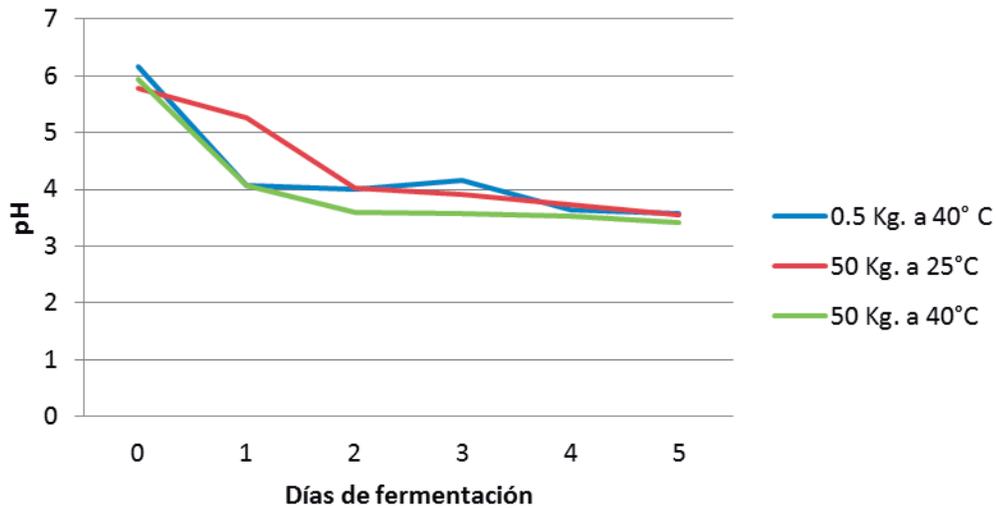
#### **a. Propiedades organolépticas**

Los 4 mejores tratamientos (T9, T10, T17 y T22) al día 30 presentaron un color marrón brillante (Figuras 34 y 35), un olor agradable a azúcar fermentada, una consistencia semilíquida, suave, cremosa y con sabor agrídulce, los cuales son caracteres que resultan de la elevada acidez del biofermento, debido a los ácidos orgánicos producidos por las bacterias ácido laticas las cuales también producen aromatizantes (Parra, 2010).

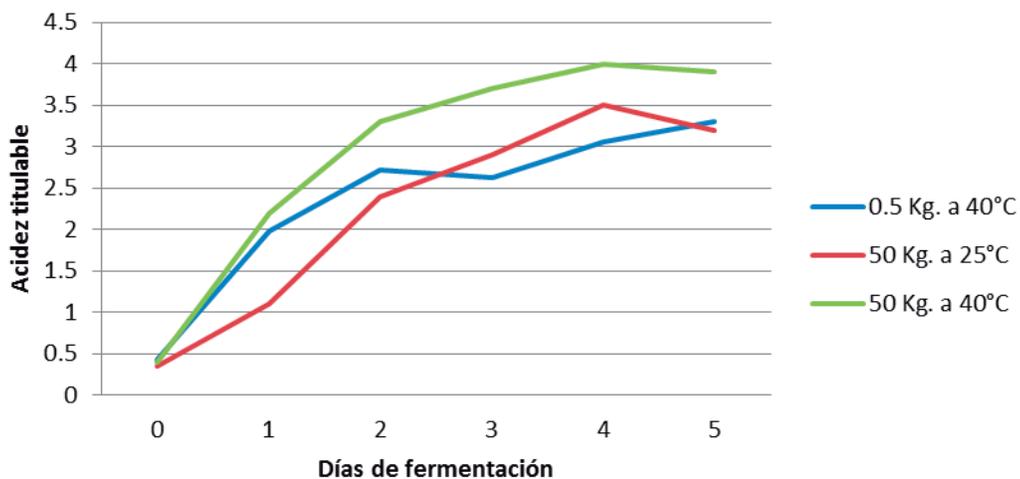
## 4.2 PRODUCCIÓN DE ABONO LÍQUIDO ACELERADO A ESCALA PILOTO

### 4.2.1 variación del pH y acidez titulable a escala piloto

La variación del pH en la escala piloto (100 Kg del mejor tratamiento) fue acorde con lo esperado. El pH de los biofermentos sometidos a diferentes temperaturas disminuyó durante los 5 días de fermentación hasta valores por debajo de 4.0 (Cuadro 26), igual a lo sucedido con el mejor tratamiento de menor escala (Gráfico 3).



**Figura 32:** Variación del pH entre la escala piloto y la escala laboratorio



**Figura 33:** Variación de la acidez titulable entre la escala piloto y laboratorio

**Cuadro 26:** Valores de pH y acidez titulable en diferentes escalas y temperaturas

Parámetro	Día 0	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	
pH	0.5 Kg a 40°C	6.16	4.06	4.01	4.15	3.65	3.57
	50 Kg a 40°C	5.94	4.07	3.6	3.58	3.53	3.42
	5. Kg a 25°C	5.79	5.27	4.02	3.91	3.72	3.55
Acidez titulable (%)	0.5 Kg a 40°C	0.42	1.98	2.71	2.63	3.06	3.3
	50 Kg a 40°C	0.40	2.2	3.3	3.7	4.0	3.9
	50 Kg a 25°C	0.35	1.1	2.4	2.9	3.5	3.2

Resultados similares fueron obtenidos por Buchelli (2014), quien preparó 1000 L de biofertilizante acelerado con estiércol de vacuno en base a su mejor tratamiento de la escala laboratorio (0.5 Kg) y obtuvo una variación semejante del pH en ambas escalas de producción de biofermento.

Con respecto al factor temperatura, Garassini (1958), Parra (2010) y Gordón (2013) coinciden en mencionar que existen géneros de bacterias ácido lácticas del tipo mesófilas cuyo rango óptimo de temperatura oscila entre 20-30°C. Por tanto, los resultados encontrados favorecen la generalización de la presente biotecnología a condiciones de campo donde se tiene como factor limitante la energía térmica.

#### **4.2.2 Evaluación de los caracteres organolépticos**

Los caracteres organolépticos evaluados fueron: Olor, color, sabor y consistencia.

El color del Alpa-biol fue marrón translúcido (Figura 35). Soto y Meléndez (2004) afirman que los biofertilizantes orgánicos mientras más oscuros sean, absorben mejor la radiación solar y los nutrientes que se aplican vía foliar o vía radicular, favoreciendo en una mayor tasa fotosintética.

Respecto al olor, Alpa-biol desprendía fuertes y penetrantes aromas agradables y un olor sutil al de azúcar fermentada, característico de la leche cortada; lo que coincide con los reportes de Buchelli (2014). Lindgren y Dobrogosz (1990) y Piard y Desmazeaud (1991), citados por Román (2012) mencionan que los compuestos aromáticos (diacetilo, acetaldehído) son

derivados deshidratados del glicerol (reuterina), benzoato, enzimas bacteriolíticas, bacteriocinas y antibióticos. Axelson (1993) indican que las cualidades organolépticas en biofertilizantes acelerados las confieren las bacterias ácido lácticas mediante la producción de exopolisacáridos, amilasa, generación de aromas, endulzantes como homoalanina, iniciadores fermentadores y galactosa, derivados de la fermentación maloláctica.

El sabor del Alpa-biol fue agridulce. Esto hace suponer la existencia del ácido cítrico, además de los edulcorantes bajos en calorías producidos por las bacterias ácido lácticas señalado por Parra (2010). La consistencia del Alpa-biol fue viscosa, con una densidad de  $1.057 \text{ g cm}^{-3}$  (ANEXO 9) y de aspecto cremoso. Esto último favorece la difusión de la presente biotecnología al ser indicativo de mayores rendimientos y del alto grado de degradación de sólidos que posee el abono líquido.

Todos estos caracteres son indicadores deseables de la calidad de un biofertilizante, por que derivan de la acción de las bacterias ácido lácticas, ya que el ácido láctico que producen contribuye con el flavor, aroma, textura, propiedades organolépticas (al inhibir bacterias patógenas, suprime los malos olores) y al valor nutricional de los productos (Parra, 2010). Por otro lado, el grado de acidez y presencia de microorganismos benéficos de los abonos foliares es de importancia agronómica. Pacheco (2006), señala que al inocularse el biofertilizante líquido a las áreas foliares o vía suelo a los cultivos, las bacterias benéficas colonizan las hojas y sistemas radiculares combatiendo microorganismos patógenos (acción fitosanitaria), un hecho ampliamente reconocido en la agricultura.



**Figura 34:** Biofermento



**Figura 35:** Abono líquido acelerado

### 4.2.3 Evaluación de la calidad nutricional

Se comparó el contenido nutricional del Alpa-biol con 2 biofertilizantes no estandarizados (promedio nutricional de 13 bioles y 8 biofertilizantes acelerados respectivamente) y con 2 estandarizados (Biofertilizante estándar y abonos foliares comerciales en cuanto a N, P, K).

#### a. Comparación del valor nutricional del Alpa-biol con biofertilizantes no estandarizados

Los resultados indicaron que el Alpa-biol tiene una mayor riqueza nutricional a comparación de los bioles (Cuadro 27), a excepción del sodio (590 mg/L vs. 907 mg/L) y el boro (7.8 mg/L vs. 56.98 mg/L). Esto es de suponer porque los bioles poseen microorganismos diversos a comparación de los biofertilizantes acelerados que poseen bacterias ácido lácticas (microorganismos benéficos) dedicadas a metabolizar intensamente la materia orgánica siempre que cuenten con las condiciones ambientales y nutritivas adecuadas (Betancourt *et al.*, 2005 citado por Cornejo 2011). En consecuencia, la degradación de la materia orgánica será mayor en los biofertilizantes acelerados, lo que explica la gran diferencia de nutrientes (Cuadro 27). Además, la elaboración de bioles implica adicionar agua, lo que repercute en un menor contenido de nutrientes lograd en periodos de 3 meses en promedio (Aparcana, 2008), pero en un mayor rendimiento líquido.

**Cuadro 27: Comparación del valor nutricional del Alpa-biol con biofertilizantes no categorizados**

Biofertilizante	Macronutrientes (mg/L)						Micronutrientes (mg/l)				
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	Na	Fe	Cu	Zn	Mn	B
Alpa-biol	3696	658	8700	3335	12500	590	280.45	2.4	11.65	71.8	7.8
B. acelerados	5742	1513	8390	4560	1463	1151	280.26	25.97	25.78	26.1	10.42
Bioles	2475	501	3412	1043	412	907	29.67	0.95	2.52	7.32	56.98

Más alto
  Mediano
  Más bajo

**FUENTE:** Elaboración propia

Con respecto a los biofertilizantes acelerados, el Alpa-biol es de mayor riqueza nutricional en cuanto a potasio (8700 mg/L vs. 8390); magnesio (12500 mg/L vs. 1463 mg/L), fierro (280.45

mg/L vs. 280.26 mg/L) y manganeso (71.8 mg/L vs. 26.1 mg/L); mientras que en los demás nutrientes es superado moderadamente.

## **b. Valor nutricional del Alpa-biol vs. abonos líquidos estándares**

### **1. Alpa-biol comparado con un biol de gallinaza categorizado**

Se consideró a un biofertilizante acelerado de gallinaza como la base de comparación del valor nutricional del Alpa-biol por poseer calificativos para cada uno de sus nutrientes (Cuadro 28). El Alpa-biol es superado altamente en N, P, K, Ca, Na, Cu, Zn, Mn y B; a excepción de Fe y Mg (Cuadro 28). Sin embargo, el Alpa-biol posee caracteres físico-químicos similares al estándar. En el Cuadro 28 se observa que el Alpa-biol posee un pH más ácido (pH=3.83 vs. 4.16), una menor salinidad (C.E.= 23.40 vs. 26.90), similar concentración de materia orgánica disuelta (137.02 g/L vs. 137.70 g/L) y un inferior contenido de sólidos totales (177.88 g/L vs. 233.50 g/L). Sin embargo, el Alpa-biol es mejor en cuanto a C: N (21.50 vs. 10.61), el cual debe ser de 20:1 como mínimo en fermentación anaerobia (Suquilanda 1996, citado por Gordón 2013).

Todas estas características son favorables porque están ligadas a un proceso de fermentación láctica eficiente que trae consigo una intensa digestión de la materia orgánica, con la consecuente alta concentración de sólidos, radicales ácidos y de iones; teniendo en cuenta que las heces de alpaca son una fuente concentrada de nutrientes (ANEXO 10). El pH altamente ácido (3.80) del Alpa-biol está asociado a una acción fitosanitaria sobre los cultivos ya que las cepas de *Lactobacillus que posee* ejercen un efecto repelente e inhibitorio sobre las plagas, sea por la vía foliar o por la radicular (Pacheco, 2006).

El Alpa-biol, con una salinidad de 23.4 dS/m es considerado “muy fuertemente salino”, según la interpretación de De La Rosa (2012). Incluso los demás abonos líquidos acelerados mostrados en el ANEXO 15 poseían una salinidad promedio de (C.E.=27.86). Sin embargo, es importante mencionar que dicho valor disminuye cuando se preparan las diluciones, según los requerimientos de cada cultivo (Peña, 2008). Por otro lado, la salinidad en las heces de alpaca era sólo de 7.39 dS/m. La explicación estuvo en la melaza de caña, insumo que posee 3.67% de potasio (Fajardo y Sarmiento, 2007). Cabe Resaltar que la caña de azúcar se caracteriza por

su elevada síntesis de azúcares que almacena en los tallos, y es el potasio el elemento que regula la tasa metabólica para la síntesis de estos azúcares, lo cual explica la abundancia de este elemento en la planta (Salisbury, 1994). En cuanto a metales pesados, el Alpa-biol contiene las menores concentraciones de Pb (5.05 vs. 0.03) y Cr (1.15 vs. 0.02), a excepción del Cd (0.01 vs. 0.28). En este caso, ambas concentraciones están por debajo de los parámetros internacionales (Cuadro 30).

**Cuadro 28:** Calificación físico-química del Alpa-biol en base a 1 estándar

Parámetros		Estándar		Alpa-biol	
		Valor	Calificación	Valor	Calificación*
Físico- Químicos	pH	4.16	Moderadamente ácido	3.83	Alt. Ácido
	C.E.	26.90	Fuertemente salino	23.40	Fuert. Salino
	S.T. (g/L)	233.50	Elevado	177.88	Alto <sup>1</sup>
	M.O. disuelta (g/L)	137.70	Elevado	137.02	Alto <sup>1</sup>
	C:N	10.61	-	21.50	Alto <sup>1</sup>
Macro- nutrientes totales(g/L)	N	7.53	Elevado	3.70	Moderado <sup>2</sup>
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	4.86	Elevado	0.66	Bajo <sup>3</sup>
	K <sub>2</sub> O	11.10	Elevado	8.70	Alto <sup>1</sup>
	CaO	14.55	Elevado	3.34	Bajo <sup>3</sup>
	MgO	2.20	Elevado	12.50	Alto <sup>1</sup>
	Na	1.28	Elevado	0.59	Moderado <sup>2</sup>
Micro- nutrientes totales (mg/L)	Fe	189.90	Elevado	280.00	Alto <sup>1</sup>
	Cu	11.40	Normal	2.40	Bajo <sup>3</sup>
	Zn	101.70	Elevado	11.65	Bajo <sup>3</sup>
	Mn	107.30	Elevado	71.80	Alto <sup>1</sup>
	B	24.50	Elevado	7.80	Bajo <sup>3</sup>
Metales pesados (mg/L)	Pb	5.05	Aceptable	0.03	Aceptable
	Cd	0.01	Aceptable	0.28	Aceptable
	Cr	1.15	Aceptable	0.02	Aceptable

<sup>1, 2 y 3</sup>: Alto, moderado y bajo con respecto al estándar

**FUENTE:** <sup>1</sup>Hidrolizado líquido de gallinaza, Santander (2015); <sup>2</sup>Elaboración propia

La explicación a las grandes diferencias de nutrientes entre el Alpa-biol y el hidrolizado líquido de gallinaza se deben principalmente a la composición de sus materias primas principales que son las heces. Tapia y Fries (2007), citado por Santander (2015) sostiene que las gallinas sólo consumen la quinta parte de su alimento destinado a su producción, mientras que el resto es eliminado en el estiércol y la orina. Al respecto, Carhuacho (2012) señala que la gallinaza es la mezcla de heces y orina, uniéndose una porción microorganismos de la biota intestinal, plumas y huevos rotos. Las alpacas en cambio, están sujetas a condiciones de alimentación basada en pastizales altamente fibrosos y de bajo valor nutricional, los cuales son consumidos enteros, perdiéndose gran parte de la energía en la producción de metano entérico (Gómez, 2012).

## **2. Comparación del Alpa-biol con abonos foliares comerciales**

En el Cuadro 29 se muestran los valores porcentuales de N, P, K de 6 abonos foliares líquidos comerciales y del Alpa-biol. Los valores de los 5 primeros productos comerciales corresponden a abonos foliares ya diluidos en agua y fueron calculados a partir de la dosis mínima, la cual es de 200 ml de fertilizantes por 100 litros de agua (aplicación vía foliar). Mientras que los valores del sexto abono foliar pertenece a un fertilizante que se aplica directamente a la planta y que no necesita diluirse en agua (por ello tiene mayor concentración de nutrientes).

Los resultados indicaron que el Alpa-biol es de mayor valor nutricional que el promedio de los abonos foliares comerciales, por lo que pueden desempeñar la función de fertilizantes orgánicos. Para ello, Monterroso (2011) sugiere que deben calcularse las dosis exactas para su dilución en agua, de acuerdo al tipo de biol.

Con esto se concluye que el Alpa-biol es altamente fitonutriente respecto a abonos foliares comerciales, bioles de preparación tradicional y relativamente bajos frente a biofertilizantes de mayor riqueza debido a los estiércoles o materias primas que concentran altos nutrientes (como la gallinaza). Sin embargo, cada biofertilizante es único y no puede tener una clasificación global por las distintas combinaciones de componentes a emplear para su producción (Aparcana y Jansen, 2010 citado por Monterroso 2011).

