

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**FACULTAD DE CIENCIAS**



**“PRODUCCIÓN DE BIOFERTILIZANTE DE BAGAZO DE  
CEBADA, EXCRETAS DE VACUNO Y SUERO DE QUESERÍA  
MEDIANTE FERMENTACIÓN HOMOLÁCTICA”**

**Presentado por:**

**HILANY ALESSANDRA BUCHELLI GÓMEZ**

**TESIS PARA OPTAR EL TITULO DE  
INGENIERO AMBIENTAL**

**Lima - Perú**

**2014**

*A mi hermana Geraldine,  
por enseñarme a nadar, bailar, cantar y reír,  
por ti nunca he conocido la soledad.*

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis padres, por ser la combinación perfecta de exigencia y frescura para superar todas las etapas de mi vida.

A mi asesor Juan Juscamaita, por brindarme su tiempo, sus enseñanzas y su apoyo incondicional, siempre le estaré en deuda.

A mi coasesor Segundo Gamarra, por su ayuda e interés en mi investigación.

A Luis Buitrón, Sofía Visitación, Cynthia Landeo y Ricardo Mejia, gracias por hacer mi parte experimental más fácil y divertida.

A mi tío Perú, por hacer de su casa mi hogar.

Y a todos los amigos que me aconsejaron y me dieron ánimos para seguir adelante.

## ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN .....	1
II.	REVISIÓN DE LITERATURA .....	3
2.1.	Marco Legal .....	3
2.2.	Industria cervecera .....	4
2.2.1.	Producción de la cerveza.....	4
2.2.2.	Industria cervecera en el Perú .....	6
2.2.3.	Residuos de industria cervecera .....	7
2.2.4.	Características del bagazo de cebada .....	9
2.2.5.	Utilización del bagazo de cebada .....	9
2.3.	Ganadería vacuna en el Perú .....	10
2.3.1.	Excretas de ganado vacuno .....	11
2.3.2.	Residuos ganaderos y medio ambiente .....	12
2.4.	Industria láctea .....	14
2.4.1.	Industria láctea en el Perú .....	14
2.4.2.	Características del suero de quesería.....	15
2.5.	Fertilizantes .....	16
2.5.1.	Uso de fertilizantes en el Perú.....	19
2.5.2.	Fertilizantes químicos .....	22
2.5.3.	Fertilizantes orgánicos o biofertilizantes.....	23
2.5.4.	Biol .....	28
2.5.5.	Bioles acelerados.....	30
2.6.	Fermentación ácido láctica.....	31
2.6.1.	Bacterias ácido lácticas (BAL).....	31
2.6.2.	Bacterias ácido lácticas homofermentativas .....	32
2.6.3.	Bacterias ácido lácticas heterofermentativas.....	33
2.6.4.	Bacteriocinas .....	33
2.7.	Consortio de bacterias biolac (B-Lac) .....	34
2.8.	Melaza de caña .....	35
2.9.	Bioensayo de fitotoxicidad.....	36

III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	38
3.1. Lugar de ejecución .....	38
3.2. Materiales empleados en la elaboración del biofertilizante .....	38
3.2.1. Materia prima e insumos .....	38
3.2.2. Materiales .....	39
3.2.3. Reactivos y soluciones .....	40
3.2.4. Equipos.....	40
3.3. Materiales empleados para el ensayo de germinación y toxicidad .....	40
3.3.1. Materia prima .....	40
3.3.2. Materiales .....	41
3.4. Métodos.....	41
3.4.1. Medición del pH.....	41
3.4.2. Medición de porcentaje acidez titulable.....	41
3.4.3. Medición del porcentaje de humedad.....	42
3.4.4. Análisis agronómicos .....	43
3.4.5. Análisis metales pesados .....	44
3.4.6. Análisis microbiológico .....	44
3.4.7. Análisis costo-beneficio .....	45
3.5. Procedimiento de la elaboración del biofertilizante .....	46
3.5.1. Elaboración de biofertilizante a escala laboratorio .....	46
3.5.2. Elaboración de biofertilizante a escala piloto .....	49
3.5.3. Ensayo de germinación y toxicidad .....	51
3.5.4. Cálculo del índice de germinación .....	53
3.5.5. Análisis estadístico.....	54
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	55
4.1. Condiciones iniciales de la mezcla de bagazo de cebada, excretas de vacuno y suero de quesería.....	55
4.2. Generación de biofertilizante en la etapa laboratorio.....	57
4.2.1. Evaluación de pH .....	57
4.2.2. Evaluación de porcentaje de acidez titulable .....	61
4.2.3. Elección de los mejores tratamiento.....	65

4.2.4. Comparación de costos de insumos de los tratamientos elegidos.....	65
4.3. Generación del biofertilizante en la etapa piloto.....	67
4.3.1. Comprobación de la condición homoláctica de la fermentación del biofertilizante. ....	67
4.3.2. Evaluación de pH .....	68
4.3.3. Evaluación de porcentaje de acidez titulable .....	70
4.3.4. Análisis agronómicos del biofertilizante.....	71
4.3.5. Análisis de metales pesados .....	76
4.3.6. Análisis microbiológicos.....	77
4.3.7. Ensayo de germinación y fitotoxicidad.....	79
4.3.8. Evaluación costo -beneficio .....	81
4.3.9. Análisis fisico-químicos del biosol .....	82
V. CONCLUSIONES.....	85
VI. RECOMENDACIONES.....	87
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	88
VIII. ANEXOS .....	97

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Contaminantes ambientales de la industria cervecera. ....	8
Cuadro 2: Deyecciones de ganado vacuno por día. ....	11
Cuadro 3: Composición de las excretas de ganado vacuno de la UNALM. ....	12
Cuadro 4: Elementos químicos necesario para el crecimiento de las plantas. ....	19
Cuadro 5 : Volumen de importaciones de principales fertilizantes (tn), 1993-2012. ....	21
Cuadro 6: Tipos de fertilizantes orgánicos. ....	24
Cuadro 7: Límites máximos de metales pesados. ....	26
Cuadro 8: Límites máximos de microorganismos para compost. ....	27
Cuadro 9: Límites máximos de metales pesados ....	28
Cuadro 10: Composición química de los bioles. ....	29
Cuadro 11: Composición química de los bioles acelerados. ....	30
Cuadro 12: Análisis microbiológico del B-Lac. ....	35
Cuadro 13: Índices de germinación de diferentes biofertilizantes líquidos. ....	37
Cuadro 14: Métodos empleados en el análisis de materia orgánica. ....	43
Cuadro 15: Métodos empleados en el análisis microbiológico ....	44
Cuadro 16: Tratamientos de biofertilizante en etapa de laboratorio. ....	47
Cuadro 17: Concentración de biofertilizante para la prueba de germinación. ....	52
Cuadro 18: Valores pH, humedad y análisis agrómicos de la mezcla inicial. ....	55
Cuadro 19: Contenido de metales pesados en la mezcla inicial. ....	56
Cuadro 20: Análisis microbiológico de la muestra inicial. ....	56
Cuadro 21: Valores de pH de los insumos utilizados para el tratamiento. ....	57
Cuadro 22: pH promedio de los diferentes tratamientos durante 30 días. ....	58
Cuadro 23: Resultados de la Prueba de Tukey para pH para el día 5 y día 30. ....	60
Cuadro 24: Porcentaje de ácido láctico promedio de los tratamientos durante 30 días. ....	62
Cuadro 25: Prueba de Tukey para %AL para el día 5 y 30. ....	64
Cuadro 26: Comparación del pH y %AL de los tratamientos al día 30. ....	65
Cuadro 27: Precios de los insumos. ....	66
Cuadro 28: Costo final de los insumos por tratamiento. ....	67
Cuadro 29: Concentración del etanol en la muestra de biofertilizante. ....	68

Cuadro 30: Valores de pH del tratamiento final.....	68
Cuadro 31: Valores de porcentaje de ácido láctico del tratamiento final. ....	70
Cuadro 32: Porcentaje de acidez titulable del tratamientos elegido y otros biofertilizantes. ....	71
Cuadro 33: Resultados de análisis fisicoquímicos del biofertilizante. ....	72
Cuadro 34: Comparación de nutrientes del biofertilizante con otros fertilizantes orgánicos.....	74
Cuadro 35: Relación carbono-nitrógeno del biofertilizante. ....	75
Cuadro 36: Metales pesados en el biofertilizante. ....	76
Cuadro 37: Valores límites de concentración de metales pesados. ....	77
Cuadro 38: Análisis microbiológico de la mezcla inicial y biofertilizante.....	78
Cuadro 39: Valores límites de coliformes totales y fecales.....	78
Cuadro 40: Condiciones de pH y CE de las diluciones. ....	79
Cuadro 41: Índice de Germinación de la semillas de lechuga.....	81
Cuadro 42: Cuadro comparativo de Costos y Ganancia. ....	82
Cuadro 43: Comparación de características fisico-químicas del biosol. ....	83
Cuadro 44: Metales pesados en el biosol.....	84

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Diagrama de flujo de la industria cervecera.....	6
Figura 2: Porcentaje de participación del mercado de las principales empresas cerveceras. ....	7
Figura 3: Posibles pérdidas de nutrientes del estiércol entre la excreción y la absorción de cultivos. ....	13
Figura 4: Tratamientos de la repetición 2. ....	48
Figura 5: Tanque para la producción de biofertilizante.....	49
Figura 6: Mezcla de los insumos utilizando un taladro mecánico.....	50
Figura 7: Creación de condición anaeróbica dentro del tanque.....	51
Figura 8: Ensayo de germinación. ....	52
Figura 9: Esquema de la plántula de lechuga luego de la evaluación. ....	53
Figura 10: Variación de pH de los tratamientos. ....	59
Figura 11 : Variación del % AL en los tratamientos. ....	63
Figura 12: Comportamiento de pH del tratamiento final piloto y del tratamiento T8 de laboratorio.....	69
Figura 13: Comportamiento de % AL del tratamiento final piloto y del tratamiento T8 de laboratorio. ....	70

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo N°1: Ficha técnica del B-lac.....	98
Anexo N°2: Evaluación diaria de pH.....	99
Anexo N°3: Prueba estadística para pH.....	101
Anexo N°4: Análisis diario de porcentaje de acidez titulable.....	104
Anexo N°5: Prueba estadística de porcentaje de acidez titulable.....	106
Anexo N°6: Índices de germinación.....	109
Anexo N°7: Análisis costo-beneficio.....	111
Anexo N°8: Datos productos del prensado del biofertilizante.....	113
Anexo N°9: Análisis físico-químicos y microbiológicos.....	114
Anexo N°10: Ensayo de grado alcohólico.....	121
Anexo N°11: Ensayo de metales pesados de la melaza.....	122
Anexo N°12: Registro fotográfico.....	123

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó con la finalidad de utilizar los residuos orgánicos de las industrias cervecera, ganadera y láctea como son el bagazo de cebada, las excretas de ganado vacuno y el suero de quesería respectivamente para generar biofertilizante mediante el proceso de fermentación homoláctica. Para ello, se prepararon en el laboratorio 16 tratamientos con diferentes concentraciones de consorcio microbiano B-lac, melaza y la mezcla de bagazo de cebada, las excretas de vacuno y suero de quesería, evaluándose los parámetros de pH, porcentaje de ácido láctico, ausencia de hongos, olor y costos para la elección del mejor tratamiento. Luego, este tratamiento se reprodujo a escala piloto de 1 000 kilogramos en donde se evaluaron también el pH y porcentaje de ácido láctico, además de realizar análisis agronómicos, para conocer la concentración de nutrientes; microbiológicos para determinar la inocuidad del producto y de metales pesados la que fue comparada con los límites máximos permisibles presentados en el Real Decreto 506/2013 de España para productos fertilizantes elaborados a base de materias primas de origen vegetal o animal. También se realizó el análisis costo-beneficio que estimó la ganancia de la producción del biofertilizante.

Además se realizó en el biofertilizantes un ensayo de germinación y toxicidad en el que se evaluó diferentes concentraciones de este en semillas de lechuga (*lactuca sativa*) variedad duett , tales como 0.01:100, 0.1:100, 1:100, 10:100, 100:100, y usando como muestra blanco o control agua destilada. Con este ensayo se pudo determinar la dosis óptima para la aplicación del biofertilizante sin que ocasione efectos nocivos ni condiciones adversas para las plantas.

Palabras claves: biofertilizante, fertilizante orgánico, bagazo de cebada, orujo de cebada, excretas de vaca, suero de quesería, fermentación homoláctica, bacterias lácticas, melaza, consorcio microbiano láctico, B-lac.

## **ABSTRACT**

This research has the purpose of using organic residues of brewing, livestock and dairy industries such as bagasse barley, cow manure and cheese whey to produce biofertilizer respectively by the process of homolactic fermentation. Therefore, in the laboratory stage 16 treatments were prepared with different concentrations of B-lac microbial consortium, molasses and the mixture of bagasse barley, cattle manure and whey, in this stage was evaluated the parameter of pH, lactic acid percent, absence of fungus, odor and costs for choosing the best treatment. Then, this treatment was reproduced on the pilot-scale of 1 000 kg, were tested wherein the pH and lactic acid percent, and also agronomic analysis to determine the concentration of nutrients; microbiological analysis to determine how the product is harmless and heavy metals analysis which was compared with the maximum permissible limits presented in Royal Decree 506/2013 of Spain for fertilizer products made from raw materials of plant or animal origin. Also a cost-benefit analysis was made to estimate the gain in biofertilizer production.

As well, were made toxicity germination test in the fertilizer in which different concentrations such as 0.01:100, 0.1:100, 1:100, 10:100 and 100:100, and using distilled water for control sample were evaluated on lettuce seeds (*Lactuca sativa*) variety Duett. This assay is able to determine the optimal dosage for the application of biofertilizer without adverse effects or adverse conditions for the plants.

Keywords: biofertilizer, organic fertilizer, barley bagasse, husks of barley, cow manure, whey, homolactic fermentation, lactic acid bacteria, molasses, lactic microbial consortium, B-lac.

## I. INTRODUCCIÓN

Los residuos sólidos y efluentes generados en las diferentes industrias son unos de los problemas más importantes para el ambiente, y se han incrementado en los últimos años como consecuencia de satisfacer la creciente demanda de la población.

Especialmente cuando los residuos son orgánicos (sólidos o líquidos) se contaminan con hongos y bacterias, generan proliferación de plagas, se lixivian contaminando fuentes esenciales de agua o contaminar el suelo, también producen gases de efecto invernadero, entre otros problemas, en resumen, no tratar de forma adecuada estos residuos generar grandes daños ambientales, además de comprometer la salud de la población y alterar los diferentes ecosistemas.

El bagazo de cebada, las excretas de ganado vacuno y suero de quesería son residuos pertenecientes a la industria cervecera, ganadera y láctea respectivamente. El volumen de la generación de estos residuos en sus diferentes industrias es alarmante, por ejemplo, para producir un hectolitro de cerveza se obtienen 20 kg de bagazo de cebada (AINIA, 1996), en la industria ganadera una vaca lechera puede producir hasta 30 kg de deyecciones sólidas por día (Valín, 2010) y para la producción de queso, casi el 90% de la leche procesada se elimina como suero de quesería (Schaller, 2008).

Por ello, es necesario investigar diferentes tratamientos que permitan transformar los residuos en productos con valor agregado de una forma eficiente, que además sea útil para dar impulso a otras actividades importantes para el país, como es la agricultura la cual representa la actividad principal para el 25,1 % de la Población Económicamente Activa (PEA), de los cuales el 80,8% a pertenecen a la zona rural y el 10,6% a la zona urbana (MINAG, 2010).

La presente investigación pretende presentar una metodología rápida, sencilla y barata para utilizar y valorar los residuos sólidos y efluentes generados por la industria cervecera, ganadera y láctea, utilizándolo en la producción de biofertilizante mediante el proceso estandarizado por fermentación homoláctica.

## **OBJETIVO GENERAL**

- Evaluar la calidad del biofertilizante producido por la fermentación homoláctica de la mezcla de bagazo de cebada, excretas de vacuno y suero de quesería.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Evaluar la evolución del pH y la acidez titulable de las muestras de laboratorio con diferentes concentraciones de melaza y biolac (consorcio microbiano láctico) con la mezcla de bagazo de cebada, excretas de vacuno y suero de quesería para su escalamiento.
- Analizar las características físico-químicas y microbiológicas del biofertilizante producido de la mezcla bagazo de cebada, excretas de vacuno y suero de quesería por fermentación homoláctica del nivel piloto.
- Identificar los efectos de la aplicación a diferentes concentraciones del biofertilizante en *Lactuca sativa*, mediante ensayos de germinación y toxicidad.
- Realizar el análisis económico de producir biofertilizante de la mezcla de bagazo de cebada, excretas de vacuno y suero de quesería, a nivel piloto.

## **II. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1. MARCO LEGAL**

El aumento de la población y su interacción con el medio ambiente produce incremento en la contaminación ambiental. El mal manejo de los residuos sólidos y efluentes son uno de los mayores problemas ambientales en la actualidad. En el Perú existen normas ambientales en las cuales se establecen los derechos, obligaciones y responsabilidades de la sociedad en su conjunto para asegurar la buena gestión y manejo de los residuos y efluentes.

La Ley General de Residuos Sólidos (Ley N° 27314), y su reglamento aprobado por Decreto Supremo N° 057-2004-PCM, establecen los roles y competencias en materia de residuos sólidos, además de la regulación de todas las actividades de las diferentes etapas del proceso de la gestión y manejo de estos residuos, desde la generación hasta su disposición final. En estas normas se expresa la necesidad de la minimización y reaprovechamiento de los residuos a través de la máxima reducción de sus volúmenes de generación y desarrollo de tecnologías u otros métodos evitando así las situaciones de riesgo e impactos negativos en la salud humana y el ambiente.

Así mismo mediante el D.S. 021-2009-VIVIENDA su reglamento aprobado mediante D.S. 003-2011-VIVIENDA establece los valores máximos admisibles (VMA) de las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario y a fin de controlar estas descargas, evitando el deterioro de las instalaciones, infraestructura sanitaria, máquinas y equipos y asegurar su adecuado funcionamiento, garantizando la sostenibilidad de los sistemas de alcantarillado.

Por ello existe la necesidad de generar tecnologías que permitan el reaprovechamiento y minimización tanto de los residuos sólidos como de los efluentes, para así reducir los impactos negativos en el medio ambiente que estos generan y asegurar en el bienestar e integridad de la población y de otros seres vivos involucrados

## **2.2. INDUSTRIA CERVECERA**

### **2.2.1. PRODUCCIÓN DE LA CERVEZA**

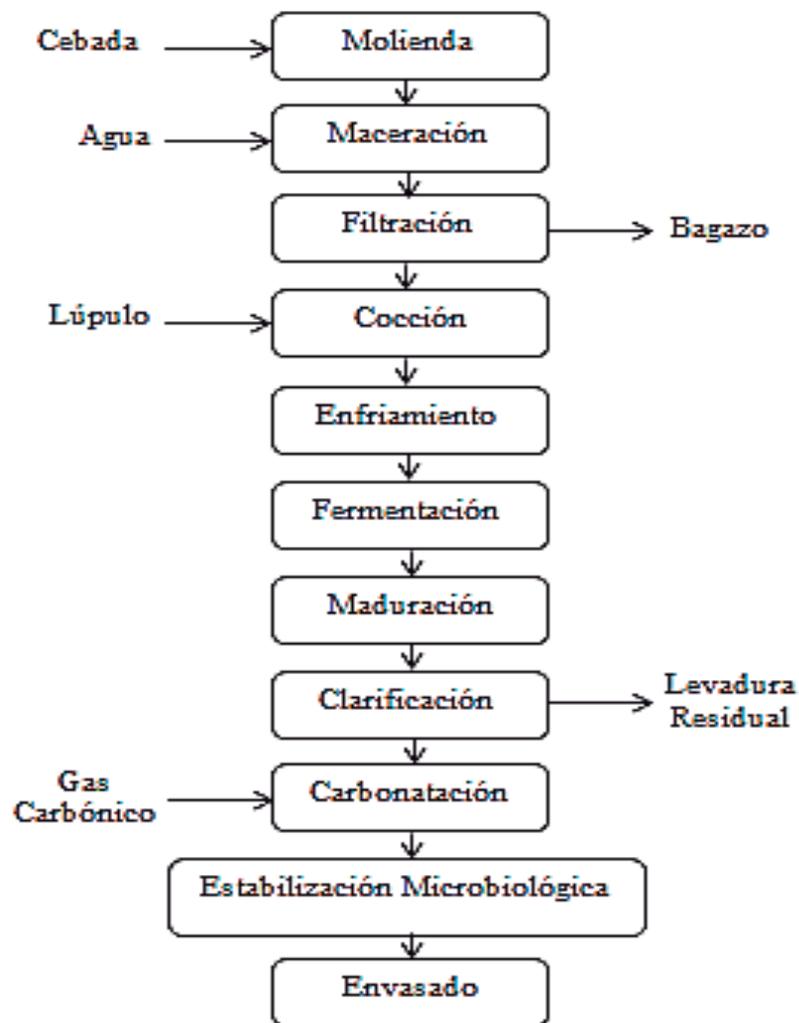
La cerveza es una bebida alcohólica producida de la fermentación de diversos granos con contenido de almidón, el grano más común para la producción de cerveza es la cebada. Para darle sabor a la cerveza se utiliza el lúpulo (Fernández y Hernández, 2010).

Las principales materias primas para la elaboración de la cerveza son la cebada malta, el lúpulo, agua, levadura y algunos adjuntos como el arroz y el maíz. Clasificando a la cerveza por tipo de fermentación existen dos grandes grupos, las cervezas de baja fermentación conocidas como tipo “lager” y cervezas de fermentación alta, conocidas como tipo “ale” (Martínez, 2010).

El proceso de producción de la cerveza se puede simplificar de la siguiente manera (AINIA, 1996):

- a. Molienda:** trituración de la cebada de malta hasta obtener una harina gruesa.
  
- b. Maceración:** a la cebada molida se le añade agua hasta formar una masa en la que se estimularán las enzimas de la malta para solubilizar al endospermo de la malta molida. Se dan las condiciones necesarias para transformar el almidón en azúcares fermentables y las proteínas en péptidos y aminoácidos, que constituyen la fuente nitrogenada necesaria para la fermentación posterior.

- c. **Filtración:** se realiza en cuba filtro o filtro prensa, separando el extracto acuoso llamado mosto de los sólidos agotados denominado bagazo. El mosto se recircula hasta que sale claro, lo que indica que ya se ha filtrado correctamente.
- d. **Cocción:** al mosto se le añade el lúpulo para aromatizar la cerveza, y se realiza la cocción para detener la acción enzimática, con esto se esteriliza el mosto y se coagulan algunas proteínas.
- e. **Enfriamiento:** el mosto se enfría y airea para darle las condiciones ideales para el crecimiento de las levaduras que comienzan la fermentación.
- f. **Fermentación:** en la etapa de fermentación los hidratos de carbono se transforman en alcohol y dióxido de carbono y otros metabolitos de las levaduras le dan aroma y sabor.
- g. **Maduración:** la cerveza se deja madurar en depósitos de guarda para que se produzca la fermentación secundaria, estos tienen que permanecer a bajas temperaturas.
- h. **Clarificación:** la clarificación es la precipitación de sustancias que enturbiarán la cerveza.
- i. **Carbonatación:** inyección de gas carbónico.
- j. **Estabilización Microbiológica:** mediante la pasteurización se estabiliza microbiológicamente la cerveza para asegurar que mantenga sus propiedades por un tiempo largo.
- k. **Envasado:** el envasado de la cerveza varía según el tipo de envase utilizado.

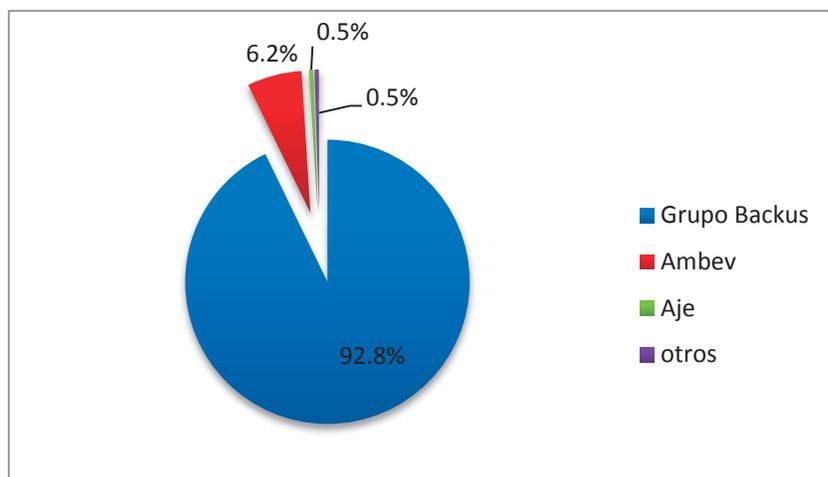


**Figura 1:** Diagrama de flujo de la industria cervecera.

### 2.2.2. INDUSTRIA CERVECERA EN EL PERÚ

Según Ricapa y Rodríguez (2013) la cerveza es la bebida alcohólica más consumida del país. En el año 2012 se consumió 13.7 millones de hectolitros de cerveza, siendo el consumo per cápita de cerveza en ese mismo año de 45 litros, que ha ido en aumento como consecuencia del crecimiento económico en el país. A pesar de estos valores, el en Perú el consumo per cápita de cerveza es el menor de toda América Latina, en Venezuela, México y Brasil, se consume 80, 61 y 57 litros per cápita respectivamente.

En la actualidad, los tres mayores competidores de la industria cervecera son el Grupo Backus, Ambev Perú y Ajegroup, sin embargo existen otros productores a menor escala como Cervecerías Amazónica y Grupo Torvisco. Al 2011, la participación de las marcas pertenecientes al Grupo Backus se mantuvieron como líderes en el mercado a nivel nacional, abarcando el 92,8% de este tal como se muestra en la Figura 2 (CENTRUM, 2012).



**Figura 2:** Porcentaje de participación del mercado de las principales empresas cerveceras.  
Fuente: CENTRUM, 2012

En las regiones de Puno, Piura y Junín, el consumo per cápita de cerveza es mayor al de Lima en un 20-25%. En Puno se consume la cuarta parte de la cerveza que se consume en todo el país, en promedio cada habitante puneño consumo 5 veces más cerveza que el resto de habitantes del Perú. Las explicaciones a estas estadísticas, son que en las regiones de Puno y Junín se celebran con frecuencia fiestas patronales o religiosas, mientras que en Piura temperatura ambiental promedio es mayor a otras regiones durante todo el año, es por ello que existe mayor consumo de cerveza (Andina, 2013).

### 2.2.3. RESIDUOS DE INDUSTRIA CERVECERA

La contaminación ambiental que producen las industrias cerveceras está originada principalmente por residuos sólidos, aguas residuales o efluentes y emisiones atmosféricas (Cuadro 1). Los residuos sólidos de la industria cervecera provienen de diferentes fuentes

como la del proceso de envasado (vidrio, plástico, cartón, metales), mantenimiento de las instalaciones de la planta (aceites, grasas, productos de limpieza, etc.) y aquellos provenientes de la etapa de filtrado y maduración como el bagazo de cebada, levaduras, y fangos de depuración, estos residuos son de carácter orgánico y además su proporción es mucho mayor que otros residuos en esta industria. Estos residuos orgánicos pueden ser considerados como subproductos y utilizarse como insumos en otras industrias como la ganadera, farmacia o como abono orgánico (AINIA, 1996). Los contaminantes ambientales de esta industria se especifican en el Cuadro 1.

**Cuadro 1:** Contaminantes ambientales de la industria cervecera.

<b>Residuos Sólidos</b>	Residuos orgánicos	Bagazo de cebada Levadura de cerveza Fango de depuración
	Residuos inertes	Desechos de vidrio Hojalata Aluminio Cartón Plástico
	Residuos peligroso	Solventes Pinturas Restos de productos químicos
<b>Emisiones Atmosféricas</b>	Polvo Olores Emisiones por consumo de combustible fósil	
<b>Efluentes</b>	Estos efluentes contienen alta concentración de materia orgánica disuelta (DBO5), presencia de metales pesados (cadmio y níquel), sólidos en suspensión, altas temperaturas.	

Fuente: GEA, 2013

#### **2.2.4. CARACTERÍSTICAS DEL BAGAZO DE CEBADA**

El bagazo, también conocido como cebadilla de cerveza, pulpa cervecera u orujo de cervecería, es el residuo sólidos orgánico resultante del proceso y filtrado del mosto después de la sacarificación de la cebada. Estos envolturas celulósicas de malta triturada, almidón no sacarificado, siendo la mayor parte pentosas, materias grasas, elementos minerales y proteínas que no han coagulado durante la formación del mosto (Santi, 2005).

