

# UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



*Una Institución Adventista*

**Evaluación de la calidad del Abono Líquido Orgánico  
Acelerado (ALOA) producido por fermentación láctica de  
estiércol porcino obtenido de la Asociación de porcicultores de  
Saracoto Alto, ubicada en Cajamarquilla, distrito de Lurigancho  
Chosica**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

**Autores:**

Ricardo Luis Cajahuanca Basualdo

Neftalí Miranda Miranda

**Asesora:**

Mg. Iliana Del Carmen Gutiérrez Rodríguez

Lima, Julio de 2022

## DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA DE TESIS

Mg. Iliana Del Carmen Gutiérrez Rodríguez, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ing. Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

### DECLARO:

Que la presente investigación titulada: ***“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL ABONO LÍQUIDO ORGÁNICO ACELERADO (ALOA) PRODUCIDO POR FERMENTACIÓN LÁCTICA DE ESTIÉRCOL PORCINO OBTENIDO DE LA ASOCIACIÓN DE PORCICULTORES DE SARACOTO ALTO, UBICADA EN CAJAMARQUILLA, DISTRITO DE LURIGANCHO CHOSICA”*** constituye la memoria que presentan los **Bachilleres Ricardo Luis Cajahuanca Basualdo y Neftalí Miranda Miranda** para obtener el título de Profesional de Ingeniero Ambiental, cuya tesis ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en la ciudad de Lima, a los 27 días del mes de Setiembre del año 2022.



---

Mg. Iliana Del Carmen Gutiérrez Rodríguez

## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Lima, Ñaña, Villa Unión, a los 25 días día(s) del mes de julio del año 2022 siendo las 09:30 horas, se reunieron en modalidad virtual u online sincrónica, bajo la dirección del Señor Presidente del jurado: **Mg. Milda Amparo Cruz Huaranga**, el secretario: **Mg. Jackson Edgardo Pérez Carpio**, y los demás miembros: **Ing. Orlando Alan Poma Porras** y el **Mg. Joel Hugo Fernández Rojas**, y el asesor, **Mg. Iliana Del Carmen Gutiérrez Rodríguez**, con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulada: "Evaluación de la calidad del Abono Líquido Orgánico Acelerado (ALOA) producido por fermentación láctica de estiércol porcino obtenido de la Asociación de porcicultores de Saracoto Alto, ubicada en Cajamarquilla, distrito de Lurigancho Chosica"

de el(los)/la(las) bachiller(es): a) **NEFTALÍ MIRANDA MIRANDA**

..... b) **RICARDO LUIS CAJAHUANCA BASUALDO**.....

conducente a la obtención del título profesional de **INGENIERO AMBIENTAL**

(Nombre del Título profesional)

con mención en.....

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (los)/a(la)(las) candidato(a)/s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por el(los)/la(las) candidato(a)/s. Luego, se produjo un Oreceso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Candidato (a): ..... **NEFTALI MIRANDA MIRANDA** .....

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
Aprobado	18	A-	Muy Bueno	Sobresaliente

Candidato (b): ..... **RICARDO LUIS CAJAHUANCA BASUALDO** .....

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
Aprobado	18	A-	Muy Bueno	Sobresaliente

(\*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al(los)/a(la)(las) candidato(a)/s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.



Presidente  
Mg. Milda Amparo  
Cruz Huaranga



Secretario  
Mg. Jackson Edgardo  
Pérez Carpio



Asesor  
Mg. Iliana Del Carmen  
Gutiérrez Rodríguez



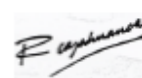
Miembro  
Ing. Orlando Alan  
Poma Porras



Miembro  
Mg. Joel Hugo  
Fernández Rojas



Candidato/a (a)  
Neftalí



Candidato/a (b)  
Ricardo

*Esta investigación está dedicado a mi Padre Celestial por guiarme y ser mi fortaleza en cada etapa de mi vida. A mis abuelos, mi mamá, hermanos y familiares por su dedicación, consejos, amor, apoyo incondicional y ser mi motor para alcanzar cada meta propuesta.*

*Neftalí Miranda Miranda*

*Este trabajo se la dedico a Jehová por acompañarme en circunstancias complicadas. A mis padres Dora y Victor por su gran esfuerzo y sacrificio que me otorgaron en todo momento. A mis familiares por su ayuda absoluta y a todas aquellas personas que confiaron en mí.*

*Ricardo Cajahuanca Basualdo*

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos al Todopoderoso por las bendiciones que nos proporciona y por concedernos que esta investigación se haya podido concluir satisfactoriamente.