**Cuadro 29: Comparación del contenido de N, P, K entre abonos foliares y el Alpa-biol**

Nutrientes		N (%)	P (%)	K (%)
Estándar <sup>1</sup>	Alto	0.15-0.25	>0.0011	<0.019
	Medio	0.1-0.15	0.0005-0.0011	0.02
	Bajo	0.05-0.10	<0.0055	>0.019
Abonos foliares comerciales <sup>2</sup>	Guanafol 11-9-8, solución de abono NPK con micronutrientes	0.022	0.018	0.016
	Baylofan	0.022	0.016	0.012
	Kaofol, rico en potasio y fosforo	0.004	0.028	0.064
	Vital Power Gel 24-8-10+Mg+B (Zoberaminol), rico en nitrógeno y compensado con fósforo y potasio	0.048	0.016	0.02
	<sup>6</sup> Oli-fol, concentrado en potasio	0.048	0.016	0.02
	Flower, bioactivador (bioestimulante)	0.08	0.04	0.02
Alpa-biol <sup>3</sup>		0.37	0.066	0.87

**FUENTE:** <sup>1</sup>De La Rosa (2012); <sup>2</sup>Monterroso (2011); <sup>3</sup>Elaboración propia

### 3. Metales pesados del Alpa-biol comparado con estándares internacionales

Debido a que no existen normativas sobre límites máximos permisibles de metales pesados en abonos orgánicos líquidos, se realizó la comparación con la normativa para compost, establecidas por España, La Unión Europea, Estados Unidos y Canadá. Esto teniendo en cuenta que los biofertilizantes también se pueden aplicar vía radicular (Carhuancho, 2012).

Como se puede observar en el Cuadro 30, las concentraciones de cadmio, cromo y plomo de las heces de alpaca, Alpa-bio y biosol estuvieron por debajo de los máximos permisibles por la legislación internacional, perteneciendo a la Categoría A (de mejor calidad). Por consiguiente, se considera que no habría problema al ser utilizado como biofertilizante vía foliar o mediante aplicación directa al suelo; teniendo en cuenta que la mayoría de los bioles deben ser diluidos con agua para reducir sus efectos fitotóxicos característico de las dosis puras (Restrepo, 2007).

**Cuadro 30:** Comparación de los concentraciones de metales pesados del Alpa-biol con la legislación internacional

Parámetro	Heces de alpaca <sup>1</sup> (ppm)	Alpa-biol <sup>1</sup> (mg/L)	Biosol <sup>1</sup> (ppm)	Real Decreto		Unión Europea <sup>3</sup> (mg/Kg)	USA <sup>4</sup> (mg/Kg)	Canadá <sup>5</sup> (mg/Kg)
				Español <sup>2</sup> (mg/Kg.)				
				Clase A	Clase B			
<b>Pb</b>	13.64	0.03	0.06	100	300	70-1000	300	150
<b>Cd</b>	1.76	0.28	0.06	2	8	0.7-1.0	39	310
<b>Cr</b>	0.1	0.02	0.04	120	600	70-200	1200	50

**FUENTE:** <sup>1</sup>Elaboracion propia, LASPAF-UNALM (2014), <sup>2</sup>Real Decreto Español 824/2005 (2005); <sup>3</sup>Brinton (2000), citado por Soto y Meléndez (2004); <sup>4</sup>Henry, 1991 citado por Soto y Meléndez (2004); Gies (1992), citado por Soto y Meléndez (2004)

El Cuadro 30 también indica que las concentraciones de plomo, cadmio y cromo se redujeron en 99.78%, 84.1% y 80% respectivamente, demostrando que los tratamientos anaerobios vía fermentación láctica, reducen la biodisponibilidad de metales pesados. Una de las explicaciones de ésta reducción es que al mezclarse las excretas de alpaca con otros insumos, la concentración de la mezcla final será menor por cada unidad de litro, teniendo en cuenta que la concentración de metales pesados de los demás insumos (melaza y lactosuero) es inferior a las heces de alpaca. Otra parte de los metales pesados pasó al biosol (ANEXO 11). Torres *et al.* (2013) indican que los metales pesados no se volatilizan del sistema de digestión anaerobio durante el proceso fermentativo.

Estudios han demostrado que los metales pesado pasan por el intestino sin ser afectados (Jönsson *et al.*, 2004 citado por Buchelli 2014). Otra fuente de los metales en la preparación del biofertilizante es la melaza de caña, que representó el 15% de la mezcla y que posee también posee metales pesados (Medina, 2013). Cabe mencionar el plomo, cadmio y cromo son de gran relevancia agronómica puesto que pueden potenciar el proceso de bioacumulación en la cadena trófica (Ricse, 2013). Estudios previos han comprobado la existencia de plomo, cromo y cadmio en la melaza (Medina, 2013). En la fabricación del biofertilizante el 15% en peso de la melaza, por ello es que la presencia de metales pesados en esta afecta considerablemente la concentración de metales finales.

#### 4.2.4 Análisis microbiológico

La carga de coliformes totales, coliformes fecales y *E. coli* del Alpa-biol se redujo totalmente con respecto al de las heces frescas de alpaca, por efecto del tratamiento biológico tipo anaerobio. La capacidad de producir grandes cantidades de ácidos orgánicos (láctico, acético, propiónico) por fermentación de los carbohidratos presentes y la consecuente caída del pH son los factores primarios en los que se basa la actividad antimicrobiana de las bacterias lácticas (Daeschel, 1989 citado por Román 2012).

**Cuadro 31:** Comparación de la carga microbiana entre las heces de alpaca y el Alpa-biol

Parámetros	Heces de alpaca	Alpa-biol
Enumeración de coliformes totales (NMP/g)	$>11 \times 10^4$	<3(Ausente)
Enumeración de coliformes fecales (NMP/g)	$>11 \times 10^4$	<3 (Ausente)
Enumeración de <i>E. coli</i> (NMP/g)	< 3(Ausente)	<3 (Ausente)
Recuento de mohos y levaduras (NMP/g)	28 x 10	<10 (Ausente)
Recuento de <i>Lactobacillus sp.</i> (NMP/g)	$99 \times 10^4$	53 x 10

\*NMP: Numero más probable

**FUENTE:** Laboratorio de Ecología Microbiana Marino Tabusso (2014)

Nótese en el Cuadro 31 que la carga de *E. coli* en las heces de alpaca indica ausencia relativa, por lo tanto el Alpa-biol es de inocuidad microbiológica (<3 NMP/g). Este hecho se relaciona con la ausencia de patologías gastrointestinales en las alpacas de pastoreo. Al respecto, Castro (1993) menciona que en SAIS Pachacútec S.A.C. dosifican a las alpacas contra enterobacterias. Sin embargo, en los viajes realizados se obtuvieron reportes de que no hacen limpiezas de los dormideros. La eliminación de bacterias patógenas no conlleva a riesgos de transmisión de enfermedades infecciosas a las personas ni tampoco causa daño a las plantas ni al suelo.

Se compararon los resultados de coliformes totales y coliformes fecales con los parámetros de la Ley Nacional de Aguas, con la Norma Chilena N° 2880 y con los valores de la Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos (Cuadro 32).

Los resultados también indicaron que la carga de coliformes totales, coliformes fecales y *E. coli* fue relativamente ausente. Respecto a la presencia de bacterias totales, bacterias Gram (+), Gram (-), *Estafilococcus* y *E. Coli*, no se analizaron en laboratorios pero según Terzich *et al.* (2000) citado por García *et al.* (2005), halló que el número de éstas bacterias en el estiércol tiende a incrementarse con el ascenso del pH. Como en el proceso de fermentación se observó un descenso elevado del pH, se asume teóricamente que no existe riesgo de éstos patógenos en los bioabonos.

**Cuadro 32:** Comparación de la carga microbiana del Alpa-biol con los estándares

Carga bacteriana (NMP/g)	Propio <sup>1</sup>		Ley	Legislación internacional				
	Heces de alpaca	Alpa-biol	General de Agua <sup>2</sup>	Decreto español <sup>3</sup>	NCh 2880 <sup>4</sup>		EPA <sup>5</sup>	
					Clase A	Clase B		
Coliformes totales	>11x10 <sup>4</sup>	<3 (Ausente)	50 NMP/ml	-	-	<10 <sup>3</sup>	<2x10 <sup>6</sup>	
Coliformes fecales	>11x10 <sup>4</sup>	<3 (Ausente)	10 NMP/ml	<10 <sup>3</sup>	<10 <sup>3</sup>	<2 x 10 <sup>6</sup>	<2x10 <sup>6</sup>	
<i>E. Coli</i>	<3 (Ausente)	<3 (Ausente)	1 NMP/ml	-	-	-	-	

\*Case A y B, en caso de cultivos de consumo directo y no directo, respectivamente

**FUENTE:** <sup>1</sup>Laboratorio de ecología Microbiana Marino Tabusso, UNALM (2014); <sup>2</sup>Ley General de Aguas N° 17752- Clase III (2008); <sup>3</sup>Real Decreto Español 824 (2005); <sup>4</sup>Norma Chilena 2880 (2005); <sup>5</sup>Agencia de Protección del medio ambiente-USA (1999), citado por Carhuancho (2012)

Resultados similares fueron obtenidos por Buchelli (2015), Román (2012), Peralta (2010), Cornejo (2011), Noa (2013), quienes obtuvieron enumeraciones de coliformes totales y fecales inferiores a 3 NMP/ml, producto de la fermentación homoláctica. Caso opuesto es para los bioles que usualmente contienen cargas de Coliformes totales, fecales y otras cepas de enterobacterias en mayores concentraciones.

Sotil (2007), citado por Peralta (012) reportó que luego de la biodegradación de los abonos durante un periodo de 61 días, los coliformes totales y fecales se reducen de 10<sup>7</sup> NMP/100 ml hasta 10<sup>3</sup> NMP/100 ml y luego de un año se generaron valores inferiores a 3NMP/ml. Esto determina que existen más riesgos de contaminación para las personas expuestas a Biol y generalmente ningún riesgo para personas que manipulan biofertilizantes acelerados, ya que se reportan ausencias relativas de microorganismos patógenos.

La capacidad de producir grandes cantidades de ácidos orgánicos (láctico, acético, propiónico) por fermentación de los carbohidratos presentes y la consecuente caída del pH son los factores primarios en los que se basa la actividad antimicrobiana de las bacterias lácticas (Daeschel, 1989 citado por Román 2012). Según esto se infiere la ausencia de coliformes totales en los otros 3 mejores tratamientos (T10, T17 y T22) y probablemente en la mayoría de los 16 tratamientos restantes que presentaban un pH de 3.65 a 3.90 ya que tenían un aceptable nivel de pH, acidez titulable y propiedades organolépticas. Finalmente, no se puede asegurar que el proceso aplicado sea capaz de eliminar e inhibir la aparición de *E. coli*, ya que se reportó ausencia de dichos microorganismos en las heces de alpaca; sin embargo, es altamente probable que ello pueda ocurrir dado que la *E. coli* desarrollan mejor a un pH ligeramente ácido o cercano a la neutralidad (Isea *et al.*, 2004 citado por Román 2012). Sin embargo pueden tolerar un espectro entre 4.4 a 9 (Heer, 2007).

#### **4.2.5 Análisis parasitológico**

Los resultados del análisis parasitológico para helmintos gastrointestinales señalan que no encontró ninguna forma de parásitos en las excretas de alpaca que se llevaron antes de realizar los ensayos de fermentación (ANEXO 10). La técnica empleada fue la de “*Mc Máster* y Sedimentación para descarte de helmintos gastrointestinales”. Éste método toma 2 g de muestra de un total de 1000 g, con lo cual se contabilizan las formas parasitarias posibles. Al ser la cantidad de unidades parasitarias inferior a 50 es que se considera negativa la presencia de parásitos gastrointestinales. Según reportes de la SAIS Pachacútec S.A.C., en el calendario alpaquero está considerado permanentes programas de desparasitación que realiza la SAIS Pachacútec S.A.C. (Castro, 1993). Por tal motivo no se realizaron más pruebas parasitológicas en la etapa piloto, pues se asume que su carga parasitaria es nula.

Castro (1993) detalla que las enfermedades parasitarias más frecuentes en SAIS Pachacútec S.A.C. son: Distomatosis, gastroenteritis y bronquitis parasitaria, coccidiosis, sarcocistiasis, sarna y piojera. Por otra parte los tratamientos de parásitos internos se hacen por vía oral al inicio y al final de las lluvias, con bajos índices de mortalidad por esta causa. Además se utiliza la ivermectina como eficiente controlador de ectoparásitos y endoparásitos, sin embargo la gran limitante para este producto veterinario es su elevado costo. El mismo autor, resalta la importancia de los perros como huéspedes intermediarios de la hidatidosis,

cisticercosis y sarcocistiasis, lo que provoca disminución en los rendimientos productivos más que en mortalidad.

Los problemas de origen infecciosos son una de las principales causas de mortalidad, habiendo deficiencia por parte de la empresa en implementar un adecuado plan de prevención de estas enfermedades. Dentro de las patologías infecciosas de las alpacas en SAIS Pachacutec las más frecuentes son: Neumonía, carbunco, enterotoxemia, actinomicosis, conjuntivitis y estomatitis. La detección de estos casos es por observación y el tratamiento a base de antibióticos (Huanca, 1990 citado por Castro 1993).

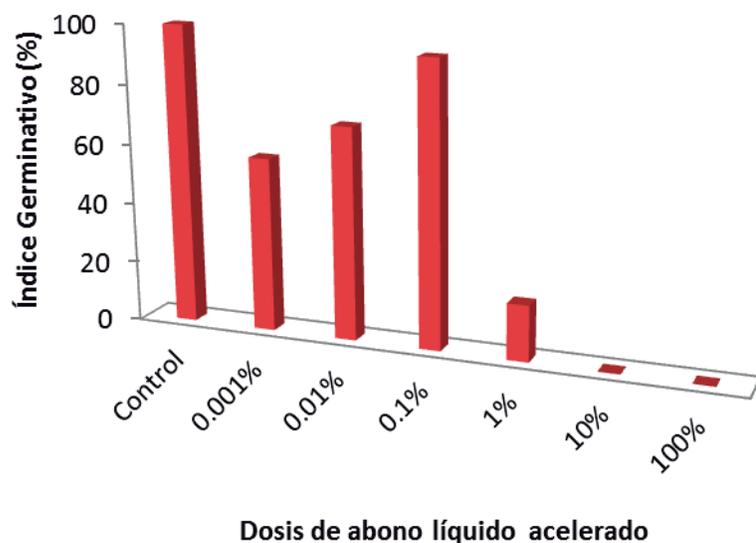
#### **4.2.6 Tipo de fermentación**

Los resultados del análisis de alcohol indicaron que en el Alpa-biol carecía de alcohol (ANEXO 11), concluyéndose que el proceso fermentativo fue del tipo homoláctica (Grado de alcohol=0°), donde es posible formar hasta el 95% de ácido láctico a partir de azúcares (Garassini, 1958). Asimismo, en el bidón no se produjo generación de CO<sub>2</sub>, pero si se percibía al destapar el envase el profundo olor del ácido láctico volátil. Los mismo resultados fueron reportados por Buchelli (2014), Peralta (2010), Román (2012) al no haber obtenido trazas de alcohol en el producto final.

#### **4.2.7 Eficiencia agronómica**

Debido a que la conductividad eléctrica del Alpa-biol (5% Biolac, 15% de melaza, 40% Heces de alpaca y 40% de lactosuero) fue muy elevada (23.4 dS/m), éste tuvo que ser diluido hasta un nivel que no lesione el follaje de las plantas y a la vez otorgue el mejor efecto fitonutriente reflejado en su índice germinativo. Según el Cuadro 33, las dosis más puras del Alpa-biol traen consigo mayores concentraciones de ácidos orgánicos así como de iones.

En el Cuadro 33, las dosis que presentan valores de Índice germinativo entre 80% a 100% indican ausencia de sustancias fitotóxicas; los de valores entre 50 a 80% se caracterizan por presentar moderada cantidad de estas sustancias, mientras que Índices de Germinación inferiores a 50% poseen alta presencia de estas sustancias (Varnero *et al.*, 2007).



**Figura 36:** Índices de germinación en plántulas de lechuga

**Cuadro 33:** Índices de germinación en plántulas de lechuga (*Lactuca sativa L.*)

Tratamiento	pH	C.E. <sup>1</sup> (mS/m)	$\bar{X}$ semillas germinadas	PGR <sup>2</sup> (%)	$\bar{X}$ elongación radícula	CRR <sup>3</sup> (%)	IG <sup>4</sup> (%)
Control	7.94	0.72	15.67	100	13.00	100	100
0.001/100	7.79	0.751	9.33	59.54	12.67	97.44	58.01
0.01/100	7.62	0.782	11.67	74.47	12.33	94.87	70.65
0.1/100	7.48	0.821	16	102.11	12.00	92.31	94.25
1/100	5.87	1.057	5.33	34.01	7.13	54.87	18.66
10/100	4.15	3.96	-	-	-	-	-
100/100	3.95	24.9	-	-	-	-	-

(1): C.E.=Conductividad eléctrica; (2): PGR= germinación relativa (%); (3): CRR=Crecimiento de radícula relativo; (4): IG= Índice de germinación

Como se observa en la Cuadro 33, germinaron las semillas expuestas a las dosis 0.001%, 0.01%, 0.1% y 1%, mas no las que se inocularon a 10% ni 100% del Alpa-biol, cuyos pH llegaron a 4.15 y 3.95 respectivamente. Esto indica que en dosis puras la elevada acidez y salinidad, son los agentes fitotóxicos señalados por Zucconi (1981) citado por Varnero *et al.*

(2007) que impidieron la germinación de las semillas. Aparicio *et al.* (2009), al comparar el efecto de 5 niveles de pH (5.0, 5.5, 6.0, 6.5 y 7.0) sobre el cultivo de la lechuga, demostró que el pH óptimo de esta hortaliza es 6.5.

Honorato (2000) clasifica a la lechuga como una especie de hortaliza cuya tolerancia de salinidad va de 3 a 5 dS/m, y que niveles por encima de ese rango pueden disminuir los rendimientos de cultivos muy sensibles. Tratándose de la etapa de germinación, se asume teóricamente que tanto las sales en exceso así como los hidrogeniones en excesivo nivel, bloquearon algunas enzimas responsables de la germinación. Salisbury (1994), menciona que un elevado pH puede desnaturalizar o inactivar las proteínas como enzimas u hormonas, en este caso proteínas de la germinación. El mismo autor explica que la absorción de agua por la semilla desencadena una secuencia de cambios metabólicos, que incluyen la respiración, la síntesis proteica y la movilización de reservas. Por esta razón el grupo control se pudo haber visto favorecido al activarse su metabolismo con la inoculación de agua destilada.

Una particularidad de ésta prueba fue la de hallar semillas germinadas con índices germinativo mayores a 0% que presentaban las puntas negruzcas. Sobrero y Ronco (2004), señala que éste fenómeno es posible de observar en pruebas de germinación, manifestándose con ápices radiculares con necrosis de color parda, blanca o marrón. Román (2012), al respecto, manifestó haber hallado crecimiento de hongos y generación de malos olores, lo cual no fue compartido por nuestros resultados.