El análisis químico del bagazo de cebada fresco con un contenido de materia seca del 19,63%, es de 4.58 % de proteína, 1.41 % de grasa, 3.99 % de fibra, 8.34 % de ELN y 1.3 % de ceniza; a diferencia del bagazo seco que contiene 26.42 % de proteína, 8.16 % de grasa, 23 % de fibra, 48.1 % de ELN y 7.5 % de ceniza (Rojas, 1979 citado por Landázuri, 2000).

El bagazo de cebada húmedo o fresco por su alto contenido de humedad (75-80%) es susceptible a sufrir alteraciones o a fermentarse, también es un medio ideal para la formación de hongos o proliferación de bacterias, generando además mal olor y convirtiéndose en nocivo. Por esto si el bagazo de cebada es utilizado para la alimentación animal debe ser deshidratado primero para facilitar el uso y además lograr preservarlo más tiempo (Rojas, 1979 citado por Landázuri, 2000). La relación aproximada de generación de bagazo por producción de cerveza según AINIA (1996) es de 20 kg de bagazo por cada hectolitro de cerveza.

#### **2.2.5. UTILIZACIÓN DEL BAGAZO DE CEBADA**

Las propiedades físicas y químicas del bagazo de cebada permiten utilizar este residuo como insumo de otras industrias. Uno de los principales usos del bagazo es la alimentación de ganado, sin embargo, debido a su gran porcentaje de humedad, su conservación para este fin es difícil, el tiempo ideal para ser consumido es dentro de las 48 horas de salir de la fábrica para que no sufra alteraciones (enmohecimiento, putrefacción y cambio de pH). En países como Holanda, Alemania y Dinamarca no se permita el suministro después de 2 días de ser retirado de las fábricas, por ello se han optados diferentes medidas para conservar el bagazo, como la deshidratación y el ensilaje para este fin (Romagosa, 1979). El bagazo no sólo está

limitado a la alimentación animal, también puede ser un producto de consumo humano, algunas cervezas artesanales utilizan este bagazo para la producción de pan, con alto valor nutritivo (Panishop, 2013).

Además se están haciendo diferentes investigaciones para obtención de biocombustible, la Universidad de Cádiz (2013) ha utilizado el método de hidrólisis ácida para obtener del bagazo precursores de biocombustibles, como aceites provenientes de las grasas y azúcares que permitirían obtener biodiesel y etanol respectivamente. Entre otros usos novedosos del bagazo de cebada está la fabricación de ladrillos de construcción, al ser mezclado con arcilla (Martínez et al, 2012). Todos estos usos tiene la finalidad de disminuir o eliminar el volumen de los residuos orgánicos generados por la industria cervecera y valorizar también el bagazo de cebada.

### **2.3. GANADERÍA VACUNA EN EL PERÚ**

La ganadería en el Perú representa sólo el 3.5% del Producto Bruto Interno (PBI), por ello, de todas las actividades agrarias, es aquella que sufre mayor abandono y falta de promoción a pesar de ser la principal fuente de ingreso de la población rural altoandina, y campesina, generadora de trabajo y contribuir con la seguridad alimentaria del país, además que permite generar productos con valor agregado significativo como leche, lana, carne y cueros (INIA, 2013).

El desarrollo de la ganadería es urgente porque permitiría mejorar la economía y calidad de vida en muchas comunidades campesinas, y de la población en general, también resulta crucial para frenar las migraciones masivas a las ciudades costeras y a la selva (coca ilegal), creando trabajo productivo en cada región (Vivanco, 2007).

La ganadería vacuna representa un tercio del total de la producción pecuaria. En la sierra del país la crianza es mayormente extensiva mientras que en la costa es intensiva y estabulada (con ganado Holstein y Brown Swiss). La población vacuna al 2008 tuvo un

incremento de 32 % con respecto al estancamiento producido en 1990 con tendencia ascendente. (Agrodata-Cepes, 2009)

Al año 2012 según el INEI (2013) el Perú cuenta con una población de 5 millones 156 mil 044 cabezas de ganado. Además, el consumo per cápita de carne de ganado vacuno también va en aumento, en el año 2001 en el Perú se consumía 5.4 kg/hab/año mientras que para el 2006 ya se llegaba a consumir 6 kg/hab/año (MINAG, 2013).

Aproximadamente un 80% del total de la ganadería existente en el país se encuentra en la Sierra y Selva bajo sistemas de producción extensiva o semi-intensivo y el 20% restante en la Costa principalmente en condiciones de crianza intensiva (MINAG, 2013).

### 2.3.1. EXCRETAS DE GANADO VACUNO

Los residuos ganaderos son muy heterogéneos, están formados en su mayoría por deyecciones sólidas y líquidas como estiércol y purines, restos de alimentos, antibióticos, restos de embalajes etc. La producción media diaria de las deyecciones sólidos y líquidas equivale a 7% del peso vivo del animal pero estos valores están sujetos a alteraciones por numerosos factores (Rodríguez, 2002).

Las deyecciones sólidas y líquidas producidas por el ganado vacuno se especifican en el Cuadro 2.

**Cuadro 2:** Deyecciones de ganado vacuno por día.

Tipo de ganado	Deyección por día		
	Sólidos (kg)	Líquidas (kg)	Volumen total (kg)
Animal vacuno			
Animales < 250 kg	10-12	5	14
Animales de 500 kg	15-17	7	30
Vacas lecheras	20-30	10-20	40-60

Fuente: Valín, 2010.

Las excretas contienen nutrimentos que pueden servir como fertilizantes por sí solo, sin embargo presentan también una concentración alta de coliformes fecales que pueden producir enfermedades e incluso la muerte. Por esto para ser utilizadas para fertilizar el suelo primero se debe eliminar cualquier microorganismo patógeno de las excretas (Peralta, 2010).

La composición química promedio de las excretas de ganado vacuno de la Universidad Nacional Agraria La Molina se muestra en el Cuadro 3.

**Cuadro 3:** Composición de las excretas de ganado vacuno de la UNALM.

<b>Animal</b>	<b>% N</b>	<b>% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	<b>% K<sub>2</sub>O</b>	<b>CE ds/m</b>	<b>pH</b>	<b>C/N</b>
Vacuno (estiércol seco)	1.95	3.43	3.33	19	7.8	34.9
Vacuno (estiércol húmedo)	2.09	2.86	1.41	36	8.3	38.8

Fuente: Guerrero, 1993 citado por Peralta, 2010

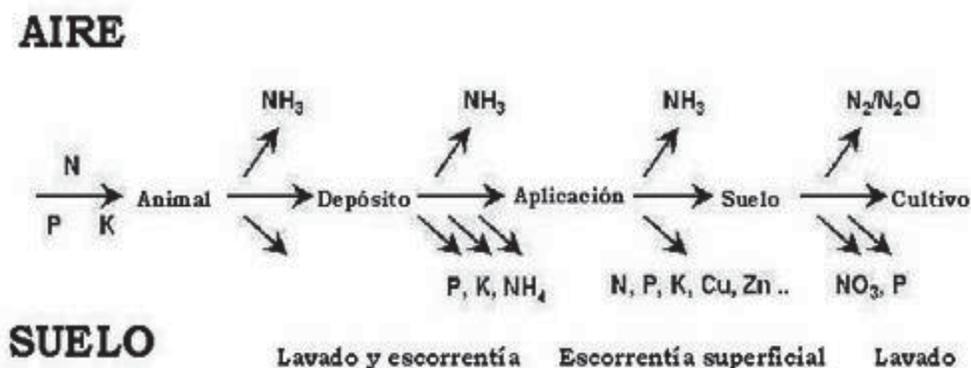
Como se puede observar en el cuadro anterior, la composición química es alta en porcentaje de nitrógeno, potasio y fósforo, siendo una muy buena opción para fertilizar tierras de cultivo.

### **2.3.2. RESIDUOS GANADEROS Y MEDIO AMBIENTE**

El inadecuado manejo de las excretas está relacionado con los problemas ambientales de la industria ganadera de producción intensiva, debido a que estas excretas están confinadas en espacios reducidos, convirtiéndose en la fuente de nutrientes, metales pesados, antibióticos, patógenos, etc. que contamina el aire, suelo y agua de la zona (Herrero y Gil, 2008). Las excretas generan gases de efecto invernadero, y si estas se encuentran aglomeradas en una zona, sin ningún tipo de tratamiento ni estrategia de manejo de excretas puede llegar a eutrofizar los cuerpos de agua y sobrecarga de nutrientes en suelos de cultivo (Pinos et al, 2012)

Los efectos negativos de las excretas se derivan de su carga contaminante, básicamente por su contenido en materia orgánica, elementos fertilizantes (N, P y K), y materias en suspensión, genera gases, el lavado de nutrientes, y los olores tienen efectos indeseables sobre el medio ambiente además de afectar al suelo y sobre todo a las reservas de agua donde la degradación de esta materia orgánica produce una importante disminución de los niveles de oxígeno y alteración de pH y por consiguiente de los organismos vivos en estas aguas. Una alternativa es destinar las excretas para generar fertilizante orgánico evitando los efectos contaminantes derivados de los vertidos y dirigir al agricultor un sistema de agricultura sostenible. Es necesario que se creen planes de manejo de excretas para que un residuo no deseable se convierta en materia prima rentable y ecológica (Gonzales, 1998).

El manejo de excretas animales se define como el proceso que busca combinar la producción agrícola rentable con pérdidas mínimas de nutrientes de las excretas. Cuando se usan las excretas como fertilizantes orgánicos las cantidades de nutrientes tales como N, P y K tomadas por el cultivo determinan el valor agrícola de las excretas y dependen de las cantidades de nutrientes emitidas durante el traspaso desde el animal hasta el cultivo por eso se debe procurar que la pérdida de nutrientes al utilizar las excretas sea la mínima, cuanto más grande sea la pérdida de nutrientes, menor será su valor agrícola (FAO, 1999).



**Figura 3:** Posibles pérdidas de nutrientes del estiércol entre la excreción y la absorción de cultivos.

Fuente: FAO, 1999

## **2.4. INDUSTRIA LÁCTEA**

La industria láctea es aquella que utiliza como materia prima la leche cruda para transformarla en diversos productos de consumo humano como, leche fresca, leche evaporada, leche pasteurizada, queso, mantequilla, dulce de leche, yogurt, etc. (Piskulich, 2001).

La leche es un producto perecedero y voluminoso, por lo que la industria lechera es muy localizada y se consume principalmente en el país o la región donde fue producida, siendo la comercialización internacional bastante reducida, solo una pequeña fracción se destina al comercio fuera de los límites nacionales (FAO, 2012).

La industria láctea genera demanda a otros sectores como el ganadero (principal proveedor de materia prima), la industria azucarera, la industria de envases plásticos y hojalata y la industria química. Esta última le provee de diversos insumos como conservantes, soda cáustica y detergentes para la limpieza y desinfección de su maquinaria (Scotiabank, 2002)

Los residuos de esta industria son neutros o ligeramente alcalinos, pero tienden a acidificarse rápidamente debido a la fermentación de la azúcar contenida en la leche, que se convierte en ácido láctico. Éstos contienen muy poco material suspendido y su efecto de contaminación se debe completamente a la demanda de oxígeno, que se impone en otras corrientes receptoras, convirtiéndose en pesados lodos negros y con fuerte olor a ácido butírico, debido a la descomposición de la caseína (López M., 2009).

### **2.4.1. INDUSTRIA LÁCTEA EN EL PERÚ**

El consumo per cápita al 2006 de leche en el Perú era de 51.16 l/hab /año aproximadamente que comparado con los valores recomendados como consumo mínimo por la FAO de 120 l/hab/ año resulta ser una cantidad baja. El consumo per cápita para los derivados de los lácteos como el queso, la mantequilla, y el yogurt son 0.24, 0.06 y 0.48 kg/hab/año respectivamente (Piskulich, 2001). Siendo Perú uno de los países de Sudamérica en los que se consume y produce menor cantidad de leche en Sudamérica,

En el Reporte Económico de Scotiabank (2013) explica que el sector lácteo representa el 1.38% del PBI manufacturero y el 0.2% del PBI total. Los productos lácteos tienen una alta participación en la canasta familiar, al ser productos básicos el nivel de sustitución por otros bienes es bastante bajo, lo que disminuye la probabilidad de caídas significativas en el consumo de estos productos

Durante el 2012, la producción de lácteos se incrementó en un 6.7%, con proyección a aumento futuro, además cabe resaltar que entre el 2005 y el 2011 la industria ha registrado una tasa de crecimiento promedio anual de 7.4%. Los lácteos y derivados dentro del sector más consumidos en el Perú son: leche evaporada, 70%; leche pasteurizada, 15%; yogurt, 9%; y quesos, 2%. También hubo un aumento en el consumo de derivados de lácteos en los últimos años, el aumento de consumo de yogurt y queso fueron 10.5 y 4.4% respectivamente (Scotiabank, 2013)

#### **2.4.2. CARACTERÍSTICAS DEL SUERO DE QUESERÍA**

El suero de quesería también conocido como “lactosuero” o “suero de leche” es el resultante líquido obtenido por la separación del coágulo de leche en la elaboración del queso, es decir la parte líquida después de separar la cuajada en la elaboración del queso (Urcohuaranga, 1999). Se estima que a partir de 10 litros de leche de vaca se puede producir de 1 a 2 kg de queso (dependiendo el tipo de queso) y un promedio de 8 a 9 kg de suero de quesería, lo que representa cerca del 90 % del volumen de la leche utilizada para el queso, por esto contienen la mayor parte de compuestos hidrosolubles, 95% de la lactosa, 25% de las proteínas y 8 % de la materia grasa. La composición del suero es variable, sin embargo generalmente está compuesta por 93,1 % de agua, 4.9% de lactosa, 0.9% de proteína cruda, 0.6% de cenizas, 0.3% de grasa, 0.2% de ácido láctico y vitaminas hidrosolubles (Valencia y Ramírez, 2009).

Existen dos tipos de suero de quesería, que dependen principalmente de la forma de coagulación de la caseína. El suero dulce, está basado en la coagulación por la renina a pH 6,5

y el suero ácido resultante del proceso de fermentación o adición de ácidos orgánicos o ácidos minerales para coagular la caseína como en la elaboración de quesos frescos (Jelen, 2003 Citado por Parra, 2009).

El suero de quesería tiene una alta capacidad contaminante, con una DBO<sub>5</sub> que varía entre 30 000 y 50 000 mg/l además de la cantidad de ácido láctico presente, alterará significativamente los procesos biológicos que se llevan a cabo en las plantas de tratamiento, como consecuencia habrá un aumento en los costos (Valencia y Ramírez, 2009).

## **2.5. FERTILIZANTES**

Según The United National Industrial Development Organization y The International Fertilizer Development Center (1998) describe a los fertilizantes como un material que proporciona uno o más de los elementos químicos necesarios para el desarrollo y crecimiento apropiado de las plantas, la lista de los nutrientes para las plantas son reconocidos por ser necesarios para que una planta crezca, los principales son 16 nutrientes, tal como se muestra en el Cuadro 4.

Los fertilizantes agregan nutrientes al suelo, este contiene reservas naturales de nutrientes en cantidades que dependen de la composición del suelo y de su etapa de edafización, sólo una pequeña parte es accesible para la planta, la cual se libera a través de una actividad biológica o un proceso químico. Algunas veces esta liberación es muy pequeña para compensar la extracción de nutrientes que se lleva a cabo con la producción agrícola (FAO, 1999).

De los 16 elementos químicos necesarios para el crecimiento de las plantas 13 son nutrientes minerales, el déficit de alguno de estos elementos puede limitar el crecimiento de la planta, cada uno cumple una función específica en el desarrollo de los cultivos (FAO, 1999). Estas funciones son:

- Nitrógeno: otorga el color verde intenso a las plantas, fomenta el crecimiento, aumenta la producción de las hojas, mejora la calidad de las hortalizas y aumenta el contenido de proteínas en los cultivos.
- Fósforo: estimula la rápida formación y crecimiento de las raíces, facilita un rápido y vigoroso comienzo a las plantas, acelera la maduración y estimula la coloración de los frutos.
- Potasio: otorga a las plantas resistencia contra las enfermedades y bajas temperaturas, ayuda a la producción de proteína de las plantas, aumenta el tamaño de las semillas, mejora la calidad de los frutos ayuda al desarrollo de los tubérculos, favorece la formación del color rojo en hojas y frutos.
- Calcio: activa la temprana formación y el crecimiento de las raicillas, mejora el vigor general de las plantas, neutraliza las sustancias tóxicas, estimula la producción de semillas y aumenta el contenido de calcio en el alimento.
- Magnesio: es un componente esencial de la clorofila, es necesario para la formación de los azúcares, ayuda a regular la asimilación de otros nutrientes, y actúa como transportador del fósforo dentro de la planta y promueve la formación de grasas y aceites.
- Azufre: es un ingrediente esencial de las proteínas, ayuda a mantener el color verde intenso, activa la formación de nódulos nitrificantes en algunas especies leguminosas (frijoles, soya, arvejas, habas), estimula la producción de semilla, ayuda al crecimiento de las plantas.
- Cobre: se concentra mayormente en la clorofila y su función más importante se aprecia en su asimilación.

- Boro: aumenta el rendimiento o mejora la calidad de las frutas, verduras y forrajes, está relacionado con la asimilación del calcio y con la transferencia del azúcar dentro de las plantas y es importante para la buena calidad de las semillas de las especies leguminosas.
- Hierro: ligado con su biosíntesis de la clorofila.
- Manganeso: acelera la germinación y la maduración, aumenta el aprovechamiento del calcio, el magnesio y el fósforo, cataliza en la síntesis de la clorofila y ejerce funciones en la fotosíntesis.
- Zinc: es necesario para la formación de la clorofila, es un importante activador de las enzimas que tienen que ver con la síntesis de proteínas
- Molibdeno: es esencial en la fijación del nitrógeno que hacen las legumbres.
- Cloro: su deficiencia produce marchitamiento inicial de las hojas, originando un color bronceado y pobre desarrollo de las raíces.

**Cuadro 4:** Elementos químicos necesario para el crecimiento de las plantas.

<b>Disponibles del agua y el aire</b>		Carbono (C) Hidrógeno (H) Oxígeno (O)
<b>Nutrientes minerales</b>	<b>Macroelementos Primarios</b>	Nitrógeno (N) – absorbido en forma de NO <sub>3</sub> y NH <sub>4</sub> Fósforo (P) – absorbido como P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> Potasio (K) - absorbido como K <sub>2</sub> O
	<b>Macroelementos Secundares</b>	Calcio (Ca) – absorbido como CaO Magnesio (Magnesio) – absorbido como MgO Azufre (S)
	<b>Microelementos</b>	Cobre (Cu) Boro (B) Hierro (Fe) Manganeso (Mn) Zinc (Zn) Molibdeno (Mo) Cloro (Cl)

Fuente: FAO, 2002

### 2.5.1. USO DE FERTILIZANTES EN EL PERÚ

De los 5 476 977 ha de superficie agrícola que existen en Perú, 18 % correspondiente a una extensión de un millón de hectáreas aproximadamente, es catalogada como área mejorable, es decir que su suelo debe ser enriquecido con fertilizantes, sin embargo según Fernández (2003) solo se ha mejorado una extensión de 50 000 ha que representa un 1 % de la superficie agrícola nacional, por ello existe un elevado potencial para el desarrollo de nuevos componentes en el sector de fertilizantes.

Hasta el 2012, el uso de fertilizantes químicos para la actividad agrícola se incrementó en 50% respecto al año 1994, además de los 2 213 506 productores que existen en el país el 43.9% (971 200 productores) usan fertilizantes en sus cultivos actualmente, siendo un

incremento de casi 50 % respecto al año 1994 cuando sólo 662 000 productores utilizaban fertilizantes, según los últimos resultados del VI Censo Nacional Agropecuario (Cenagro).

Entre 1994 y 2012, los productores agropecuarios de la selva que usaban fertilizantes químicos se incrementaron en 2.8 veces, es decir, pasaron de 33 mil a 91 mil agricultores. En la región costa, el uso se incrementó en 1.5 veces, de 169 mil a 254 mil productores. Y finalmente, en la sierra, pasaron de 460 mil a 627 mil agricultores, lo que equivale a un aumento de 1.4 veces (Agraria, 2013).

Entre los principales productos fertilizantes consumidos en el Perú figuran la urea (60 %), fosfato de amonio (14.6 %) y cloruro de potasio (8 %) (Fernández, 2003).

Según los datos obtenidos por el Ministerio de Agricultura y Riego (2013) en el Perú el volumen de fertilizante importado ha ido en aumento, llegando casi a duplicarse las importaciones en un periodo de 13 años, como se puede observar en el Cuadro 5.

**Cuadro 5 :** Volumen de importaciones de principales fertilizantes (tn), 1993-2012.

<b>Año</b>	<b>Urea</b>	<b>Nitrato de Amonio</b>	<b>Sulfato de Amonio</b>	<b>Fosfato de Amonio</b>	<b>Súper-fosfatos</b>	<b>Cloruro de Potasio</b>	<b>Sulfato de Potasio</b>	<b>Sulfato de Magnesio y Potasio</b>	<b>Total</b>
1999	296 182	9 913	36 969	78 509	8 395	30 265	14 485	7 834	482 552
2000	350 139	13 190	39 476	53 190	6 225	23 223	8 385	4 696	498 523
2001	326 571	15 547	95 311	122 879	18 719	51 980	17 082	8 359	656 447
2002	374 278	34 591	31 587	104 231	13	50 370	23 644	3 901	622 613
2003	334 212	39 145	67 359	123 857	10 041	46 657	35 349	10 162	666 781
2004	323 422	63 036	63 976	152 166	4 291	49 836	27 976	14 679	694 766
2005	247 866	61 216	108 548	139 581	1 871	62 759	26 739	14 679	663 259
2006	295 339	66 923	63 409	183 737	3 606	46 561	34 749	16 613	710 484
2007	367 786	109 160	93 529	135 929	241	104 738	55 776	31 066	898 225
2008	277 114	117 545	112 679	87 398	1 647	52 743	36 282	16 076	701 484
2009	424 976	22 971	104 207	159 052	5 949	42 940	10 508	6 646	777 249
2010	327 046	32 468	128 070	134 140	---	82 361	23 219	20 587	747 890
2011	382 951	31 037	120 616	129 393	2 014	63 819	47 845	44 531	882 206
2012	400 732	64 114	149 043	162 993	2 304	52 858	36 589	13 793	882 425

Fuente: Ministerio de Agricultura y Riego, 2013

## 2.5.2. FERTILIZANTES QUÍMICOS

Los fertilizantes químicos son sustancias, generalmente mezclas químicas que se agregan al suelo para cubrir cualquier deficiencia de nutrientes de este. Existen numerosos fertilizantes químicos con diferentes nutrientes, sin embargo los que se aportan en forma casi exclusiva y en mayores cantidades son aquellos elementos químicos denominados macroelementos primarios (N, P, K).

Según su composición se puede diferenciar en fertilizantes simples y fertilizantes compuestos (Irañeta et al., 2011).

- Fertilizantes simples: contienen sólo un elemento como fertilizante; los nitrogenados contienen solo nitrógeno (N) y entre ellos están la Urea, los fosfatados contiene solo fósforo (P) como el superfosfato, y los potásicos contienen sólo potasio (K) como cloruro potásico o el sulfato potásico.
- Fertilizante Compuestos: contienen dos o tres nutrientes básicos (N, P y K). se identifican con 3 números seguidos que representan su riqueza en nitrógeno, fósforo y potasio respectivamente.

Las materias primas para la producción de fertilizantes químicos provienen principalmente de yacimientos mineros (fuentes irrenovables), cuyas extensiones son relativamente pequeñas. En manejo, transporte y la aplicación de los fertilizantes químicos, a comparación de los fertilizantes orgánicos, es más conveniente y barata debido a su elevada concentración de nutrientes y su baja humedad. Esta elevada concentración de nutrientes puede ser un problema para el suelo, agregándole más nutrientes de los que las plantas necesitan, convirtiéndose en toxico para los cultivos, y produciendo lo que comúnmente se le conoce como fertilidad de suelo en desequilibrio además como estos nutrientes se encuentran en estado soluble, son fácilmente lixiviados contaminando también a su paso cuerpos de agua (Cuvero y Vieira, 1999).

El uso de fertilizantes químicos exclusivamente sumado a las producciones intensivas basadas en monocultivos, propicia que el suelo sufra de agotamiento acelerado de materia orgánica y por tanto de un desbalance nutrimental produciendo pérdida de fertilidad y capacidad productiva del suelo, además existe un uso inadecuado de fertilizantes químicos sin tomar en cuenta la falta de otros nutrimentos que limitan la productividad de los cultivos (SAGARPA, 2009).

La falta de materia orgánica produce disminución del poder tampón del suelo, aumento de susceptibilidad de los suelos a la compactación y reducción de la variabilidad y competencia de la biota, favoreciendo poblaciones dañinas a la producción agrícola, es decir el cultivo se vuelve más susceptible a la invasión de plagas. En la medida en que estos fenómenos se acentúan las condiciones para mantener la producción vegetal se ven afectada. Si esta producción empieza a reducirse, el aporte de biomasa al suelo será más bajo y por ende, la reducción de los contenidos de materia orgánica será más rápida (Cuvero y Vieira, 1999).

### **2.5.3. FERTILIZANTES ORGÁNICOS O BIOFERTILIZANTES**

Los biofertilizantes, también conocidos como fertilizantes orgánicos, abonos orgánicos y abonos verdes, son un producto natural resultante de la descomposición de materiales de origen vegetal, animal o mixto que tiene la capacidad de mejorar la fertilidad del suelo agregando importantes cantidades de nutrientes, mejorando sus características físicas, químicas y biológicas y aumentar productividad de los cultivos sin necesidad de utilizar fertilizantes químicos (Xelhuantzi et al, 2012).

Los biofertilizantes han sido relacionado principalmente al mejoramiento de los suelos, la disponibilidad de los nutrimentos de los abonos orgánicos es usualmente baja y variable si se compara con los fertilizantes químicos, debido a que los fertilizantes orgánicos requieren mineralización previa que puede durar desde semanas hasta meses, para poder ser absorbidos por la planta, sin embargo esta característica es una de las razones por las que se mantiene los

sistemas agroproductivos sin ocasionar pérdidas de fertilidad de los suelos a largo plazo (Henríquez et al, 2008).

Los abonos orgánicos por las propias características en su composición son formadores del humus y enriquecen al suelo. Las características físicas a las cuales los abonos orgánicos favorecen son: estructura, porosidad, aireación, capacidad de retención de agua, infiltración y conductividad hidráulica. (Cuvero y Vieira, 1999). Entre los tipos de fertilizantes se encuentran aquellos procesados y sin procesar como se observa en el Cuadro 6.

**Cuadro 6:** Tipos de fertilizantes orgánicos.

<b>Estado del fertilizante</b>	<b>Sin procesar</b>	<b>Procesados</b>
<b>Sólidos</b>	Excretas de animales Desechos Vegetales: Rastrojos o follajes Abonos verdes	Compost Bocashi Lombricompost
<b>Líquidos</b>	Efluentes industriales	Té de compost Té de estiércol Biofermentos

Fuente: Soto y Meléndez, 2004

El uso de abonos orgánicos constituyen una práctica de manejo fundamental en la rehabilitación de suelos degradados ya que la adición de residuos vegetales o estiércoles incrementan la actividad y cantidad de biomasa microbiana del suelo (Fortis et al., 2009).

En el Perú no existe normativa para fertilizantes orgánicos, sin embargo si existe normativa internacional que regula la calidad de algunos fertilizantes orgánicos como el compost, entre estas están:

**a) Real Decreto 506/2013, del 28 de junio del 2013, sobre productos fertilizantes que deroga el Real Decreto 824/2005.**

Este Decreto español tiene por objeto establecer la normativa básica en materia de productos fertilizantes. Que buscan garantizar que las riquezas nutritivas y otras características de los productos fertilizantes se ajusten a las exigencias de este real decreto, prevenir los riesgos para la salud y el medio ambiente por el uso de determinados productos, regular el procedimiento para la inscripción previa a la puesta en el mercado de determinados productos, entre otros. Se aplica a aquellos productos fertilizantes puestos en el mercado español para ser utilizados en agricultura, jardinería o restauración de suelos degradados que pertenecen a los siguientes grupos:

- Grupo 1. Abonos inorgánicos nacionales.
- Grupo 2. Abonos orgánicos.
- Grupo 3. Abonos órgano-minerales.
- Grupo 4. Otros abonos y productos especiales.
- Grupo 5. Enmiendas calizas.
- Grupo 6. Enmiendas orgánicas.
- Grupo 7. Otras enmiendas.