Los resultados indicaron que el abono líquido acelerado a base de estiércol de alpaca diluido al 0.1% en semillas de lechuga confiere el mayor Índice Germinativo, y presenta un balance regular entre sus variables que las componen, o sea un aceptable valor porcentaje de germinación relativo y crecimiento de radícula. Esto indica que no existe sustancias fitotóxicas en la solución con dosis 1:1000 y que los nutrientes presentes han propiciado un mejor crecimiento de las plantas; mientras en que las dosis ms puras (100% y 10%), no germinó ninguna semilla, por el efecto de la elevada acidez (pH=3.80) y salinidad (C.E.= 23.4 mS/m), los cuales son los factores fitotóxicos establecidos por Zucconi *et al.* (1981), citado por Varnero *et al.* (2007).

Resultados similares fueron reportados en los biofertilizantes acelerados producidos por Medina (2013), Peralta (2010), Buchelli (2014) y Román (2012). En estos 6 casos, no hubo germinación alguna en las dosis 100% y 10% ya que al ser biofertilizantes acelerados, estos tienen una acidez y salinidad más concentrada, con valores de pH promedio de 4.0 y una conductividad de 27.86 dS/m. En cambio los grados de acidez y salinidad de los bioles es muy inferior con valores de pH promedio de 7.01 y salinidad de 14.63 dS/m, respectivamente (ANEXO 13). Ello explica porque las dosis de 100% y 10% del biol de primera generación de Medina (2013), otorgaran un índice germinativo de 23.56% y 95.5%, respectivamente (Cuadro 34). Carhuancho (2012) no halló germinación alguna con una dosis del 100% aplicado a semillas de maíz, pero si un porcentaje de germinación del 36.5% a una dosis de 10%.

**Cuadro 34:** Comparación de Índices de germinación con otras investigaciones

Dosis	Alpa biol <sup>1</sup>	Biol II G <sup>2</sup>	Fast Biol 20 <sup>3</sup>	Biol de vacuno <sup>4</sup>	Biol de Cuyinasa <sup>5</sup>	Biol de rocoto <sup>6</sup>	Biol IG <sup>7</sup>	Gallinaza <sup>8</sup>
<b>0.01/100</b>	73.34	94.7	---	112.5	99.5	---	106.44	-
<b>0.1/100</b>	94.25	85.8	84.5	80.1	98.9	81.9	100.77	106.2
<b>1/100</b>	18.61	67.1	65.8	21.8	54	67.9	115.95	103.6
<b>10/100</b>	0	0	0.41	0	0	0	95.5	36.5
<b>100/100</b>	0	0	0	0	0	0	23.56	0

**FUENTE:** <sup>1</sup>Elaboración propia; <sup>2</sup>Biol 2<sup>da</sup> Generación de estiércol de ovino, Medina (2013); <sup>3</sup>Fast-Biol 20 de estiércol de vacuno, Peralta (2010); <sup>4</sup>Biol de estiércol bovino, Buchelli (2014); <sup>5</sup>Biol de cuyinasa, Román (2012); <sup>6</sup>Biofertilizante de residuos de rocoto, Ricse (2013); <sup>7</sup>Biol de primera generación de estiércol de ovino, Medina (2013); <sup>8</sup>Carhuancho (2012)

El Cuadro anterior también muestra índices germinativos que sobrepasan el 100% con respecto al testigo. Esto se debe al efecto fitonutriente y fitoregulador de los biofertilizantes a cierta dosis que supera el efecto estándar.

### 4.3 RENDIMIENTO DEL BIOFERTILIZANTE LÍQUIDO

Según el Cuadro 35, existe una merma de 9.6% del total de abono líquido y sólido cosechado con respecto al total de insumos iniciales que fue de 100 Kg. Dicha merma coincide con los resultados de Aparcana (2008), quien señala que es posible obtener una pérdida del 10% en preparación de biol cosechado a los 3 meses.

**Cuadro 35:** Rendimiento del abono líquido acelerado

Biofertilizante	Envase 1 (50 Kg)		Envase 2 (50 Kg)		Total (Kg)	Cantidad de extracción (%)
	Total (Kg)	%	Total (Kg)	%		
Abono líquido	26.49	58.39	25.02	55.54	51.5	57
Biosol	18.88	41.61	20.03	44.46	38.91	43
<b>Total</b>	<b>45.37</b>	<b>100</b>	<b>45.05</b>	<b>100</b>	<b>90.40</b>	<b>100</b>

**Fuente:** Elaboración propia

Los rendimientos de abono líquido acelerado y biosol fueron 57% y 43% respectivamente. Buchelli (2014), Román (2012), Peralta (2010) y Noa (2013) obtuvieron rendimientos de biofertilizante líquido acelerado de 83.1%, 69.5%, 70.2% y 77.21%, respectivamente. Según Restrepo (2007), los biofertilizantes varían en cuanto a su composición nutricional, y rendimientos debido a la calidad y cantidad de insumos, eficiencia al prensado.

## V. CONCLUSIONES

1. La mezcla de heces de alpaca, lactosuero bovino, melaza de caña y Biolac en proporción 40:40:15:5 respectivamente, produce un abono líquido acelerado altamente ácido, salino, de alta calidad nutricional e inocuidad microbiológica al quinto día de fermentación, con rendimiento líquido del 57%.
2. El Alpa-biol, al tener una elevada acidez (pH=3.70) y salinidad (C.E.=24 dS/m), tuvo que ser diluido hasta una dosis de 0.1%, la cual proporcionó el mayor Índice germinativo de 94.26% en semillas de lechuga (*Lactuca sativa L.*); mientras que las dosis más puras (100% y 10%) inhibieron totalmente la germinación, debido a los efectos fitotóxicos de la elevada acidez y salinidad.
3. El Alpa-biol presentó un mayor contenido nutricional con respecto a los bioles y abonos foliares comerciales. En comparación con los biofertilizantes acelerados su contenido nutricional fue inferior en cuanto a N, P, Ca, Na, Cu, Zn y B y superior en cuanto a K, Mg, Fe y Mn. En comparación con el Biol de gallinaza categorizado presentó menor contenido nutricional pero similares características físico-químicas.
4. Las concentraciones de metales pesados del Alpa-biol (Pb, Cd y Cr) estuvieron muy por debajo de los máximos permisibles establecidos por la legislación internacional. Así también, el Alpa-biol presentó ausencia relativa de coliformes totales, coliformes fecales y *E. coli*, lo cual descarta la posibilidad de causar daños a las plantas, suelo y a las personas.
5. Las características físico-químicas del Alpa-biol (pH y acidez titulable) en diferentes escalas (0.5 Kg vs. 50 Kg) y condiciones de temperatura (25°C vs. 40°C) son idénticas, lo cual favorece la generalización de la presente biotecnología en condiciones de campo, sin depender de energía térmica.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- 1.** Producir y probar el Alpa-biol en pastos cultivados, forrajes y cultivos agrícolas a fin de hallar las dosis óptimas para cada especie según sus requerimientos nutricionales, etapas fenológicas, factores geográficos y condiciones de manejo. Considerar además, la utilización del biosol el cual representa el 41% del biofermento y tiene un uso y acción similar al compost.
- 2.** Realizar un Estudio de Pre-factibilidad en la SAIS Pachacútec S.A.C. sobre producción de bioabonos para determinar la viabilidad económica de la presente biotecnología para los fines que se crean convenientes.
- 3.** En la puna peruana hay un potencial ganadero en cuanto a alpacas (4'648,358), ovinos (13'612477), llamas (1'245169), vacunos (4'538,553) y el 88% de la población nacional de cuyes, por lo que se recomienda difundir la producción de bioabonos con las heces de éstas especies mediante la fermentación homoláctica, ya que es rápida, eficaz y sencilla. Para ello, los servicios de extensión por parte de técnicos y profesionales son fundamentales para la obtención de resultados de impacto económico y ambiental.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACUÑA, O. (2003). El uso de biofertilizantes en la agricultura. Ed. por Meléndez G. y Soto, G. Taller de abonos orgánicos. Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica y la Cámara de Insumos Agropecuarios no Sintéticos. San José-Costa Rica. Págs. 67-75.

AGUILAR, B. (2015). Evaluación de un biofertilizante elaborado a base de estiércol de vaca mediante su aplicación en el cultivo de chile jalapeño (*Capsicum annum L.*). Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Guanajuato. Octavo verano estatal de Investigación. Instituto Tecnológico de Salvatierra. Guanajuato-México. 3 p.

AGUIRRE, J., IRIZAR G., DURAN, P., GRAJEDA, C., PEÑA DEL RIO, M., LOREDO, O. y GUTIÉRREZ, B. (2009). Los biofertilizantes microbianos, alternativa para la agricultura en México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias Campo Experimental Rosario Iztapar, Tuxtla Chico, Chiapas, México.

AÑASCO, A., PICADO, J. (2005). Preparación de abonos orgánicos sólidos y líquidos. Editado por Corporación Educativa para el desarrollo Costarricense. San José- Costa Rica. CEDECO. 65 p.

AOAC (Association of Official Analytical Chemist). (1990). 15<sup>th</sup> Edition. Editado por: Helrick, K. Arlington, Virginia.

APARCANA, S. (2008). Estudio sobre el valor fertilizante de los productos del proceso “Fermentación Anaeróbica” para producción de biogás. Editado por: German ProfECGmbH. Perú SAC. Reporte N°. BM-4-00-1109-1239. Lima- Perú. 10 p.

APARICIO, J., VALDIVIESO, M., HIDALGO, C. y GARCÍA, R. (2009). Efecto del pH en el crecimiento de *Lactuca sativa L.* “lechuga” cultivada en el sistema hidropónico de raíz flotante. Comité editorial-FCA. Resúmenes de trabajos de investigación en cultivo de plantas “sin suelo”. Universidad Nacional de Tumbes. Tumbes-Perú. Pág. 26.

AXELSON, L. (1993). Lactic acid bacteria: Classification and physiology. In: Salminen, S. and von Wright, A. (Eds.), Lactic acid bacteria. Marcel Decker Inc., New York, pág.1-65.

BLANCO, S. DELAHAYE, P. y FRAGENAS, N. (2006). Evaluación física y nutricional de un yogurt con frutas tropicales bajo en calorías. Revista Facultad de Agronomía. 32: 131-144. Maracay-Venezuela.

BUHELLI, H. (2014). Producción de biofertilizante de bagazo de cebada, excretas de vacuno y suero de quesería mediante fermentación homoláctica. Tesis de Ingeniero Ambiental. Biblioteca Agrícola Nacional, código: F04. B919-T. UNALM. Lima- Perú. 97 p.

CARHUANCHO, L. (2012). Aprovechamiento del estiércol de gallina para elaboración de biol en biodigestores tipo batch como propuesta al manejo de residuo avícola. Tesis de Ingeniero Ambiental. Biblioteca Agrícola Nacional, código: P06 C375-T. UNALM. Lima-Perú. 143 p.

CASTRO, E. (1993). Evaluación zootécnica de la crianza alpaquera de la SAIS Pachacútec Ltda. N° 7 Periodo 1986-1991. Tesis de Ingeniero Zootecnista. Biblioteca Agrícola Nacional, código: L01 C38-T.UNALM. Lima- Perú. 106 p.

CHAPARRO, CH., VILCA, J. y HURTADO, C. (2012), Diversidad fenotípica de colores de alpacas (*Vicugna pacos*) de la raza huacaya en la provincia de Candarave de la región Tacna. Pág. 56.

CHÁVEZ, E. (2009). Determinación de la calidad de biofertilizantes líquidos y estudio del potencial para la inhibición de *Mycosphaerella fijinensis* (Morelet) en condiciones controladas y como alternativa en el manejo de Sigatoka negra en sistemas de producción orgánica. Tesis de grado de Ingeniero Agropecuario. Escuela politécnica del Litoral. Facultad de Ingeniería en mecánica y Ciencias de la Producción. Guayaquil- Ecuador. Págs. 73,76, 78.

CORNEJO, M. (2011). Efecto de un bioprotector comercial en la reducción de pH y carga microbiana putrefactiva en efluentes porcinos. Tesis Ingeniero zootecnista. Biblioteca Agrícola Nacional, código: L51 C81-T. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima- Perú. 78 p.

CORONADO, C. (2010). Efecto de factores físico-químicos sobre las poblaciones microbianas mesófilas nativas provenientes de biodigestores artesanales. Tesis de Biólogo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima-Perú. 164 p.

COTACALLAPA, F. (2012). Importancia socio-económica de la crianza de llamas (*Lama glama*) en la sierra sur del Perú. En: XXXV Reunión Científica Anual Peruana de Producción Animal. Memoria de Conferencia. Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú. Págs. 30-32.

CRUEGER, W. y CRUEGER A. (1993). Biotecnología: Manual de microbiología industrial. Tercera edición. Editorial ACRIBIA, S.A.-Royo, 23-50006 Zaragoza. Mallorca- España. Pág. 68.

DECRETO SUPREMO N° 002-2008-MINAM. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua (ECA). Categoría 3. Riego de vegetales de tallo bajo y tallo alto (Anexo D). Publicado en el Diario EL PERUANO el viernes 31 de julio de 2008. 7 p.

DECRETO SUPREMO N° 057-2004-PCM. Ley general de residuos sólidos N° 27314.

DECRETO SUPREMO N° 044 2006-AG. Reglamento técnico para los productos orgánicos. Ministerio de Agricultura del Perú.

DE LA ROSA, J. (2012). Análisis fisico-químico de fertilizante orgánico (biol) producido por biodigestores a partir de estiércol de ganado. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Instituto tecnológico del Altiplano de Tlaxcala. Xocoyucan- México. 42 p.

DE VUYST, L. y LEROY, F. (2007). Bacteriocins from Lactic Acid Bacteria: Production, purification, and food applications. Journal of molecular microbiology and biotechnology. Bélgica. Págs. 194 y 195

ESTELA, W., RYCHTERA, M., MELZUCH K., QUILLAMA, E. y EGOAVIL, E. (2007). Producción de ácido láctico por *Lactobacillus plantarum* L10 en cultivos batch y continuo. Perú. 272 p.

FAO (Organización de las naciones unidas para la agricultura y alimentación, It). 1996. Manual de prácticas de manejo de alpacas y llamas. Estudio FAO Producción y sanidad animal N° 130. ISSN 1014-1200. Roma. Pág. 71

FAO (Organización de las naciones unidas para la agricultura y alimentación, It). (1999). Manejo de estiércol. Livestock, environmental and development initiative (LEAD). Animal production and health division. Consultado el diciembre 2015. Disponible en:

<http://www.fao.org/ag/againfo/programmes/es/lead/toolbox/Tech/20ManMgn.htm>

FAO (Organización de las naciones unidas para la agricultura y alimentación, It). (2010). Servicio de asistencia a los países andinos en la reducción de riesgos y desastres. Departamento de Gestión de Recursos Naturales y Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación. TCP/RLA/3217. Roma.

FERNÁNDEZ, E., PORTO, H. y CCOPA, N. (2007). Valoración económica del pastoreo de alpacas. Puno-Perú. 8 p.

FERRERA-CERRATO y ALARCON, A. (2001). La microbiología del suelo en la agricultura sostenible. Ciencia Ergo SUM. 8: 175-183.

FRIONI, L. (1999). Procesos microbianos. Editorial de la Fundación Universidad Nacional de Rio Cuarto, Argentina. 332 p.

FROBISHER, M. (1964). Microbiología Médica. 4ta Edición. Barcelona: Salvat Editores. Pág. 162-186.

GARASSINI, L. (1958). Microbiología. Primera Edición. Organización de bienestar estudiantil. Universidad central de Venezuela, Editorial Sucre. Cap. 33, pág. 368-377 p.

GARCÍA, M., QUINTERO, R., y LÓPEZ, A. (2004). Biotecnología Alimentaria. México: LIMUSA, S.A. Recuperado el 2016, de Tecnología Alimentaria.

GARCÍA, YANEISY; ELÍAS, A.; HERRERA, F.R. (2005). Dinámica microbiana de la fermentación in vitro de las de gallinas ponedoras. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, vol. 39, núm. 1, Págs. 75-79.

GARCÍA, L. (2008). Uso de bacterias probióticas en el ensilado de pescado. Tesis de Biólogo. Biblioteca Agrícola Nacional, código: Q52 G2-T.UNALM. Lima-Perú. 79 y 86 p.

GESTIÓN. EL DIARIO DE ECONOMÍA Y NEGOCIOS DE PERÚ (2013). San Fernando ingresa al mercado de abonos orgánicos con una inversión de 1.5 millones de dólares. Publicado el jueves 03 de octubre del 2013. Lima-Perú.

GÓMEZ, C. (2012). Calentamiento Global y Ganadería en el Perú. En: XXXV Reunión Científica Anual Peruana de Producción Animal. Universidad Nacional del Altiplano. Puno- Perú. Memoria de Conferencia. Págs. 9-10.

GÓMEZ, G. y NIETO, C. (2002). Compendio de bioquímica ilustrada. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima- Perú. Pág. 111.

GORDÓN, V. (2013). Utilización de suero de leche para la elaboración de abono orgánico (biol). Tesis de Ingeniero en Desarrollo Integral Agropecuario. Universidad Politécnica Estatal del Carchi. Facultad de Industrias Agropecuarias y Ciencias Ambientales. Tulcán- Ecuador. 150 p.

GUCCIONE, L. (2009). Tratamiento de los residuos orgánicos del comedor universitario de la UNALM para su uso como alimento para cerdos en crecimiento. Tesis de Ingeniero Ambiental. Biblioteca Agrícola Nacional, código: Q70 G9-T. UNALM. Lima- Perú. 122 p.

GUEVARA, A. (1996). Fundamentos básicos para el diseño de biodigestores anaerobios rurales. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. Lima- Perú. Pág. 12-21.

HEER, G. (2007). Microbiología de la leche. Universidad Nacional del Litoral. Facultad de Ciencias veterinarias. Cátedra de tecnología de la leche. Santa Fe, Argentina.

HONORATO, R. (2000). Manual de Edafología. 4ª Edición. Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V. México D.F. Pág. 168-170.

HUANCA, T., MAMANI, R., NAVEROS, M. y APAZA, N. (2012). Índices reproductivos de alpacas Huacaya del INIA Quimsachata 1997-2012. En: XXXV Reunión Científica Anual Reunión Científica Anual Peruana de Producción Animal. Memoria de Conferencia. Universidad Nacional del Altiplano. Puno- Perú. Pág. 217-218.

INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática). Resultados definitivos del IV Censo Nacional Agropecuario 2012. Informe final. Págs. 10-15.

INIA (Instituto Nacional de Estadística e Informática). (2016). Información meteorológica y geográfica. Sede Central: Av. La Molina 1981 - La Molina. Lima. Perú. Disponible en: <http://www.inia.gob.pe/la-molina/ubicacionmolina>. Revisado el 29 de febrero del 2016.

JIMÉNEZ, E. (2011). Aplicación de biol y fertilización química en la rehabilitación de praderas, “Aloag-Pichinha”. Tesis de Ingeniero Agropecuario. Sangolquí- Ecuador. 88 p.

KANDLER, O. (1983). Carbohydrate metabolism in lactic acid bacteria. Antonie Van Leeuwenhoek. (49). 209-224.

LARA, P., HERNÁNDEZ, P. y CINTAS, L. (2000). Actividad antimicrobiana de las bacterias lácticas. Alimentación, equipos y tecnología.19 (7). 109-124.

LOZANO, N. (2012). Diseño de biodigestores para las familias caprinocultoras de la cuenca baja del río Chillón. Facultad de ingeniería agrícola. III Diplomado en saneamiento sostenible. Pág. 9.

MACHACA, A. y TAPIA, M. (2012). Cinética de la degradabilidad ruminal de materia seca y proteína cruda de seis forrajes verdes gramíneas de anta cusco para vacunos. En: XXXV Reunión Científica Anual Reunión Científica Anual Peruana de Producción Animal. Universidad Nacional del Altiplano. Puno- Perú. Pp. 91-92

MADIGAN M., MARTINKO J. y PARKER J. (2004). Brock-Biología de los microorganismos. Décima Edición. Pearson Education, S.A. Madrid. Págs. 398-401.

MARTÍ, N. (2006). Phosphorus precipitation in anaerobic digestion process. Boca Ratón. Florida- USA. 4-15pp.

MARTIN, A. (2002). Capacidad antagonista frente a *Listeria monocytogenes* de dos sustancias tipo bacteriocinas utilizadas en combinación con NaCl y CO<sub>2</sub>. Universidad Austral de Chile. Valdivia - Chile. Pág. 7-18.

MEDINA, A. (2013). Evaluación de la calidad de biol de segunda generación de estiércol de ovino producido a través de biodigestores, Tesis de Ingeniero Ambiental. Biblioteca Agrícola Nacional, código: F04.M435-T. UNALM. Lima- Perú. 65-80 p.

MENDIZÁBAL, Y. (2003). Evaluación del efecto de biol, bioactivos y fertilización potásica en el rendimiento y calidad del maíz morado. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Biblioteca Agrícola Nacional, código: F04 M455-T. UNALM. Lima, Perú. 30-31 p.

MINISTERIO DE AGRICULTURA. (2010). Plan estratégico sectorial Multianual Actualizado del Ministerio de Agricultura 2007-2011. Unidad de política sectorial, oficina de planeamiento y presupuesto del MINAG.

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO. (2014). Sistema Integrado de Estadística Agraria. Estadística mensual. Oficina de Estudios Económicos y Estadísticos (OEEE). Págs. 153-158.

MINISTERIO DEL AMBIENTE (MINAM). (2008). Estándares nacionales de calidad ambiental para agua. Decreto Supremo N° 002-2008.

MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS (MINEM). 2010. Ley General de Aguas-Decreto Ley N° 17752.

MONTERO, M., JUÁREZ, F. y GARCÍA, S. (2009). Suero de leche fermentado con lactobacilos para la alimentación de becerros en el trópico. Universidad Veracruzana. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. *Agrociencia*, 43 (6). Veracruz-México.

MONTERROSO, J. (2011). Estudio de los efluentes del procesamiento de papa en Piura y su potencial uso como fertilizante. Tesis de Ingeniero Industrial y de Sistemas. Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería. Págs. 117-119.

MONTESINOS, D. (2013). Uso de lixiviado procedente de material orgánico de residuos de mercado para la elaboración de biol y su evaluación como fertilizante para pasto. Tesis de Maestría en Agroecología y Ambiente. Universidad de Cuenca. Ecuador. Pág. 13.

MORA, N. y GARCÍA, A. (2007). Susceptibilidad de bacterias ácido-lácticas (BAL) frente a diversos antibióticos. Tesis de Licenciado en Química de Alimentos, Universidad Autónoma de Hidalgo, México. 26 p.

MORENO, M. y POLO, M. (2008). Occurrence of lactic acid bacteria and biogenic amines in biologically aged wines. *Food microbiology*. (25). 875-881.

MOYA, E. (2012). Propuesta de reconversión del uso de las zonas altoandinas. En: XXXV Reunión Científica Anual de la Asociación Peruana de Producción Animal. Memoria de Conferencia. Universidad Nacional del Altiplano. Puno-Perú. Pág. 22.

NOA, J. (2013). Uso de complejo enzimático y bioprotector comercial en la estabilidad y transformación de excretas de porcinas. Tesis de Ingeniero Zootecnista. Biblioteca Agrícola Nacional, código: Q70. N6-T. UNALM. Lima- Perú. 126 p.

NORMA CHILENA OFICIAL N° 2880. (2004). Compost-Clasificación y requisitos. Págs. 8-10.

NORMA OFICIAL MEXICANA. NOM-004-SEMARNAT-2002, Protección ambiental. Lodos y biosólidos. Especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su

aprovechamiento y disposición final. Publicado por el Diario Oficial, el viernes 15 de agosto de 2003.

PACHECO, F. (2006). Lactofermentos. Una alternativa en la producción de abonos orgánicos líquidos fermentados. Centro Nacional Especializado en Agricultura Orgánica. Santa Bárbara de Guanacaste. Costa Rica. Págs. 1-10.

PACHECO, M. (2007). Manual de manejo de alpacas en páramo. Primera Edición. Fundación Heifer. Ecuador. 29 p.

PANEQUE, V. CALAÑA, J. (2004). Abonos orgánicos-Conceptos básicos para su evaluación y aplicación. Folleto técnico. Asociación Cubana de técnicos y Agrícolas Forestales. La Habana-Cuba. 54 págs.

PAREDES, P., CHÁVEZ, A., RODRÍGUEZ, J., AGUILAR, N., RENTERÍA, A. Y RODRÍGUEZ, G. (2014). Características fisicoquímicas y microbiológicas de suero de leche de queso Chihuahua. Investigación y ciencia. N° 62: 11-16. Universidad Autónoma de Aguascalientes. México. 7p.

PARRA, R. (2010). Bacterias ácido lácticas: Papel funcional en los alimentos. Review. Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. 8 (1). 13 p.

PEÑA, N. (2008). Utilización de residuos de pota (*Dosidicus gigas*) para la obtención de un fertilizante orgánico líquido. Tesis Ingeniero Pesquero. Biblioteca Agrícola Nacional, código: F04 P31-T. UNALM. Lima- Perú. 108 p.

PERALTA, R. (2010). Determinación de parámetros óptimos en la producción de fast- biol usando las excretas del ganado lechero del establo de la UNALM. Tesis Biólogo. Biblioteca Agrícola Nacional, código: F04 P42-T. UNALM. Lima- Perú. 11-20 p.

PRESCOTT L, HARLEY, J. y KLEIN, D. (2004). Microbiología. 5<sup>ta</sup> ed. Madrid, ES, McGraw-Hill. Cap. 5, 6 y 23.

QUIPUZCO, L., BALDEÓN, W. y TANG, O. (2011). Evaluación de la calidad de biogás y biol a partir de dos mezclas de estiércol de vaca en biodigestores tubulares de PVC. UNALM. Lima- Perú. 8 p.

- QUISPE, E., RODRÍGUEZ, T., IÑIGUEZ, L. y MUELLER, J. (2009). Producción de fibra de alpaca, llama, vicuña y guanaco en Sudamérica. *Animal Genetic Resources Information*. (45). 1-14.
- RAMÍREZ, M. (2005). Actividad inhibitoria de cepas de bacterias ácido lácticas frente a bacterias patógenas y deterioradoras de alimentos. Tesis de Licenciado Químico. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México. 13 p.
- REAL DECRETO 506/2013, del 28 de junio, sobre fertilizantes. Boletín Oficial del estado N° 164. Sec. I. España. Pág. 51-119.
- RENDÓN, A. (2013). Elaboración de abono orgánico tipo biol a partir de estiércol de codorniz enriquecido con alfalfa y roca fosfórica para elevar su contenido de nitrógeno y fósforo. Tesis de Ingeniero Bioquímico. Universidad Técnica de Ambato. Ambato-Ecuador. 22 p.
- RESTREPO, J. (2007). Biofertilizantes preparados y fermentados a base de excretas de vaca. Manual práctico. Primera edición. Volumen 2. Cali- Colombia. Págs. 17-18, 53-60.
- RICSE, Y. (2013). Elaboración de biofertilizante acelerado vía fermentación homoláctica del residuo del procesamiento de rocoto (*Capsicum pubescens*). Tesis para optar al título de Ingeniero ambiental. Biblioteca Agrícola Nacional, código: F04 R487-T. UNALM. Lima-Perú. 113 p.
- RIVERA, V. (2010) Estudio cinético de la digestión anaeróbica termofílica de pollinaza a escala piloto. Tesis de Maestría en Ciencias de Bioprocesos. Instituto Politécnico Nacional. La Laguna de Ticomán. México. Págs. 4-10
- ROBALINO, H. (2011). Evaluación de la actividad biológica y nutricional del biol en diferentes formulaciones y la respuesta a su aplicación en cultivos de arroz (*Oriza sativa*) y maíz (*Zea mays*), en Guayas. Tesis de Ms.Sc. en Agricultura Orgánica. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil- Ecuador. 77 p.
- ROJAS, J. y MORENO, N. (2008). Producción y formulación de prototipos de un biofertilizante a partir de bacterias nativas asociadas al cultivo de arroz (*Oriza sativa*). *Revista Colombiana de Biotecnología*. 10 (2). 50-62.

- ROMÁN, C. (2012). Tratamiento biológico de la cuyinaza a través de un proceso de fermentación homoláctica. Tesis Ingeniero Ambiental. Biblioteca Agrícola Nacional, código: F04R758-T. UNALM. Lima- Perú. Pág. 120-141.
- ROQUE, B., BAUTISTA, J., ARANÍBAR, M., ROJAS, R., PINARES, C., PINEDA, D., FLORES, A. y ROJAS, F. (2012). Uso de concentrado fibroso en el incremento de la productividad y la disminución de las emisiones de metano entérico en ganadería de altura. En: XXXV Reunión Científica Anual Reunión Científica Anual Peruana de Producción Animal. Memoria de Conferencia. Universidad Nacional del Altiplano. Puno- Perú. Págs. 11-16.
- ROQUE, J. (2014). Estimación de heredabilidad de peso vivo y longitud de mecha en alpacas huacaya. Tesis de Magister *Scientiae* en Producción Animal. UNALM. Lima- Perú. 90 p.
- ROSADIO, R. (2015). Avances y desafíos en el conocimiento del complejo enterotoxigénico neonatal. En: VII Congreso Mundial en Camélidos Sudamericanos. Memoria de conferencia. Puno-Perú. Pág. 18.
- SAIS PACHACÚTEC S.A.C. (2014). Inventario de censos poblacionales de alpacas durante los periodos 2012-2014. Memoria Anual. Proporcionado por la Gerencia administrativa. Corpacancha-Perú.
- SALISBURY, F. y ROSS, C. (1994). FISIOLOGÍA VEGETAL. Grupo Editorial Iberoamericana S.A. México. pp. 144.
- SANTANDER, C. (2015). Desarrollo técnico de un hidrolizado líquido de gallinaza como fertilizante foliar. Tesis Ingeniero Agrónomo. Biblioteca Agrícola Nacional, código: F04.S358-T. UNALM. Lima- Perú. 97 p.
- SANZ, P. (1976). Microbiología general. Primera Edición española. Editorial ALHAMBRA, S.A. Facultad de Ciencias de la Universidad de Sevilla. España. Págs. 258-259, 277-279.
- SAS INSTITUTE INC. (1999). SAS/STAT 8.0 User's guide, Second Edition: Statistics. Version 8.0 Edition. SAS Institute Inc., Cary, NC.
- SERNA, L. y RODRÍGUEZ, A. (2005). Producción biotecnológica de ácido láctico. Reynosa, México. 55-62 p.

- SIURA, S., MONTES, I. y DÁVILA, S. (2009). Efecto del biol y la rotación con abono verde (*Crotalaria juncea*) en la producción de espinaca (*Spinacea oleracea*) bajo cultivo orgánico. *Anales científicos*. 70 (1). 1-8.
- SOBRERO, M. y RONCO, A. (2004). Ensayos toxicológicos y métodos de evaluación de calidad de aguas. Estandarización, intercalibración, resultados y aplicaciones. Capítulo 4.4 Ensayo de toxicidad aguda con semillas de lechuga (*Lactuca sativa L.*). México: IMTA. Canadá: IDRC, Castillo Morales, G. (ed.).
- SOLANO, A. (2007). Ensayo de toxicidad aguda al efluente de la Ptar del municipio de Chía mediante la utilización de semillas de *Lactuca sativa L.* y propuesta para su utilización como agua de riego para hortalizas. Universidad de la Salle. Facultad de Ingeniería ambiental y sanitaria. Bogotá D.C. 160 p.
- SORIA, M., FERRERA-CERRATO, R., ETCHEVERS, J., ALCANTAR, G., TRINIDAD, J., BORGES, L. y PEREYDA, G. (2001). Producción de biofertilizantes mediante biodigestión de excreta líquida de cerdo. *Terra*. 19 (4). 353-362.
- SOTO, G. y MELÉNDEZ G. (2004). ¿Cómo medir la calidad de los abonos orgánicos? Manejo integrado de plagas y Agroecología. (72). 91-97.
- TORRES, A., QUIPUZCO, L., Y MEZA, V. (2013). Influencia de la fermentación láctica (abono bokashi) en el pre-compost para la producción de biogás y biol en biodigestores tipo batch. Tesis de Ingeniero Ambiental. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima-Perú.
- UNIDO (Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial). (2006). Informe: Producción textil de fibras de camélidos sudamericanos en el área altoandina de Bolivia, Ecuador y Perú. Pág. 6-9.
- URIBE, L. (2003). Calidad microbiológica e inocuidad de abonos orgánicos. Memoria de Conferencia. In Meléndez G; y Soto, G; Uribe, L. eds. Taller de abonos orgánicos: Principios, características e impacto en la agricultura. Costa Rica, CATIE, UCR. Págs. 122-136.
- VALENCIA, E. y RAMÍREZ, M. (2009). La industria de la leche y la contaminación del agua. *Ciencia y Cultura*. 16 (73). 27-31.

- VARNERO, M., ROJAS, C. y ORELLANA, R. (2007). Índices de fitotoxicidad en residuos orgánicos durante el compostaje. *Revista de Ciencia del Suelo y Nutrición Vegetal*. 7 (1). 28-37.
- VEGA, E. y TORRES, D. (2013). Manejo y conservación de pasturas naturales y cultivos temporales. Prácticas de adaptación al cambio climático. Proyecto de desarrollo sostenible de la actividad ganadera, MINSUR. Arequipa-Perú. Pág. 29.
- VILCA, J., CHAPARRO, Y. Y CHAPARRO, CH. (2012). Correlaciones fenotípicas entre características físicas de la fibra de alpaca huacaya (*Vicugna pacos*). En: XXXV Reunión Científica Anual Peruana de Producción Animal. Memoria de Conferencia. Universidad Nacional del Altipano. Puno-Perú. Pág. 30-32.
- VIVANCO, H. (2007). Situación y proyección de la Ganadería Peruana. Mejoramiento Genético y Reproducción animal Perú. 24 p.
- WEIMER, R. (2009). Estadística. Décimo segunda reimpresión. Grupo Editorial Patria, S.A. C.V. México D.F. Págs. 639-658.
- WHITE, S. (2004). Alpacas y Llamas como herramientas de conservación del páramo. Disponible en: <http://www.condesan.org/e-foros/Paramo2004/WhiteS.pdf>. Visitada el 23 de febrero del 2016.

## **X. ANEXOS**

**ANEXO 1: Precios de adherentes y nutrientes foliares según regiones del país (soles por unidad de medida)**

Precios promedios	Adherentes			Nutrientes foliares					
	Citowett	AgriDex	Agrotin-SL	Triona M	Abonofol 20-20-20	Abonofol 30-10-10	Fetrilon Combi	Multifrut	Poliphos
	1 Lt.	1 Lt.	1 Lt.	4 Lts.	1 Kg	1 Kg	250 g	1 Kg	1 Kg
Amazonas	-	25	45	-	12	11	25	15	15
Ancash	26	25	-	83	15	15	27	16	26
Apurímac	30	33	26	-	17	16	32	16	30
Arequipa	28	22	-	-	12	12	23	15	-
Ayacucho	30	33	35	-	17	16	30	20	34
Cajamarca	20	22	-	-	13	12	26	14	-
Cusco	27	28	21	-	16	14	27	20	26
Huancavelica	30	27	31	-	15	14	31	19	-
Huánuco	23	26	27	-	26	12	27	16	16
Ica	27	30	31	-	1	12	28	13	25
Junín	25	35	23	-	14	13	27	16	31
La libertad	25	28	25	-	13	13	29	14	28
Lambayeque	36	28	18	-	13	12	-	13	34
Lima	32	25	22	85	13	13	28	13	22
Loreto	-	41	-	-	19	21	40	-	-
Madre de Dios	-	25	30	-	20	24	22	23	-
Moquegua	31	33	-	-	10	11	28	11	19
Pasco	25	30	-	-	16	13	28	15	17
Piura	-	26	25	-	14	14	58	20	25
Puno	-	-	20	-	-	-	-	24	-
San Martín	50	28	-	106	12	12	27	15	14
Tacna	-	-	-	-	-	11	26	13	-
Tumbes	-	-	-	-	16	28	-	-	-
Ucayali	-	-	-	-	20	-	25	-	-

**FUENTE: MINAGRI (2014)**

**ANEXO 2: Precio de venta de fertilizantes químicos y abonos orgánicos según regiones del país (soles por tonelada)**

Precios promedio	Fertilizantes químicos														Abonos orgánicos		
	Úrea	Nitrato de amonio	Sulfato de amonio	Fosfato di amonio	Superf. triple	Cloruro de potasio	Sulfato de potasio	Sulf. de mag. y potasio	Abonos compuesto			Roca fosfórica	Guano de la isla	Gallinaza	Humus lombriz		
									12-12-12	15-15-15	20-20-20						
Prom. Anual	1645	1678	1146	2089	2214	1943	2310	1828	2073	2120	2091	869	1253	456	574		
Amazonas	1682	1660	835	1988	2267	2024	2250	1787	2010	2150	2102	672	1220	575	725		
Ancash	1770	1712	1593	2215	2061	2132	2389	1739	2120	2340	2160	-	1029	-	700		
Apurímac	1849	1869	---	2084	2430	1922	2228	--	2093	2268	2124	1055	1102	433	-		
Arequipa	1410	1362	1087	1820	1900	1738	2191	1807	-	-	1911	-	1375	460	-		
Ayacucho	1946	1745	---	2141	2301	2019	2645	--	2170	2400	2114	988	1407	400	-		
Cajamarca	1614	1797	1172	2055	2100	1972	2289	1835	2240	2302	2004	620	1267	420	440		
Cusco	1641	1790	1311	2148	2241	1991	2301	--	1935	2058	2088	993	1247	-	-		
Huancavelica	1768	1761	---	2209	---	2101	--	--	2135	2214	2298	1110	1183	350	-		
Huánuco	1670	1848	1441	2164	2128	2118	2199	2030	1940	2087	2139	770	1278	508	-		
Ica	1378	1432	951	1898	2100	1919	2356	1972	-	-	1927	-	-	-	-		
Junín	1489	1517	1300	1903	2077	1699	2300	1786	-	2025	1910	690	-	440	600		
La libertad	1520	1404	893	1942	2275	1756	2355	1782	1950	2160	1924	-	1360	483	445		
Lambayeque	1295	1620	800	1810	---	1775	2295	1750	1820	-	1860	-	-	-	-		
Lima	1401	1454	1028	1957	2104	1750	2222	1662	-	1955	1934	580	-	-	600		
Loreto	2438	2110	1220	2875	2820	---	--	1815	2800	-	2810	-	1200	-	694		
Madre de Dios	2015	2360	1470	2400	2607	2210	2720	--	-	-	2365	1390	1260	-	-		
Moquegua	1507	1507	1260	1940	---	1893	2400	1925	-	-	1950	-	-	-	-		
Pasco	1831	1788	1250	2199	2045	1971	--	2065	1707	1900	2176	833	1100	490	440		
Piura	1431	1487	892	2030	2100	1951	2339	1711	1900	1700	2073	580	1373	-	500		
Puno	1494	1610	---	2101	2250	2073	--	--	-	-	1989	1277	1067	-	-		
San Martín	1538	1733	1068	2193	2067	1902	2393	1753	2200	-	2103	684	1178	-	-		
Tacna	1390	1395	1200	1895	2200	---	2015	--	-	-	1890	-	-	-	600		
Tumbes	1640	1630	1040	2080	---	---	2320	--	-	-	2285	-	1660	-	-		
Ucayali	1770	---	1100	2090	---	1887	2000	--	-	-	2040	793	-	-	-		

**FUENTE: MINAGRI (2014)**

## ANEXO 3: Ficha técnica del consorcio microbiano Biolac

NOGA-FER PERÚ 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, acelerado 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 agroecosistema.

### **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 fitopatógenas del suelo.

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

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

**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 del crecimiento

Av. 2, Mz. E2, Lt56, Tercera etapa, San Antonio de Carapongo, Lurigancho.  
Cel- 998964664, Nextel: 135\*4733.

**FUENTE:** Román (2012)

#### ANEXO 4: Valores de pH de los tratamientos

Tratamiento			Días de fermentación										
Número	Melaza	Biolac	0	1	2	3	4	5	10	15	20	25	30
T1 - R1	0%	0%	6.43	4.44	4.22	4.38	4.38	3.98	4.20	4.67	4.80	5.29	5.48
T1 - R2	0%	0%	6.47	4.39	4.27	4.32	3.90	3.95	4.18	4.59	4.70	5.37	5.54
T1 - R3	0%	0%	6.44	4.43	4.23	4.37	3.90	3.93	4.15	4.67	4.79	5.12	5.41
<b>T1 – Promedio</b>			<b>6.45</b>	<b>4.42</b>	<b>4.24</b>	<b>4.36</b>	<b>4.06</b>	<b>3.95</b>	<b>4.18</b>	<b>4.64</b>	<b>4.76</b>	<b>5.26</b>	<b>5.48</b>
T2 - R1	5%	0%	6.38	4.67	4.38	4.37	3.77	3.70	3.55	3.84	3.80	3.93	4.04
T2 - R2	5%	0%	6.32	4.40	4.12	4.22	3.70	3.86	3.60	3.76	3.65	3.78	3.84
T2 - R3	5%	0%	6.36	4.35	4.19	4.29	3.82	3.78	3.67	3.85	3.76	3.80	3.81
<b>T2 – Promedio</b>			<b>6.35</b>	<b>4.47</b>	<b>4.23</b>	<b>4.29</b>	<b>3.76</b>	<b>3.78</b>	<b>3.61</b>	<b>3.82</b>	<b>3.74</b>	<b>3.84</b>	<b>3.90</b>
T3 - R1	10%	0%	6.31	4.36	4.14	4.22	3.78	3.75	3.54	3.73	3.63	3.74	3.70
T3 - R2	10%	0%	6.30	4.62	4.27	4.19	3.66	3.62	3.54	3.67	3.60	3.74	3.72
T3 - R3	10%	0%	6.31	4.41	4.10	4.20	3.68	3.69	3.57	3.76	3.68	3.78	3.71
<b>T3 – Promedio</b>			<b>6.31</b>	<b>4.46</b>	<b>4.17</b>	<b>4.20</b>	<b>3.71</b>	<b>3.69</b>	<b>3.55</b>	<b>3.72</b>	<b>3.64</b>	<b>3.75</b>	<b>3.71</b>
T4 - R1	15%	0%	6.21	4.40	4.12	4.33	3.75	3.82	3.52	3.71	3.56	3.80	3.68
T4 - R2	15%	0%	6.24	4.43	4.12	4.18	3.73	3.75	3.64	3.67	3.57	3.74	3.72
T4 - R3	15%	0%	6.21	4.48	4.14	4.27	3.73	3.68	3.56	3.73	3.65	3.78	3.70
<b>T4 – Promedio</b>			<b>6.22</b>	<b>4.44</b>	<b>4.13</b>	<b>4.26</b>	<b>3.74</b>	<b>3.75</b>	<b>3.57</b>	<b>3.70</b>	<b>3.59</b>	<b>3.77</b>	<b>3.70</b>
T5 - R1	20%	0%	6.15	4.69	4.18	4.45	3.94	3.93	3.60	3.74	3.59	3.76	3.72
T5 - R2	20%	0%	6.14	4.57	4.16	4.27	3.73	3.75	3.66	3.73	3.69	3.74	3.74
T5 - R3	20%	0%	6.16	4.55	4.11	4.25	3.73	3.70	3.68	3.81	3.80	3.73	3.69
<b>T5 – Promedio</b>			<b>6.15</b>	<b>4.60</b>	<b>4.15</b>	<b>4.32</b>	<b>3.80</b>	<b>3.79</b>	<b>3.65</b>	<b>3.76</b>	<b>3.69</b>	<b>3.74</b>	<b>3.72</b>
T6 - R1	0%	5%	6.39	4.42	4.09	4.20	3.83	3.95	4.07	4.52	4.65	5.19	5.24
T6 - R2	0%	5%	6.40	4.42	4.10	4.23	3.83	3.86	4.00	4.50	4.64	5.14	5.15
T6 - R3	0%	5%	6.40	4.31	4.12	4.30	3.83	3.88	4.23	4.63	4.83	5.24	5.32
<b>T6 – Promedio</b>			<b>6.40</b>	<b>4.38</b>	<b>4.10</b>	<b>4.24</b>	<b>3.83</b>	<b>3.90</b>	<b>4.10</b>	<b>4.55</b>	<b>4.71</b>	<b>5.19</b>	<b>5.24</b>
T7 - R1	5%	5%	6.32	4.19	4.13	4.28	3.73	3.74	3.61	3.84	3.76	3.79	3.80
T7 - R2	5%	5%	6.32	4.24	4.17	4.26	3.73	3.69	3.60	3.80	3.74	3.94	4.02
T7 - R3	5%	5%	6.33	4.17	4.09	4.32	3.75	3.66	3.65	3.82	3.79	3.81	3.81
<b>T7 – Promedio</b>			<b>6.32</b>	<b>4.20</b>	<b>4.13</b>	<b>4.29</b>	<b>3.74</b>	<b>3.70</b>	<b>3.62</b>	<b>3.82</b>	<b>3.76</b>	<b>3.85</b>	<b>3.88</b>
T8 - R1	10%	5%	6.23	4.24	4.02	4.18	3.66	3.67	3.55	3.78	3.74	3.89	3.98
T8 - R2	10%	5%	6.20	4.07	4.00	4.20	3.72	3.67	3.51	3.78	3.71	3.81	3.82
T8 - R3	10%	5%	6.23	4.15	3.98	4.11	3.62	3.63	3.58	3.69	3.61	3.88	3.90
<b>T8 – Promedio</b>			<b>6.22</b>	<b>4.15</b>	<b>4.00</b>	<b>4.16</b>	<b>3.67</b>	<b>3.66</b>	<b>3.55</b>	<b>3.75</b>	<b>3.69</b>	<b>3.86</b>	<b>3.90</b>
T9 - R1	15%	5%	6.17	4.04	4.00	4.14	3.65	3.64	3.54	3.67	3.59	3.73	3.72
T9 - R2	15%	5%	6.16	4.04	4.02	4.19	3.70	3.54	3.60	3.75	3.73	3.70	3.70
T9 - R3	15%	5%	6.15	4.09	4.00	4.11	3.59	3.53	3.50	3.73	3.69	3.74	3.69
<b>T9 – Promedio</b>			<b>6.16</b>	<b>4.06</b>	<b>4.01</b>	<b>4.15</b>	<b>3.65</b>	<b>3.57</b>	<b>3.55</b>	<b>3.72</b>	<b>3.67</b>	<b>3.72</b>	<b>3.70</b>

... Continuación

T10 - R1	20%	5%	6.05	3.98	3.97	4.15	3.65	3.66	3.54	3.74	3.66	3.73	3.74
T10 - R2	20%	5%	6.06	3.99	3.99	4.18	3.67	3.67	3.55	3.75	3.69	3.74	3.80
T10 - R3	20%	5%	6.04	3.96	3.95	4.12	3.63	3.54	3.49	3.67	3.63	3.79	3.86
<b>T10 – Promedio</b>			<b>6.05</b>	<b>3.98</b>	<b>3.97</b>	<b>4.15</b>	<b>3.65</b>	<b>3.62</b>	<b>3.53</b>	<b>3.72</b>	<b>3.66</b>	<b>3.75</b>	<b>3.80</b>
T11 - R1	0%	10%	6.30	4.27	4.04	4.18	3.77	3.77	3.82	4.11	4.08	4.75	4.92
T11 - R2	0%	10%	6.37	4.30	4.08	4.26	3.8	3.78	3.96	4.25	4.32	4.45	4.80
T11 - R3	0%	10%	6.29	4.21	4.08	4.24	3.74	3.75	4.02	4.56	4.77	4.76	5.18
<b>T11 – Promedio</b>			<b>6.32</b>	<b>4.26</b>	<b>4.07</b>	<b>4.23</b>	<b>3.77</b>	<b>3.77</b>	<b>3.93</b>	<b>4.31</b>	<b>4.39</b>	<b>4.65</b>	<b>4.97</b>
T12 - R1	5%	10%	6.26	4.11	4.05	4.22	3.8	3.65	3.60	3.89	3.84	3.83	3.84
T12 - R2	5%	10%	6.25	4.15	4.00	4.21	3.71	3.68	3.58	3.74	3.65	3.78	3.84
T12 - R3	5%	10%	6.24	4.13	4.00	4.18	3.66	3.62	3.55	3.76	3.70	3.77	3.84
<b>T12 – Promedio</b>			<b>6.25</b>	<b>4.13</b>	<b>4.02</b>	<b>4.20</b>	<b>3.72</b>	<b>3.65</b>	<b>3.58</b>	<b>3.8</b>	<b>3.73</b>	<b>3.79</b>	<b>3.84</b>
T13 - R1	10%	10%	6.12	4.18	4.01	4.20	3.7	3.68	3.52	3.8	3.73	3.78	3.77
T13 - R2	10%	10%	6.14	4.13	4.09	4.22	3.68	3.70	3.48	3.75	3.66	3.73	3.75
T13 - R3	10%	10%	6.14	4.17	4.07	4.18	3.71	3.66	3.53	3.66	3.55	3.66	3.72
<b>T13 – Promedio</b>			<b>6.13</b>	<b>4.16</b>	<b>4.06</b>	<b>4.20</b>	<b>3.7</b>	<b>3.68</b>	<b>3.51</b>	<b>3.74</b>	<b>3.65</b>	<b>3.72</b>	<b>3.75</b>
T14 - R1	15%	10%	5.99	4.26	4.10	4.18	3.7	3.71	3.53	3.83	3.79	3.78	3.66
T14 - R2	15%	10%	6.00	4.21	4.09	4.25	3.78	3.74	3.58	3.7	3.64	3.72	3.70
T14 - R3	15%	10%	6.01	4.18	4.01	4.18	3.67	3.68	3.58	3.75	3.61	3.73	3.66
<b>T14 – Promedio</b>			<b>6.00</b>	<b>4.22</b>	<b>4.07</b>	<b>4.20</b>	<b>3.72</b>	<b>3.71</b>	<b>3.56</b>	<b>3.76</b>	<b>3.68</b>	<b>3.74</b>	<b>3.67</b>
T15 - R1	20%	10%	6.00	4.25	4.11	4.23	3.75	3.74	3.63	3.77	3.72	3.69	3.67
T15 - R2	20%	10%	5.88	4.27	4.04	4.22	3.7	3.72	3.59	3.84	3.78	3.78	3.63
T15 - R3	20%	10%	5.97	4.33	4.07	4.22	3.76	3.77	3.62	3.77	3.68	3.88	3.77
<b>T15 – Promedio</b>			<b>5.95</b>	<b>4.28</b>	<b>4.07</b>	<b>4.22</b>	<b>3.74</b>	<b>3.74</b>	<b>3.61</b>	<b>3.79</b>	<b>3.73</b>	<b>3.78</b>	<b>3.69</b>
T16 - R1	0%	15%	6.20	4.19	4.03	4.19	3.67	3.70	3.94	4.34	4.52	4.56	5.00
T16 - R2	0%	15%	6.20	4.21	4.02	4.20	3.68	3.71	3.59	3.97	3.87	4.54	4.52
T16 - R3	0%	15%	6.23	4.13	4.04	4.18	3.73	3.71	3.81	4.27	4.32	4.68	4.80
<b>T16 – Promedio</b>			<b>6.21</b>	<b>4.18</b>	<b>4.03</b>	<b>4.19</b>	<b>3.69</b>	<b>3.71</b>	<b>3.78</b>	<b>4.19</b>	<b>4.24</b>	<b>4.59</b>	<b>4.77</b>
T17 - R1	5%	15%	6.12	4.12	4.06	4.16	3.62	3.59	3.54	3.72	3.65	3.79	3.81
T17 - R2	5%	15%	6.12	4.59	4.32	4.25	3.72	3.69	3.6	3.82	3.77	3.76	3.85
T17 - R3	5%	15%	6.12	4.09	4.01	4.13	3.64	3.58	3.53	3.74	3.70	3.86	3.95
<b>T17 – Promedio</b>			<b>6.12</b>	<b>4.27</b>	<b>4.13</b>	<b>4.18</b>	<b>3.66</b>	<b>3.62</b>	<b>3.56</b>	<b>3.76</b>	<b>3.71</b>	<b>3.80</b>	<b>3.87</b>
T18 - R1	10%	15%	6.05	4.06	3.98	4.11	3.65	3.63	3.58	3.73	3.63	3.64	3.61
T18 - R2	10%	15%	6.05	4.11	4.09	4.24	3.78	3.78	3.52	3.76	3.64	3.70	3.71
T18 - R3	10%	15%	6.04	4.05	3.99	4.23	3.68	3.60	3.53	3.89	3.85	3.73	3.67
<b>T18 – Promedio</b>			<b>6.05</b>	<b>4.07</b>	<b>4.02</b>	<b>4.19</b>	<b>3.7</b>	<b>3.67</b>	<b>3.54</b>	<b>3.79</b>	<b>3.71</b>	<b>3.69</b>	<b>3.66</b>
T19 - R1	15%	15%	5.92	4.16	4.04	4.20	3.62	3.66	3.60	3.67	3.65	3.74	3.66
T19 - R2	15%	15%	5.96	4.13	4.06	4.20	3.68	3.69	3.24	3.52	3.45	3.65	3.60
T19 - R3	15%	15%	5.99	4.11	4.08	4.20	3.73	3.67	3.48	3.62	3.60	3.71	3.69
<b>T19 – Promedio</b>			<b>5.96</b>	<b>4.13</b>	<b>4.06</b>	<b>4.20</b>	<b>3.68</b>	<b>3.67</b>	<b>3.44</b>	<b>3.6</b>	<b>3.57</b>	<b>3.70</b>	<b>3.65</b>