En cuanto a las materias primas utilizadas para la elaboración de fertilizantes pertenecientes a los Grupos 2 y 6 se menciona que solo está permitido el uso de materias primas de origen orgánico, animal o vegetal, incluidas expresamente en la lista de residuos orgánicos biodegradables donde se incluye a las deyecciones de animales, estiércoles y efluentes recogidos selectivamente y tratados fuera del lugar donde se generan. Asimismo, se establece que los productos fertilizantes constituidos, total o parcialmente, por residuos orgánicos biodegradables deberán cumplir los requisitos los cuales se listan a continuación:

- Porcentaje de nitrógeno orgánico: En los abonos orgánicos, el contenido en nitrógeno orgánico deberá ser al menos un 85 % del nitrógeno total, salvo que en los requisitos específicos del tipo se dispongan otros valores.

- **Humedad:** En los abonos granulados o peletizados, el contenido máximo en humedad permitido, expresado en porcentaje en masa, será del 14%, salvo que en la especificación del tipo se fije una cifra diferente.
- **Granulometría:** Con carácter general, en los abonos orgánicos y las enmiendas orgánicas, el 90% del producto fertilizante deberá pasar por una malla de 10 mm. Este requisito no obliga a los productos que están industrialmente granulados o peletizados.
- **Límite máximo de microorganismos:** La materia prima transformada, debe ser sometida a un proceso de higienización que garantice que su carga microbiana no supera los valores máximos establecidos en el Reglamento (CE) N° 1774/2002. (2) para *Salmonella* ausente en 25 g de producto elaborado y para *Escherichia coli* menor a 1 000 NMP/gramo de producto elaborado
- **Límites máximos de metales pesados:** los fertilizantes no deben superar el contenido de metales pesados indicado en el Cuadro 7.

**Cuadro 7:** Límites máximos de metales pesados.

<b>Metal pesado</b>	<b>Límites de concentración de metales pesados</b>		
	<b>Sólidos: mg/kg de base seca</b>		
	<b>Líquidos: mg/kg</b>		
	<b>Clase A</b>	<b>Clase B</b>	<b>Clase C</b>
<b>Cadmio</b>	0.7	2	3
<b>Cobre</b>	70	300	400
<b>Níquel</b>	25	90	100
<b>Plomo</b>	45	150	200
<b>Zinc</b>	200	500	1
<b>Mercurio</b>	0.4	1.5	2.5
<b>Cromo total</b>	70	250	300

## b) Norma Chilena de Calidad de Compost (NCh2880)

Esta norma chilena establece la clasificación y requisitos de calidad del compost producido a partir de residuos orgánicos y otros materiales orgánicos generados por la actividad humana; tales como los agroindustriales, agrícolas, forestales, ganaderos, pesqueros, de mercados y ferias libres, en las que se comercialicen productos vegetales, de la mantención de parques y jardines, de residuos orgánicos domiciliarios, de lodos provenientes de plantas de tratamiento, tanto de aguas servidas como de residuos industriales líquidos. No se aplica al compost proveniente de residuos orgánicos peligrosos o infecciosos. El compost se clasifica en Clase A y Clase B.

- Compost Clase A: Es un producto de alta calidad, con conductividad eléctrica menor a 3 dS/m y relación C:N menor o igual a 25. Este tipo de compost no presenta restricciones de uso.
- Compost Clase B: Es un producto de calidad intermedia, con conductividad eléctrica menor a 8 dS/m y relación C:N menor o igual a 30. Este tipo de compost puede presentar restricciones de uso si su conductividad eléctrica es mayor a 3 dS/m.

Esta Norma también indica los requisitos límites microbiológicos y de metales pesados para la Clase A y la Clase B como se observa en los Cuadros 8 y 9 respectivamente.

**Cuadro 8:** Límites máximos de microorganismos para compost

<b>Tipo de Microorganismos</b>	<b>Límite Máximo</b>
Coliformes fecales	< a 1000 NMP/g de compost
<i>Salmonella sp.</i>	3 NMP en 4g de compost
Huevos de hemiltos viables	1 en 4g de compost

**Cuadro 9:** Límites máximos de metales pesados

<b>Metal Pesado</b>	<b>Compost Tipo A (mg/kg)</b>	<b>Compost Tipo B (mg/kg)</b>
Arsénico	15	20
Cadmio	2	8
Cobre	100	1000
Cromo	120	600
Mercurio	1	4
Níquel	20	80
Plomo	100	300
Zinc	200	2000

#### **2.5.4. BIOL**

También denominado bio abono líquido, es un tipo de abono orgánico que es producto de la fermentación anaeróbica de materiales orgánicos provenientes de animales y vegetales, como estiércol o restos vegetales (Arana, 2011). Esta degradación se lleva a cabo en depósitos herméticamente cerrados que tienen el nombre de biodigestores (Guerrero 1993 citado por Peralta, 2010).

Actualmente el biol se produce de forma artesanal y su contenido nutricional depende del material con el que es elaborado. La cosecha del biol dependerá del clima, de la cantidad producida y del tamaño del envase. Se utiliza como indicador que el biol está listo la ausencia de producción de gas, el tiempo de cosecha en el caso de uso de mangas es de tres mes aproximadamente (AEDES 2006 citado por Peralta, 2010)

Según Sotil (2007) luego de la biodegradación de los abonos durante un periodo de 61 días los coliformes totales y fecales se reducen de  $10^7$  NMP/100 ml hasta  $10^3$  NMP/100 ml, se generaron valores cercanos a cero NMP/100 ml de coliformes totales y fecales a los 365 días de iniciada la degradación de los residuos. Esto determina que existen riesgos de contaminación para las personas expuestas a este biol.

En el Perú se está utilizando esta tecnología cada vez más, empresas como La Calera que viene comercializando a través de Salam S.A.C. el biol llamado “Avibiol” de la digestión anaeróbica de excretas de gallina ponedoras, siendo una alternativa al manejo de residuos sólidos, otro biol comercializado es aquel producido por el Fundo Casa Blanca que se elabora a base de estiércol de cuy. Además, en la UNALM se ha realizado investigaciones para la preparación de biol con diversos residuos orgánicos, como los residuos de comedores universitarios, algas, entre otros.

Si bien se siguen ciertos lineamientos para la preparación de biol, no existe una receta exacta y los insumos utilizados pueden variar, por ello la composición nutricional del biol varía también dependiendo del insumo utilizado en el proceso de digestión, tal como se observa en el Cuadro 10. Además este biol está siendo cada vez más utilizado en diferentes variedades de plantas, como las gramíneas, leguminosas, frutales, plantas ornamentales, tubérculos y raíces, además la dosis de aplicación del biol en promedio debe ser al 5% (depende de la delicadeza de la planta), tal como indica la Dirección Regional Agraria de Puno (2009).

**Cuadro 10:** Composición química de los bioles.

Nutrientes	Composición química de los bioles		
	Biol del estiércol de vaca <sup>(1)*</sup>	Biol del estiércol de cuy <sup>(2)</sup>	Biol de gallinaza <sup>(3)</sup>
N mg/l	1094	980	1700
P mg/l	225	121	3800
K mg/l	2930	6760	5200
Ca mg/l	1132	220.4	3500
Mg mg/l	544	53.4	1200
Na mg /l	922	542	---

Fuente:

(1)Biol de estiércol de vaca, proporción excretas y agua de 1/4, Quipuzco et al. (2011)

(2)Biol Casa Blanca de estiércol de cuy, Román (2012).

(3)Avibiol (Salam- La Calera) biol de gallinaza, Medina (2013).

### 2.5.5. BIOLES ACELERADOS.

Los bioles acelerados son el resultado de la fermentación láctica de la materia orgánica utilizando el consorcio microbiano B-lac, estas bacterias aceleran el proceso de degradación de los residuos además de eliminar rápidamente las bacterias y otros patógenos por la producción de ácido láctico que inhibe el crecimiento y desarrollo de las otras bacterias dándole ventaja competitiva a las bacterias ácido-lácticas, estos ácidos le dan la particularidad a los bioles acelerados de tener un pH ácido (Peralta, 2010).

Además, la producción de este abono orgánico es una gran alternativa a la utilización de fertilizantes químicos debido a la baja inversión económica para su producción y su rapidez para transformar múltiples tipos residuos orgánicos que evitarán y minimizarán los impactos ambientales de estos. Al igual que los bioles la composición nutricional de los bioles acelerados varía con la composición química de los insumos utilizados en el proceso de fermentación. En el Cuadro 11 se muestra la composición química de diferentes bioles acelerados.

**Cuadro 11:** Composición química de los bioles acelerados.

Nutrientes	Composición química de los bioles acelerados			
	Biol acelerado de estiércol de vacuno <sup>(1)</sup>	Biol acelerado de residuos de rocoto <sup>(2)</sup>	Biol acelerado de estiércol de ovino <sup>(3)</sup>	Biol acelerado de residuos de pota <sup>(4)</sup>
N mg/l	4200	2716	1876	16800
P mg/l	744.2	259	203.4	1222
K mg/l	17200	8040	9005.6	8160
Ca mg/l	5200	836	1523.10	1520
Mg mg/l	1740	556	1044.4	864
Na mg /l	1040	214	590.8	2280

Fuente:

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

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

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

(4)Fertilizante líquido de residuos de pota, Peña (2008).

## **2.6. FERMENTACIÓN ÁCIDO LÁCTICA**

Es un proceso celular anaeróbico en el cual la fermentación produce ácido láctico como principal producto de la transformación de hidratos de carbono. Este proceso es realizado por bacterias llamadas ácido lácticas las cuales son un grupo de bacterias Gram-positivas. Las bacterias ácido lácticas están constituidas por varios géneros como *Aerococcus* , *Carnobacterium* , *Enterococcus* , *Lactobacillus* , *Lactococcus* , *Leuconostoc*, *Pediococcus* y , *Streptococcus* (Bastardo y Pedrique, 2008). El ácido láctico, también denominado ácido 2-hidroxi-propanoico, está formado por los grupos funcionales alcohol y carboxilo conformando un carbono asimétrico que le confiere su actividad óptica (García et al., 2010).

La fermentación ácido láctica es ampliamente utilizada en la producción de alimentos, en especial de alimentos fermentados, ya que pueden producir compuestos que contribuyen con el sabor, olor, color, textura de los alimentos. Así mismo mediante esta fermentación se producen sustancias antimicrobianas, incluyendo a las bacteriocinas que tienen la capacidad de inhibir las bacterias patógenas y de deterioro de los alimentos (Mata, 1999). El ácido láctico es de amplio uso en la industria, debido a sus características benéficas, se utiliza en la industria alimentaria, en farmacia, medicina, textilera, en la industria del cuero y para la producción de plásticos biodegradables (Estela et al., 2007).

### **2.6.1. BACTERIAS ÁCIDO LÁCTICAS (BAL)**

Las bacterias ácido lácticas son inocuas al ser humano. Estos organismos son inmóviles de forma esférica o bacilar Gram positivos, anaerobios aerotolerantes, que mediante el proceso de fermentación, transforman los azúcares en ácido láctico mayormente (Stainer et al., 1992). Para la formación de ácido láctico es preferible la utilización de bacterias termófilas de rápida fermentación con la adición mínima de nutrientes nitrogenados y que crezcan a valores reducidos de pH y para que así tengan ventajas competitivas frente a otras bacterias (Serna y Rodríguez, 2005).

Las BAL son conocidas por producir durante su crecimiento sustancias que inhiben el crecimiento de otros microorganismos, destruyendo bacterias indeseables o patógenas. Los principales mecanismos de antagonismo microbiano de las BAL son la competencia de nutriente en la formación de ácido láctico y acético con el consiguiente descenso de pH. (Mora y García, 2007).

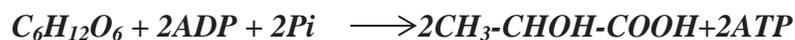
El mecanismo de inhibición se basa en la disminución del pH, aumentando la proporción de ácidos orgánicos en su forma no disociada, los cuales se disocian en el citoplasma desestabilizando su membrana, el pH ácido causa desnaturalización de proteínas y desestabilización de otros componentes estructurales y funcionales de la célula. Las bacterias 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).

Según la cantidad y la presencia de ácido láctico, las BAL pueden ser Homofermentativas y Heterofermentativas.

## 2.6.2. BACTERIAS ÁCIDO LÁCTICAS HOMOFERMENTATIVAS

Las bacterias homofermentativas son aquellas que solo producen ácido láctico, transformando las hexosas por medio de la vía Embdem-Meyerhof. Entre estas tenemos a *Lb. caucasicus*, *Lb. bulgaricus*, *Lb. lactis*, *Lb. helveticus*, *Lb. acidophilus* y *Lb. delbrueckii*. *Lb. rhamnosus*, *Ped. acidilactici*, *Ped. pentosaceus* y *Ped. damnosus*. (Serna y Rodríguez, 2005).

La estequiometría de la fermentación de estas bacterias es la siguiente.



Mediante la vía Embdem-Meyerhof se da como resultado, teóricamente, dos moles de ácido láctico por un mol de glucosa, sin embargo, el rendimiento en el laboratorio es del 90% aproximadamente (Estela et al., 2007). Para la producción comercial de ácido láctico, solo

están disponibles las bacterias ácido lácticas homofermentativas (Hofvendahl y Hagerdal, 2000 citado por García et al., 2010).

### 2.6.3. BACTERIAS ÁCIDO LÁCTICAS HETEROFERMENTATIVAS

Estas bacterias son aquellas que producen la fermentación heteroláctica, es decir, la transformación de la glucosa en ácido láctico además de otros compuestos como ácido acético o etanol y dióxido de carbono en relaciones equimolares. *Entre estas bacterias tenemos a Lb. brevis, Lb. buchneri, Lb bifidus*, pertenecientes al género *Leuconostoc* (Serna y Rodriguez, 2005).

La estequiometría de la fermentación de estas bacterias es la siguiente.



Existen también algunas especies del género *Lactobacillus* que son heterofermentativas facultativas que a condiciones anaeróbicas o microaerobicas se comportan como homofermentativas y que en condiciones aeróbicas producen ácido láctico, ácido acético, acetoina y peróxido de hidrogeno (Estela et al., 2007).

### 2.6.4. BACTERIOCINAS

Las bacteriocinas son péptidos antimicrobianos segregados o producidos por las bacterias que inhiben el crecimiento de bacterias competidoras, estas bacterias normalmente actúan en aquellas a las que se encuentran estrechamente relacionadas. Las bacteriocinas se encuentran en casi todas las especies examinadas de bacterias, entre las bacterias Gram-positivas las bacterias ácido lácticas han sido muy estudiadas por su utilidad antimicrobiana en la aplicación de la industria alimentaria (Cleveland et al., 2001).

El espectro antibacteriano de las bacterias ácido lácticas frecuentemente incluye organismos patógenos producido por la descomposición de los alimentos como la *Listeria monocytogenes* y *Staphylococcus aureus*, pero se ha demostrado también actividad contra las

bacterias Gram-negativas tales como la *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).

A diferencia de las bacteriocinas, los antibióticos que son sintetizados por un sistema enzimático, tiene un amplio espectro de acción por lo que eliminan a casi cualquier bacteria presente, lo que se traduce en que al ser utilizados con frecuencia los patógenos crean resistencia a estos antibióticos, por ello las bacteriocinas están siendo consideradas también como método para el tratamiento de infecciones, ya que por su gran diversidad de producción en la naturaleza y debido a su relativamente estrecho espectro de acción, pueden ser dirigidas hacia patógenos bacterianos específicos (Riley y Wertz, 2002).

## **2.7. CONSORCIO DE BACTERIAS BIOLAC (B-LAC)**

EL consorcio de bacterias Biolac (B-Lac) está elaborado con cepas seleccionadas de bacterias probióticas del género *Lactobacillus* (Guccione, 2009). La composición de este se puede observar en el Cuadro 12.

En este consorcio hay total ausencia de mohos, coliformes fecales y coliformes totales, debido al pH ácido (pH de 3.5,) por la formación de ácido láctico que producen las bacterias probióticas, además producen bacteriocinas y peróxido de hidrógeno previniendo el crecimiento de microorganismos patógenos. Las levaduras comúnmente se encuentran junto con las BAL, pero estas no son perjudiciales (García, 2008).

Estas bacterias toleran ambientes con pH ácido, a diferencia del resto de bacterias, además son mesófilas, aunque son capaces de vivir en un rango de 5°C- 45°C, generalmente su temperatura óptima es de 25-35 °C. Estas bacterias también son muy exigentes con respecto a su alimentación, sólo crecen en medios ricos en vitaminas, bases nitrogenadas y fuentes de carbono, por ello, se suele utilizar melaza u otros insumos similares como alimento para las BAL (Ramírez, 2005).

**Cuadro 12:** Análisis microbiológico del B-Lac.

<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
Recuento de bacterias mesófilas viables (UFC/ml)	$3.3 \times 10^4$
Recuento de coliformes totales (NMP/ml)	< 3
Recuento de coliformes fecales (NMP/ml)	< 3

Nota: los valores < 3 y < 10 significan ausencia.

Fuente: García (2008).

## **2.8. MELAZA DE CAÑA**

La melaza es el efluente resultante de la preparación del azúcar mediante cristalización repetida final, de la cual no se puede extraer más azúcar. También es conocida como mieles finales o melaza “blackstrap”. Es una mezcla compleja que contiene sacarosa, azúcar invertido, sales y otros compuestos solubles en álcali que normalmente están presentes en el jugo de la caña. La composición de las melazas es muy heterogénea y puede variar considerablemente dependiendo de la variedad de caña de azúcar, suelo, clima, periodo de cultivo, sistema ebullición del azúcar, tipo y capacidad de los evaporadores, entre otros. Por otro lado, la melaza de caña se caracteriza por tener entre 68 – 75% sólidos disueltos y un pH de 5 a 6 (Fajardo y Sarmiento, 2007).

La melaza es muy utilizada para alimento de ganado, producción de alcohol o para la industria alimentaria, la industria de las medicinas naturales, entre otras. (López E., 2009). Los principales componentes de la melaza son agua, sacarosa, glucosa, levulosa, cenizas, compuestos nitrogenados, compuestos no nitrogenados, ceras esteroides y esterofosfolípidos (Vega et al, 2007).

## 2.9. BIOENSAYO DE FITOTOXICIDAD

Este ensayo es una prueba estática de toxicidad que permite evaluar los efectos fitotóxicos de una sustancia (pura o mezcla) al afectar su proceso de germinación y desarrollo de las plántulas en los primeros días de crecimiento, el ensayo se analiza a las 120 horas de exposición de compuesto. Entre las especies más adecuadas para este ensayo se encuentra la *Lactuca sativa* debido a su sensibilidad frente a contaminantes y rápida germinación que hace posible desarrollar la prueba en pocos días, pero se debe verificar que las semillas tengan un porcentaje de germinación mayor a 90 % y que sean de una variedad mantecosa como la Duett (Sobrero y Ronco, 2004).

La inhibición de la elongación de la radícula e hipocotilo son indicadores muy sensibles que permiten evaluar los efectos biológicos de un compuesto que puede estar presente en concentraciones muy bajas como para inhibir la germinación, pero que si retarda este proceso. Este método permite evaluar muestras coloreadas o con alta tasa de turbiedad sin hacer un filtrado previo (Sobrero y Ronco, 2004).

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

Según Zucconi et al (1981) citado por Varnero et al (2007) señala la siguiente interpretación para el índice de germinación (IG)

- Valores de  $IG \geq 80\%$  indican que no hay sustancias fitotóxicas o están en muy baja concentración.
- Valores entre 50% y 80% se interpreta como la presencia moderada de estas sustancias fitotóxicas.
- si el  $IG \leq 50\%$  indicaría que hay una fuerte presencia de sustancias fitotóxicas.

Se han hecho investigaciones donde se evalúa el índice de germinación (IG) en biofertilizantes líquidos fabricados mediante fermentación homoláctica. Tal como se observa en el Cuadro 13 a las concentraciones de 0.1% o menores se presentan condiciones propicias para el crecimiento de las plántulas de lechuga.

**Cuadro 13:** Índices de germinación de diferentes biofertilizantes líquidos

Concentración	Índices de Germinación de Biofertilizantes Líquidos			
	Fast Biol 20 <sup>(1)</sup>	Biofertilizante de rocoto <sup>(2)</sup>	Biol II G <sup>(3)</sup>	Biofertilizante de cuyinaza
0.01/100	---	---	94.7	99.5
0.1/100	84.5	81.9	85.8	98.9
1/100	65.8	67.9	67.1	54.0
10/100	0.41	0	0	0
100/100	0	0	0	0

Fuente:

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

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

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

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

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN**

La etapa experimental de la obtención de biofertilizante de la mezcla de bagazo de cebada, excretas de vacuno y suero lácteo mediante fermentación homoláctica se ejecutó en dos lugares, el análisis de las muestras de laboratorio y el ensayo de germinación y toxicidad se llevó a cabo en las instalaciones del Laboratorio de Biorremediación de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM) mientras la construcción de la escala piloto se realizó en la parte posterior del Establo de Ganado Vacuno de la Unidad Experimental de Zootecnia del Programa de Investigación y Proyección Social (PIPS) en Leche de la UNALM.

#### **3.2. MATERIALES EMPLEADOS EN LA ELABORACIÓN DEL BIOFERTILIZANTE**

##### **3.2.1. MATERIA PRIMA E INSUMOS**

###### **Bagazo de cerveza**

El bagazo de cerveza proviene de la planta cervecera Unión de Cerveceras Peruanas Backus y Johnson.

###### **Excretas de ganado vacuno**

Las excretas provienen de las vacas de producción del establo lechero de la Unidad Experimental de Zootecnia de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

### **Suero de quesería (leche vacuna)**

El suero proviene la planta de leche de la Universidad Agraria La Molina y de la planta de leche La Querencia

### **Microorganismos**

Consorcio de bacterias probióticas ácido lácticas (B-Lac) proporcionado por el Laboratorio de Biorremediación de la Facultad de Ciencias de La Universidad Nacional Agraria La Molina.

### **Melaza de caña**

La melaza proviene del establo de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

## **3.2.2. MATERIALES**

- 48 Baldes de plástico de 1 L de capacidad con tapa
- Bolsas plásticas de 10 x 15 cm
- Ligas de hule
- 1 Pala pequeña (10 cm) de plástico
- 1 Tanque de agua de polietileno de 1000 L de capacidad.
- 1 Carretilla
- 1 Pala de metal
- 4 Baldes Plásticos de 20 L de capacidad.
- 10 Bolsas de polietileno de 80 kg de capacidad.
- Botas de jebe.
- Guantes de látex
- 1 Bureta de 25 ml
- 3 Matraces aforados de 50 ml
- 1 Matraz de Erlenmeyer de 50 ml
- 1 Agitador de vidrio de 15 cm
- 1 Agitador de metal de 100 cm
- Plumón de tinta indeleble

- Mascarillas
- 1 Piceta

### **3.2.3. REACTIVOS Y SOLUCIONES**

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

### **3.2.4. EQUIPOS**

- Potenciómetro marca Hanna Instruments modelo HI 8424 microcomputer
- Estufa eléctrica, Barnstead
- Balanza analítica.
- Balanza electrónica de plataforma industrial.
- Taladro
- Prensa manual.

## **3.3. MATERIALES EMPLEADOS PARA EL ENSAYO DE GERMINACIÓN Y TOXICIDAD**

### **3.3.1. MATERIA PRIMA**

#### **Semillas**

Se utilizaron semillas de lechuga (*Lactuca sativa L.*) variedad tipo Duett obtenidas del Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral de la UNALM. Estas no presentaban fungicidas ni plaguicidas, además su poder germinativo era mayor al 90%.

### **3.3.2. MATERIALES**

- Placas Petri esterilizadas de 10 cm de diámetro
- Papel filtro de rápida absorción
- Papel toalla
- Pinza
- Pipeta de 10 ml
- Pipeta de 1 ml
- Fiola de 50 ml

### **3.4. MÉTODOS**

#### **3.4.1. MEDICIÓN DEL pH**

La medición del pH de las diferentes muestras de biofertilizante se realizó haciendo uso del potenciómetro Hanna modelo HI 8424 de manera directa. Primero el potenciómetro se calibró utilizando soluciones buffer de pH 7.01 y de pH 4.01. Luego se introdujo el electrodo del potenciómetro en la muestra la cual había sido homogenizada con una bagueta, hasta que la lectura del equipo se estabilizó en un valor durante 10 segundos, este valor es tomado como el valor de pH de la muestra. El electrodo fue enjuagado con agua destilada entre cada medición.

#### **3.4.2. MEDICIÓN DE PORCENTAJE ACIDEZ TITULABLE**

El porcentaje de acidez titulable de las muestras se determinó mediante el método estandarizado 942.15 de la AOAC (2000).

En esta medición se diluyo 1 gramo de muestra con 50 ml de agua destilada, y se le agregó 0.3 ml de fenolftaleína para luego ser titulada con hidróxido de sodio (NaOH) de 0.1 N hasta que el color de la muestra vire a magenta, implicando un pH de  $8.1 \pm 0.2$ . Los datos se reemplazan en la siguiente fórmula.

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

Dónde:

$G$  = Gasto de NaOH (ml).

$N$  = Normalidad de NaOH.

$m$  = Masa de la muestra (gramos).

$f$  = factor de conversión para ácido láctico.

Para expresar el resultado como porcentaje de ácido láctico se debe tener en cuenta que el factor correspondiente es 0.09, que es el miliequivalente en ácido láctico.

### 3.4.3. MEDICIÓN DEL PORCENTAJE DE HUMEDAD

Para determinar la humedad de la muestra se utilizó el método de secado en estufa, el cual consistió en pesar, en una balanza analítica, una cantidad de muestra (5 gramos) en un capsula de vidrio previamente tarada, llevar a la estufa a una temperatura de  $103 \pm 2^\circ\text{C}$  hasta que seque completamente (2 horas), luego se dejó enfriar en un desecador y se pesó.

Para determinar el porcentaje de humedad se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% H = \frac{W_h - W_s}{W_h} \times 100$$

Dónde:

$W_h$  = Masa de muestra humedad.

$W_s$  = Masa de muestra seca.

### 3.4.4. ANÁLISIS AGRONÓMICOS

Primero se realizó el análisis agronómico a la mezcla de bagazo de cebada, excretas de vacuno y suero de quesería con la que se construyeron tanto las muestras de laboratorio como la prueba piloto, como caracterización. En este análisis los parámetros evaluados son pH, conductividad eléctrica (dS/m), materia orgánica (%), N (%), P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (%), K<sub>2</sub>O (%), CaO (%), MgO (%), humedad (%), Na (%), Carbono Orgánico (%), Fe (ppm), Cu (ppm), Zn (ppm), Mn (ppm), B (ppm).

También se realizó análisis agronómicos al biofertilizante producido en la etapa piloto en dos ocasiones, la primera a los 5 días y en el día 30 desde que se produjo, con la finalidad de corroborar la estabilidad de este. En estos análisis los parámetros evaluados son pH, conductividad eléctrica (dS/m), sólidos totales (g/L), materia orgánica (g/L), N total (mg/L), P total (mg/L), K total (mg/L), Ca total (mg/L), Mg total (mg/L), Na total (mg/L), Carbono Orgánico (g/L), Fe total (mg/L), Cu total (mg/L) Zn total (mg/L), Mn total (mg/L), B total (mg/L). También se analizaron los mismos parámetros en el biosol en el día 30. La metodología empleada en cada análisis se muestra en el Cuadro 14.

**Cuadro 14:** Métodos empleados en el análisis de materia orgánica.

<b>Parámetro</b>	<b>Metodología</b>
pH	Potenciometría
Conductividad eléctrica	Conductimetría
Sólidos totales	Gravimetría
Materia Orgánica	Walkley y Black o Dicromato de potasio
Carbono Orgánico	Walkley y Black o Dicromato de potasio
Nitrógeno	Kjeldahk
Fósforo	Amarillo de vanadato molibdato
Potasio, calcio, magnesio y sodio	Espectrometría de absorción atómica
Hierro, cobre, zinc, manganeso	Espectrometría de absorción atómica
Boro	Curmina

Fuente: Laboratorio de Agua, Suelo, Plantas y Fertilizantes- UNALM (2013).

Todos los análisis se llevaron a cabo en el Laboratorio de Suelos, Plantas, Agua y Fertilizantes (LASPAF) de la Facultad de Agronomía de la UNALM.

### 3.4.5. ANÁLISIS METALES PESADOS

Se realizó el análisis de plomo (Pb), cadmio (Cd) y Cromo (Cr) a la mezcla inicial de bagazo de cebada, excretas de vacuno y suero lácteo, al biofertilizante producido y al biosol. Todos los análisis se llevaron a cabo en el Laboratorio de Suelos, Plantas, Agua y Fertilizantes (LASPAF) de la Facultad de Agronomía de la UNALM mediante espectrometría de absorción atómica.