... Continuación

T20 - R1	20%	15%	5.85	4.22	4.01	4.13	3.72	3.70	3.70	3.77	3.74	3.69	3.70
T20 - R2	20%	15%	5.80	4.23	4.07	4.35	3.82	3.77	3.60	3.70	3.60	3.74	3.70
T20 - R3	20%	15%	5.83	4.18	4.04	4.18	3.63	3.47	3.65	3.75	3.80	3.67	3.71
<b>T20 – Promedio</b>			<b>5.83</b>	<b>4.21</b>	<b>4.04</b>	<b>4.22</b>	<b>3.72</b>	<b>3.65</b>	<b>3.65</b>	<b>3.74</b>	<b>3.71</b>	<b>3.70</b>	<b>3.70</b>
T21 - R1	0%	20%	6.15	4.22	4.07	4.20	3.73	3.72	3.73	4.22	4.20	5.22	5.26
T21 - R2	0%	20%	6.12	4.35	4.27	4.43	3.56	3.66	3.85	4.39	4.43	4.99	4.99
T21 - R3	0%	20%	6.13	4.51	4.20	4.24	3.7	3.71	3.75	4.34	4.39	4.54	4.67
<b>T21 – Promedio</b>			<b>6.13</b>	<b>4.36</b>	<b>4.18</b>	<b>4.29</b>	<b>3.66</b>	<b>3.70</b>	<b>3.78</b>	<b>4.32</b>	<b>4.34</b>	<b>4.92</b>	<b>4.97</b>
T22 - R1	5%	20%	6.06	4.03	4.01	4.18	3.67	3.63	3.43	3.67	3.54	3.77	3.75
T22 - R2	5%	20%	6.07	3.99	4.03	4.28	3.74	3.65	3.55	3.6	3.45	3.65	3.66
T22 - R3	5%	20%	6.05	4.07	3.99	4.08	3.6	3.59	3.47	3.77	3.70	3.70	3.74
<b>T22 – Promedio</b>			<b>6.06</b>	<b>4.03</b>	<b>4.01</b>	<b>4.18</b>	<b>3.67</b>	<b>3.62</b>	<b>3.48</b>	<b>3.68</b>	<b>3.56</b>	<b>3.71</b>	<b>3.72</b>
T23 - R1	10%	20%	5.98	4.06	4.01	4.11	3.66	3.64	3.55	3.67	3.60	3.78	3.72
T23 - R2	10%	20%	6.00	4.18	4.04	4.26	3.74	3.71	3.52	3.64	3.57	3.63	3.66
T23 - R3	10%	20%	6.04	4.42	4.10	4.07	3.64	3.66	3.54	3.66	3.59	3.73	3.70
<b>T23 – Promedio</b>			<b>6.01</b>	<b>4.22</b>	<b>4.05</b>	<b>4.15</b>	<b>3.68</b>	<b>3.67</b>	<b>3.54</b>	<b>3.66</b>	<b>3.59</b>	<b>3.71</b>	<b>3.69</b>
T24 - R1	15%	20%	5.96	4.17	4.10	4.22	3.74	3.67	3.54	3.71	3.65	3.73	3.73
T24 - R2	15%	20%	5.86	4.22	4.03	4.15	3.66	3.70	3.58	3.68	3.62	3.68	3.73
T24 - R3	15%	20%	5.91	4.11	4.00	4.18	3.73	3.67	3.61	3.72	3.65	3.78	3.74
<b>T24 – Promedio</b>			<b>5.91</b>	<b>4.17</b>	<b>4.04</b>	<b>4.18</b>	<b>3.71</b>	<b>3.68</b>	<b>3.58</b>	<b>3.70</b>	<b>3.64</b>	<b>3.73</b>	<b>3.73</b>
T25 - R1	20%	20%	5.82	4.29	4.06	4.19	3.75	3.75	3.68	3.74	3.66	3.77	3.75
T25 - R2	20%	20%	5.84	4.19	4.03	4.24	3.72	3.72	3.64	3.78	3.71	3.78	3.71
T25 - R3	20%	20%	5.80	4.37	4.10	4.22	3.74	3.64	3.60	3.82	3.81	3.77	3.78
<b>T25 – Promedio</b>			<b>5.82</b>	<b>4.28</b>	<b>4.06</b>	<b>4.22</b>	<b>3.74</b>	<b>3.70</b>	<b>3.64</b>	<b>3.78</b>	<b>3.73</b>	<b>3.77</b>	<b>3.75</b>

**ANEXO 5: Valores de acidez titulable al día 5 y 30**

N°	Tratamiento		Días de fermentación							
	Biolac	Melaza	Día 5		$\bar{X}$	Día 30		$\bar{X}$		
1	0	0	2.31	2.33	2.34	2.33	0.68	0.67	0.69	0.68
2	0	5	3.26	3.12	3.19	3.19	3.49	3.67	3.70	3.62
3	0	10	2.59	2.68	2.63	2.63	3.71	3.69	3.71	3.70
4	0	15	3.26	3.32	3.38	3.32	4.95	4.90	4.93	4.93
5	0	20	3.15	3.30	3.35	3.27	4.84	4.81	4.98	4.88
6	5	0	2.81	2.88	2.86	2.85	1.01	1.03	1.0	1.01
7	5	5	2.59	2.63	2.65	2.62	3.49	3.30	3.48	3.42
8	5	10	2.81	2.81	2.84	2.82	3.04	3.17	3.11	3.11
9	5	15	2.65	3.75	3.59	3.33	4.16	4.18	4.19	4.18
10	5	20	3.04	3.03	3.14	3.07	4.05	3.98	3.92	3.98
11	10	0	2.70	2.69	2.71	2.70	1.24	1.27	1.16	1.22
12	10	5	3.38	3.35	3.41	3.38	3.71	3.71	3.71	3.71
13	10	10	3.38	3.36	3.40	3.38	4.61	4.63	4.67	4.64
14	10	15	3.38	3.35	3.41	3.38	4.61	4.56	4.61	4.59
15	10	20	3.15	3.17	3.13	3.15	4.28	4.33	4.17	4.26
16	15	0	2.48	2.47	2.47	2.47	1.69	1.87	1.77	1.78
17	15	5	2.57	2.50	2.58	2.55	3.60	3.56	3.47	3.54
18	15	10	3.15	3.03	3.18	3.12	4.44	4.32	4.37	4.38
19	15	15	3.15	3.12	3.14	3.14	4.84	4.92	4.8	4.85
20	15	20	3.38	3.32	3.61	3.44	4.56	4.56	4.55	4.56
21	20	0	3.48	3.54	3.49	3.50	1.01	1.06	1.14	1.07
22	20	5	3.94	3.92	3.98	3.95	3.60	3.69	3.61	3.63
23	20	10	3.26	3.20	3.24	3.23	4.50	4.57	4.52	4.53
24	20	15	2.48	2.46	2.48	2.47	4.84	4.84	4.83	4.84
25	20	20	3.04	3.06	3.13	3.08	4.16	4.2	4.12	4.16

## ANEXO 6: Análisis experimental al quinto día de fermentación

### Análisis de varianza para la melaza y el Biolac

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F <sub>cal</sub>	F <sub>tab</sub>	Pr >F	Sig.
Modelo	24	0.5156	0.0215	5.84	1.99	<0.0001	**
Melaza	4	0.1892	0.0473	12.87	2.56	<0.0001	**
Biolac	4	0.1594	0.0399	10.84	2.56	<0.0001	**
M*B	16	0.1669	0.0104	2.84	1.81	0.0025	**
Error	50	0.1838	0.0037				
Total	74	0.6994	0.0095				

\* R<sup>2</sup>=0.74; R<sup>2</sup> ajustado= 60.85; Coeficiente de variación=1.64%

### Contraste de medias para los niveles de melaza y Biolac

Factor	Niveles	N°	$\bar{X}$	Agrupación de tukey
<b>Biolac</b>	0	15	3.7927	a
	10	15	3.7100	b
	5	15	3.6887	b
	20	15	3.6747	b
	15	15	3.6633	b
<b>Melaza</b>	0	15	3.8040	a
	20	15	3.7020	b
	15	15	3.6767	b
	5	15	3.6740	b
	10	15	3.6727	b

\* Distintas letras en la misma columna, indican diferencia significativa, según la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ )

### Prueba múltiple de Tukey

Tratamiento	repeticiones	Promedio	Agrupación			
1	3	3.9533	a			
6	3	3.8967	a	b		
5	3	3.7933	a	b	c	
2	3	3.7800	a	b	c	
11	3	3.7667	a	b	c	
4	3	3.7500		b	c	d
15	3	3.7433		b	c	d
14	3	3.7100		b	c	d
16	3	3.7067		b	c	d
25	3	3.7033			c	d
7	3	3.6967			c	d
21	3	3.6967			c	d
3	3	3.6867			c	d
13	3	3.6800			c	d
24	3	3.6800			c	d
19	3	3.6733			c	d
23	3	3.6700			c	d
18	3	3.6700			c	d
8	3	3.6567			c	d
12	3	3.6500			c	d
20	3	3.6467			c	d
10	3	3.6233			c	d
22	3	3.6233			c	d
17	3	3.6200			c	d
9	3	3.5700				d

\*Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

## ANEXO 7: Análisis estadístico al treintavo día de fermentación

### Análisis de varianza para el pH

FV	GL	SC	CM	F <sub>cal</sub>	F <sub>tab</sub>	P>F	Significancia
Tratamiento	3	0.054	0.018	6.6	4.07	0.0148	*
Error	8	0.0218	0.0027				
Total	12	0.0758	0.0063				

$R^2 = 71.23\%$ ;  $R^2$  Ajustado =  $57.26\%$ ; Coef. Var. =  $1.38\%$ ; Desv. estándar =  $0.0522$ ;  $\bar{X} = 3.77$

### Prueba de Tukey para el pH

Tratamiento	N°	Promedio	Agrupación de tukey
17	3	3.8700	a
10	3	3.7967	a b
22	3	3.7167	b
9	3	3.7033	b

\*Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

### Análisis de varianza para la acidez titulable

FV	GL	SC	CM	F <sub>cal</sub>	F <sub>tab</sub>	Pr>F	Significancia
Tratamiento	3	0.7934	0.2645	93.34	4.07	<0.001	**
Error	8	0.02267	0.0028				
Total	12	0.8161					

$R^2 = 97.22\%$ ;  $R^2$  Ajustado =  $95.88\%$ ; Coef. Var. =  $1.39\%$ ; Desv. estándar =  $0.0532$ ;  $\bar{X} = 3.83$

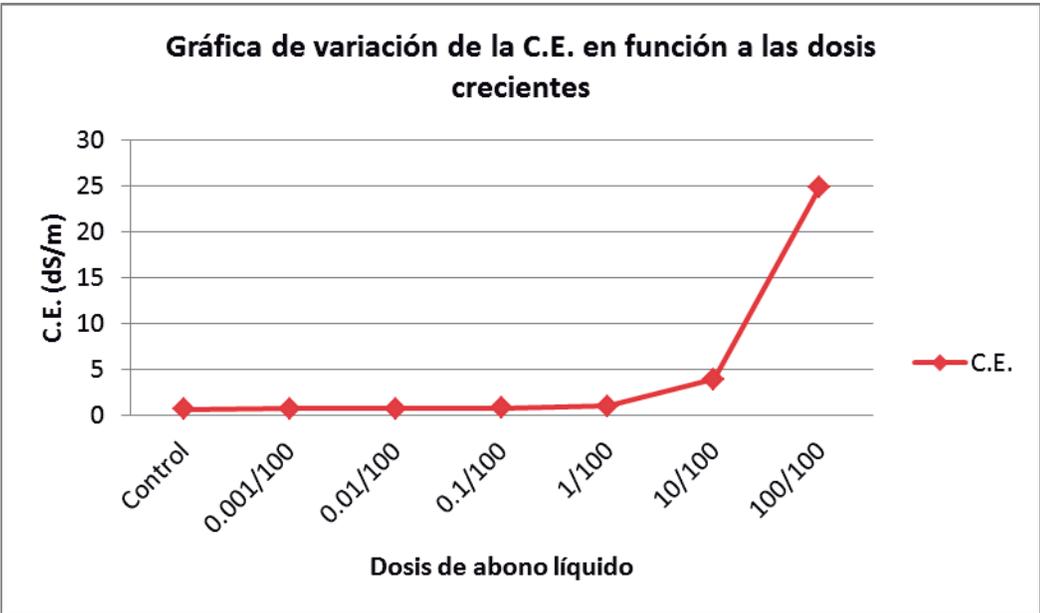
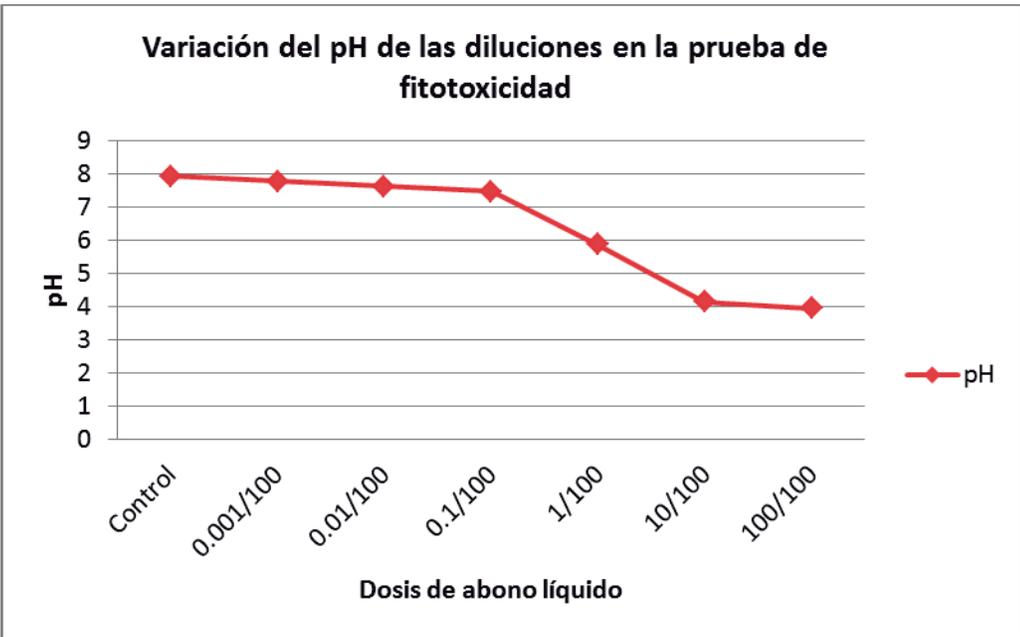
### Prueba de medias de Tukey para la acidez titulable

Tratamiento	N°	Promedio	Agrupación de Tukey
9	3	4.1767	a
10	3	3.9833	b
22	3	3.6333	c
17	3	3.5433	c

\*Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

**ANEXO 8: Cantidad de semillas germinadas y tamaño de la raíz en lechuga (*Lactuca sativa* L.)**

Tratamientos	Testigo			T1: 0.001%			T2:0.01%			T3: 0.1%			T4: 1%			T5: 10%			T6: 100%		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
1	10	11	13	12	6	13	13	13	15	12	8	16	12	6	10	7	-	-	-	-	-
2	9	15	10	10	16	5	20	12	14	7	11	6	8	10	6	-	-	-	-	-	-
3	12	9	8	14	28	11	17	12	9	10	13	11	9	10	7	-	-	-	-	-	-
4	8	16	20	12	14	12	18	11	11	8	13	10	4	9	-	-	-	-	-	-	-
5	14	16	13	10	18	4	9	25	11	15	8	18	7	4	-	-	-	-	-	-	-
6	11	10	17	13	15	12	16	5	15	14	10	13	6	-	-	-	-	-	-	-	-
7	15	11	17	16	7	15	16	4	10	14	8	15	7	-	-	-	-	-	-	-	-
8	11	11	8	-	16	13	12	13	12	16	12	15	2	-	-	-	-	-	-	-	-
9	16	11	11	-	-	11	12	-	12	15	9	13	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	15	8	19	-	-	19	15	-	11	14	5	13	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	12	11	18	-	-	12	14	-	9	10	16	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	10	8	10	-	-	11	16	-	11	14	10	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	21	12	17	-	-	3	7	-	8	18	6	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	11	16	13	-	-	15	-	-	15	16	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	-	11	11	-	-	-	-	-	-	14	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	-	10	20	-	-	-	-	-	-	16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17	-	12	-	-	-	-	-	-	-	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Promedio (cm)	13	12	14	12	15	11	14	12	11	13	11	12	6.1	8.6	6.7	0	0	0	0	0	0
<b>Promedio global</b>	<b>13.00</b>				<b>12.67</b>			<b>12.33</b>			<b>12.00</b>		<b>7.13</b>		<b>0</b>		<b>0</b>		<b>0</b>		<b>0</b>



## ANEXO 9: Rendimiento de bioabonos (sólido y líquido)

### Determinación de la densidad del abono líquido acelerado

Densidad	Volumen (ml)	Peso (g)	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	Peso de 100 litros (Kg)
Muestra 1	100	105.97	1.060	94.37
Muestra 2	100	105.35	1.054	94.92
<b>Promedio</b>	<b>100</b>	<b>105.66</b>	<b>1.057</b>	<b>94.64</b>

### Determinación de la Humedad del biosol

Medición	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Peso Fresco	1000	1000	1000
Peso Seco	335	300	285
Peso Húmedo	665	700	715
Humedad (%)	66.5	70	71.5
<b>Promedio</b>		<b>69.9%</b>	

### Rendimientos y merma del Alpa-biol

Productos	Cantidad
Abono líquido cosechado(g)	808.1
Biosol (g)	458.3
Total resultante (g)	1266.4
Total inicial (g)	1500
Merma experimental (g)	233.6
Merma promedio del envase (g)	77.9
Pérdida por envase (%)	15.57

## ANEXO 10: Análisis físico-químico de las heces de alpaca



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



### INFORME DE ANALISIS DE MATERIA ORGANICA

SOLICITANTE : UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA  
 PROCEDENCIA : JUNIN/ YAULI/ MARCAPOMACocha  
 MUESTRA DE : ESTIERCOL  
 REFERENCIA : H.R. 47215  
 FECHA : 22/10/14

N° LAB	CLAVES	pH	C.E. dS/m	M.O. %	N %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	K <sub>2</sub> O %
715		8.66	7.39	78.11	1.59	1.12	0.86

N° LAB	CLAVES	CaO %	MgO %	Hd %	Na %
715		1.85	0.60	71.13	0.04

N° LAB	CLAVES	Fe ppm	Cu ppm	Zn ppm	Mn ppm	B ppm
715		2481	20	92	698	24

N° LAB	CLAVES	Pb ppm	Cd ppm	Cr ppm	C %
715		13.64	1.76	0.10	45.31

  
*Dr. Sady García Bendeza*  
 Jefe de Laboratorio

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



# UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

Av. La Molina s/n La Molina - Lima - Perú  
Teléfono: 6147800 anexo 274



## INFORME DE ENSAYO N° 1410336 - LMT

SOLICITANTE : HENRRY RAFAEL QUIÑONES RAMIREZ

DESCRIPCIÓN DEL OBJETO ENSAYADO

MUESTRA :

1410336) ESTIERCOL FRESCO DE ALPACA

PROCEDENCIA : UNALM  
 TIPO DE ENVASE : Botella de plástico  
 CANTIDAD DE MUESTRA : 01 muestra x 01 und. x 1000 g aprox.  
 ESTADO Y CONDICIÓN : En buen estado y cerrado  
 FECHA DE MUESTREO : 2014 - 10 - 11  
 FECHA DE RECEPCIÓN : 2014 - 10 - 13  
 FECHA DE INICIO DE ENSAYO : 2014 - 10 - 13  
 FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO : 2014 - 10 - 23

### RESULTADOS DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

Análisis Microbiológico	Muestra 1410336
<sup>1</sup> Enumeración de coliformes totales (NMP/g)	> 11 x 10 <sup>4</sup>
<sup>1</sup> Enumeración de coliformes fecales (NMP/g)	> 11 x 10 <sup>4</sup>
<sup>1</sup> Enumeración de <i>Escherichia coli</i> (NMP/g)	< 3
<sup>1</sup> Recuento de mohos y levaduras (UFC/g)	28 x 10
<sup>1</sup> Recuento de <i>Lactobacillus sp</i> (UFC/g)	99 x 10 <sup>4</sup>

Nota: Los valores < 3 y < 10 indican ausencia de microorganismos en ensayo.