### 3.4.6. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

Se realizó análisis microbiológicos a la mezcla de bagazo de cebada, excretas de vacuno y suero de quesería y al biofertilizante de la etapa piloto a los 5 y 30 días de producción. Estos análisis microbiológicos se realizaron en el Laboratorio de Ecología Microbiana y Biotecnología “Marino Tabusso” del Departamento de Biología de la UNALM. La metodología empleada para el análisis microbiológico se muestra en el Cuadro 15.

**Cuadro 15:** Métodos empleados en el análisis microbiológico

<b>Parámetros</b>	<b>Metodologías</b>
Recuento de <i>Lactobacillus sp</i> (UFC/ml)	International Commission on Microbiological Specifications for Food
Recuento de mohos y levaduras (UFC/ml)	
Enumeración de Coliformes Totales (NMP/ml)	
Enumeración de Coliformes fecales (NMP/ml)	
Enumeración de <i>Escherichia</i> (NMP/ml)	

Fuente: Laboratorio “Marino Tabusso”- UNALM (2012)

### 3.4.7. ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO

Para la elección del mejor tratamiento para la producción de biofertilizante de la etapa de laboratorio a reproducir en la etapa piloto, se tomó en cuenta el costo de producción de los mejores tratamientos, eligiéndose aquel cuyo costo sea menor al resto.

Para analizar los costos de producción se tomó como referencia los costos a corto plazo debido a la limitación del factor de producción fijo (Case, 1997). Para conocer la relación entre los costos se utilizó las siguientes fórmulas:

$$CT = CFT + CVT$$

Dónde:

$CT$  = Costo total de producción.

$CFT$  = Costo fijo total (costos que no dependen de la producción).

$CV$  = costo variable total (costos que dependen de la producción a corto plazo).

Además también se tomó en cuenta el costo marginal, debido a que este representa el incremento del costo total cuando incrementa la producción en una unidad (Case, 1997).

$$CM = \frac{\Delta CT}{\Delta Q}$$

Dónde:

$CM$  = Costo Marginal

$\Delta CT$  = Diferencia de costo total

$\Delta Q$  = Variación de producción

Para calcular además el beneficio de obtener biofertilizante líquido de la mezcla de bagazo de cebada, excretas y suero de quesería se utilizó la variable de ingreso total (IT) que representa el precio del producto multiplicado por la cantidad de bien en venta (Case, 1997).

$$IT = P \times Q$$

Dónde:

*IT* = Ingreso total

*P* = Precio de venta.

*Q* = Unidades de producción

Finalmente el beneficio de la producción de biofertilizante corresponderá al Ingreso total menos el costo total de producción.

$$B = IT - CT$$

Dónde:

*B* = Beneficio

*IT* = Ingreso total

*CT* = Costo total

### **3.5. PROCEDIMIENTO DE LA ELABORACIÓN DEL BIOFERTILIZANTE**

#### **3.5.1. ELABORACIÓN DE BIOFERTILIZANTE A ESCALA LABORATORIO**

Este ensayo se realizó para determinar la concentración ideal de los insumos para la producción del biofertilizante, además es importante recalcar que el costo de producción fue también un factor determinante en la elección del biofertilizante ideal.

Se recolectó el excremento fresco, el bagazo de cebada fresco y el suero de quesería en baldes de plástico y fueron llevados al laboratorio de biorremediación de la UNALM.

Para determinar la proporción entre los insumos de la mezcla, se agregó a un recipiente plástico 1000 gramos de excretas de vaca y 1000 gramos de bagazo de cebada y luego se le agregó el suero de quesería, homogenizando la muestra constantemente se comenzó agregando 500 gramos de suero y luego se aumentó la cantidad en 100 gramos hasta que se lograra una mezcla líquida de consistencia suave y cremosa, la cual se logró al utilizar 1300 gramos de suero de quesería. Por lo que la proporción de los insumos de la mezcla de bagazo de cebada, excretas de vacuno y suero lácteo fue de 1:1:1.3 respectivamente.

Después de tener la proporción de los insumos para la mezcla, se procedió a armar las muestras a evaluar, tal y como se muestra en el siguiente cuadro.

**Cuadro 16:** Tratamientos de biofertilizante en etapa de laboratorio.

<b>Tratamientos</b>	<b>Mezcla</b>	<b>B-lac</b>	<b>Melaza</b>
<b>T1</b>	100 %	0%	0%
<b>T2</b>	95%	0%	5%
<b>T3</b>	90%	0%	10%
<b>T4</b>	85%	0%	15%
<b>T5</b>	95%	5%	0%
<b>T6</b>	90%	5%	5%
<b>T7</b>	85%	5%	10%
<b>T8</b>	80%	5%	15%
<b>T9</b>	90%	10%	0%
<b>T10</b>	85%	10%	5%
<b>T11</b>	80%	10%	10%
<b>T12</b>	75%	10%	15%
<b>T13</b>	85%	15%	0%
<b>T14</b>	80%	15%	5%
<b>T15</b>	75%	15%	10%
<b>T16</b>	70%	15%	15%

El cálculo de los porcentajes utilizados es en peso, cada tratamiento tiene un peso total de 500 gramos y se hizo tres repeticiones por tratamiento.

Primero se colocó en los baldes de plástico de 1 kg de capacidad el porcentaje de mezcla de bagazo de cebada, excretas de vacuno y suero de lechería deseada para cada tratamiento, luego se agregó el porcentaje requerido en peso de B-lac y melaza. Finalmente se homogenizó cada tratamiento utilizando una bagueta.

Para lograr un ambiente anaeróbico se cubrió con un plástico cada tratamiento y luego se cerró el balde con su respectiva tapa. Se marcó cada balde con un plumón de tinta indeleble con la finalidad de diferenciar los tratamientos y las repeticiones entre sí.



**Figura 4:** Tratamientos de la repetición 2.

Todos los tratamientos fueron incubados en una estufa a 40 °C por 5 días, luego estuvieron almacenados a temperatura ambiente. Se midió pH y porcentaje de acidez titulable por 30 días, los primeros 5 días de forma diaria y luego cada 5 días hasta llegar a los 30.

### 3.5.2. ELABORACIÓN DE BIOFERTILIZANTE A ESCALA PILOTO

La elaboración de biofertilizante a escala piloto consistió en la reproducción en 1 000 kg de la mejor muestra determinada en la fase previa de laboratorio, luego de analizar los parámetros de pH, acidez titulable y costos.

Para contener los 1 000 kilogramos de biofertilizante se utilizó un tanque de agua de polietileno de 1 100 litros de capacidad, de 1.4 metros de alto y de 1.1 metros de diámetro, el que fue ubicado en la parte posterior del establo de ganado vacuno lechero de Unidad Experimental de Zootecnia de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

El suero de quesería estuvo almacenado en refrigeración antes de ser utilizado para preservarlo, el bagazo de cebada y las excretas de vacuno estaban frescas. Para trasladar los insumos y pesarlos se utilizó una carretilla de metal previamente tarada y una balanza electrónica de plataforma.



**Figura 5:** Tanque para la producción de biofertilizante.

Se agregó al tanque los insumos de la mezcla, el B-lac y la melaza alternadamente homogenizándolos manualmente mientras se introducían. Luego con la ayuda de un taladro acondicionado con unas paletas de agitación se mezcló completamente todos los insumos.



**Figura 6:** Mezcla de los insumos utilizando un taladro mecánico.

Por último, esta mezcla se cubre con plástico para crear un ambiente anaeróbico además se cubrió la entrada del tanque para evitar que ingresen insectos y otros animales.

Se midió el pH y el porcentaje de acidez titulable de forma diaria durante los primeros 5 días y luego se midió cada 5 días por un periodo de 30 días. Además para evaluar la estabilidad de biofertilizante se llevó muestras al laboratorio de Suelos y al Marino Tabusso para su respectivo análisis en dos momentos, el primero en el día 5 y luego en el día 30 al finalizar la evaluación.



**Figura 7:** Creación de condición anaeróbica dentro del tanque.

### **3.5.3. ENSAYO DE GERMINACIÓN Y TOXICIDAD**

En el ensayo de germinación y toxicidad se utilizó semillas de *Lactuca sativa* (lechuga) de la variedad Duett. Estas semillas fueron expuestas a diferentes concentraciones de biofertilizante, estas se especifican en el Cuadro 17.

Para este ensayo se necesitó esterilizar el medio en el que se preparan las muestras, por lo que se autoclavó las placas Petri con el papel filtro, una vez que estas estuvieron esterilizadas se prepararon las diluciones de biofertilizante a probar, para ello se utilizó agua destilada. Encima del papel filtro se colocaron 20 semillas y luego se humedeció con 4 ml de la concentración correspondiente para cada placa con ayuda de una pinza y utilizando un mechero para generar un ambiente esterilizado, se evitó abrir las puertas para impedir que las corrientes de aire desesterilicen el sitio de trabajo. Se realizaron 3 repeticiones por dilución. Además se probó solamente utilizando agua destilada, siendo la prueba de control o blanco para el ensayo.

**Cuadro 17:** Concentración de biofertilizante para la prueba de germinación.

<b>Muestra</b>	<b>Concentración de dilución de biofertilizante (%)</b>
T0 = control	0 %
T1	0.01%
T2	0.1%
T3	1%
T4	10 %
T5	100%

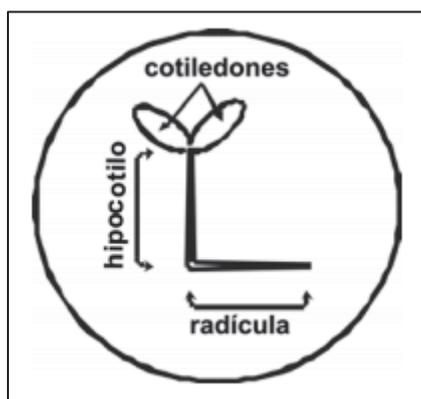
Una vez preparadas todas las diluciones, las placas se guardaron en oscuridad, cubriéndolo con un plástico negro, por un periodo de 120 horas.



**Figura 8:** Ensayo de germinación.

### 3.5.4. CÁLCULO DEL ÍNDICE DE GERMINACIÓN

Para calcular el índice de germinación (IG) de las diluciones del biofertilizante se debe comparar el número de semillas germinadas y la elongación de radícula de las semillas promedio, en todas las diluciones y de la muestra control o blanco (muestra con agua destilada). La medida de la radícula se considera desde el nudo (la región más engrosada entre el hipocotilo y la radícula) hasta el ápice radicular, tal como se muestra en la Figura 9.



**Figura 9:** Esquema de la plántula de lechuga luego de la evaluación.

Una vez identificadas estas variables se reemplazaron en las siguientes ecuaciones (Tiquia, 2000 citado por Varnero et al., 2007).

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

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

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

### **3.5.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

Para el análisis estadístico se utilizó el programa Minitab versión 16.1.0, mediante el cual se determinaron las diferencias significativas entre los tratamientos realizados en la etapa de elaboración de biofertilizante a escala de laboratorio al comparar los valores de pH y porcentaje de acidez titulable.

Se aplicó un análisis de varianza ( $p < 0.05$ ) para un Diseño Completamente al Azar (DCA), al resultar el ANOVA significativo, se aplicó la prueba de Tukey para determinar entre cuales tratamientos se presenta la significancia y entre cuales tratamientos la diferencia no es significativa.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. CONDICIONES INICIALES DE LA MEZCLA DE BAGAZO DE CEBADA, EXCRETAS DE VACUNO Y SUERO DE QUESERÍA

La proporción de mezcla del bagazo de cebada, excretas de vacuno y suero de quesería fue 1:1:1.3 respectivamente. Luego de homogenizar la mezcla base, se caracterizó y determinó sus condiciones iniciales. El valor de pH, humedad y análisis agronómicos se especifican en el Cuadro 18.

**Cuadro 18:** Valores pH, humedad y análisis agronómicos de la mezcla inicial.

Parámetro	Unidad	Mezcla Inicial
pH		5.12
CE	dS/m	11.00
Humedad	%	82.27
MO en solución	%	89.82
N	%	1.69
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	%	1.49
K <sub>2</sub> O	%	1.67
CaO	%	1.12
MgO	%	0.54
Na	%	0.39
Fe	ppm	527
Cu	ppm	29
Zn	ppm	122
Mn	ppm	68
B	ppm	37
Carbono	%	43.37

Fuente: Laboratorio de Agua, Suelo, Plantas y Fertilizantes –UNALM

Se puede observar en el cuadro anterior que la materia prima trabajada (mezcla de bagazo de cebada, excretas de vaca y suero lácteo) es rica en los nutrientes (macronutrientes y micronutrientes) necesarios para fertilizar el suelo.

Se caracterizó además el contenido de metales pesados de la mezcla inicial mostrados en el Cuadro 19.

**Cuadro 19:** Contenido de metales pesados en la mezcla inicial.

<b>Parámetros</b>	<b>Mezcla Inicial</b>
Pb Total (ppm)	7.33
Cd Total (ppm)	1.13
Cr Total (ppm)	3.49

Fuente: Laboratorio de Agua, Suelo, Plantas y Fertilizantes –UNALM

A esta mezcla también se le realizó un análisis microbiológico, tal como se muestra en el Cuadro 20.

**Cuadro 20:** Análisis microbiológico de la muestra inicial.

<b>Parámetro</b>	<b>Mezcla Inicial</b>
Recuento de mohos y levaduras (UFC/ml)	$12 \times 10^4$
Recuento de <i>Lactobacillus sp</i> (UFC/ml)	$19 \times 10^6$
Enumeración de Coliformes Totales (NMP/ml)	$20 \times 10$
Enumeración de Coliformes fecales (NMP/ml)	$20 \times 10$
Enumeración de <i>Escherichia coli</i> (NMP/ml)	< 3

Fuente: Laboratorio de Agua, Suelo, Plantas y Fertilizantes –UNALM.

Se observa que existe coliformes totales y fecales en la mezcla inicial, como el bagazo y el suero de quesería (Gonzales, 2012) pasa por un proceso industrial en el que se asegura que los insumos no estén contaminados, esta concentración de coliformes totales y fecales provienen principalmente de las excretas de ganado vacuno. Al ser aplicado al suelo directamente como fertilizante para frutas u hortalizas sin ningún tratamiento, se convierte en

f fuente potencial para infecciones gastrointestinales tanto a las personas que consumen el cultivo como a los agricultores que manipulan esta mezcla (Chee et al., 2011).

El resultado de la presencia de *Echerichia coli* es <3 NMP/ml que se considera como ausencia en la mezcla inicial.

## 4.2. GENERACIÓN DE BIOFERTILIZANTE EN LA ETAPA LABORATORIO

En esta etapa de laboratorio se eligió el mejor tratamiento para ser reproducido a escala piloto. Los parámetros que se utilizaron para esta elección fueron, disminución y estabilidad del pH (menor a 4), aumento del porcentaje de ácido láctico, eliminación de olores desagradables y menor costo en insumos. Hubo tres repeticiones por cada tratamiento, al analizar los parámetros se consideró el valor promedio de ellos, sin embargo se tuvo especial cuidado de revisar que los resultados en cada repetición sean concordantes, minimizando cualquier error por el armado de las muestras.

### 4.2.1. EVALUACIÓN DE pH

La mezcla de bagazo de cebada, excretas de vacuno y suero de quesería se combinó con diferentes concentración de melaza y consorcio microbiano B-lac generando 16 tratamientos, éstas concentraciones están especificadas en el Cuadro 16 del punto 3.5.1 de este documento. El pH inicial de cada tratamiento es influenciado directamente al pH y a la concentración de la mezcla base, la melaza y el B-lac.

**Cuadro 21:** Valores de pH de los insumos utilizados para el tratamiento.

Insumos	pH
Mezcla inicial	6.69
Melaza	4.61
B-lac	3.38

Durante los primeros 5 días de evaluación, el pH de todos los tratamientos descendió drásticamente, incluso por debajo a 4, sin embargo ya se notaba la diferencia entre el comportamiento de estos y a partir del día 5 esta diferencia fue más evidente. Es importante que el pH descienda, eso indica que las bacterias ácido lácticas están transformando el azúcar en ácido láctico. Cuando el pH es menor (3-4) existe acumulación de ácido láctico que tiene un efecto inhibitorio en las bacterias que pueden ser patógenas como las Gram negativas al interferir en su metabolismo celular (Ramírez et al, 2011).

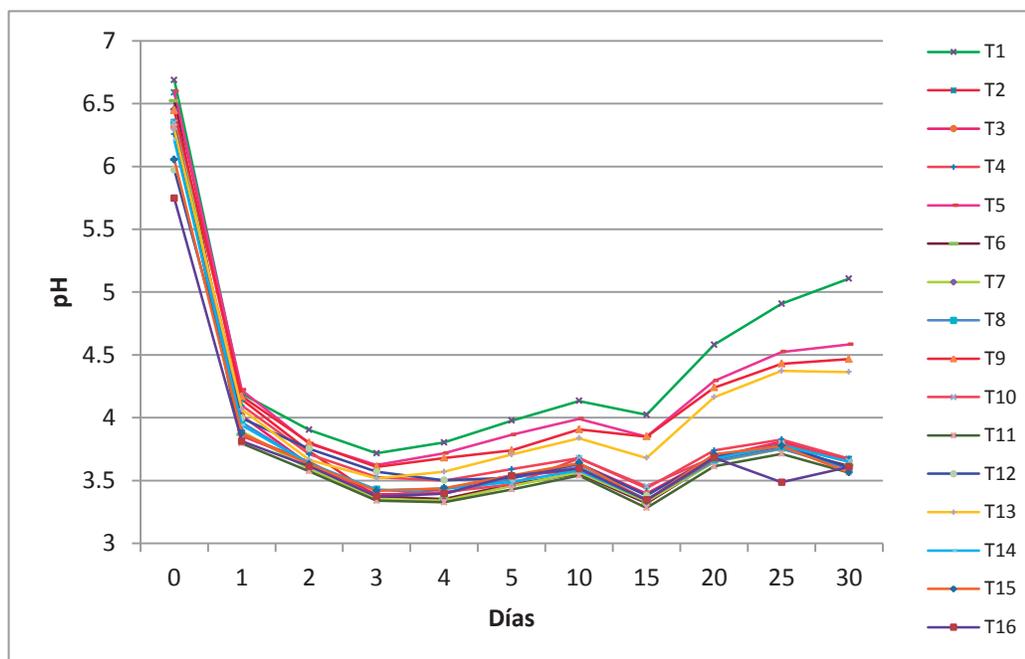
**Cuadro 22:** pH promedio de los diferentes tratamientos durante 30 días.

Tratamiento	B-lac (%)	Melaza (%)	Día										
			0	1	2	3	4	5	10	15	20	25	30
<b>T1 Promedio</b>	0	0	6.69	4.19	3.90	3.72	3.80	3.98	4.13	4.02	4.58	4.91	5.11
<b>T2 Promedio</b>	0	5	6.59	4.15	3.73	3.37	3.43	3.54	3.58	3.34	3.66	3.77	3.67
<b>T3 Promedio</b>	0	10	6.31	4.02	3.63	3.39	3.40	3.52	3.63	3.40	3.69	3.81	3.66
<b>T4 Promedio</b>	0	15	6.26	4.10	3.71	3.53	3.50	3.59	3.68	3.44	3.74	3.83	3.67
<b>T5 Promedio</b>	5	0	6.60	4.22	3.79	3.62	3.72	3.86	3.99	3.85	4.29	4.52	4.58
<b>T6 Promedio</b>	5	5	6.52	3.86	3.65	3.38	3.35	3.47	3.56	3.32	3.65	3.76	3.62
<b>T7 Promedio</b>	5	10	6.45	3.89	3.59	3.35	3.34	3.46	3.57	3.33	3.65	3.75	3.60
<b>T8 Promedio</b>	5	15	6.35	3.96	3.63	3.43	3.40	3.52	3.61	3.35	3.65	3.76	3.59
<b>T9 Promedio</b>	10	0	6.45	4.17	3.80	3.61	3.68	3.74	3.91	3.85	4.24	4.43	4.47
<b>T10 Promedio</b>	10	5	6.34	3.85	3.65	3.37	3.41	3.47	3.68	3.45	3.69	3.80	3.65
<b>T11 Promedio</b>	10	10	6.31	3.80	3.57	3.34	3.33	3.43	3.54	3.28	3.61	3.71	3.56
<b>T12 Promedio</b>	10	15	5.97	4.00	3.75	3.57	3.50	3.52	3.63	3.38	3.69	3.78	3.60
<b>T13 Promedio</b>	15	0	6.29	4.07	3.66	3.52	3.57	3.71	3.84	3.68	4.16	4.37	4.36
<b>T14 Promedio</b>	15	5	6.21	3.94	3.64	3.42	3.43	3.49	3.58	3.35	3.67	3.78	3.65
<b>T15 Promedio</b>	15	10	6.05	3.88	3.63	3.42	3.44	3.54	3.64	3.34	3.71	3.78	3.56
<b>T16 Promedio</b>	15	15	5.75	3.81	3.61	3.37	3.40	3.54	3.60	3.35	3.68	3.49	3.61

Este descenso en el pH, es un indicio de la predominancia de las bacterias lácticas, productoras de ácido láctico, frente a otras bacterias. En los tratamientos T1, T2, T3 y T4 que

no contienen el consorcio microbiano B-lac (0 % de B-lac) también se observó la disminución del pH, incluso en los tratamientos T2, T3 y T4 el pH se mantuvo debajo de 4 en los 30 días de análisis, esto se explica porque la mezcla en base a bagazo de cebada, excretas de vacuno y suero de quesería presentaba bacterias lácticas (Recuento de *Lactobacillus sp* –  $19 \times 10^6$  UFC/ml), provenientes principalmente del suero de quesería, tal como se observa en el Cuadro 22. A pesar de su bajo pH a los 5 días, el olor de las muestras T1 y T2 fue desagradable.

Los tratamientos T1, T5, T9 y T13 no contenían melaza, al hacerse el análisis diario de los tratamientos por 5 días se pudo observar que su pH bajó hasta llegar a 3.98, 3.86, 3.74 y 3.71 respectivamente en el día 5, estos tratamientos tuvieron el pH más alto con respecto a los demás, y a partir del día 5 el pH comenzó a ascender, debido a que por la ausencia de melaza (fuente de carbono) bacterias ácido lácticas consumieron la fuente de carbono de la mezcla inicial y luego no tuvieron la fuente de nutrientes necesaria para seguir produciendo ácido láctico y predominar en el medio (Holguín et al, 2009).



**Figura 10:** Variación de pH de los tratamientos.

La Figura 10 muestra la variación de pH de los tratamientos durante el periodo de 30 días, gráficamente los tratamientos que se encuentran dentro del recuadro rojo son los mejores tratamientos, debido a que se busca mantener el pH lo más bajo posible, debido a que bacterias patógenas como la *Escherichia coli* no proliferan a pH bajos (<4.4) (OMS, 2011). Además originan un medio ácido que es esencial para que las bacterias lácticas se desarrollen y generen elementos inhibidores y bacteriocinas (Mata, 1999).

Para hacer la elección más certera se realizó un análisis de varianza al día 5 y al día 30. Este análisis de varianza indicó que existe diferencia significativa entre los tratamientos. Y con la finalidad de definir entre que tratamientos existe diferencia significativa se realizó la prueba estadística de Tukey para los días 5 y 30. Los resultados de la prueba estadística se muestran en el Cuadro 23.

**Cuadro 23:** Resultados de la Prueba de Tukey para pH para el día 5 y día 30.

Día 5			Día 30		
Media	Agrupación		Media	Agrupación	
T1 3.98	A		T1 5.11	A	
T5 3.93	A B		T5 4.58	B	
T9 3.74	A B C		T9 4.47	B	
T13 3.70	B C D		T13 4.36	B	
T4 3.59	C D E		T4 3.67	C	
T15 3.54	C D E		T2 3.67	C	
T2 3.54	C D E		T3 3.66	C	
T16 3.54	C D E		T10 3.65	C	
T12 3.52	C D E		T14 3.65	C	
T8 3.52	C D E		T6 3.62	C	
T3 3.52	C D E		T16 3.61	C	
T14 3.49	D E		T12 3.61	C	
T10 3.47	D E		T7 3.61	C	
T6 3.47	D E		T8 3.59	C	
T7 3.46	E		T15 3.56	C	
T11 3.43	E		T11 3.56	C	

La prueba estadística de Tukey mostró entre que tratamientos existe o no una diferencia significativa para los días 5 y 30, aquellos tratamientos que comparten una letra no son significativamente diferentes. Para el día 5 se eligió a los tratamientos que comparten la letra “E”, porque estos representaron al grupo de tratamientos que tienen pH más ácido. Para el día 30, los tratamientos del grupo “C” son aquellos que tienen valores de pH más ácido. Los tratamientos comunes de estos grupos son T2, T3, T4, T6, T7, T8, T10, T11, T12, T14, T15 y T16.

Los tratamientos T2, T3 y T4, T6 y T10 presentaron machas blanquecinas y el olor de los tratamientos no fue tan agradable como en los otros tratamientos.

Además, aquellos tratamientos que se mantuvieron con pH más ácido en el periodo de los 5 a los 30 días y no presentaron olor desagradable fueron T7, T8, T11, T12, T15 y T16.

#### **4.2.2. EVALUACIÓN DE PORCENTAJE DE ÁCIDEZ TITULABLE**

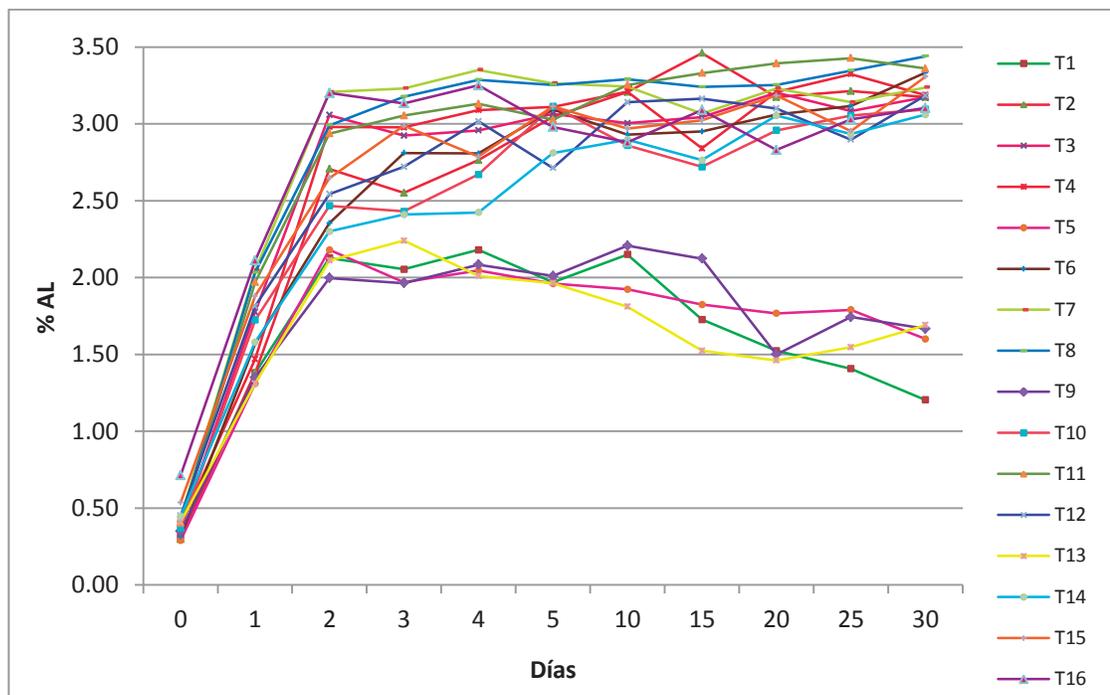
El porcentaje de acidez titulable es el valor del porcentaje del ácido predominante en la muestra. En el caso de los tratamientos para generar biofertilizante utilizando bacterias ácido lácticas y a las condiciones de pH de estos, el ácido predominante es el ácido láctico (Parra, 2009).

Se observó que el porcentaje de acidez expresada como ácido láctico fue menor en los tratamientos que no contienen melaza (T1, T5, T9, T13), así como se muestra en el siguiente cuadro (Cuadro 24), el porcentaje máximo de ácido láctico para estos tratamientos se presentó en los días 2 y 3, a partir de esos días comenzó a disminuir paulatinamente, esto se debe a que las bacterias lácticas consumieron toda la fuente de carbono hidrosoluble existente en la mezcla inicial de bagazo de cebada, excretas de ganado y suero de quesería, faltándole evidentemente la fuente de carbono proveniente de la melaza para seguir produciendo ácido láctico.

**Cuadro 24:** Porcentaje de ácido láctico promedio de los tratamientos durante 30 días.

Tratamiento	B-lac (%)	Melaza (%)	Días										
			0	1	2	3	4	5	10	15	20	25	30
<b>T1 Promedio</b>	0	0	0.32	1.38	2.13	2.05	2.	1.97	2.15	1.73	1.52	1.41	1.20
<b>T2 Promedio</b>	0	5	0.30	1.38	2.71	2.55	2.76	3.05	3.21	3.46	3.17	3.21	3.17
<b>T3 Promedio</b>	0	10	0.37	1.78	3.06	2.92	2.96	3.06	3.00	3.04	3.20	3.08	3.17
<b>T4 Promedio</b>	0	15	0.39	1.47	2.98	2.98	3.09	3.11	3.21	2.84	3.21	3.32	3.19
<b>T5 Promedio</b>	5	0	0.29	1.31	2.18	1.97	2.05	1.96	1.92	1.82	1.77	1.79	1.60
<b>T6 Promedio</b>	5	5	0.32	1.57	2.35	2.81	2.81	3.09	2.93	2.95	3.06	3.12	3.33
<b>T7 Promedio</b>	5	10	0.44	2.05	3.21	3.23	3.35	3.26	3.24	3.07	3.23	3.14	3.24
<b>T8 Promedio</b>	5	15	0.41	2.03	2.99	3.18	3.29	3.25	3.29	3.24	3.25	3.35	3.44
<b>T9 Promedio</b>	10	0	0.35	1.35	2.00	1.96	2.08	2.01	2.21	2.12	1.50	1.74	1.67
<b>T10 Promedio</b>	10	5	0.37	1.72	2.47	2.43	2.67	3.11	2.86	2.72	2.96	3.05	3.09
<b>T11 Promedio</b>	10	10	0.40	1.97	2.94	3.05	3.13	3.03	3.25	3.33	3.39	3.43	3.36
<b>T12 Promedio</b>	10	15	0.45	1.81	2.54	2.72	3.02	2.71	3.14	3.16	3.10	2.90	3.18
<b>T13 Promedio</b>	15	0	0.41	1.31	2.11	2.24	2.01	1.96	1.81	1.52	1.46	1.55	1.69
<b>T14 Promedio</b>	15	5	0.45	1.58	2.30	2.41	2.42	2.81	2.90	2.76	3.05	2.93	3.06
<b>T15 Promedio</b>	15	10	0.54	1.88	2.65	2.99	2.79	3.11	2.97	3.02	3.18	2.95	3.31
<b>T16 Promedio</b>	15	15	0.71	2.11	3.20	3.13	3.25	2.98	2.88	3.09	2.83	3.03	3.10

Tal como se muestra en la Figura 11 la mayoría de tratamientos, excepto aquellos que no tienen melaza, superaron el 2,5 % de ácido láctico a los 5 días y el 3 % de ácido láctico al día 30. Para analizar a profundidad el comportamiento de cada tratamiento se realizó un análisis de varianza ( $\alpha < 0.05$ ) para los días 5 y 30, este análisis determinó que existe diferencia significativa entre los tratamientos para ambos periodos.



**Figura 11** : Variación del % AL en los tratamientos.

La producción de ácido láctico por las bacterias ácido lácticas homofermentativas reducen el pH, esto tiene varios efectos beneficiosos como la inhibición de microorganismos patógenos, es deseable que la producción de ácido sea rápida al comienzo de la fermentación porque así inhibirá el desarrollo de microorganismos indeseables, tal como sucede en los tratamientos evaluados, se puede observar en la Figura 11 que a partir del día 2 en los tratamientos T2, T3, T4, T6, T7, T8, T10, T11, T12, T14, T15 y T16 el aumento de % AL es considerable y a partir del días 5 el nivel de ácido láctico se estabiliza (Mata, 1999).

Como el análisis de varianza determinó diferencia significativa entre los tratamientos se realizó la prueba de Tukey para identificar que tratamientos son significativamente diferentes entre sí. Los resultados de la prueba de Tukey se muestran en el Cuadro 25

**Cuadro 25:** Prueba de Tukey para %AL para el día 5 y 30.

Día 5			Día 30		
	Media	Agrupación		Media	Agrupación
T7	3.26	A	T8	3.44	A
T8	3.25	A	T11	3.36	A
T15	3.11	A	T6	3.33	A
T10	3.11	A	T15	3.31	A
T4	3.11	A	T7	3.24	A
T6	3.09	A	T4	3.19	A
T3	3.06	A	T12	3.18	A
T2	3.05	A	T3	3.17	A
T11	3.03	A	T2	3.17	A
T16	2.98	A	T16	3.10	A
T14	2.81	A B	T10	3.09	A
T12	2.71	A B	T14	3.06	A
T9	2.01	B	T13	1.69	B
T1	1.97	B	T9	1.67	B
T13	1.96	B	T5	1.60	B
T5	1.96	B	T1	1.20	B

La prueba de Tukey indica que entre los tratamientos T2, T3, T4, T6, T7, T8, T10, T11, T12, T14, T15 y T16, pertenecientes al grupo A en ambos casos son significativamente iguales entre sí y son los mejores tratamientos para generar biofertilizante por presentar mayor porcentaje de ácido láctico.

Se descartaron aquellos tratamientos con manchas blanquecinas y mal olor (T2, T3, T4, T6, T10), quedando como los mejores tratamientos evaluando el porcentaje de ácido láctico el T7, T8, T11, T12 T14, T15 y T16.

### 4.2.3. ELECCIÓN DE LOS MEJORES TRATAMIENTO

Para elegir cuál de estos tratamientos es el mejor para reproducirse a escala piloto se separaron los tres mejores tratamientos que al día 30 tuvieron el pH más ácido y mayor porcentaje de ácido láctico de los 7 tratamientos (T7, T8, T11, T12, T14, T15 y T16) y que además tuvieron mejor olor y ausencia de capa blanquecina de hongos.

**Cuadro 26:** Comparación del pH y %AL de los tratamientos al día 30.

Tratamiento	↓ pH	Tratamiento	↑ %AL
T11	3.56	T8	3.44
T15	3.56	T11	3.36
T8	3.59	T15	3.31
T7	3.61	T7	3.24
T12	3.61	T12	3.18
T16	3.61	T16	3.10
T14	3.65	T14	3.06

El Cuadro 26 muestra que los tres mejores tratamientos para producir biofertilizante de bagazo de cebada, excretas de vacuno y suero de quesería son el T8 (5%B-lac-15% Melaza), T11 (10%B-lac-10% Melaza) y T15 (15%B-lac-10% Melaza). - La utilización de suero de quesería permitió la disminución en la proporción de B-lac necesitado, debido a que este suero contiene alta concentración de *Lactobacillus*.

### 4.2.4. COMPARACIÓN DE COSTOS DE INSUMOS DE LOS TRATAMIENTOS ELEGIDOS

Como la finalidad de la etapa de laboratorio es la elección del mejor tratamiento para ser reproducido a escala piloto, se analizó los parámetros de pH y acidez titulable además de presencia de hongos u olores desagradables. Este análisis permitió elegir los tres mejores tratamientos T8 (5%B-lac-15% Melaza), T11 (10%B-lac-10% Melaza) y T15 (15%B-lac-10%

Melaza). Sin embargo, otro parámetro importante en la decisión final para la elección del mejor tratamiento fue el costo de producción de cada tratamiento. Se buscó que el tratamiento elegido tenga el mínimo costo posible.

Debido a que la diferencia entre los tratamientos se basa en la proporción de los insumos (mezcla inicial, B-lac y melaza), solo se compararon los costos de las diferentes cantidades de los insumos, ya que los costos de transporte, combustible, mano de obra, etc., son los mismos para cualquier tratamiento y fueron analizados más adelante en la investigación. Los precios de los insumos se muestran en el Cuadro 27.

**Cuadro 27:** Precios de los insumos.

Insumos	Unidad	Precio Unitario (S/.)
Melaza	kg	0.5
B-lac	L <sup>2</sup>	10
Bagazo de cebada	Ton	173.73
Excretas de vaca	m <sup>3</sup> (seca) =3961 kg (fresca) <sup>1</sup>	20
Suero de quesería	L <sup>3</sup>	0.1

<sup>1</sup> se calculó utilizando 70 % de humedad de las excretas y 1.7 g/cm<sup>3</sup> como densidad.  
<sup>2</sup> densidad del B-lac es 1 g/cm<sup>3</sup> y <sup>3</sup> densidad del suero de quesería es 1 g/cm<sup>3</sup>.

El costo de insumos total para construir una planta piloto de biofertilizante de 1 000 kg, para cada tratamiento se muestran en el Cuadro 28 (especificado Anexo 7). Al comparar los costos se determinó que el costo de insumos para el tratamiento T8 fue aproximadamente 42 % menor que el tratamiento T11 y 59.8 % menor que el T15. Por ello el tratamiento elegido para la etapa piloto fue el tratamiento T8.

**Cuadro 28:** Costo final de los insumos por tratamiento.

<b>Insumos</b>	<b>T8 (5% B-lac- 15% Melaza, 80 % Mezcla Inicial)</b>	<b>T11 (10 % B-lac- 10 % Melaza, 80 % Mezcla Inicial)</b>	<b>T15 (15% B-lac- 10% Melaza, 75 % Mezcla Inicial)</b>
Melaza (S/.)	75.00	50.00	50.00
B-lac (S/.)	500.00	1000.00	1500.00
Bagazo de cebada (S/.)	42.11	42.11	39.49
Excretas de vaca (S/.)	4.28	4.28	4.01
Suero de quesería (S/.)	31.52	31.52	29.54
<b>TOTAL (S/.)</b>	<b>652.91</b>	<b>1127.91</b>	<b>1623.04</b>

#### **4.3. GENERACIÓN DEL BIOFERTILIZANTE EN LA ETAPA PILOTO**

El tratamiento elegido en la etapa laboratorio para reproducirlo en la etapa piloto fue el T8, este tratamiento contiene 80 % de mezcla inicial, 5 % de B-lac y 15 % de melaza. Se preparó 1 000 kg para esto fue necesario mezclar 50 litros de B-lac, 150 kg de melaza, 242.4 kg de bagazo de cebada, 242.4 kg de excretas de ganado y 315.2 litros de suero de quesería hasta que se homogenizaron todos los insumos.

##### **4.3.1. COMPROBACIÓN DE LA CONDICIÓN HOMOLÁCTICA DE LA FERMENTACIÓN DEL BIOFERTILIZANTE.**

La fermentación producida por las bacterias lácticas puede ser homoláctica o heteroláctica, tal como se explicó en el punto 2.5 de la presente investigación. La fermentación homoláctica es aquella que teóricamente degradan la glucosa por la vía EMP a solamente a ácido láctico, mientras que la fermentación heteroláctica degradan la glucosa, a través de la vía de las hexosas fosfatadas, a cantidades equimolares de ácido láctico, ácido acético, alcohol y CO<sub>2</sub> (Ramírez, 2005). Se envió una muestra de biofertilizante al Laboratorio de Servicios de Análisis Químico (LASAQ) para analizar el contenido de etanol (Anexo 10) utilizando el método de la AOAC 930.35 Q (2012). Los resultados se muestran en el Cuadro 29.

**Cuadro 29:** Concentración del etanol en la muestra de biofertilizante.

<b>Ensayo</b>	<b>Resultado</b>
Grado Alcohólico a 20/20°C	0.0

Este resultado indicó que no existe etanol en el biofertilizante, con lo que se descartó que la fermentación sea heteroláctica, por ende se concluyó que el proceso de fabricación del biofertilizante es homoláctica. Asimismo, en el tanque no se produjo generación de CO<sub>2</sub>.

#### 4.3.2. EVALUACIÓN DE pH

Los resultados de pH en el ensayo piloto fueron acordes con lo esperado por la parte experimental de laboratorio, el pH disminuyó desde 6.2 en el día 0 hasta 3.72 en el día 5 y tal como se puede observar en el siguiente cuadro, el pH se mantuvo relativamente constante hasta el día 30.

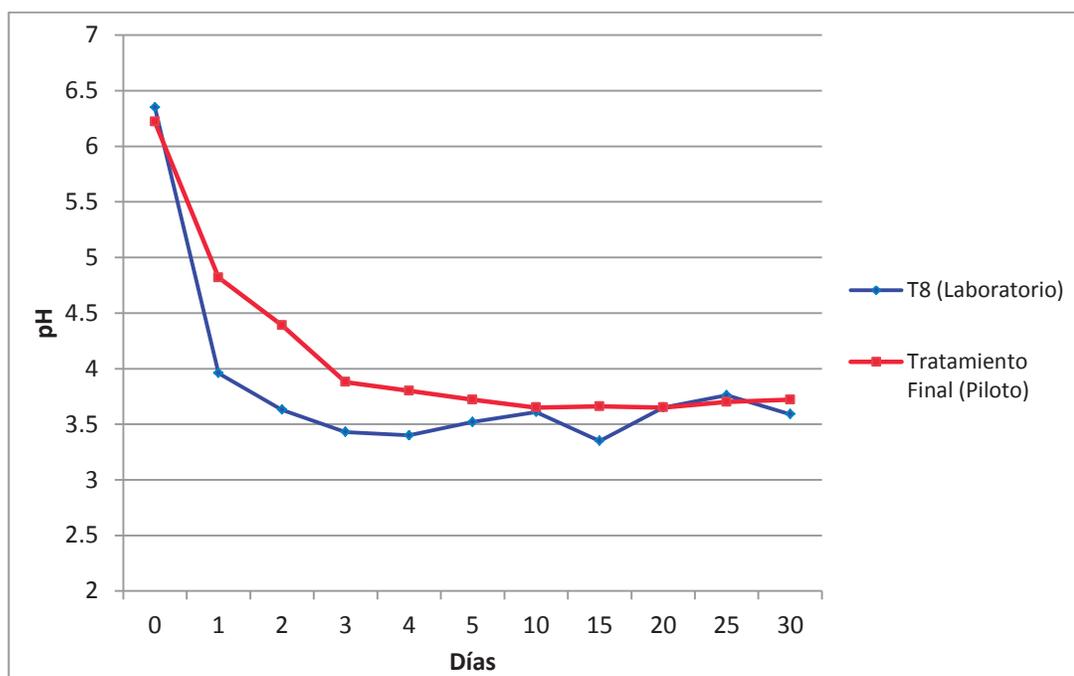
**Cuadro 30:** Valores de pH del tratamiento final.

	<b>B-lac (%)</b>	<b>Melaza (%)</b>	<b>Días</b>										
			<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>15</b>	<b>20</b>	<b>25</b>	<b>30</b>
<b>Tratamiento Final</b>	5	15	6.22	4.82	4.39	3.88	3.8	3.72	3.65	3.66	3.65	3.7	3.72

Sin embargo, existieron diferencias en cuanto al comportamiento de pH con respecto a al tratamiento T8 de laboratorio, como se observa en la Figura 12 el pH en T8 disminuyó abruptamente en los primeros dos días. En el día 0 el pH de la muestra fue de 6.35 y para el día 2 el pH registrado fue de 3.63 manteniéndose relativamente constante durante los 30 días. En cambio, en el tratamiento piloto el pH disminuyó gradualmente, para el día 2 el pH registrado fue de 4.39, para el día 3 el pH había disminuido a 3.88 y para el día 5 alcanzó un pH de 3.72. Esta disminución abrupta en el tratamiento T8 se debe a que las muestras de

laboratorio fueron almacenadas durante los primeros días a una temperatura de 40 °C lo que permitió el crecimiento de las bacterias lácticas de forma más rápida, por otro lado, el tratamiento piloto no tuvo este periodo de incubación y fue expuesta a temperatura ambiental.

También se observa en la figura que a lo largo de los 30 días el pH en el tratamiento piloto se mantuvo más constante que en el tratamiento T8, una explicación para ello es que el tratamiento T8 por sólo contener 500 gramos de muestra fue más influenciado por la temperatura ambiental que el tratamiento final que contiene 1000 kg, lo que ocasionó una mayor variación de pH (García, 2008).



**Figura 12:** Comportamiento de pH del tratamiento final piloto y del tratamiento T8 de laboratorio.

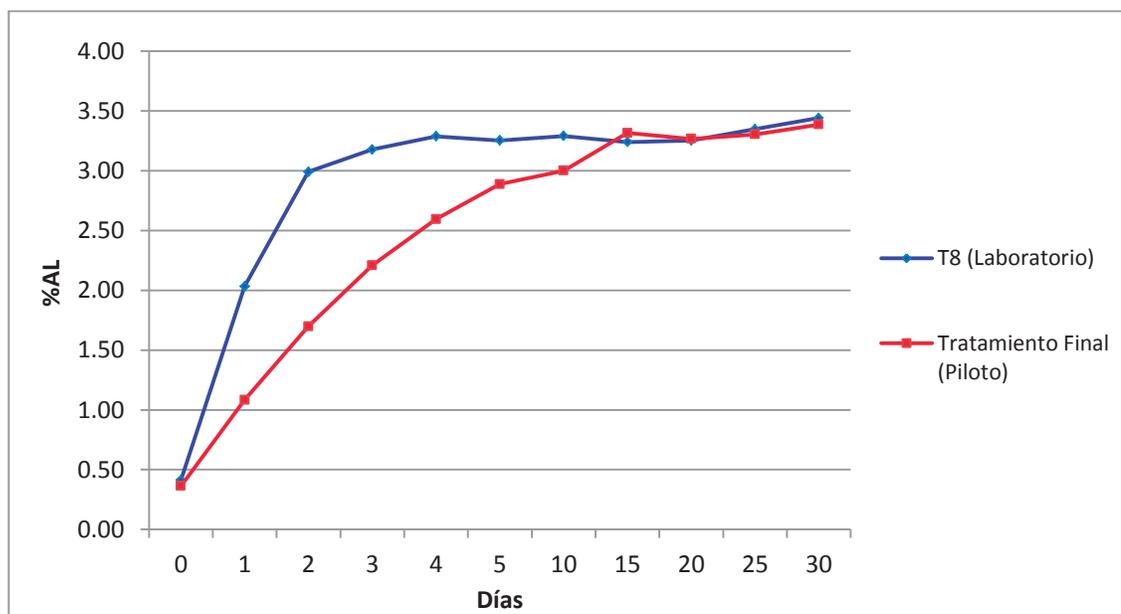
### 4.3.3. EVALUACIÓN DE PORCENTAJE DE ACIDEZ TITULABLE

Los resultados de porcentaje de ácido láctico aumentaron de 0.36 en el día 0 a 2.89 para el día 5 y a 3.39 en el día 30, se observó que esta curva ascendente en el tratamiento final sigue la misma tendencia que la curva de porcentaje de ácido láctico de T8 pero a diferencia de este tratamiento que llega a valores mayores a 3 en el día 3, los valores de porcentaje de ácido láctico mayores a 3 se dan a partir del día 10.

**Cuadro 31:** Valores de porcentaje de ácido láctico del tratamiento final.

	B-lac (%)	Melaza (%)	Días										
			0	1	2	3	4	5	10	15	20	25	30
<b>Tratamiento Final</b>	5	15	0.36	1.08	1.70	2.21	2.59	2.89	3.00	3.32	3.27	3.30	3.39

Como se observa en la Figura 13 el porcentaje de ácido láctico en el tratamiento T8 aumentó abruptamente en los primeros días para luego del día 5 estabilizarse, en cambio en el tratamiento final piloto, el porcentaje de ácido láctico aumentó paulatinamente.



**Figura 13:** Comportamiento de % AL del tratamiento final piloto y del tratamiento T8 de laboratorio.

Este aumento paulatino se debe a que los tratamientos de laboratorio fueron incubados a una temperatura de 40°C durante los primeros 5 días, la cual es óptima para el crecimiento de las bacterias ácido lácticas, mientras que el tratamiento piloto fue expuesta a la temperatura ambiente desde el principio.

A partir del días 10 el porcentaje de ácido láctico se quedó constante entre un rango de 3 -3.5 %.Se comparó también el porcentaje de acidez titulable generado en tratamiento piloto con otros biofertilizantes líquidos similares tal como se observa en el Cuadro 32. Se puede observar que la producción de los tres biofertilizantes líquidos siguió la misma tendencia de aumento de porcentaje de acidez titulable, sin embargo el tratamiento elegido para piloto alcanzó porcentajes mayores de acidez en menor tiempo.

**Cuadro 32:** Porcentaje de acidez titulable del tratamientos elegido y otros biofertilizantes.

<b>Biofertilizantes Líquidos</b>	<b>Día 0</b>	<b>Día 3</b>	<b>Día 5</b>	<b>Día 15</b>	<b>Día 30</b>
<b>Tratamiento elegido</b>	0.36	2.21	2.89	3.32	3.39
<b>Fast biol 20<sup>(1)</sup></b>	0.6	1.6	2.1	---	---
<b>Biol II G<sup>(2)</sup></b>	0.45	1.82	2.3	3.24	3.51

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

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

#### **4.3.4. ANÁLISIS AGRONÓMICOS DEL BIOFERTILIZANTE**

Se realizó el análisis agronómico del biofertilizante en dos momentos. La primera a los 5 días de fabricación y la segunda al día 30. Los parámetros evaluados son color, olor, densidad, pH, conductividad eléctrica, sólidos totales, materia orgánica, N total, P total, K total, Ca total, Mg total, Na total, Carbono Orgánico, Fe total, Cu total, Zn total, Mn total, B total. El Cuadro 33 presenta los resultados de los análisis.

El color del biofertilizante fue de color marrón tanto en la muestra del día 5 como en la muestra del día 30. El olor de ambas muestras fue mucho más agradable que el de la mezcla

inicial, el biofertilizante tiene el olor característico de la leche cortada sin embargo en la muestra del día 30 el olor fue más dulce. La densidad de ambas muestras de biofertilizante luego de prensarse fue de 1.03 g/ml

Se evaluó también las características químicas del biofertilizante, tal como se puede observar en el Cuadro 33, existe una mínima diferencia en algunos parámetros analizados entre el día 5 y el día 30, sin embargo en ambos periodos el biofertilizante tiene buena proporción de nutrientes.

**Cuadro 33:** Resultados de análisis fisicoquímicos del biofertilizante.

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Día 5</b>	<b>Día 30</b>
pH	---	3.72	3.72
CE	dS/m	18.5	22.2
Sólidos totales	g/L	111.38	95.4
MO en solución	g/L	87.48	72.5
N Total	mg/L	3640	3546.7
P Total	mg/L	1165.32	955.26
K Total	mg/L	4440	5190
Ca Total	mg/L	2695	2440
Mg Total	mg/L	855	755
Na Total	mg/L	970	755
Fe Total	mg/L	152.3	33.15
Cu Total	mg/L	5.9	3.15
Zn Total	mg/L	36.25	21.6
Mn Total	mg/L	17.2	12.3
B Total	mg/L	2.49	8.74

El pH, se mantuvo constante del día 5 al día 30 tan como se había determinado en la evaluación de pH de laboratorio del punto 4.3.2 de la presente investigación. Se observa que para ambos días el pH es de 3.72.

También se puede observar que la materia orgánica presente en el biofertilizante ha sufrido una disminución debido a la acción degradadora de las bacterias lácticas presentes. Así mismo el valor de conductividad eléctrica aumentó del día 5 al día 30, esto indica que al día 30 existe mayor proporción de sales solubles intercambiables con respecto al día 5.

Con respecto a los macronutrientes se puede observar que la pérdida de nitrógeno es mínima, debido al pH ácido del biofertilizante. A mayores valores de pH la pérdida de nitrógeno como amoníaco es mayor, por consiguiente mientras más ácido sea el pH ( $< 4.5$ ) menor es la pérdida que el nitrógeno (Cheballier y Toribio, 2005). El fósforo en las condiciones ácidas del biofertilizante tiende a formar fosfatos de hierro y aluminio quedando inmovilizado en la parte sólida (biosol), esto explica la disminución de fósforo en la segunda muestra (Ansorena, 1995). A diferencia del fósforo, la fijación del potasio (K) en el suelo disminuye conforme también disminuye el pH, lo que explica el aumento en la concentración de potasio al día 30 (Sanzano, s.a.). El calcio y el magnesio cumplen funciones fisiológicas diferentes en las plantas sin embargo tienen un comportamiento similar. Ambos tienen alta energía de retención lo que permite que formen complejos rápidamente. Por lo que parte de estos nutrientes se encuentran acomplejados en el biosol (Rincón, 2002).

Las plantas necesitan en muy pequeñas cantidades de micronutrientes como el hierro, manganeso, cobre, zinc y boro. Si bien la mayoría de los suelos contienen cantidades suficientes de estos elementos, las carencias se presentan cuando la concentración en sus formas solubles es baja (Ansorena, 1995). El cambio en la concentración de estos micronutrientes es mínimo.

Como se muestra en el Cuadro 34 se comparó el análisis fisicoquímico del biofertilizante elegido con otros bioles y fertilizantes orgánicos líquidos con el fin de evaluar su potencial como fertilizante. Se comparó con dos bioles que actualmente se encuentran de

venta al público, estos son el biol Casa Blanca en base a estiércol de cuy y el Avibiol de gallinaza, además también se comparó con otros biofertilizantes líquidos de rápida formación.

**Cuadro 34:** Comparación de nutrientes del biofertilizante con otros fertilizantes orgánicos.

Parámetros	Biofertilizante (día 30)	Biol Casa Blanca <sup>(1)</sup>	Fast Biol 20 <sup>(2)</sup> (5 días)	Biol II-G <sup>(3)</sup> (5 días)	Avibiol <sup>(4)</sup>
pH	3.72	8.2	3.75	3.70	7.2
CE (dS/m)	22.2	15.3	25.70	27.2	21.3
Solidos totales (g/L)	95.4		232.98	---	---
MO en solución (g/L)	72.5	5.4	181.10	108.6	17.2
<b>Macronutrientes</b>					
N Total (mg/L)	3546.7	980	4200	1876	1700
P Total (mg/L)	955.26	121	744.2	203.4	3800
K Total (mg/L)	5190	6760	17200	9005.6	5200
Ca Total (mg/L)	2440	220.4	5200	1523.10	3500
Mg Total (mg/L)	755	53.4	1740	1044.4	1200
Na Total (mg/L)	755	542	1040	590.8	---
<b>Micronutrientes</b>					
Fe Total (mg/L)	33.15	---	516	---	---
Cu Total (mg/L)	3.15	---	13	---	---
Zn Total (mg/L)	21.6	---	60	---	---
Mn Total (mg/L)	12.3	---	28	---	---
B Total (mg/L)v	8.74	---	19	---	---

Fuente:

- (1) Biol Casa Blanca de estiércol de cuy, Román (2012).
- (2) Fast Biol 20 de estiércol de vacuno, Peralta (2010).
- (3) Biol II-G de estiércol de ovino, Medina (2013).
- (4) Avibiol (Salam- La Calera) biol de gallinaza, Medina (2013).

Con respecto al pH se observa que aquellos bioles que son productos del uso de biodigestores como el de Casa Blanca y el Avibiol tienen un pH ligeramente alcalino, en comparación con el pH ácido del biofertilizante elegido y de los otros fertilizantes que siguieron un proceso de fermentación láctica para su producción, este pH ácido a diferencia de los bioles por biodigestión, permitirá la inhibición del crecimiento de organismos patógenos.

El contenido de materia orgánica es muy importante porque mejora la estructura del suelo, y constituye una reserva de nitrógeno. El biofertilizante elegido contiene una concentración de materia orgánica mucho mayor a los de los bioles de Casa Blanca y Avibiol, sin embargo es un poco más baja que la del biol II-G y el fast biol 20.

Con respecto a las concentraciones de los macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg y Na) los resultados fueron variados. La concentración de fósforo supera a la de los otros fertilizantes menos al de Avibiol, la concentración de nitrógeno y calcio es mucho mayor a la de los otros fertilizantes excepto al del fast biol 20, la concentración de magnesio es mayor a la del biol Casa Blanca, mientras la concentración de potasio es la misma que la del Avibiol y en la concentración de sodio supera al biol II-G y al de Casa Blanca.

El fast biol 20 supera en la concentración de micronutrientes (Fe, Cu, Zn, Mn y B) a las del biofertilizante líquido.

**Cuadro 35:** Relación carbono-nitrógeno del biofertilizante.

<b>Carbono (%)</b>	<b>Nitrógeno (%)</b>	<b>C:N</b>
4.205	0.354	11.8

Además, la proporción carbono-nitrógeno es 11.8, es decir, la concentración de carbono es 11.8 veces mayor a la concentración de nitrógeno en el biofertilizante, tal como se puede observar en el Cuadro 35. No existe un parámetro de evaluación de C:N para bioles, por ello se tomó como referencia al compost. Según el Consejo Canadiense de Ministros del

Ambiente (CCME) la relación C:N debe ser menor a 25 para establecer que el compost está maduro, según esto el biofertilizante tiene una relación C:N aceptable.