#### Método:

<sup>1</sup>International Commission on Microbiological Specifications for Foods. 1983. 2da Ed. Vol 1 Part II, (Trad. 1988) Reimp. 2000. Editorial Acribia.

#### Observaciones:

Informe de ensayo emitido sobre la base de resultados de nuestro laboratorio en muestra proporcionada por el solicitante.

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin nuestra autorización escrita.

Validez del documento:

Este documento tiene validez sólo para la muestra descrita.

La Molina, 30 de Octubre de 2014

DRA. DORIS ZÚÑIGA DÁVILA

Jefe del Laboratorio de Ecología Microbiana  
y Biotecnología "Marino Tabusso"  
Universidad Nacional Agraria La Molina

Teléfono: 614 7800 anexo 274

E-mail: [lmt@lamolina.edu.pe](mailto:lmt@lamolina.edu.pe)



LABORATORIO DE ECOLOGÍA MICROBIANA Y BIOTECNOLOGÍA "MARINO TABUSSO"

☐ (511) 6147800 anexo 274 - E-mail: [lmt@lamolina.edu.pe](mailto:lmt@lamolina.edu.pe)  
Apartado Postal 456 - Lima 12 - PERU



## UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE ZOOTECNIA – DEPARTAMENTO ACADEMICO DE NUTRICION

LABORATORIO DE PARASITOLOGIA

Telf. 6147800 Anexo 486 – LA MOLINA – LIMA -PERU

### INFORME DE RESULTADOS

FECHA: 21/10/2014

**ESPECIE:** Alpaca

**IDENTIFICACION:**

**MUESTRA:** Pool de heces frescas

**EXAMEN:** Técnica de Mc Master y Sedimentación para descarte de helmintos gastrointestinales

**PROCEDENCIA:** Marcapomacocha, Provincia de Yauli, Junín,

**REMITENTE:** Henry Quiñones Ramírez

**FECHA DE RECEPCION:** 11/10/2014

**RESULTADO:**

**No se encontró ningún forma parasitaria**

La Molina, 21 de Octubre de 2014



  
Daniel A. Zárate Rendón, MV, MS  
Responsable del laboratorio de Parasitología  
Facultad de Zootecnia - UNALM

**ANEXO 11: Análisis de laboratorio de los bioabonos (líquido y sólido)**



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



**INFORME DE ANALISIS ESPECIAL DE  
 MATERIA ORGANICA**

SOLICITANTE : UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA  
 PROCEDENCIA : LIMA  
 MUESTRA DE : BIOL  
 REFERENCIA : H.R. 48433  
 FACTURA : 27905  
 FECHA : 02/02/15

N° LAB	CLAVES	pH	C.E. dS/m	Sólidos Totales g/L	M.O. en Solución g/L	N Total mg/L	P Total mg/L	K Total mg/L
053		3.83	23.40	177.88	137.02	3696.00	658.10	8700.00

N° LAB	CLAVES	Ca Total mg/L	Mg Total mg/L	Na Total mg/L	C g/L
053		3335.00	12500.00	590.00	79.48

LAB	CLAVES	Fe Total mg/L	Cu Total mg/L	Zn Total mg/L	Mn Total mg/L	B Total mg/L
053		280.45	2.40	11.65	71.80	7.80

N° LAB	CLAVES	Pb Total mg/L	Cd Total mg/L	Cr Total mg/L
053		0.03	0.28	0.02



*Sady García Bendezu*  
**Sady García Bendezu**  
 Jefe de Laboratorio

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



## INFORME DE ANALISIS DE MATERIA ORGANICA

SOLICITANTE : UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA  
 PROCEDENCIA : LIMA  
 MUESTRA DE : BIOSOL  
 REFERENCIA : H.R. 48434  
 FACTURA : 27906  
 FECHA : 02/02/15

N° LAB	CLAVES	pH	C.E. dS/m	M.O. %	N %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	K <sub>2</sub> O %
054		4.25	12.80	83.50	3.06	0.40	2.62

N° LAB	CLAVES	CaO %	MgO %	Hd %	Na %	C %
054		1.21	0.51	77.46	0.14	48.24

N° LAB	CLAVES	Fe ppm	Cu ppm	Zn ppm	Mn ppm	B ppm
054		1454	14	50	180	55

N° LAB	CLAVES	Pb ppm	Cd ppm	Cr ppm
054		0.06	0.06	0.04



*Sady García Bendezú*  
Dr. Sady García Bendezú  
Jefe de Laboratorio



# UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

Av. La Molina s/n La Molina - Lima - Perú  
Teléfono: 6147800 anexo 274



## INFORME DE ENSAYO N° 1501055 - LMT

SOLICITANTE : HENRRY RAFAEL QUIÑONES RAMIREZ

DESCRIPCIÓN DEL OBJETO ENSAYADO

MUESTRA :  
1501055) BIOL

PROCEDENCIA : UNALM  
TIPO DE ENVASE : Botella de plástico  
CANTIDAD DE MUESTRA : 01 muestra x 01 und. x 1000 g aprox.  
ESTADO Y CONDICIÓN : En buen estado y cerrado  
FECHA DE MUESTREO : 2015 - 01 - 22  
FECHA DE RECEPCIÓN : 2015 - 01 - 22  
FECHA DE INICIO DE ENSAYO : 2015 - 01 - 22  
FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO : 2015 - 01 - 04

### RESULTADOS DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

Análisis Microbiológico	Muestra 1501055
<sup>1</sup> Enumeración de coliformes totales (NMP/g)	< 3
<sup>1</sup> Enumeración de coliformes fecales (NMP/g)	< 3
<sup>1</sup> Enumeración de <i>Escherichia coli</i> (NMP/g)	< 3
<sup>1</sup> Recuento de mohos y levaduras (UFC/g)	< 10
<sup>1</sup> Recuento de <i>Lactobacillus sp</i> (UFC/g)	53 x 10

Nota: Los valores < 3 y < 10 indican ausencia de microorganismos en ensayo.

#### Método:

<sup>1</sup> International Commission on Microbiological Specifications for Foods. 1983. 2da Ed. Vol 1 Part II, (Trad. 1988) Reimp. 2000. Editorial Acribia.

#### Observaciones:

Informe de ensayo emitido sobre la base de resultados de nuestro laboratorio en muestra proporcionada por el solicitante.

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin nuestra autorización escrita.

Validez del documento:

Este documento tiene validez sólo para la muestra descrita.

La Molina, 04 de febrero de 2015



DRA. DORIS ZÚÑIGA DÁVILA

Jefe del Laboratorio de Ecología Microbiana  
y Biotecnología "Marino Tabusso"  
Universidad Nacional Agraria La Molina

Teléfono: 614 7800 anexo 274

E-mail: [lm@lamolina.edu.pe](mailto:lm@lamolina.edu.pe)

LABORATORIO DE ECOLOGIA MICROBIANA Y BIOTECNOLOGIA "MARINO TABUSSO"

☐ (511) 6147800 anexo 274 - E-mail: [lm@lamolina.edu.pe](mailto:lm@lamolina.edu.pe)  
Apartado Postal 456 - Lima 12 - PERU



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA  
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE QUÍMICA  
LABORATORIO DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICO (LASAQ)



INFORME DE ENSAYOS  
LASAQ N° 005-2015-DQ

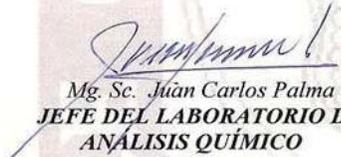
SOLICITANTE : HENRY QUIÑONES RAMIREZ.  
PRODUCTO DECLARADO : Biol de alpaca  
NUMERO DE MUESTRAS : Uno  
CANTIDAD RECIBIDA : 500 mL  
MARCA : S/M  
FORMA DE PRESENTACIÓN : En frasco de vidrio  
MUESTREO POR : Muestra proporcionada por el solicitante.  
FECHA DE RECEPCIÓN : 10 de Enero del 2015  
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADO : 14 de Enero del 2015  
ENSAYOS SOLICITADOS : FÍSICO/QUÍMICO.

ENSAYO	RESULTADOS
1. Grado Alcohólico a 20/20°C(%)	0,0

MÉTODOS UTILIZADOS EN EL LABORATORIO:

1. AOAC International Official Methods Of Analysis 19th Edition, 2012. 930.35 Q

Atentamente:

  
Mg. Sc. Juan Carlos Palma  
JEFE DEL LABORATORIO DE  
ANÁLISIS QUÍMICO



  
Lisveih Flores del Pino  
JEFE DEL DEPARTAMENTO  
ACADÉMICO DE QUÍMICA

ANEXO 12: Caracterización físico-química de 8 biofertilizantes acelerados

Parámetro	Estiércol ovino <sup>1</sup>	Estiércol vacuno <sup>2</sup>	Estiércol vacuno <sup>3</sup>	Estiércol Porcino <sup>4</sup>	Estiércol porcino <sup>5</sup>	Cuyinasa <sup>6</sup>	Rocoto <sup>7</sup>	Pota <sup>8</sup>	$\bar{X}$
pH	3.7	3.72	3.75	4.52	3.82	4.54	-	-	4.00
C.E. (dS/m)	27.2	22.2	25.7	27.1	24	41	-	-	27.86
S. T. (g/L)	-	95.44	232.98	210	166.4	248	-	-	190.6
M.O. (g/L)	108.6	72.5	181.1	161	117.54	162.4	-	-	133.9
C:N	33.58	11.86	25.01	17.55	16.34	12.89	-	-	19.54
<b>Macronutrientes Totales (mg/L)</b>									
N	1876	3547	4200	5320	4172	7308	2716	16800	5742.4
P	203	955	744	2964	2236	3518	259	1222	1512.6
K	9006	5190	17200	8850	4790	5880	8040	8160	8389.5
Ca	1523	2440	5200	6310	12250	6400	836	1520	4559.9
Mg	1044	755	1740	1950	1858	2940	556	864	1463.4
Na	591	755	1040	970	1138	2220	214	2280	1151
<b>Micronutrientes totales (mg/L)</b>									
Fe	-	33.15	516	166	545.75	140.4	-	-	280.26
Cu	-	3.15	14	104	4.98	3.7	-	-	25.966
Zn	-	21.6	60	15.23	5.26	26.8	-	-	25.778
Mn	-	12.3	28	41	13.18	35.8	-	-	26.056
B	-	8.74	19	8.47	4.5	11.4	-	-	10.422

**FUENTE:** <sup>1</sup>Biol de 2<sup>da</sup> Generación, Medina (2013); <sup>2</sup>Biol de heces de vacuno, Buchelli (2014); <sup>3</sup>Fast-biol 20, Peralta (2010); <sup>4</sup>Biol de excretas porcinas, Noa (2013); <sup>5</sup>Biol sopa de estiércol porcino (por publicar), Sánchez (2014); <sup>6</sup>Biol de cuyinasa, Román (2012);

<sup>7</sup>Biofertilizante de residuos de rocoto, Ricse (2013); <sup>8</sup>Biofertilizante líquido de residuos de pota, Peña (2008)

### ANEXO 13: Caracterización físico-química de 13 bioles

Bioles	Heces de ovino <sup>1</sup>	Biol de heces de vaca <sup>2</sup>	Biol de heces de vaca <sup>3</sup>	Biol de heces de vaca <sup>4</sup>	Biol de heces porcinas <sup>5</sup>	Biol de gallinaza <sup>6</sup>	Biol de gallinaza <sup>7</sup>	Biol de cuyinaza <sup>8</sup>	Biol de Casablanca <sup>9</sup>	Biol de papa <sup>10</sup>	Biol de rocoto <sup>11</sup>	Biol con alfalfa <sup>12</sup>	Biol con chicha de jora <sup>13</sup>	$\bar{X}$
	<b>Características físico-químicas</b>													
pH	7.23	6.78	7.15	-	7.89	5.08	7.2	8.2	7.3	-	-	6.8	6.8	7.04
C.E. (dS/m)	-	9.45	9.69	-	19.28	20.6	21.3	15.3	14.7	-	-	11.2	10.2	14.64
S. T. (g/L)	-	-	22.76	-	-	35	-	-	-	-	-	-	-	28.88
M.O. (g/L)	1.8	6.7	13.73	-	5.3	19.6	17.2	5.4	4.74	-	-	2.86	3.75	8.11
C:N	3.25	6.29	6.67	-	1.64	6.27	5.87	3.2	-	-	-	-	-	4.74
<b>Macronutrientes Totales (mg/L)</b>														
N	321	676.67	1194.7	1094	1876	1813	1700	980	920	16800	2716	1064	1015	2474.6
P	55.4	50.5	336.6	225	71.2	164.76	3800	121	92.2	1222	259	53.3	66.5	501.3
K	1993	755.33	1594.2	2930	1940	2500	5200	6760	2297.5	8160	8040	1143	1045	3412.2
Ca	601	765.33	649.17	1132	104.8	2534	3500	220.4	230.6	1520	836	755	707	1042.7
Mg	243	278.67	270.83	544	27.6	460	1200	53.4	151.2	864	556	348	353	411.5
Na	560	436	510.83	922	3400	392	-	542	667.5	2280	214	463	500	907.3
<b>Micronutrientes totales (mg/L)</b>														
Fe	-	-	-	-	0.16	101	-	-	-	-	-	5	12.5	29.67
Cu	-	-	-	-	2.28	0.82	-	-	-	-	-	0.3	0.4	0.95
Zn	-	-	-	-	1.36	3.92	-	-	-	-	-	1.9	2.9	2.52
Mn	-	-	-	-	14.08	10.7	-	-	-	-	-	1.8	2.7	7.32
B	-	-	-	-	5.2	5.72	-	-	-	-	-	124	93	56.98

**FUENTE:** <sup>1</sup>Medina (2013); <sup>2</sup>Cárdenas (2012), citado por Torres *et al.* (2013); <sup>3</sup>Torres *et al.* (2013); <sup>4</sup>Quipuzco *et al.* (2011) citado por Buchelli (2014); <sup>5</sup>Biol de origen porcino, citado por Carhuacho (2012); <sup>6</sup>Biol de gallinaza de piso (Carhuacho, 2012); <sup>7</sup>Avibiol Salam- La Calera, citado por Medina (2013); <sup>8</sup>Biol Casa Blanca de estiércol de cuy (Siura y Dávila, 2008); <sup>8</sup>Biol de Agricultura Casablanca con excretas de cuy, citado por Torres *et al.* (2013); <sup>9</sup>Biol con residuos de rocoto, Ricse (2013); <sup>10</sup>Biol con residuos de papa, Peña (2008); <sup>11</sup> y <sup>12</sup>LASPAF (2001), citado por Mendizábal (2003)

**ANEXO 14: Análisis físico-químico del biosol**

Parámetro	Alpa-biol <sup>1</sup>	Estiércol vacuno <sup>2</sup>	Estiércol vacuno <sup>3</sup>	Biosol de Cuyinaza <sup>4</sup>	Estándar <sup>5</sup>			
					A	B	C	
pH	4.25	3.9	4.48	4.37	7-8.5	7.09	7.75	6.93
CE (dS/m)	12.8	12.5	10.64	21	0.7-4	3.38	2.83	3.93
MO %	83.50	66.64	80.4	81.24	35-45	32.6	27.9	24.3
C:N	15.82	11.2	32.61	22.23	<20	11.9	12.8	10.7
<b>Características físico-químicas</b>								
<b>Macronutrientes</b>								
N%	3.06	3.45	1.43	2.12	05-2.6	1.37	1.09	1.14
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	0.40	0.87	0.62	2.38	0.3-2.1	2.38	0.98	2.09
K <sub>2</sub> O %	2.62	1.99	3.03	4	0.4-1.2	0.81	0.59	0.71
CaO %	1.21	1.08	2.04	2.34	5.0-16.0	14	11.9	14.2
MgO %	0.51	0.45	0.5	0.87	0.7-2.1	1.09	0.83	1.06
Na %	0.14	0.27	18	0.27	-	-	-	-

**FUENTE:** <sup>1</sup>Elaboración propia.; <sup>2</sup>Excretas de vaca (Buchelli, 2014); <sup>3</sup> Fast-biosol 20 de estiércol de vacuno (Peralta, 2010); <sup>4</sup>Biosol de cuyinaza (Román, 2012); <sup>5</sup>Registro de productos fertilizantes (Serrano, 2010 citado por Soto y Meléndez 2004); <sup>6</sup>Paul y Crack (1996), citado por Soto y Meléndez (2004)

## ANEXO 15: Interpretación de características físico-químicas en abonos foliares

### Interpretaciones de pH en abonos foliares

Valor pH	Interpretación
<4.5	Extremadamente ácido
4.5-5.0	Muy fuertemente ácido
5.1-5.5	Fuertemente ácido
5.6-6.0	Medianamente ácido
6.1-6.5	Ligeramente ácido
6.6-7.3	Neutro
7.4-7.8	Medianamente básico
7.9-8.4	Moderadamente básico
8.5-9.0	Ligeramente alcalino
9.1-10	Alcalino
>10	Fuertemente alcalino

FUENTE: De la Rosa (2012)

### Interpretaciones de conductividad eléctrica en abonos foliares

C.E. (dS/m)	Efecto
<1.0	Efectos despreciables de salinidad
1.1-2.0	Muy ligeramente salino
2.1-4.0	Moderadamente salino
4.1-8.0	Suelo salino
8.1-16.0	Fuertemente salino
>16.0	Muy fuertemente salino

FUENTE: De la Rosa (2012)

### Interpretaciones del contenido de N, P y K en abonos foliares

Clase	Nitrógeno total %	Fósforo (mg/Kg)	Potasio (mg/L)
Muy bajo	<0.05	-	-
Bajo	0.05-0.10	<5.5	<190
Medio	0.1-0.15	5.5-11	200
Alto	0.15-0.25	>11	>300
Muy alto	>0.25	-	-