#### 4.3.5. ANÁLISIS DE METALES PESADOS

Se analizó la concentración de plomo, cadmio y cromo del biofertilizante. Estos análisis se realizaron en el Laboratorio del Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes (LASPAF) de la Facultad de Agronomía de la UNALM. Los datos son presentados en el Cuadro 36.

**Cuadro 36:** Metales pesados en el biofertilizante.

<b>Parámetros</b>	<b>Biofertilizantes</b>
Plomo (mg/L)	0.12
Cadmio (mg/L)	0.1
Cromo (mg/L)	1.08

En el cuadro anterior indica que existe presencia de metales pesados en el biofertilizante líquido producido. Al analizar las condiciones iniciales de la mezcla de bagazo de cebada excretas de vacuno y suero de quesería, se determinó que existe presencia de metales pesados, una fuente de estos metales son las heces del ganado, debido a que los metales pesados pasan por el intestino sin ser afectados (Jönsson et al 2004). Otra fuente de los metales en la preparación del biofertilizante es la melaza. Estudios previos han comprobado la existencia de estos metales (Pb, Cd y Cr) en la melaza (Medina, 2013). En la fabricación del biofertilizante el 15 % en peso es de melaza, por ello es que la presencia de metales pesados en esta afecta considerablemente la concentración de metales finales (Anexo 11).

En el Perú no existe normativa para fertilizantes orgánicos líquidos o sólidos, por ello se compararon los valores de metales pesados del biofertilizante líquido con los límites máximos permisibles planteados en el Real Decreto 506/2013 de España para productos

fertilizantes elaborados a base de materias primas de origen vegetal o animal. Tal como se observa en el Cuadro 37 la concentración de metales pesados del biofertilizante no supera los límites máximo permisibles establecidos, perteneciendo a la Categoría A.

**Cuadro 37:** Valores límites de concentración de metales pesados.

Metales pesados	Biofertilizante (mg/kg)	Límite máximos permisibles Líquido (mg/kg) <sup>(1)</sup>		
		Clase A	Clase B	Clase C
Pb	0.12	45	150	200
Cd	0.1	0.7	2	3
Cr	1.1	70	250	300

Fuente:

(1) Real Decreto 506/2013 de España sobre productos fertilizantes Anexo V.

#### 4.3.6. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

Se realizó un análisis microbiológico en el que se midieron los parámetros de recuento mohos y levaduras, recuento de *Lactobacillus sp*, enumeración de coliformes totales, enumeración de coliformes fecales y enumeración de *Escherichia coli*. Estos análisis se realizaron en el laboratorio Marino Tabusso de la UNALM (Anexo 9).

En el Cuadro 38 se compararon los análisis microbiológicos de la mezcla inicial de bagazo de cebada, excretas de vacuno y suero de quesería y del biofertilizante al día 5 y al día 30.

Como se puede observar, se redujo la concentración de mohos y levaduras de la mezcla inicial, 10 veces respecto al día 5 y 100 veces respecto al biofertilizante al día 30, esto se debe a que el ácido láctico, que es el producto de las bacterias ácido lácticas, inhibe las levaduras y en especial a la formación de moho (Ramírez, 2005).

También se observa que para el día 5 del proceso de fermentación los análisis indicaron ausencia de coliformes totales y fecales, a diferencia de la mezcla inicial. Esta ausencia de coliformes fecales y totales se mantuvo al día 30 debido a la acción bactericida, especialmente de las bacterias Gram negativas como los coliformes, que producen las bacterias lácticas (Mata, 1999).

**Cuadro 38:** Análisis microbiológico de la mezcla inicial y biofertilizante.

Parámetro	Mezcla Inicial	Biofertilizante	Biofertilizante.
		Día 5	Día 30
Recuento de mohos y levaduras (UFC/ml)	$12 \times 10^4$	$12 \times 10^3$	$16 \times 10^2$
Enumeración de Coliformes Totales (NMP/ml)	$20 \times 10$	< 3	< 3
Enumeración de Coliformes fecales (NMP/ml)	$20 \times 10$	< 3	< 3
Enumeración de <i>Escherichia coli</i> (NMP/ml)	< 3	< 3	< 3
Recuento de <i>Lactobacillus</i> sp. (UFC/ml)	$19 \times 10^6$	$22 \times 10^7$	$73 \times 10^6$

Se comparó los resultados de coliformes totales y fecales con los valores establecidos en la Ley de Aguas de nuestro país y también con la norma chilena para compost NCh 2880 Clasificación y Requisitos de Compost (2005). El biofertilizante cumple con los límites establecidos en los requisitos, por tener ausencia total de estos microorganismos tal como se observa en el Cuadro 39.

**Cuadro 39:** Valores límites de coliformes totales y fecales.

Parámetro	Biofertilizante	ECA de Agua <sup>(1)</sup>	Norma Chilena de Compost <sup>(2)</sup>
Coliformes Totales (NMP/ml)	< 3*	50	---
Coliformes fecales (NMP/ml)	< 3*	10	< 1000

Fuente:

(1) Estándar de Calidad de Ambiental de Agua D.S.002-2008-MINAM, Clase III.

(2) Norma NCh 2880 Clasificación y Requisitos del Compost (2005) - Chile.

(\*) El valor <3 indica ausencia de microorganismos en el ensayo.

#### 4.3.7. ENSAYO DE GERMINACIÓN Y FITOTOXICIDAD

El efecto del biofertilizante en las semillas de lechuga se evaluó en 5 concentraciones (100%, 10%, 1%, 0.1% y 0.01 %) y además en un control con agua destilada, siguiendo la metodología de Sobrero y Ronco (2004). Se utilizó semillas de lechuga del tipo Duett.

En el Cuadro 40 muestra los resultados de la medición de los parámetros de pH y conductividad eléctrica (CE) en el laboratorio utilizando un potenciómetro y un conductímetro respectivamente. Luego de medir estos parámetros en cada disolución y en el blanco, se observó que el pH disminuyó conforme aumentaba la concentración del biofertilizante debido a la acidez de este. Por otro lado, la conductividad eléctrica aumento conforme aumentaba la concentración de biofertilizante.

Mediante el ensayo de germinación se determinó el efecto que generó cada concentración de biofertilizante en la germinación de las semillas de lechuga y la elongación de la radícula y el hipocotilo, luego de un periodo de exposición de 120 horas. Se utilizaron semillas de lechuga con poder germinativo mayor a 90 %.

**Cuadro 40:** Condiciones de pH y CE de las diluciones.

<b>Tratamiento</b>	<b>pH</b>	<b>CE (dS/cm)</b>
Control (0%)	6.3	0
0.01:100	6.2	0
0.1- 100	5.29	0.1
1:100	4.1	0.4
10:100	3.9	3.6
100:100	3.68	24.6

Como se observa en el Cuadro 41 sólo germinaron aquellas semillas expuestas a las concentraciones de 1:100, 0.1:100, 0.01:100 y el control (0:100).

El Índice de Germinación (IG) se calculó en base al Porcentaje de Germinación Relativo (PGR) y Crecimiento de Radícula Relativo (CRR), un índice de germinación mayor a 80 ( $IG > 80$ ) indica que no existe sustancias fitotóxicas o condiciones que puedan inhibir el crecimiento de las plantas, en cambio un índice de germinación menor a 50 ( $IG < 50$ ) indica una fuerte presencia de sustancias fitotóxicas o condiciones que inhiben el crecimiento adecuado de las plantas, un índice de germinación entre 80 y 50 indica una presencia moderada de sustancias fitotóxicas (Varnero et al., 2007).

La elongación de la radícula promedio fue mayor en la dilución 0.01:100 (incluso mayor a la del control) obteniendo un crecimiento de radícula relativo (CRR) de 114.2 y por consiguiente un IG de 112.5, esto indica que no existe sustancias fitotóxica en la solución y que los nutrientes presentes han propiciado un mejor crecimiento de las plantas. Además se apreció que el grosor del hipocotilo y la radícula de las lechugas fueron mayores en esta concentración, generando por lo tanto plántulas más robustas.

El IG de la concentración 0.1:100 fue de 80.1 indicando que en estas condiciones el crecimiento de la planta no se ha visto inhibido por las condiciones del medio ni por sustancias fitotóxicas, sin embargo si tuvo una disminución considerable en el promedio de elongación de radícula con respecto al control.

En el ensayo con la concentración de 1:100 se obtuvo un IG de 21.8 que indicó que las condiciones son malas para la germinación o que se han presentado sustancias fitotóxicas que impidieron la germinación y crecimiento de las semillas de lechuga, en este medio el pH fue ácido ( $pH = 4.1$ ), si bien la lechuga tolera niveles de pH ligeramente ácidos, el valor mínimo de pH tolerable es de 5.0, por lo que impidió que la lechuga se desarrollada normalmente (Infoagro, 2014). En las concentraciones de 10:100 y 100:100 no germinó ninguna semilla de lechuga.

**Cuadro 41:** Índice de Germinación de la semillas de lechuga.

<b>Tratamiento</b>	<b>Semillas Germinadas</b>	<b>PGR</b>	<b>Elongación de la Radícula (mm)</b>	<b>CRR</b>	<b>IG</b>
<b>Control</b>	20	-	30.35	-	-
<b>Biofertilizante</b>					
<b>0.01:100</b>	19.7	98.5	34.7	114.2	112.5
<b>0.1:100</b>	19.7	98.5	24.7	81.4	80.1
<b>1:100</b>	17.7	88.5	7.5	24.6	21.8
<b>10:100</b>	0	0	0	0	0
<b>100:100</b>	0	0	0	0	0

#### 4.3.8. EVALUACIÓN COSTO -BENEFICIO

El rendimiento de producción de biofertilizante líquido es del 83.1 % (Anexo 8), para 1 000 kg de producción de biofertilizante generará 831 kg de biofertilizante líquido, eso equivale a 806.8 litros de biofertilizante líquido (densidad del biofertilizante igual 1.03 g/ml).

Los costos de la producción del biofertilizante se pueden dividir en dos grupos, los costos fijos y los costos variables (Anexo 7). Como se observa en el Cuadro 41, las ganancias de producción del biofertilizante. Actualmente se comercializan fertilizantes orgánicos similares, como el biol de Casa Blanca, producto de estiércol de cuy, y el Avibiol de Salam-La Calera, producto de gallinaza. Los precios de estos bioles son de 2.5 y 2.6 nuevos soles por litro respectivamente.

Si bien las características nutricionales del biofertilizante son mejores que las del biol de Casa Blanca, se utilizó como referencia el precio de este para el análisis debido a que es el precio mínimo por litro de biol en el mercado, el beneficio supera a los costos en un 76.6% (Anexo 7), tal como se puede apreciar en el Cuadro 42, teniendo una ganancia neta por litro de biofertilizante un poco mayor a S/. 1.

**Cuadro 42:** Cuadro comparativo de Costos y Ganancia.

<b>Producto</b>	<b>Cantidad Producida</b>	<b>Costos de producción (S/.)</b>	<b>Precio de venta (S/.por L)</b>	<b>Ganancia Bruta (S/)</b>	<b>Ganancia Neta (S/.)</b>
<b>Biofertilizante líquido</b>	806.8 litros	1141.9	2.5 <sup>1</sup>	2017.0	875.1

Fuente:

(1) Casa Blanca.

#### **4.3.9. ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS DEL BIOSOL**

Al prensar y extraer la parte líquida del biofertilizante, quedó un residuo sólidos al que por motivos prácticos llamamos biosol. Este biosol también contiene nutrientes y puede ser empleado como abono sólido de lenta liberación. Para evaluar el potencia de este biosol como abono se comparó agrónomicamente con otros biosoles y similares.

Como se observa en el Cuadro 43 la proporción de nutrientes del biosol a comparación de otros biosoles es bastante buena. El porcentaje de materia orgánica es un poco menor a la de las excretas frescas de vaca, del fast biosol y del biosol de cuyinaza.

En el porcentaje de macronutrientes como el nitrógeno y el sodio es mayor en el biosol generado que en los otros biosoles, sin embargo la concentración de potasio, calcio y magnesio del biosol generado es superada por el fast biol y el biosol de cuyinaza,

La concentración de micronutrientes es superada por las excretas de vaca, esto es lógico ya que las excretas no han pasado por ningún proceso de degradación y no se les ha extraído la parte líquida de estas. El hierro y el manganeso del biosol es menor la concentración de estos nutrientes en el biosol del cuyinaza, el porcentaje de boro y cobre también es menor en el biosol que en el fast biosol y biosol de cuyinaza, mientras que el

porcentaje de zinc supera al fast biosol pero no al biosol de cuyinaza, tal como se aprecia en el Cuadro 43.

**Cuadro 43:** Comparación de características fisico-químicas del biosol.

<b>Parámetros</b>	<b>Biosol</b>	<b>Excreta Fresca(1)</b>	<b>Fast Biosol 20<sup>(2)</sup></b>	<b>Biosol de Cuyinaza<sup>(3)</sup></b>
pH	3.9	6.69	4.48	4.37
CE (dS/m)	12.50	5.05	10.64	21.00
MO %	66.64	78.00	80.40	81.24
<b>Macronutrientes</b>				
N %	3.45	2.65	1.43	2.12
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	0.87	1.5	0.62	2.38
K <sub>2</sub> O %	1.99	1.27	3.03	4.00
CaO %	1.08	3.56	2.04	2.34
MgO %	0.45	1.04	0.5	0.87
Na %	0.27	0.4	0.18	0.27
<b>Micronutrientes</b>				
Fe ppm	679	---	---	760
Cu ppm	26	92	45	26
Zn ppm	126	165	75	148
Mn ppm	42	180	70	152
B ppm	17	17	35	42

Fuente:

(1) Excretas de vaca, Peralta (2010).

(2) Fast Biosol 20 de estiercol de vacuno, Peralta (2010).

(3) Biosol de cuyinaza, Román (2012).

También se analizó la concentración de metales pesados en el biosol (Pb, Cd y Cr) las cuales fueron comparadas con los límites máximos permisibles planteados en el Real Decreto 506/2013 de España para productos fertilizantes elaborados a base de materias primas de origen vegetal o animal tal como se aprecia en el Cuadro 44. Concluyendo que el biosol es de clase B debido a que la concentración de Cd sobrepasa el límite de 0.7 mg/kg en base seca de la clase A.

**Cuadro 44:** Metales pesados en el biosol.

<b>Metales pesados</b>	<b>Biosol</b>	<b>Límite máximos permisibles Sólidos en base seca (mg/kg) <sup>(1)</sup></b>		
		<b>Clase A</b>	<b>Clase B</b>	<b>Clase C</b>
Pb (mg/kg)	23.1	45	150	200
Cd (mg/kg)	1.6	0.7	2	3
Cr (mg/kg)	34.2	70	250	300

Fuente:

(2) Real Decreto 506/2013 de España sobre productos fertilizantes Anexo V.

## V. CONCLUSIONES

- La fermentación homoláctica, utilizando el consorcio microbiano B-lac y melaza, como fuente de carbono, es una buena opción para elaborar biofertilizante a partir de bagazo de cebada, excretas de vacuno y suero de quesería.
- La reducción de pH y el aumento de ácido láctico fue más rápido en las muestras de laboratorio que en la de escala piloto, sin embargo en ambos casos se logró obtener los valores deseados de estos parámetros al día 5, y se logró estabilizarlos hasta el día 30. El tratamiento T8 que contiene 80% de mezcla de bagazo de cebada, excretas de vacuno y suero de quesería, 5% de B-lac y 15% de melaza resultó ser el mejor tratamiento para la producción de biofertilizante, al analizar su comportamiento de pH, porcentaje de ácido láctico y costos.
- El contenido de macronutrientes y micronutrientes del biofertilizante líquido es alto en comparación con otros bioles y similares, resultando provechoso para mejorar el crecimiento de las plantas, el contenido de metales pesados se encuentra por debajo de los límites establecidos. Además mediante los análisis microbiológicos se puede afirmar que el biofertilizante no contenía organismos patógenos (coliformes totales y coliformes fecales) y se redujo en 2 unidades logarítmicas las concentraciones de mohos y levaduras, por ello su utilización no representa ningún riesgo para la salud de las personas, ni de la calidad de los cultivos, evitando los daños que los residuos orgánicos sin tratar ocasionan.

- El ensayo de fitotoxicidad en lechuga demostró que una concentración mayor a 1 % inhibe la germinación y crecimiento de las semillas. Por otro lado se encontró que la dosis óptima fue de 0.01%.
- Resulta rentable la utilización de bagazo de cebada, excretas de vacuno y suero de quesería para generar biofertilizante, logrando una ganancia neta mínima de 875 nuevos soles por la producción del 806 litros de biofertilizante, representando un porcentaje de ganancia el 76.6%.
- El contenido de macronutrientes y micronutrientes del biosol en comparación con otros biosoles resulta un producto con alto contenido nutricional que puede ser aprovechado como fertilizante orgánico de lenta liberación. Además, las concentraciones de metales pesados no superaron los límites máximo permitidos estableciéndose como fertilizante de clase B.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Probar el biofertilizante en cultivos, con la finalidad de encontrar consideraciones específicas para su aplicación en suelo, considerando las necesidades de nutrientes según el cultivo.
- Mejorar el sistema de homogenización, especialmente cuando se trabaja con cantidades tan grandes de insumos.
- Analizar la estabilidad de la condición homoláctica del biofertilizante en un periodo de 6 meses.
- Realizar un estudio de mercado para su uso en la agricultura orgánica.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AINIA. 1996 Mejores Técnicas Disponibles en el Sector Cervecerero. Instituto tecnológico agroalimentario. España. 11-28 p.
- AGRARIA 2013. Uso de fertilizantes químicos en el Perú. En línea:  
<http://agraria.pe/noticias/en-18-anos-el-uso-de-fertilizantes-quimicos-se-incremento-50>  
Revisado el 9 de Diciembre del 2013.
- AGRODATA - CEPES. 2008. Evolución ganadera en las últimas décadas. La revista Agraria. Perú. 2 p.
- Andina. 2013. Industria Cervecera en el Perú. En línea:  
<http://www.andina.com.pe/espanol/Noticia.aspx?id=I5Hwmgx0GVE=#.UqneRtLuJ4M>  
Revisado el 7 de Diciembre de 2013
- ANSORENA J. 1995. Fertilidad del Suelo: Disponibilidad y pérdidas de nutrientes. Revista “El suelo en la agricultura y medio ambiente III”. España. 38-42p.
- ARANA S. 2011. Manual de elaboración del Biol, Soluciones Prácticas, Tecnologías desafiando la pobreza. 9 p.
- BASTARDO Y, PEDRIQUE M. 2008 Producción de energía en los microorganismos. Cátedra de Microbiología. Venezuela. 8 p.
- CASE R. 1997. Principio de microeconomía. México. 167-175p.

- CENTRUM. 2012. Reporte Financiero Burkenroad- UCBJ. Perú. 4-6 p.
- CHEBALLIER S. Y TORIBIO M. 2005. Volatilización del Amoníaco, Profertil. 2p.
- CHEE C., HERNÁNDEZ A., ROBLEDO E., GÓMEZ L. MALDONADO R. CRUZ J. 2011. Calidad microbiológica de abonos orgánicos. Brasil. 2p.
- CLEVELAND J., MONTVILLE T., NES I. y CHIKINDAS M. 2001. Bacteriocins: safe, natural antimicrobials for food preservation. International Journal of Food Microbiology. Estados Unidos. 1p.
- CUVERO G. y. VIEIRA M. 1999. Abonos Orgánicos y Fertilizantes químicos ¿son compatibles con la agricultura? Conferencia 70 del XI Congreso Nacional Agronómico / III Congreso Nacional de Suelos, Costa Rica. 61 -62 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. 194 y 195p.
- DIRECCIÓN REGIONAL DE PUNO. 2009. Producción, manejo y aplicación de los abonos orgánicos. Perú. 19-22p.
- ESTELA W., RYCHTERA M., MELZOCH K., QUILLAMA E. Y EGOAVIL E. 2007. Producción de ácido láctico por *Lactobacillus plantarum* L10 en cultivos batch y continuo. Perú. 272 p.
- FAJARDO E. Y SARMIENTO S. 2007. Evaluación de melaza de caña como sustrato para la producción de *Saccharomyces cerevisiae*, Bogotá. 24 p.
- FAO 1999 Manejo de Estiércol. En línea:  
<http://www.fao.org/ag/againfo/programmes/es/lead/toolbox/Tech/20ManMgn.htm>  
 Revisado el 5 de Diciembre del 2013

- FAO. 1999. Guía para el manejo eficiente de la nutrición. Roma 3p.
- FAO. 2002. Fertilización y su uso. Roma. 75-82p.
- FAO. 2012 Los países en desarrollo y el sector lechero mundial Parte I: Panorama mundial 1p.
- FERNÁNDEZ S, Y HERNÁNDEZ J. 2010 Tesis “Estudio de Factibilidad para Instalar una Planta Elaboradora de Cerveza. México. 9p.
- FERNÁNDEZ L. 2003. Estudio de mercado sobre fertilizantes en el Perú. Perú. 8-12p.
- FORTIS M., LEOS J., PRECIADO P., ORONA I., GARCÍA J. A., GARCÍA J.L., OROZCO J. 2009. Aplicación de abonos orgánicos en la producción de maíz forrajera con riego por goteo. Revista Terra Latinoamericana. México 328 p.
- GARCÍA L. 2008. Uso de bacterias probióticas en el ensilado de residuos de pescado. Tesis Biología. UNALM. Perú. 79 y 86 p
- GARCÍA C., ARRÁZOLA G. Y DURANGO A. 2010. Producción de ácido láctico por vía biotecnológica. Montería, Colombia. 10 p.
- GEA Consultores. Residuos en la Industria Cervecera. En línea: [http://www.gea.com.uy/cervecerias\\_2.php](http://www.gea.com.uy/cervecerias_2.php)  
Revisado el 8 de diciembre del 2013
- GONZALES L. 1998. Tratamientos de Residuos urbanos y purines. España. 2 p.
- GONZALES M. 2012 Aspectos Medio Ambientales Asociados a los Procesos de la Industria láctea, Mundo Pecuario. Venezuela. 17p

- GUCCIONE, L. 2009. Tratamiento de los residuos orgánicos del comedor universitario de la UNALM para su uso como alimento para cerdos en crecimiento. Tesis Ingeniero Ambiental. Lima, Perú, UNALM. 122 p
- HENRÍQUEZ C., CASTRO A., BERTSCH F. 2008 Capacidad de suplemento de nutrientes de los fertilizantes orgánicos. Ecuador. 1-2 p.
- HERRERO M. Y GIL S. 2008. Consideraciones ambientales de la intensificación en producción animal. Buenos Aires. Argentina. 273p
- HOLGUÍN M., CAICEDO L. Y VELOZA L. 2009. Estabilidad de almacenamiento de ensilados biológicos a partir de residuos de pescado inoculados con bacterias ácido-lácticas. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Colombia. 95-98 p.
- INEI. IV Censo Nacional Agropecuario del 2012. En línea.  
<http://desa.inei.gob.pe/Cenagro/redatam/#>  
Visto el 24 de Diciembre del 2013.
- INFOAGRO, Análisis de Suelo. En línea  
[http://www.infoagro.com/abonos/analisis\\_suelos.htm](http://www.infoagro.com/abonos/analisis_suelos.htm)  
Revisado el 14 de Enero del 2014
- INIA 2013. Programa de Bovinos y Ovinos. En línea  
<http://www.inia.gob.pe/programas/bovinos-y-ovinos>  
Revisado el 4 de Diciembre del 2013.
- IRAÑETA J., SÁNCHEZ L., MALUMBRES A., TORRECILLA J y DÍAS E. 2011. Abonos minerales: tipos y usos. 46p

- JÖNSSON H., RICHERT S., VINNERAS B. y SALOMON E. 2004. Lineamientos para el uso de la orina y de las heces en la producción de cultivos. Instituto Ambiental de Estocolmo. Suecia. 8-10 p.
- LANDÁZURI W. 2000. Uso de Orujo Seco de cervecería en le Alimentación de Cerdos. Trabajo monográfico para optar título de Ingeniero Zootecnista UNALM. Perú. 12 y 13p.
- LÓPEZ E. 2009. Estudio de la prefactibilidad para la construcción de un sistema de almacenamiento de melaza para optimizar la capacidad instalada de la producción de alcohol en Ingenio Taboga, S. A., en Bebedero de Cañas, Guanacaste, Costa Rica 37-38 p.
- LÓPEZ M. 2009. Optimización del tratamiento, manejo y disposición de los los Residuales de una Industria láctea de la sabana de Bogotá a través de la incorporación de un bioactivador. Celular natural. Tesis para obtener título de ecólogo. Pontificia Universidad Javeriana Facultad de Estudios Ambientales y Rurales Carrera de Ecología, Bogotá DC. 12p.
- MARTÍNEZ M., ELICHE D., CRUZ N., CORPAS F. 2012. Utilización de bagazo de la industria cervecera para la producción de ladrillos para construcción. España. 200-202 p.
- MARTÍNEZ R. 2010. Descontaminación de efluentes de la industria cervecera mediante el uso de membranas UF arrolladas en espiral como barrera de seguridad. Murcia. 39 p.
- MATA C. 1999. Empleos de fermentos lácticos en la fabricación de productos cárnicos. Tesis doctoral. Universidad de Córdoba. Colombia. 20-25p.
- MEDINA A., 2013. Evaluación de la calidad de biol de segunda generación de estiércol de ovino producido a través de biodigestores. Tesis de Ingeniería Ambiental. UNALM. Perú. 65-80 p.

- MINAG, 2010. Plan Estratégico MultiAnual 2012-2016, Ministerio de Agricultura. Perú. 20p.
- MINAG. 2013. Situación de las actividades pecuarias. En línea:  
<http://www.minag.gob.pe/portal/sector-agrario/pecuaria/situacion-de-las-actividades-de-crianza-y-produccion>  
Revisado el 4 de Diciembre de 2013
- MINAG. 2013. Insumos y Servicios Agropecuarios 2012. Oficina de Estudios Económicos y Estadísticos. Perú. 11p.
- MORA N. Y GARCÍA A, 2007 Susceptibilidad de bacterias ácido lácticas (BAL) frente a diversos antibióticos. Tesis para obtener título de Licenciado en Química de Alimentos, Universidad Autónoma de Hidalgo, 26p.
- PANISHOP. Pan de Bagazo. En línea.  
<http://www.panishop.com/bagazo>  
Visto el 24 de Diciembre del 2013.
- PARRA R. 2009. Lactosuero: Importancia en la industria de alimentos. Colombia. 4968 p,
- PEÑA N. 2008. Utilización de residuos de paja (*Dosidicus gigas*) para la obtención de un fertilizante orgánico líquido.
- PERALTA R. 2010. Determinación de parámetros óptimos en la producción de *fast biol* usando las excretas del ganado lechero del establo de la UNALM. Perú. 11-20 p.
- PINOS J., GARCÍA J., PEÑA L., RENDÓN J., GONZÁLEZ C. Y TRISTÁN F. 2012. Impactos y Regulaciones Ambientales del Estiércol Generado por los Sistemas Ganaderos de Algunos Países de América. México. 14p.

- PISKULICH R. 2001. Mercado Peruano de Lácteos. Perú. 29-32 p.
- RAMÍREZ J., ROSAS P., VELÁZQUEZ M., ULLOA J, ARCE F. 2011. Bacterias lácticas: Importancia en alimentos y sus efectos en la salud. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas, Chile.
- RAMÍREZ M. 2005. Actividad inhibitoria de cepas de bacterias ácido lácticas frente a bacterias patógenas y deterioradoras de alimentos. Tesis para obtener Título de Lic, Químico, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo 13p.
- RICAPA P. y RODRÍGUEZ M. 2013. Informe de Pacific Credit Rating Para Unión de Cervecerías Peruanas Backus y Johnston. Perú. 7-8 p
- RILEY M. Y WERTZ J. 2002. Bacteriocins: evolution, ecology and application. Yale University. Estados Unidos. 118 y 119p.
- RINCÓN. 2002. En suelo y los fertilizantes. Informe sobre la industria hortícola. Málaga. España. 90-94p.
- RODRÍGUEZ C. 2002. Curso de Introducción a la Producción Animal FAV, UNRC, Argentina. 24p.
- ROMAGOSA J. 1979. Subproductos de la Industria Cervecera en la Alimentación del Ganado. Ministerio de Agricultura. España. 4-6p.
- ROMÁN C. 2012. Tratamiento biológico de la cuyinaza a través de un proceso de fermentación homoláctica. Tesis de Ingeniería Ambiental. UNALM. 120-141p.
- SAGARPA 2009. Abonos Orgánicos. México. 8p.