FUENTE: De la Rosa (2012)

### ANEXO 16: Patógenos víricos y microbianos en residuos con contaminación fecal

Patógeno	Organismo	Enfermedad	Depósito
Virus	Poliovirus	Poliovirus	Hombre
	Hepatitis A	Hepatitis A	Hombre
	Hepatitis B	Hepatitis B	Hombre
Bacteria	<i>Campilobacterfets sp.</i>	Diarrea	Animales y hombre
	<i>E. Coli</i>	Diarrea	Hombre
	<i>Tifo Salmonella s.</i>	Fiebre tifoidea	Hombre
	<i>Paratifo Salmonella s.</i>	Fiebre partifoidea	Hombre
	Otras Salmonella	Comida envenenada	Animales y hombre
	<i>Shigella spp.</i>	Disentería por bacilos	Hombre
	<i>Vibrio cholerae</i>	Cólera	Hombre
	Otros Vibrio	Diarrea	Hombre
	<i>Yersinia enterocolitica</i>	Diarrea	Animales y hombre
Protozoos	<i>Coli Balantidium</i>	Diarrea, disentería, úlcera de colon	Hombre, cerdos y ratas
	<i>Entamoeba histolytica</i>	Úlcera de colon, disentería amébrica, abscesos del hígado Diarrea y mala absorción	
	<i>Giardina Lamblia</i>		Hombre y animales
Helmintos	Gusanos planos	Desórdenes digestivos	Hombre y animales
	Gusanos filiformes		
	Gusanos cintados		
	Tremátodos		

**ANEXO 17: Inventarios alpaqueros de SAIS Pachacútec S.A.C.**

**Movimientos de capital alpaca**

<b>Movimiento de capital alpaca entre 2012-2013</b>			
<b>Capital</b>	<b>Enero -12</b>	<b>Enero -13</b>	<b>Diferencia</b>
Inicial	12,467.00	12,697.00	230
Promedio	12,334.00	12,637.00	303
Final	12,201.00	12,577.00	376

**Balance del movimiento de alpacas al mes de enero del 2013**

<b>DETALLE</b>	<b>Madre s</b>	<b>Crías hembras</b>	<b>Crías machos</b>	<b>Tuis hembra s</b>	<b>Tuis macho s</b>	<b>Padre s</b>	<b>Capone s</b>	<b>Total</b>
<b>Ingresos</b>								
Existencia Inicial	8,738	0	0	1,860	1,391	578	130	12,697
Nacidos								0
Transferencias						27		27
Cambio Clase						56		56
Cambio de color								0
Reclasificación								0
Canje								0
<b>Total</b>	<b>8,738</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1,860</b>	<b>1,391</b>	<b>661</b>	<b>130</b>	<b>12,780</b>
<b>Egresos</b>								
Transferencias	10							10
Cambio clase							56	56
Cambio color								0
Reclasificación								0
Falta cobrada	1			1	5			7
Muerto quebrado	21			34	40	2	2	99
Muerto recuperado						2		2
Venta beneficiado	16			1	3	2	1	23
Venta pie				5	1			6
Venta reproducción								0
Donaciones								0
<b>Existencia final</b>	<b>8,690</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1,819</b>	<b>1,342</b>	<b>655</b>	<b>71</b>	<b>12,577</b>
<b>Total</b>	<b>8,738</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1,860</b>	<b>1,391</b>	<b>661</b>	<b>130</b>	<b>12,780</b>

### Movimiento de capital alpaca entre 2012-2013

Capital	Diciembre 2012	Diciembre 2013	Diferencia
Inicial	14,769.00	14,476.00	-293
Promedio	13,733.00	14,371.50	638.5
Final	12,697.00	14,267.00	1570

### Balance del movimiento de alpacas al mes de diciembre 2013

Balance	Madre	Crías Hembras	Crías Machos	Tuis hembra	Tuis macho	Padre	Capón	Total
<b>Ingresos</b>								
Existencia Inicial	8,717	39	46	2,332	1,822	614	906	14,476
Nacidos								0
Transferencias								0
Cambio Clase				5	9		2	16
Cambio de color								0
Reclasificación	6					34		40
Canje								0
<b>Total</b>	<b>8,723</b>	<b>39</b>	<b>46</b>	<b>2,337</b>	<b>1,831</b>	<b>648</b>	<b>908</b>	<b>14,532</b>
<b>Egresos</b>								
Transferencias						18		18
Cambio Clase		5	9		2			16
Cambio color								0
Reclasificación				6			34	40
Falta cobrada	10			2	3			15
Muerto Quebrado	57	3	6	32	45	7	10	160
Muerto recuperado								0
Venta beneficiado	4		3	1	2		6	16
Venta pie								0
Venta reproducción								0
Donaciones								0
Existencia Final	8,652	31	28	2,296	1,779	623	858	14,267
<b>Total</b>	<b>8,723</b>	<b>39</b>	<b>46</b>	<b>2,337</b>	<b>1,831</b>	<b>648</b>	<b>908</b>	<b>14,532</b>

Balance alpaquero por categorías en SAIS Pachacútec S.A.C. entre los años 2006 -2012

**Cuadro comparativo de las alpacas por años en SAIS Pachacútec**

<b>Población</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>Dif. 2012-2011</b>
CAP. <sup>1</sup> Inicial	8,792	9,249	10,199	11,205	12,734	13,865	12,467	-1,398
CAP. <sup>1</sup> Promedio	9,021	9,724	10,702	11,970	13,300	13,166	12,582	-584
CAP. <sup>1</sup> Final	9,249	10,199	11,205	12,734	13,865	12,467	12,697	230

<sup>1</sup>C.A.P.: Capital anual Promedio

**Cuadro comparativo de existencias finales de alpacas por años en SAIS Pachacútec S.A.C.**

<b>Población</b>	<b>2006</b>		<b>2007</b>		<b>2008</b>		<b>2009</b>		<b>2010</b>		<b>2011</b>		<b>2012</b>		<b>Dif. 2012-2011</b>	
	<b>N°</b>	<b>%</b>	<b>N°</b>	<b>%</b>	<b>N°</b>	<b>%</b>	<b>N°</b>	<b>%</b>	<b>N°</b>	<b>%</b>	<b>N°</b>	<b>%</b>	<b>N°</b>	<b>%</b>	<b>N°</b>	<b>%</b>
Madres	5,960	64.44	6,575	64.47	7,504	67.02	8,137	63.52	7,237	52.20	8,527	68.40	8,738	68.82	211	0.42
Capones hembra	25	0.27	15	0.15	40	0.36	25	0.20	47	0.34	1,638	13.14	0	0.00	-1,638	-13.1
Capones macho	17	0.18	12	0.12	58	0.52	23	0.18	45	0.32	1,671	13.40	0	0.00	-1,671	-13.4
Tuis hembra	1,244	13.45	1,352	13.26	1,418	12.67	1,880	14.67	3,360	24.23	7	0.06	1,860	14.65	1,853	14.59
Tuis macho	1,244	13.45	1,542	15.12	1,457	13.01	1,851	14.45	2,080	15.00	1	0.01	1,391	10.96	1,390	10.95
Padres	733	7.93	651	6.38	701	6.26	854	6.67	730	5.27	615	4.93	562	4.43	-53	-0.51
Capones	26	0.28	52	0.51	18	0.16	41	0.32	366	2.64	8	0.06	146	1.15	138	1.09
<b>TOTAL</b>	<b>9,249</b>	<b>100</b>	<b>10,199</b>	<b>100</b>	<b>11,196</b>	<b>100</b>	<b>12,811</b>	<b>100</b>	<b>13,865</b>	<b>100</b>	<b>12,467</b>	<b>100</b>	<b>12,697</b>	<b>100</b>	<b>230</b>	

**FUENTE:** SAIS Pachacútec S.A.C. (2014)

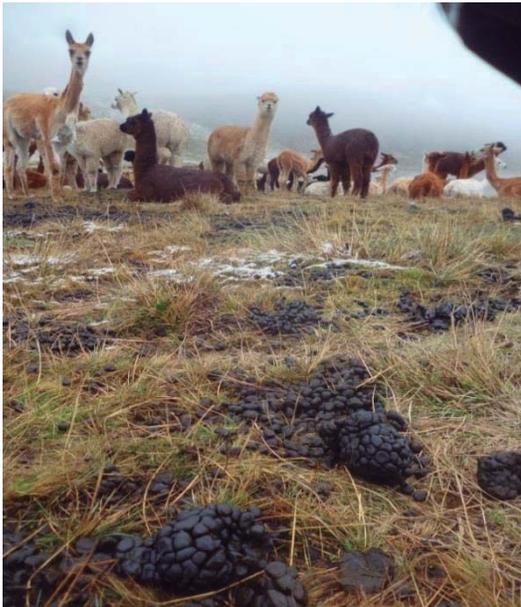


Censo poblacional de las alpacas en la SAIS Pachacútec S.A.C. durante el periodo 2014

## ANEXO 18: Registros fotográficos



**Fotografía 1:** Alpacas de SAIS Pachacútec S.A.C. en reposo a 5,000 msnm



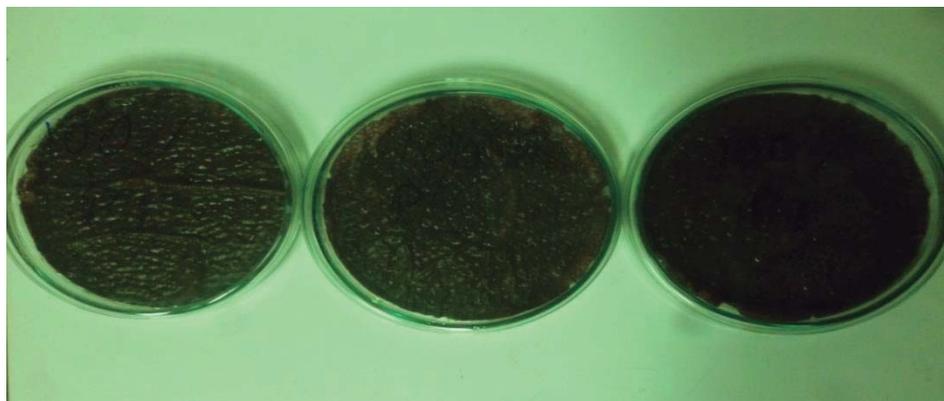
**Fotografías 2 y 3:** Producción de heces de alpaca



**Fotografía 4:** Biofermentos después de la medición de pH



**Fotografía 5:** Extracción del abono líquido acelerado



**Fotografía 6:** Efecto de la dosis pura sobre la germinación de semillas de la lechuga



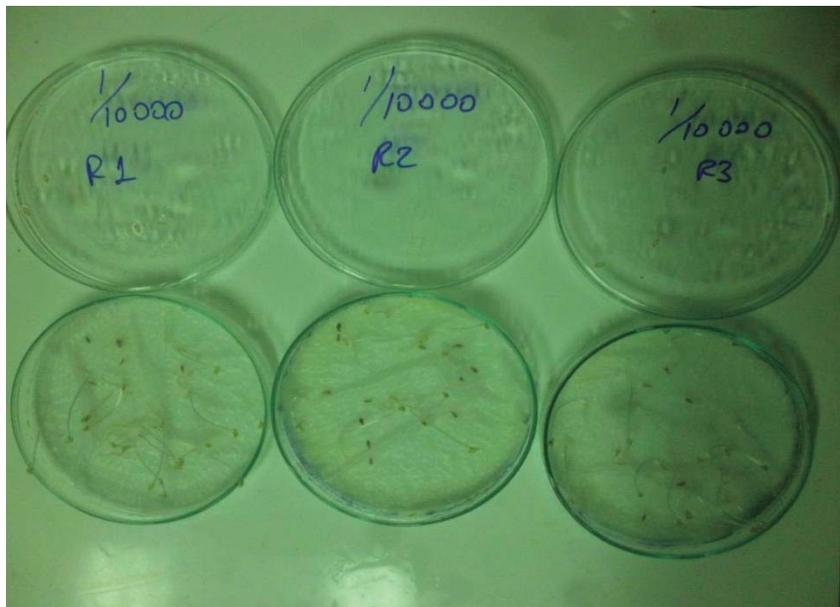
**Fotografía 7:** Efecto de la dosis 10% en la germinación de la lechuga



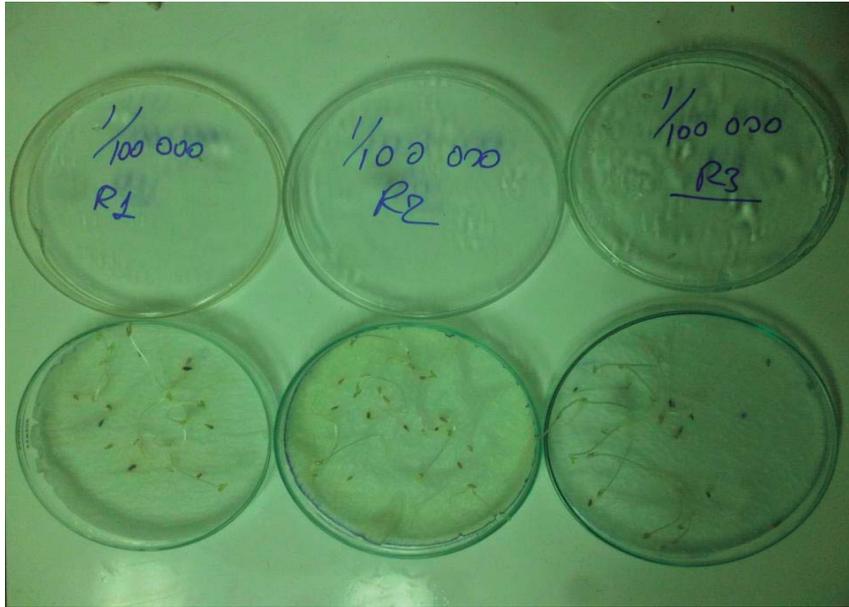
**Fotografía 8:** Efecto de la dosis 1% en la germinación de la lechuga



**Fotografía 9:** Efecto de la dosis 0.1% sobre la germinación de la lechuga



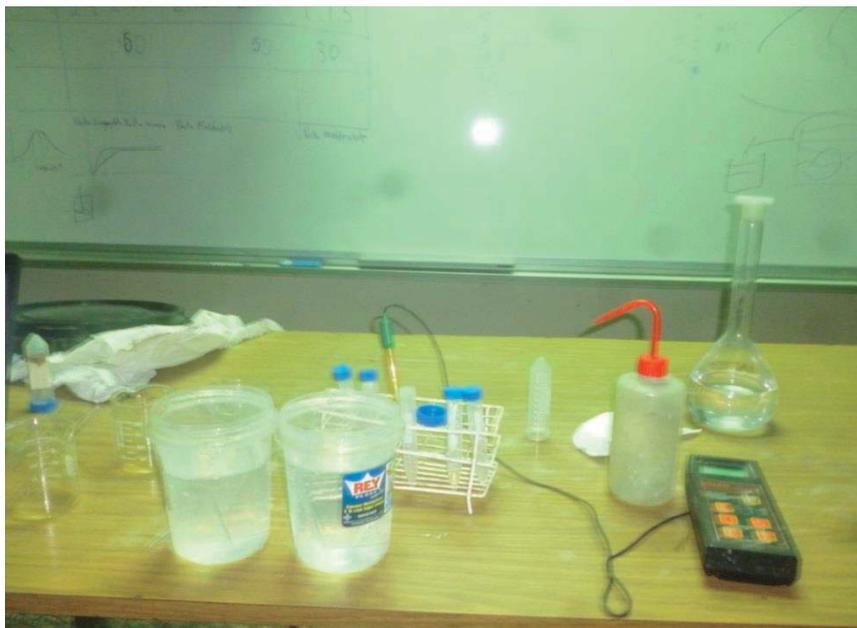
**Fotografía 10:** Efecto de la dosis 0.01% sobre la germinación de la lechuga



**Fotografía 11:** Efecto de la dosis 0.001% sobre la germinación de la lechuga



**Fotografía 12:** Envase con biofermento en incubación



**Fotografía 13:** Instrumental de medición del pH y acidez titulable



**Fotografía 14:** Investigador a 5000 msnm

### ANEXO 19: Presupuesto de la investigación

Costo del proyecto					Financiamiento		
Rubro	Unidad	Cantidad	Precio (S/.)	MONTO (S/.)	CONCYTEC	UNALM	PROPIO
<b>a. Viáticos</b>							
Pasaje Lima - SAIS P.	Viaje	4	400	1,600	X		
Viáticos	Consumo	4	150	600	X		
<b>b. Insumos</b>							
Heces de alpaca	Kg	60	4	240	X		
Suero de quesería	L	60	0.5	30		X	
Melaza de caña	Kg	40	2	80			X
Microorganismos (Biolac)	Kg	11	10	110		X	
Semilla de lechuga	Sobre	1	7	7			X
<b>c. Mat. de laboratorio</b>	Global	1	680.5	680.5	X		
<b>d. Reactivos y soluciones</b>	Global	1	332	332	X		
<b>e. Equipos</b>	Global	1	3110	3,110		X	
<b>f. Análisis de laboratorio</b>							
Físico-químico	M. O. <sup>1</sup>	Unidad	1	270	270	X	
	Abono	Unidad	1	270	270	X	
	Biosol	Unidad	1	300	300	X	
Microbiológico	M. O.	Unidad	1	229	229	X	
	Abono	Unidad	1	229	229	X	
Parasitológico	M. O.	Unidad	1	30	30		X
Prueba de alcohol	Abono	Unidad	1	35	35		X
<b>g. Artículos de Redacción</b>							
Folder	Unidad	2	0.7	1.4			X
Lapiceros	Unidad	3	0.5	1.5			X
Lápiz	Unidad	2	0.5	1			X
Cuaderno de apunte	Unidad	1	1.5	1.5			X
Fotocopias varias	Unidad	350	0.1	35			X
Internet	Horas	30	1	30			X
Impresiones varias	Imp./hoja	100	0.2	20			X
<b>h. Procesamiento</b>							
Impresión de borradores	Imp./hoja	150	0.13	18.75			X
Impresiones varias	Imp./hoja	200	0.13	25			X
<b>i. Redacción de tesis</b>							
Publicación de tesis	Publicac.	1	80	80			X
Empastado	Ejemplar	8	40	320			X
<b>Sub-total</b>				8,686.7			
<b>Imprevistos (10%)</b>				868.7	X	X	X
<b>TOTAL (S/.)</b>				<b>9,555.3</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>

<sup>1</sup> Análisis de materia orgánica