- SANTTI K. 2005. Efecto de Cuatro Niveles de Orujo de Cerveza en Dietas Peletizadas de Postura Sobre el Comportamiento Productivo de la Codorniz (*Coturnix coturnix japónica L.*) Tesis para optar el título de Ingeniero Zootecnista. UNALM. Perú. 14 p
- SANZANO. S. a. El potasio del suelo. Cátedra de edafología. Argentina. 1-3p.
- SCHALLER A. 2008. Sueros de lechería. Argentina. 21 y 22p.
- SCOTIABANK. 2002. Reporta Semanal - Alta Concentración y Oferta Diversificada. Perú 2p.
- SCOTIABANK, 2013 Reporta semanal. Del 18 al 22 de Marzo. Perú. 3-5p.
- SERNA L. y RODRIGUEZ A. 2005. Producción Biotecnológica de Ácido Láctico. Reynosa, México. 55-62p.
- SOBRERO M. y RONCO A. 2004. Ensayo de toxicidad aguda con semillas de lechuga *Lactuca sativa*. México. 55 y 56p.
- SOTIL F. 2007. Dinámica poblacional de los microorganismos del grupo coliforme en el proceso de biodegradación aeróbica y anaeróbica de los abonos líquidos orgánicos biol y purín, Tesis de Ingeniería Ambiental UNALM. Perú. 78p.
- SOTO G. y MELÉNDEZ G. 2004. Cómo medir la calidad de los abonos orgánicos. Hoja técnica. Costa Rica. 91 y 92 p.
- STAINER R., INGRAHAM J., WHEELIS M., PAINTER P. 1992. Microbiología. Segunda edición. New Jersey. Estados Unidos. 531-533 p

- THE UNITED NATIONAL INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION Y INTERNATIONAL FERTILIZER DEVELOPMENT CENTER (1998). Fertilizer Manual. Estados Unidos. 1p.
- Universidad de Cádiz. En línea.  
<http://www.uca.es/otri/portal.do?TR=C&IDR=339>  
Visto el 19 de Diciembre del 2013.
- URCOHUARANGA J. 1999. Utilización de suero líquido de la leche con restricción de forraje en el engorde de cuyes (*Cavia porcellus*) Tesis para Ingeniero Zootecnista. Lima. 12p
- VALENCIA E. Y RAMÍREZ M. 2009. La industria de la leche y la contaminación del agua. 27-31 p
- VALÍN L. 2010. Procedimiento para la fabricación de un fertilizante orgánico a partir de excreta ganadera y residuos agroforestales. España.
- VARNERO M, ROJAS C Y ORELLANA R. 2007 Índices de fitotoxicidad en residuos orgánicos durante el compostaje.
- VEGA J., DELGADO K., SIBAJA M. Y ALVARADO P. 2007. Uso alternativo de la melaza de la caña de azúcar residual para la síntesis de espuma rígidas de poliuretano de uso industria. Costa Rica. 102 p.
- VIVANCO H. 2007. Situación y proyección de la Ganadería Peruana, Mejoramiento Genético y Reproducción animal. Perú. 3-10p.
- XELHUANTZI J., SALAZAR G., DOMINGUEZ G., ARIAS L., CHÁVEZ A. Y GALINDO J. 2012. Manual para la elaboración de abonos orgánicos a partir de técnicas como la composta y lombricomposta, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias 2012, Folleto Técnico Número 2. México. 12p

## **VIII. ANEXOS**

## Anexo N° 1. Ficha técnica del B-lac

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

**Biolac**



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

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

**Biolac** protege el medio ambiente, no contamina el agua y restaura el suelo en el 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 fitopatógenos del suelo.

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

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

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

Fuente: Román, 2012.

Anexo N°2: Evaluación diaria de pH

Tratamiento	B-lac	Melaza	Días										
			0	1	2	3	4	5	10	15	20	25	30
T1 - R1	0%	0%	6.67	4.06	3.82	3.60	3.62	3.94	4.00	3.90	4.63	5.22	5.12
T1 - R2	0%	0%	6.70	3.97	4.01	3.82	3.93	4.04	4.28	4.14	4.47	4.67	5.02
T1 - R3	0%	0%	6.69	4.54	3.88	3.73	3.86	3.95	4.12	4.03	4.64	4.83	5.18
<b>T1 - Promedio</b>			<b>6.69</b>	<b>4.19</b>	<b>3.90</b>	<b>3.72</b>	<b>3.80</b>	<b>3.98</b>	<b>4.13</b>	<b>4.02</b>	<b>4.58</b>	<b>4.91</b>	<b>5.11</b>
T2-R1	0%	5%	6.71	4.11	3.73	3.37	3.40	3.62	3.61	3.33	3.70	3.78	3.66
T2-R2	0%	5%	6.41	4.33	3.78	3.38	3.42	3.49	3.57	3.34	3.64	3.75	3.68
T2-R3	0%	5%	6.64	4.00	3.69	3.36	3.48	3.51	3.56	3.34	3.65	3.77	3.67
<b>T2 - Promedio</b>			<b>6.59</b>	<b>4.15</b>	<b>3.73</b>	<b>3.37</b>	<b>3.43</b>	<b>3.54</b>	<b>3.58</b>	<b>3.34</b>	<b>4.33</b>	<b>3.77</b>	<b>3.67</b>
T3-R1	0%	10%	6.48	3.78	3.63	3.32	3.34	3.55	3.64	3.35	3.71	3.83	3.64
T3-R2	0%	10%	5.88	4.32	3.65	3.44	3.36	3.46	3.66	3.45	3.73	3.84	3.70
T3-R3	0%	10%	6.57	3.95	3.60	3.41	3.49	3.54	3.60	3.39	3.62	3.76	3.63
<b>T3 - Promedio</b>			<b>6.31</b>	<b>4.02</b>	<b>3.63</b>	<b>3.39</b>	<b>3.40</b>	<b>3.52</b>	<b>3.63</b>	<b>3.40</b>	<b>3.69</b>	<b>3.81</b>	<b>3.66</b>
T4-R1	0%	15%	6.43	3.80	3.85	3.48	3.44	3.68	3.67	3.39	3.73	3.80	3.62
T4-R2	0%	15%	5.82	4.32	3.69	3.49	3.54	3.54	3.76	3.57	3.84	3.94	3.80
T4-R3	0%	15%	6.52	4.17	3.59	3.61	3.52	3.55	3.61	3.36	3.65	3.74	3.60
<b>T4 - Promedio</b>			<b>6.26</b>	<b>4.10</b>	<b>3.71</b>	<b>3.53</b>	<b>3.50</b>	<b>3.59</b>	<b>3.68</b>	<b>3.44</b>	<b>3.74</b>	<b>3.83</b>	<b>3.67</b>
T5-R1	5%	0%	6.58	3.98	3.77	3.61	3.66	3.89	3.98	3.85	4.33	4.64	4.77
T5-R2	5%	0%	6.62	4.25	3.81	3.62	3.70	3.85	3.99	3.87	4.30	4.51	4.58
T5-R3	5%	0%	6.59	4.43	3.80	3.64	3.79	3.85	4.00	3.83	4.25	4.42	4.40
<b>T5 - Promedio</b>			<b>6.60</b>	<b>4.22</b>	<b>3.79</b>	<b>3.62</b>	<b>3.72</b>	<b>3.86</b>	<b>3.99</b>	<b>3.85</b>	<b>4.29</b>	<b>4.52</b>	<b>4.58</b>
T6-R1	5%	5%	6.53	3.93	3.69	3.35	3.33	3.53	3.57	3.30	3.72	3.78	3.62
T6-R2	5%	5%	6.48	3.73	3.66	3.39	3.29	3.39	3.54	3.33	3.61	3.74	3.60
T6-R3	5%	5%	6.55	3.93	3.59	3.39	3.44	3.49	3.56	3.33	3.63	3.75	3.63
<b>T6 - Promedio</b>			<b>6.52</b>	<b>3.86</b>	<b>3.65</b>	<b>3.38</b>	<b>3.35</b>	<b>3.47</b>	<b>3.56</b>	<b>3.32</b>	<b>3.65</b>	<b>3.76</b>	<b>3.62</b>
T7-R1	5%	10%	6.46	3.77	3.60	3.34	3.30	3.55	3.60	3.33	3.69	3.79	3.62
T7-R2	5%	10%	6.52	4.02	3.57	3.34	3.32	3.41	3.55	3.33	3.62	3.71	3.57
T7-R3	5%	10%	6.37	3.89	3.60	3.38	3.40	3.41	3.55	3.34	3.63	3.76	3.62
<b>T7 - Promedio</b>			<b>6.45</b>	<b>3.89</b>	<b>3.59</b>	<b>3.35</b>	<b>3.34</b>	<b>3.46</b>	<b>3.57</b>	<b>3.33</b>	<b>3.65</b>	<b>3.75</b>	<b>3.60</b>
T8-R1	5%	15%	6.43	3.79	3.66	3.46	3.33	3.64	3.63	3.33	3.68	3.77	3.57
T8-R2	5%	15%	6.34	3.98	3.66	3.48	3.52	3.54	3.67	3.43	3.69	3.78	3.63
T8-R1	5%	15%	6.28	4.12	3.58	3.35	3.34	3.38	3.53	3.29	3.59	3.72	3.58
<b>T8 - Promedio</b>			<b>6.35</b>	<b>3.96</b>	<b>3.63</b>	<b>3.43</b>	<b>3.40</b>	<b>3.52</b>	<b>3.61</b>	<b>3.35</b>	<b>3.65</b>	<b>3.76</b>	<b>3.59</b>

Tratamiento	B-lac	Melaza	Días										
			0	1	2	3	4	5	10	15	20	25	30
T9-R1	10%	0%	6.46	3.74	3.84	3.70	3.69	3.62	4.08	3.92	4.37	4.54	4.52
T9-R2	10%	0%	6.49	4.14	3.78	3.60	3.69	3.84	4.02	3.86	4.21	4.52	4.57
T9-R3	10%	0%	6.39	4.63	3.78	3.53	3.66	3.76	3.62	3.77	4.14	4.23	4.31
<b>T9 - Promedio</b>			<b>6.45</b>	<b>4.17</b>	<b>3.80</b>	<b>3.61</b>	<b>3.68</b>	<b>3.74</b>	<b>3.91</b>	<b>3.85</b>	<b>4.24</b>	<b>4.43</b>	<b>4.47</b>
T10-R1	10%	5%	6.32	3.86	3.63	3.39	3.36	3.50	3.61	3.32	3.72	3.80	3.62
T10-R2	10%	5%	6.39	3.77	3.62	3.34	3.36	3.40	3.57	3.36	3.65	3.78	3.66
T10-R3	10%	5%	6.32	3.93	3.69	3.39	3.51	3.51	3.85	3.68	3.69	3.81	3.68
<b>T10 - Promedio</b>			<b>6.34</b>	<b>3.85</b>	<b>3.65</b>	<b>3.37</b>	<b>3.41</b>	<b>3.47</b>	<b>3.68</b>	<b>3.45</b>	<b>3.69</b>	<b>3.80</b>	<b>3.65</b>
T11-R1	10%	10%	6.34	3.70	3.58	3.40	3.31	3.48	3.56	3.27	3.68	3.72	3.57
T11-R2	10%	10%	6.31	3.80	3.53	3.33	3.29	3.33	3.52	3.28	3.56	3.70	3.56
T11-R3	10%	10%	6.29	3.89	3.61	3.29	3.38	3.48	3.54	3.30	3.60	3.72	3.56
<b>T11 - Promedio</b>			<b>6.31</b>	<b>3.80</b>	<b>3.57</b>	<b>3.34</b>	<b>3.33</b>	<b>3.43</b>	<b>3.54</b>	<b>3.28</b>	<b>3.61</b>	<b>3.71</b>	<b>3.56</b>
T12-R1	10%	15%	6.01	4.03	4.01	3.81	3.54	3.54	3.60	3.29	3.67	3.73	3.54
T12-R2	10%	15%	5.97	3.84	3.64	3.52	3.56	3.54	3.75	3.53	3.80	3.90	3.71
T12-R3	10%	15%	5.94	4.12	3.61	3.38	3.41	3.49	3.55	3.32	3.60	3.72	3.56
<b>T12 - Promedio</b>			<b>5.97</b>	<b>4.00</b>	<b>3.75</b>	<b>3.57</b>	<b>3.50</b>	<b>3.52</b>	<b>3.63</b>	<b>3.38</b>	<b>3.69</b>	<b>3.78</b>	<b>3.60</b>
T13-R1	15%	0%	6.28	3.95	3.65	3.47	3.48	3.65	3.80	3.60	4.16	4.41	4.33
T13-R2	15%	0%	6.32	4.14	3.62	3.54	3.59	3.72	3.86	3.73	4.14	4.31	4.33
T13-R3	15%	0%	6.28	4.11	3.72	3.54	3.64	3.75	3.85	3.71	4.19	4.40	4.43
<b>T13 - Promedio</b>			<b>6.29</b>	<b>4.07</b>	<b>3.66</b>	<b>3.52</b>	<b>3.57</b>	<b>3.71</b>	<b>3.84</b>	<b>3.68</b>	<b>4.16</b>	<b>4.37</b>	<b>4.36</b>
T14-R1	15%	5%	6.19	3.85	3.65	3.42	3.34	3.44	3.54	3.27	3.67	3.75	3.62
T14-R2	15%	5%	6.23	3.80	3.61	3.47	3.45	3.49	3.56	3.36	3.63	3.74	3.64
T14-R3	15%	5%	6.21	4.17	3.65	3.38	3.51	3.54	3.64	3.41	3.72	3.85	3.69
<b>T14 - Promedio</b>			<b>6.21</b>	<b>3.94</b>	<b>3.64</b>	<b>3.42</b>	<b>3.43</b>	<b>3.49</b>	<b>3.58</b>	<b>3.35</b>	<b>3.67</b>	<b>3.78</b>	<b>3.65</b>
T15-R1	15%	10%	6.01	3.76	3.59	3.34	3.29	3.44	3.50	3.22	3.62	3.69	3.52
T15-R2	15%	10%	6.07	3.90	3.71	3.61	3.59	3.72	3.90	3.51	3.94	3.94	3.64
T15-R3	15%	10%	6.08	3.97	3.59	3.31	3.42	3.46	3.52	3.29	3.57	3.70	3.53
<b>T15 - Promedio</b>			<b>6.05</b>	<b>3.88</b>	<b>3.63</b>	<b>3.42</b>	<b>3.44</b>	<b>3.54</b>	<b>3.64</b>	<b>3.34</b>	<b>3.71</b>	<b>3.78</b>	<b>3.56</b>
T16-R1	15%	15%	5.80	3.73	3.66	3.44	3.35	3.50	3.56	3.23	3.68	3.75	3.56
T16-R2	15%	15%	5.80	3.76	3.59	3.42	3.42	3.63	3.69	3.49	3.77	3.00	3.73
T16-R3	15%	15%	5.64	3.95	3.59	3.26	3.42	3.48	3.54	3.32	3.60	3.71	3.54
<b>T16 - Promedio</b>			<b>5.75</b>	<b>3.81</b>	<b>3.61</b>	<b>3.37</b>	<b>3.40</b>	<b>3.54</b>	<b>3.60</b>	<b>3.35</b>	<b>3.68</b>	<b>3.49</b>	<b>3.61</b>

### Anexo N° 3: Prueba estadística para pH

Análisis de Varianza (ANOVA) de pH para el día 0

Fuente	GL	SC	CM	F	P	$\alpha$	P < $\alpha$
Factor	15	2.6803	0.1787	8.39	0.000	0.05	** Alta significancia
Error	32	0.6815	0.0213				
Total	47	3.3618					

S = 0.1459    R-cuad. = 79.73%    R-cuad.(ajustado) = 70.22%

Desv.Est. agrupada = 0.1459

Método de Tukey, agrupación de información

	N	Media	Agrupación
T1	3	6.6867	A
T5	3	6.5967	A B
T2	3	6.5867	A B
T6	3	6.5200	A B
T7	3	6.4500	A B C
T9	3	6.4467	A B C
T8	3	6.3500	A B C D
T10	3	6.3433	A B C D
T11	3	6.3133	A B C D
T3	3	6.3100	A B C D
T13	3	6.2933	A B C D
T4	3	6.2567	A B C D
T14	3	6.2100	B C D
T15	3	6.0533	C D E
T12	3	5.9733	D E
T16	3	5.7467	E

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Intervalos de confianza simultáneos de Tukey del 95%  
Todas las comparaciones en parejas

Nivel de confianza individual = 99.92%

Análisis de Varianza (ANOVA) de pH para el día 5

Fuente	GL	SC	CM	F	P	$\alpha$	P < $\alpha$
Factor	15	1.09431	0.07295	10.96	0.000	0.05	** Alta significancia
Error	32	0.21307	0.00666				
Total	47	1.30738					

S = 0.08160    R-cuad. = 83.70%    R-cuad.(ajustado) = 76.06%

Desv.Est. agrupada = 0.0816

Método de Tukey Agrupación de información

	N	Media	Agrupación
T1	3	3.97667	A
T5	3	3.86333	A B
T9	3	3.74000	A B C
T13	3	3.70667	B C D
T4	3	3.59000	C D E
T15	3	3.54000	C D E
T2	3	3.54000	C D E
T16	3	3.53667	C D E
T12	3	3.52333	C D E
<b>T8</b>	<b>3</b>	<b>3.52000</b>	<b>C D E</b>
<b>T3</b>	<b>3</b>	<b>3.51667</b>	<b>C D E</b>
<b>T14</b>	<b>3</b>	<b>3.49000</b>	<b>D E</b>
<b>T10</b>	<b>3</b>	<b>3.47000</b>	<b>D E</b>
<b>T6</b>	<b>3</b>	<b>3.47000</b>	<b>D E</b>
<b>T7</b>	<b>3</b>	<b>3.45667</b>	<b>E</b>
<b>T11</b>	<b>3</b>	<b>3.43000</b>	<b>E</b>

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Intervalos de confianza simultáneos de Tukey del 95%  
 Todas las comparaciones en parejas

Nivel de confianza individual = 99.92%

### Análisis de Varianza (ANOVA) de pH para el día 30

Fuente	GL	SC	CM	F	P	$\alpha$	P < $\alpha$
Factor	15	10.18663	0.67911	103.35	0.000	0.05	**Alta significancia
Error	32	0.21027	0.00657				
Total	47	10.39690					

S = 0.08106    R-cuad. = 97.98%    R-cuad.(ajustado) = 97.03%

Desv.Est. agrupada = 0.0811

Método de Tukey, agrupación de información

	N	Media	Agrupación
T1	3	5.1067	A
T5	3	4.5833	B
T9	3	4.4667	B
T13	3	4.3633	B
T4	3	3.6733	C
T2	3	3.6700	C
T3	3	3.6567	C
T10	3	3.6533	C
T14	3	3.6500	C
T6	3	3.6167	C
T16	3	3.6100	C
T12	3	3.6033	C
T7	3	3.6033	C
T8	3	3.5933	C
T15	3	3.5633	C
T11	3	3.5633	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Intervalos de confianza simultáneos de Tukey del 95%  
Todas las comparaciones en parejas

Nivel de confianza individual = 99.92%

Anexo N°4: Análisis diario de porcentaje de acidez titulable

Tratamiento	B-lac	Melaza	Días										
			0	1	2	3	4	5	10	15	20	25	30
T1 - R1	0%	0%	0.40	1.38	1.95	2.06	2.50	1.96	2.41	1.72	1.11	0.97	1.24
T1 - R2	0%	0%	0.30	1.69	2.47	2.12	1.94	1.96	1.97	1.91	1.96	1.67	1.19
T1 - R3	0%	0%	0.25	1.07	1.96	1.98	2.10	1.99	2.07	1.55	1.50	1.58	1.18
<b>T1 - Promedio</b>			<b>0.32</b>	<b>1.38</b>	<b>2.13</b>	<b>2.05</b>	<b>2.</b>	<b>1.97</b>	<b>2.15</b>	<b>1.73</b>	<b>1.52</b>	<b>1.41</b>	<b>1.20</b>
T2-R1	0%	5%	0.37	1.33	2.07	2.43	2.53	2.91	3.39	2.90	3.23	3.16	3.22
T2-R2	0%	5%	0.23	1.18	3.72	2.54	2.84	3.26	3.11	3.26	3.22	3.12	3.03
T2-R3	0%	5%	0.29	1.63	2.33	2.68	2.92	2.97	3.12	4.22	3.07	3.36	3.27
<b>T2 - Promedio</b>			<b>0.30</b>	<b>1.38</b>	<b>2.71</b>	<b>2.55</b>	<b>2.76</b>	<b>3.05</b>	<b>3.21</b>	<b>3.46</b>	<b>3.17</b>	<b>3.21</b>	<b>3.17</b>
T3-R1	0%	10%	0.52	2.07	2.83	3.18	2.86	2.81	2.97	3.13	2.97	2.97	3.28
T3-R2	0%	10%	0.28	1.38	3.45	2.51	2.88	3.38	2.87	2.88	3.09	2.94	3.00
T3-R3	0%	10%	0.32	1.88	2.89	3.08	3.13	3.00	3.17	3.12	3.55	3.34	3.24
<b>T3 - Promedio</b>			<b>0.37</b>	<b>1.78</b>	<b>3.06</b>	<b>2.92</b>	<b>2.96</b>	<b>3.06</b>	<b>3.00</b>	<b>3.04</b>	<b>3.20</b>	<b>3.08</b>	<b>3.17</b>
T4-R1	0%	15%	0.56	1.52	2.64	2.91	3.26	3.39	3.66	2.70	3.32	3.48	3.46
T4-R2	0%	15%	0.30	1.42	3.21	2.85	2.72	2.41	2.68	2.76	2.80	3.06	2.71
T4-R3	0%	15%	0.31	1.47	3.09	3.17	3.29	3.53	3.29	3.06	3.50	3.43	3.39
<b>T4 - Promedio</b>			<b>0.39</b>	<b>1.47</b>	<b>2.98</b>	<b>2.98</b>	<b>3.09</b>	<b>3.11</b>	<b>3.21</b>	<b>2.84</b>	<b>3.21</b>	<b>3.32</b>	<b>3.19</b>
T5-R1	5%	0%	0.30	1.66	1.88	1.96	2.18	2.04	2.12	1.97	1.80	1.64	1.29
T5-R2	5%	0%	0.26	1.20	3.27	1.89	1.95	1.80	1.83	1.75	1.88	1.95	1.69
T5-R3	5%	0%	0.31	1.07	1.39	2.06	2.01	2.04	1.82	1.75	1.62	1.78	1.82
<b>T5 - Promedio</b>			<b>0.29</b>	<b>1.31</b>	<b>2.18</b>	<b>1.97</b>	<b>2.05</b>	<b>1.96</b>	<b>1.92</b>	<b>1.82</b>	<b>1.77</b>	<b>1.79</b>	<b>1.60</b>
T6-R1	5%	5%	0.27	1.50	1.96	2.67	2.82	2.86	2.85	2.73	2.60	2.74	3.35
T6-R2	5%	5%	0.39	2.01	2.69	2.76	3.10	3.39	3.23	3.15	3.30	3.42	3.27
T6-R3	5%	5%	0.29	1.20	2.41	3.00	2.50	3.03	2.71	2.97	3.28	3.19	3.38
<b>T6 - Promedio</b>			<b>0.32</b>	<b>1.57</b>	<b>2.35</b>	<b>2.81</b>	<b>2.81</b>	<b>3.09</b>	<b>2.93</b>	<b>2.95</b>	<b>3.06</b>	<b>3.12</b>	<b>3.33</b>
T7-R1	5%	10%	0.59	2.33	3.00	3.15	3.19	3.08	3.26	2.87	3.09	3.03	3.03
T7-R2	5%	10%	0.38	1.77	3.62	3.18	3.21	3.29	3.41	3.42	3.35	3.36	3.52
T7-R3	5%	10%	0.35	2.04	3.00	3.36	3.65	3.42	3.06	2.91	3.25	3.03	3.16
<b>T7 - Promedio</b>			<b>0.44</b>	<b>2.05</b>	<b>3.21</b>	<b>3.23</b>	<b>3.35</b>	<b>3.26</b>	<b>3.24</b>	<b>3.07</b>	<b>3.23</b>	<b>3.14</b>	<b>3.24</b>
T8-R1	5%	15%	0.39	1.80	2.82	3.13	3.23	3.34	3.60	3.41	3.18	3.51	3.69
T8-R2	5%	15%	0.50	2.18	3.25	2.84	2.92	2.96	2.98	3.12	3.24	3.06	3.30
T8-R1	5%	15%	0.35	2.12	2.90	3.56	3.71	3.46	3.29	3.19	3.34	3.47	3.33
<b>T8 - Promedio</b>			<b>0.41</b>	<b>2.03</b>	<b>2.99</b>	<b>3.18</b>	<b>3.29</b>	<b>3.25</b>	<b>3.29</b>	<b>3.24</b>	<b>3.25</b>	<b>3.35</b>	<b>3.44</b>

Tratamiento	B-lac	Melaza	Días										
			0	1	2	3	4	5	10	15	20	25	30
T9-R1	10%	0%	0.35	1.69	1.83	1.75	2.06	1.91	2.01	1.80	1.16	1.68	1.68
T9-R2	10%	0%	0.28	1.31	2.19	2.19	2.06	2.03	1.94	2.23	1.67	1.88	1.64
T9-R3	10%	0%	0.42	1.05	1.97	1.95	2.13	2.09	2.67	2.34	1.67	1.67	1.68
<b>T9 - Promedio</b>			<b>0.35</b>	<b>1.35</b>	<b>2.00</b>	<b>1.96</b>	<b>2.08</b>	<b>2.01</b>	<b>2.21</b>	<b>2.12</b>	<b>1.50</b>	<b>1.74</b>	<b>1.67</b>
T10-R1	10%	5%	0.38	1.66	2.35	2.20	2.58	2.75	3.00	2.82	3.03	3.15	3.19
T10-R2	10%	5%	0.39	1.73	2.78	2.41	2.95	3.23	3.38	2.86	3.10	3.13	3.06
T10-R3	10%	5%	0.34	1.78	2.27	2.68	2.48	3.36	2.20	2.48	2.74	2.88	3.03
<b>T10 - Promedio</b>			<b>0.37</b>	<b>1.72</b>	<b>2.47</b>	<b>2.43</b>	<b>2.67</b>	<b>3.11</b>	<b>2.86</b>	<b>2.72</b>	<b>2.96</b>	<b>3.05</b>	<b>3.09</b>
T11-R1	10%	10%	0.51	1.97	2.78	2.71	3.04	3.07	3.21	3.30	3.26	3.35	3.46
T11-R2	10%	10%	0.30	2.08	3.25	3.18	3.15	3.35	3.64	3.50	3.23	3.46	3.12
T11-R3	10%	10%	0.40	1.86	2.78	3.27	3.20	2.66	2.91	3.19	3.69	3.47	3.50
<b>T11 - Promedio</b>			<b>0.40</b>	<b>1.97</b>	<b>2.94</b>	<b>3.05</b>	<b>3.13</b>	<b>3.03</b>	<b>3.25</b>	<b>3.33</b>	<b>3.39</b>	<b>3.43</b>	<b>3.36</b>
T12-R1	10%	15%	0.47	1.60	1.96	2.23	2.97	3.12	3.44	3.51	3.45	3.18	3.62
T12-R2	10%	15%	0.43	2.10	3.03	2.93	2.50	1.80	2.85	2.66	2.72	2.57	2.67
T12-R3	10%	15%	0.45	1.74	2.64	3.00	3.58	3.22	3.13	3.32	3.13	2.94	3.26
<b>T12 - Promedio</b>			<b>0.45</b>	<b>1.81</b>	<b>2.54</b>	<b>2.72</b>	<b>3.02</b>	<b>2.71</b>	<b>3.14</b>	<b>3.16</b>	<b>3.10</b>	<b>2.90</b>	<b>3.18</b>
T13-R1	15%	0%	0.41	1.33	2.03	2.23	2.01	1.82	1.69	1.53	1.11	1.54	1.64
T13-R2	15%	0%	0.44	1.29	2.40	2.05	1.91	2.05	2.07	1.66	1.66	1.56	1.80
T13-R3	15%	0%	0.38	1.31	1.90	2.44	2.11	2.02	1.67	1.38	1.61	1.54	1.63
<b>T13 - Promedio</b>			<b>0.41</b>	<b>1.31</b>	<b>2.11</b>	<b>2.24</b>	<b>2.01</b>	<b>1.96</b>	<b>1.81</b>	<b>1.52</b>	<b>1.46</b>	<b>1.55</b>	<b>1.69</b>
T14-R1	15%	5%	0.39	1.48	2.01	2.20	2.49	2.91	3.31	2.71	3.33	2.88	2.97
T14-R2	15%	5%	0.49	1.68	2.72	2.42	2.40	2.80	2.86	2.94	3.09	3.18	3.03
T14-R3	15%	5%	0.46	1.58	2.17	2.61	2.38	2.72	2.52	2.64	2.74	2.74	3.18
<b>T14 - Promedio</b>			<b>0.45</b>	<b>1.58</b>	<b>2.30</b>	<b>2.41</b>	<b>2.42</b>	<b>2.81</b>	<b>2.90</b>	<b>2.76</b>	<b>3.05</b>	<b>2.93</b>	<b>3.06</b>
T15-R1	15%	10%	0.52	2.12	2.77	3.16	2.85	3.26	3.38	3.54	3.48	2.83	3.49
T15-R2	15%	10%	0.60	1.63	2.36	2.39	2.34	3.00	2.39	2.23	2.56	2.52	2.76
T15-R3	15%	10%	0.49	1.89	2.81	3.41	3.17	3.08	3.14	3.30	3.51	3.51	3.67
<b>T15 - Promedio</b>			<b>0.54</b>	<b>1.88</b>	<b>2.65</b>	<b>2.99</b>	<b>2.79</b>	<b>3.11</b>	<b>2.97</b>	<b>3.02</b>	<b>3.18</b>	<b>2.95</b>	<b>3.31</b>
T16-R1	15%	15%	0.69	2.35	3.48	3.21	3.21	3.19	3.06	3.06	2.69	3.12	3.16
T16-R2	15%	15%	0.72	2.11	2.98	2.94	2.79	2.77	2.69	2.81	2.48	2.62	2.81
T16-R3	15%	15%	0.73	1.87	3.14	3.25	3.75	2.98	2.89	3.40	3.32	3.35	3.34
<b>T16 - Promedio</b>			<b>0.71</b>	<b>2.11</b>	<b>3.20</b>	<b>3.13</b>	<b>3.25</b>	<b>2.98</b>	<b>2.88</b>	<b>3.09</b>	<b>2.83</b>	<b>3.03</b>	<b>3.10</b>

## Anexo N°5: Prueba estadística de porcentaje de acidez titulable

Análisis de Varianza (ANOVA) de %AL para el día 0

Fuente	GL	SC	CM	F	P	$\alpha$	P < $\alpha$
Factor	15	0.49035	0.03269	5.17	0.000	0.05	**Alta significancia
Error	32	0.20240	0.00633				
Total	47	0.69275					

S = 0.07953    R-cuad. = 70.78%    R-cuad.(ajustado) = 57.09%

Desv.Est. agrupada = 0.07953

Método de Tukey, agrupación de información

	N	Media	Agrupación
T16	3	0.71333	A
T15	3	0.53667	A B
T12	3	0.45000	B C
T14	3	0.44667	B C
T7	3	0.44000	B C
T8	3	0.41333	B C
T13	3	0.41000	B C
T11	3	0.40333	B C
T4	3	0.39000	B C
T3	3	0.37333	B C
T10	3	0.37000	B C
T9	3	0.35000	B C
T6	3	0.31667	B C
T1	3	0.31667	B C
T2	3	0.29667	B C
T5	3	0.29000	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Intervalos de confianza simultáneos de Tukey del 95%  
Todas las comparaciones en parejas

Nivel de confianza individual = 99.92%

### Análisis de Varianza (ANOVA) de %AL para el día 5

Fuente	GL	SC	CM	F	P	$\alpha$	P < $\alpha$
Factor	15	11.199	0.747	7.33	0.000	0.05	**Alta significancia
Error	32	3.257	0.102				
Total	47	14.456					

S = 0.3191    R-cuad. = 77.47%    R-cuad.(ajustado) = 66.90%

Desv.Est. agrupada = 0.3191

Método de Tukey, agrupación de información

	N	Media	Agrupación
T7	3	3.2633	A
T8	3	3.2533	A
T15	3	3.1133	A
T10	3	3.1133	A
T4	3	3.1100	A
T6	3	3.0933	A
T3	3	3.0633	A
T2	3	3.0467	A
T11	3	3.0267	A
T16	3	2.9800	A
T14	3	2.8100	A B
T12	3	2.7133	A B
T9	3	2.0100	B
T1	3	1.9700	B
T13	3	1.9633	B
T5	3	1.9600	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Intervalos de confianza simultáneos de Tukey del 95%  
Todas las comparaciones en parejas

Nivel de confianza individual = 99.92%

Análisis de Varianza (ANOVA) de %AL para el día 30

Fuente	GL	SC	CM	F	P	$\alpha$	P < $\alpha$
Factor	15	26.3453	1.7564	27.83	0.000	0.05	**Alta significancia
Error	32	2.0195	0.0631				
Total	47	28.3649					

S = 0.2512 R-cuad. = 92.88% R-cuad.(ajustado) = 89.54%

Desv.Est. agrupada = 0.2512

Método de Tukey, agrupación de información

	N	Media	Agrupación
T8	3	3.4400	A
T11	3	3.3600	A
T6	3	3.3333	A
T15	3	3.3067	A
T7	3	3.2367	A
T4	3	3.1867	A
T12	3	3.1833	A
T3	3	3.1733	A
T2	3	3.1733	A
T16	3	3.1033	A
T10	3	3.0933	A
T14	3	3.0600	A
T13	3	1.6900	B
T9	3	1.6667	B
T5	3	1.6000	B
T1	3	1.2033	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Intervalos de confianza simultáneos de Tukey del 95%  
Todas las comparaciones en parejas

Nivel de confianza individual = 99.92%

### Anexo N°6: Índices de germinación

Número de semillas Germinadas																	
T0 = 0:100			T1 - 0.01/100			T2 - 0.1:100			T3 - 1:100			T4 - 10:100			T5- 100:100		
R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
20	20	20	19	20	20	19	20	20	17	18	18	0	0	0	0	0	0

Longitud de la radícula (mm)																		
T0 = 0:100			T1 - 0.01/100			T2 - 0.1:100			T3 - 1:100			T4 - 10:100			T5- 100:100			
R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	
23	30	36	34	34	34	20	23	28	4	2	22	-	-	-	-	-	-	
32	29	29	33	34	31	22	30	25	3	4	1	-	-	-	-	-	-	
25	32	38	35	35	37	21	20	25	3	2	2	-	-	-	-	-	-	
23	15	39	40	40	30	24	27	20	5	2	16	-	-	-	-	-	-	
32	16	5	30	20	34	22	25	30	3	8	18	-	-	-	-	-	-	
30	30	34	31	43	40	28	23	25	5	2	20	-	-	-	-	-	-	
30	42	41	39	42	38	30	27	26	7	9	21	-	-	-	-	-	-	
32	25	32	39	41	25	23	28	27	2	2	28	-	-	-	-	-	-	
26	35	28	33	37	35	26	26	27	2	2	22	-	-	-	-	-	-	
34	36	10	35	35	33	28	26	18	8	2	5	-	-	-	-	-	-	
27	25	35	29	36	35	25	30	30	9	2	26	-	-	-	-	-	-	
32	35	38	42	39	31	27	25	26	3	4	26	-	-	-	-	-	-	
34	36	38	33	39	37	25	24	20	7	5	18	-	-	-	-	-	-	
30	32	39	35	26	37	25	22	20	4	6	18	-	-	-	-	-	-	
35	36	31	33	41	34	25	23	23	2	7	8	-	-	-	-	-	-	
29	32	23	34	31	35	24	20	24	3	2	2	-	-	-	-	-	-	
28	31	32	28	32	34	19	32	25	3	7	2	-	-	-	-	-	-	
22	28	30	33	35	41	25	24	27		2	2	-	-	-	-	-	-	
33	27	42	28	33	42	20	32	20	-			-	-	-	-	-	-	
28	33	31	-	35	31	-	20	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<b>Promedio</b>	29.3	30.3	31.6	33.9	35.4	34.7	24.2	25.4	24.6	4.3	3.9	14.3	-	-	-	-	-	-
<b>Promedio Total</b>	<b>30.35</b>			<b>34.66</b>			<b>24.69</b>			<b>7.49</b>			<b>-</b>			<b>-</b>		

<b>Tratamiento</b>	<b>N° de Semillas Germinadas</b>	<b>PGR (%)</b>	<b>Elongación de la Radícula</b>	<b>CRR (%)</b>	<b>IG (%)</b>
<b>T0 (Control)</b>	20	-	30.35	-	-
<b>Biol</b>					
<b>T1 - 0.01/100</b>	19.7	98.5	34.7	114.2	112.5
<b>T2 - 0.1:100</b>	19.7	98.5	24.7	81.4	80.1
<b>T3 - 1:100</b>	17.7	88.5	7.5	24.6	21.8
<b>T4 - 10:100</b>	0	0	0	0	0
<b>T5- 100:100</b>	0	0	0	0	0

<b>Tratamiento</b>	<b>pH</b>	<b>CE (</b>
T0 – Control	6.3	0
T1 – 0.01:100	6.2	0
T2 – 0.1- 100	5.29	0.1
T3 – 1:100	4.1	0.4
T4 – 10:100	3.9	3.6
T5 – 100:100	3.68	24.6

## Anexo N°7: Análisis costo-beneficio

### COSTO DE INSUMOS PARA 1000 KG DE BIOFERTILIZANTE DE LAS MUESTRAS ELEGIDAS

<b>T8 (80 % Mezcla Inicial, 5 % B-lac, 15 % Melaza)</b>				
Insumos	Unidad	Costo Unitario (S/.)	Cantidad (kg)	Total
Melaza	kg	0.5	150	75.00
B-lac	L <sup>1</sup>	10	50	500.00
Bagazo de cebada	tn	173.73	242.4	42.11
Excretas de vaca	100 kg seca=170 kg fresca <sup>1</sup>	3	242.4	4.28
Suero lácteo	l <sup>3</sup>	0.1	315.2	31.52
			<b>TOTAL</b>	<b>652.91</b>

<b>T11 (80 % Mezcla Inicial, 10 % B-lac, 10 % Melaza)</b>				
Insumos	Unidad	Costo Unitario (S/.)	Cantidad (kg)	Total
Melaza	kg	0.5	100	50.00
B-lac	l	10	100	1000.00
Bagazo de cebada	ton	173.73	242.4	42.11
Excretas de vaca	100 kg seca=170 kg fresca <sup>1</sup>	3	242.4	4.28
Suero lácteo	l	0.1	315.2	31.52
			<b>TOTAL</b>	<b>1127.91</b>

<b>T15 (75 % Mezcla Inicial, 15 % B-lac, 10 % Melaza)</b>				
Insumos	Unidad	Costo Unitario (S/.)	Cantidad (kg)	Total
Melaza	kg	0.5	100	50.00
B-lac	l	10	150	1500.00
Bagazo de cebada	tn	173.73	227.3	39.49
Excretas de vaca	100 kg seca=170 kg fresca <sup>1</sup>	3	227.3	4.01
Suero lácteo	l	0.1	295.4	29.54
			<b>TOTAL</b>	<b>1623.04</b>

(1) Densidad de las excretas 1700 kg/m<sup>3</sup>

**Costo – Beneficio para producir 806.8 litros de biofertilizante**

<b>Costos Fijos</b>				
<b>Materiales</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo Unitario (S/.)</b>	<b>Cantidad (kg)</b>	<b>Total</b>
<b>Tanque de agua</b>	1 100 L	1	319	319.00
<b>Baldes plásticos</b>	20 L	2	20	40.00
<b>Consumo de combustible</b>	---	---	---	50.00
<b>Costos Variables</b>				
<b>Insumos</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo Unitario (S/.)</b>	<b>Cantidad (kg)</b>	<b>Total</b>
<b>Melaza</b>	kg	0.5	150	75.00
<b>B-lac</b>	l	10	50	500.00
<b>Bagazo de cebada</b>	tn	173.73	242.4	42.11
<b>Excretas de vaca</b>	100 kg seco =170 kg (fresca)	3	242.4	4.28
<b>Suero lácteo</b>	l	0.1	315.2	31.52
<b>Mano de obra</b>	persona / día	40	2	80.00
<b>Costo Total (S/.)</b>				<b>1141.91</b>

### Anexo N°8: Datos productos del prensado del biofertilizante

Datos de partes líquidas y sólidas del biofertilizante

<b>Biofertilizante</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>	<b>R4</b>	<b>R5</b>	<b>R6</b>	<b>R7</b>	<b>R8</b>	<b>Promedio</b>
<b>Líquido (gramos)</b>	810	835	850	810	855	835	855	800	831
<b>Sólido Húmedo (gramos)</b>	106.6	80	110.6	103	108	105	85	110	101
<b>Sólido seco (gramos)</b>	28	25	30	32.2	36	33	30	36	31

<b>Perdidas en el filtrado por el telar (gramos)</b>	40
--	----

<b>Humedad Inicial del Biofertilizante</b>						
<b>Repetición</b>	<b>Placa (g)</b>	<b>PH+Placa</b>	<b>PS+Placa</b>	<b>PH</b>	<b>PS</b>	<b>Humedad (%)</b>
R1	38	67.59	42.66	29.59	4.66	84.3
R2	45.92	61.12	48.37	15.2	2.45	83.9

Densidad del biofertilizante

<b>Datos de biofertilizante</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>	<b>Densidad total (g/ml)</b>
<b>ml</b>	50	50	50	
<b>gramos</b>	51.32	51.34	51.46	
<b>densidad</b>	1.026	1.027	1.029	1.03

## Anexo N°9: Análisis físico-químicos y microbiológicos



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



### INFORME DE ANALISIS DE MATERIA ORGANICA

SOLICITANTE : HILANY BUCHELLI GOMEZ  
 PROCEDENCIA : LIMA/ LIMA/ LA MOLINA  
 REFERENCIA : H.R. 41221  
 FACTURA : 24632  
 FECHA : 02/08/13

N° LAB	CLAVES	pH	C.E. dS/m	M.O. %	N %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	K <sub>2</sub> O %
410	Muestra 01	5.12	11.00	89.82	1.69	1.49	1.67

N° LAB	CLAVES	CaO %	MgO %	Hd %	Na %	C %
410	Muestra 01	1.12	0.54	82.27	0.39	43.37

N° LAB	CLAVES	Fe ppm	Cu ppm	Zn ppm	Mn ppm	B ppm
410	Muestra 01	527	29	122	68	37

N° LAB	CLAVES	Pb ppm	Cd ppm	Cr ppm
410	Muestra 01	7.33	1.13	3.49



*Dr. Sady García Bendejú*  
 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  
FACULTAD DE AGRONOMIA  
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



## INFORME DE ANALISIS ESPECIAL DE MATERIA ORGANICA

SOLICITANTE : HILANY ALESSANDRA BUCHELLI GOMEZ  
PROCEDENCIA : LIMA  
MUESTRA DE : BIOL  
REFERENCIA : H.R. 42374  
FACTURA : 25287  
FECHA : 21/10/13

Nº LAB	CLAVES	pH	C.E. dS/m	Sólidos Totales g/L	M.O. en Solución g/L	N Total mg/L	P Total mg/L	K Total mg/L
703		3.72	18.50	111.38	87.48	3640.00	1165.32	4440.00

Nº LAB	CLAVES	Ca Total mg/L	Mg Total mg/L	Na Total mg/L
703		2695.00	855.00	970.00

LAB	CLAVES	Fe Total mg/L	Cu Total mg/L	Zn Total mg/L	Mn Total mg/L	B Total mg/L	C g/L
703		152.30	5.90	36.25	17.20	2.49	50.74



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  
FACULTAD DE AGRONOMIA  
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



## INFORME DE ANALISIS ESPECIAL DE MATERIA ORGANICA

SOLICITANTE : HILANY ALESSANDRA BUCHELLI GOMEZ  
PROCEDENCIA : LIMA/ LIMA/ LA MOLINA  
MUESTRA DE : BIOL  
REFERENCIA : H.R. 42722  
FACTURA : 25404  
FECHA : 12/11/13

Nº LAB	CLAVES	pH	C.E. dS/m	Sólidos Totales g/L	M.O. en Solución g/L	N Total mg/L	P Total mg/L	K Total mg/L
777		3.72	22.20	95.44	72.50	3546.70	955.26	5190.00

Nº LAB	CLAVES	Ca Total mg/L	Mg Total mg/L	Na Total mg/L
777		2440.00	755.00	755.00

LAB	CLAVES	Fe Total mg/L	Cu Total mg/L	Zn Total mg/L	Mn Total mg/L	B Total mg/L
777		33.15	3.15	21.60	12.30	8.74

LAB	CLAVES	Pb Total mg/L	Cd Total mg/L	Cr Total mg/L	C g/L
777		0.12	0.10	1.08	42.05



*Dr. Sady García Bendezú*  
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  
FACULTAD DE AGRONOMIA  
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



## INFORME DE ANALISIS DE MATERIA ORGANICA

SOLICITANTE : HILANY BUCHELLI  
PROCEDENCIA : LIMA/ LIMA/ LA MOLINA  
MUESTRA DE : BIOSOL  
REFERENCIA : H.R. 42974  
FACTURA : 25508  
FECHA : 06/12/13

N° LAB	CLAVES	pH	C.E. dS/m	M.O. %	N %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	K <sub>2</sub> O %
858		3.90	12.50	66.64	3.45	0.87	1.99

N° LAB	CLAVES	CaO %	MgO %	Hd %	Na %	Carbono Orgánico %
858		1.08	0.45	77.83	0.27	38.65

N° LAB	CLAVES	Fe ppm	Cu ppm	Zn ppm	Mn ppm	B ppm
858		679	26	126	42	17

N° LAB	CLAVES	Pb ppm	Cd ppm	Cr ppm
858		5.13	0.35	7.59



*Sady García Bendezú*  
Dr. Sady García Bendezú  
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 1307191 - LMT

**SOLICITANTE** : HILANY ALESSANDRA BUCHELLI GÓMEZ  
**DESCRIPCIÓN DEL OBJETO ENSAYADO**  
**MUESTRA** : MEZCLA DE BAGAZO DE CEBADA, EXCRETAS DE VACUNO Y SUERO DE LECHE  
**1307191)**

**PROCEDENCIA** : La Molina  
**TIPO DE ENVASE** : Botella de plástico  
**CANTIDAD DE MUESTRA** : 01 muestra x 01 und. x 500 mL aprox.  
**ESTADO Y CONDICIÓN** : En buen estado y cerrado  
**FECHA DE MUESTREO** : 2013 - 07 - 18  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 2013 - 07 - 18  
**FECHA DE INICIO DE ENSAYO** : 2013 - 07 - 18  
**FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO** : 2013 - 08 - 01

### RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA

Análisis Microbiológico	Muestra 1307191
<sup>1</sup> Recuento de mohos y levaduras (UFC/mL)	12 x 10 <sup>4</sup>
<sup>1</sup> Recuento de <i>Lactobacillus</i> sp. (UFC/mL)	19 x 10 <sup>6</sup>
<sup>1</sup> Enumeración de coliformes totales (NMP/mL)	20 x 10
<sup>1</sup> Enumeración de coliformes fecales (NMP/mL)	20 x 10
<sup>1</sup> Enumeración de <i>Escherichia coli</i> (NMP/mL)	< 3

#### 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 muestras proporcionadas por el solicitante.

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

Validez del documento:

Este documento tiene validez sólo para la muestra descrita.

La Molina, 15 de Agosto del 2013

DRA. DÓRIS ZÚÑIGA DÁVILA

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

Teléfono: 6147800 anexo 274

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



LABORATORIO DE ECOLOGÍA MICROBIANA Y BIOTECNOLOGÍA "MARINO TABUSSO"

□ (511 614-7800 anexo 274 - E-mail: [lmt@lamolina.edu.pe](mailto:lmt@lamolina.edu.pe)  
Apartado Postal 456 - Lima 12 - PERU



# UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

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



## INFORME DE ENSAYO 1310342 - LMT

SOLICITANTE : HILANY ALESSANDRA BUCHELLI GÓMEZ

DESCRIPCIÓN DEL OBJETO ENSAYADO

MUESTRA : BIOL  
1310342)

PROCEDENCIA : La Molina  
TIPO DE ENVASE : Botella de plástico  
CANTIDAD DE MUESTRA : 01 muestra x 01 und. x 500 mL aprox.  
ESTADO Y CONDICIÓN : En buen estado y cerrado  
FECHA DE MUESTREO : 2013 - 10 - 10  
FECHA DE RECEPCIÓN : 2013 - 10 - 10  
FECHA DE INICIO DE ENSAYO : 2013 - 10 - 11  
FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO : 2013 - 10 - 16

### RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA

Análisis Microbiológico	Muestra 1310342
<sup>1</sup> Recuento de mohos y levaduras (UFC/mL)	12 x 10 <sup>3</sup>
<sup>1</sup> Recuento de <i>Lactobacillus</i> sp. (UFC/mL)	22 x 10 <sup>7</sup>
<sup>1</sup> Enumeración de coliformes totales (NMP/mL)	< 3
<sup>1</sup> Enumeración de coliformes fecales (NMP/mL)	< 3
<sup>1</sup> Enumeración de <i>Escherichia coli</i> (NMP/mL)	< 3

NOTA: El valor < 3 indica 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 Acriba.

#### Observaciones:

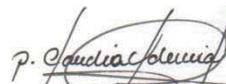
Informe de ensayo emitido sobre la base de resultados de nuestro laboratorio en muestras proporcionadas por el solicitante.

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

Validez del documento:

Este documento tiene validez sólo para la muestra descrita.

La Molina, 23 de Octubre del 2013



DRA. DORIS ZÚÑIGA DAVIZA

Jefe del Laboratorio de Ecología Microbiana  
y Biotecnología "Marino Tabusso"  
Universidad Nacional Agraria La Molina  
Teléfono: 6147800 anexo 274  
E-mail: [lmt@lamolina.edu.pe](mailto:lmt@lamolina.edu.pe)



LABORATORIO DE ECOLOGÍA MICROBIANA Y BIOTECNOLOGÍA "MARINO TABUSSO"

□ (511 614-7800 anexo 274 - E-mail: [lmt@lamolina.edu.pe](mailto:lmt@lamolina.edu.pe)  
Apartado Postal 456 - Lima 12 - PERU



# UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

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



## INFORME DE ENSAYO 1311404 - LMT

SOLICITANTE : HILANY ALESSANDRA BUCHELLI GÓMEZ

DESCRIPCIÓN DEL OBJETO ENSAYADO

MUESTRA : BIOL  
1311404)

PROCEDENCIA : La Molina  
TIPO DE ENVASE : Botella de plástico  
CANTIDAD DE MUESTRA : 01 muestra x 01 und. x 500 mL aprox.  
ESTADO Y CONDICIÓN : En buen estado y cerrado  
FECHA DE MUESTREO : 2013 - 11 - 04  
FECHA DE RECEPCIÓN : 2013 - 11 - 04  
FECHA DE INICIO DE ENSAYO : 2013 - 11 - 04  
FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO : 2013 - 11 - 13

### RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA

Análisis Microbiológico	Muestra 1311404
<sup>1</sup> Recuento de mohos y levaduras (UFC/mL)	16 x 10 <sup>2</sup>
<sup>1</sup> Recuento de <i>Lactobacillus</i> sp. (UFC/mL)	73 x 10 <sup>6</sup>
<sup>1</sup> Enumeración de coliformes totales (NMP/mL)	< 3
<sup>1</sup> Enumeración de coliformes fecales (NMP/mL)	< 3
<sup>1</sup> Enumeración de <i>Escherichia coli</i> (NMP/mL)	< 3

**NOTA:** El valor < 3 indica 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 muestras proporcionadas por el solicitante.

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

Validez del documento:

Este documento tiene validez sólo para la muestra descrita.

La Molina, 13 de Noviembre del 2013

DRA. DORIS ZUNIGA DÁVILA

Jefe del Laboratorio de Ecología Microbiana  
y Biotecnología "Marino Tabusso"  
Universidad Nacional Agraria La Molina  
Teléfono: 6147800 anexo 274  
E-mail: lmt@lamolina.edu.pe



LABORATORIO DE ECOLOGÍA MICROBIANA Y BIOTECNOLOGÍA "MARINO TABUSSO"

□ (511 614-7800 anexo 274 - E-mail: [lmt@lamolina.edu.pe](mailto:lmt@lamolina.edu.pe)  
Apartado Postal 456 - Lima 12 - PERU

## Anexo N°10: Ensayo de grado alcohólico



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



### INFORME DE ENSAYOS LASAQ N° 112-2013-DQ

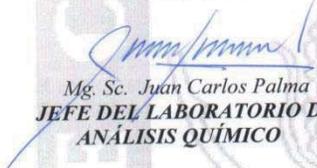
SOLICITANTE : HILANY ALESSANDRA BUCHELI GÓMEZ.  
PRODUCTO DECLARADO : Biol  
NUMERO DE MUESTRAS : Uno  
CANTIDAD RECIBIDA : 500 mL  
MARCA : S/M  
FORMA DE PRESENTACIÓN : En frasco de plástico por 600 mL.  
MUESTREADO POR : Muestra proporcionada por el solicitante.  
FECHA DE RECEPCIÓN : 10 de Octubre del 2013  
ENSAYOS SOLICITADOS : FÍSICO/QUÍMICO.

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

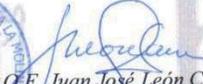
**MÉTODOS UTILIZADOS EN EL LABORATORIO:**

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

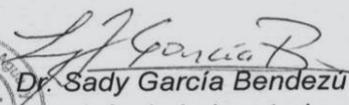
Atentamente:

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



  
Q.F. Juan José León Cam  
JEFE (E) DEL DEPARTAMENTO  
ACADÉMICO DE QUÍMICA

## Anexo N°11: Ensayo de metales pesados de la melaza

	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</b> FACULTAD DE AGRONOMIA LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES			
<b>INFORME DE ANALISIS ESPECIAL DE MATERIA ORGANICA</b>				
SOLICITANTE	:	ALICIA MARGOT MEDINA VALDIVIEZO		
PROCEDENCIA	:	LIMA/ LIMA/ LA MOLINA		
MUESTRA DE	:	MELAZA		
REFERENCIA	:	H.R. 41977		
BOLETA	:	10259		
FECHA	:	23/09/13		
N° LAB	CLAVES	Pb ppm	Cd ppm	Cr ppm
575		2.97	0.06	3.00
 <b>Dr. Sady García Bendezu</b> Jefe de Laboratorio				
				
Av. La Molina s/n Campus UNALM Telf.: 614-7800 Anexo 222 Telefax: 349-5622 e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe				

Fuente: Medina, 2013.

**Anexo N° 12: Registro fotográfico**



**Fotografía 1.** Preparación de tratamientos de laboratorio



**Fotografía 2.** Tratamiento T8



**Fotografía 3.** Situación actual del establo, mal manejo de excretas



**Fotografía 4.** Proliferación de hongos en el bagazo de cebada



**Fotografía 5.** Recolección de insumos



**Fotografía 6.** Llenado de tanque con los insumos para producir biofertilizante



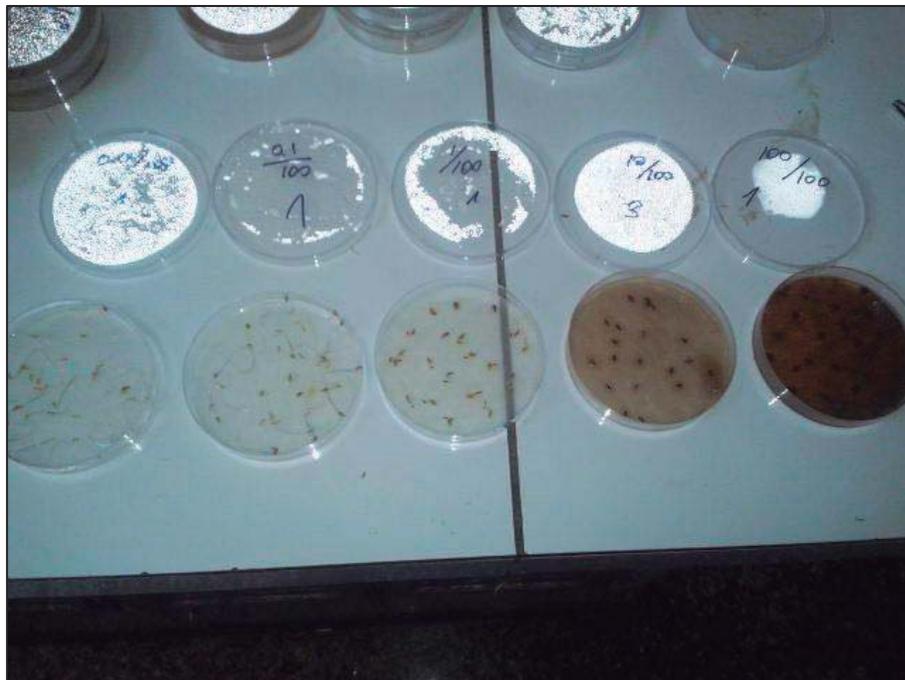
**Fotografía 7.** Prensado del biofertilizante



**Fotografía 8.** Biofertilizante líquido y biosol



**Fotografía 9.** Diluciones para la prueba de germinación



**Fotografía 10.** Germinación en las diluciones de biofertilizante