A la Magíster Iliana del Carmen Gutiérrez Rodríguez por su orientación, confianza y asesoría en la presente investigación.

De la misma manera, al Licenciado Juan Juscamaita Morales por su paciencia, dedicación y brindarnos todas las herramientas que fueron esenciales para ejecutar el proceso experimental del estudio de investigación.

Por último, a todas aquellas personas que nos han prestado un gran apoyo humano y emocional; contribuyendo que este trabajo sea realizado con un gran éxito.

## Índice General

Índice de Tablas .....	viii
Índice de Figuras .....	x
Índice de Anexos .....	xi
Símbolos.....	xii
Resumen.....	xiii
Summary .....	xv
CAPITULO I:.....	16
EL PROBLEMA .....	16
1.1. Identificación del problema.....	16
1.2. Justificación.....	18
1.3. Presuposición filosófica .....	20
1.4. Objetivos .....	21
1.4.1. <i>Objetivo general</i> .....	21
1.4.2. <i>Objetivos específicos</i> .....	21
CAPITULO II: .....	22
REVISIÓN DE LA LITERATURA .....	22
2.1. Antecedentes .....	22
2.2. Marco Teórico.....	25
2.2.1. <i>Normatividad</i> .....	25
2.2.2. <i>Actividad porcina en el Perú</i> .....	31
2.2.3. <i>Problemas ambientales de la actividad porcina</i> .....	34
2.2.4. <i>Estiércol porcino</i> .....	38
2.2.5. <i>Usos del estiércol porcino</i> .....	43
2.2.6. <i>Abono orgánico</i> .....	44
2.2.7. <i>Tipos de abonos orgánicos</i> .....	46
2.2.8. <i>Fermentación ácido láctica</i> .....	48
2.2.9. <i>Bacterias Ácido Lácticas (BAL)</i> .....	48
2.2.10. <i>Consorcio microbiano Garlac</i> .....	52
2.2.11. <i>Melaza de caña</i> .....	53
2.2.12. <i>Harina de pescado prime</i> .....	55
2.3. Marco Conceptual .....	56
CAPÍTULO III:.....	59
MATERIALES Y MÉTODOS .....	59
3.1. Descripción del área de estudio.....	59

3.2.	Tipo de investigación .....	60
3.3.	Diseño de investigación .....	60
3.4.	Materiales y equipos.....	64
3.4.1.	<i>Materia prima e insumos principales</i> .....	64
3.4.2.	<i>Materiales de campo y laboratorio</i> .....	65
3.5.	Procedimiento .....	67
3.5.1.	<i>Recolección del estiércol porcino</i> .....	67
3.5.2.	<i>Análisis fisicoquímico y microbiológico de la muestra de estiércol porcino</i> .....	67
3.5.3.	<i>Fermentación láctica a escala laboratorio</i> .....	68
3.5.4.	<i>Fermentación láctica a escala piloto</i> .....	75
3.5.5.	<i>Análisis fisicoquímico y microbiológico del ALOA porcino</i> .....	77
3.5.6.	<i>Flujograma de la investigación</i> .....	78
3.6.	Análisis de datos.....	79
3.7.	Matriz de consistencia.....	80
CAPITULO IV:.....		82
RESULTADOS Y DISCUSIONES .....		82
4.1.	Condiciones iniciales de la materia prima e insumos principales .....	82
4.2.	Caracterización del estiércol porcino .....	83
4.3.	Evaluación del pH y porcentaje de acidez láctica en el proceso de elaboración del ALOA 86	
4.3.1.	<i>Primera etapa de la investigación</i> .....	86
4.3.2.	<i>Segunda etapa de la investigación</i> .....	107
4.3.3.	<i>Tercera etapa de la investigación</i> .....	115
4.4.	Análisis de costos de los tratamientos seleccionados.....	123
4.5.	Caracterización del ALOA.....	127
4.6.	Principales resultados.....	137
CAPITULO V:.....		139
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		139
5.1.	Conclusiones .....	139
5.2.	Recomendaciones.....	140
REFERENCIAS .....		141
ANEXOS.....		151

## Índice de Tablas

Tabla 1 Normativas internacionales.....	26
Tabla 2 Normativas nacionales .....	27
Tabla 3 Consumo de cerdo en diferentes países de América del Sur.....	31
Tabla 4 Producción pecuaria por especie en el año 2018.....	32
Tabla 5 Producción de excretas por etapa del cerdo (diaria).....	40
Tabla 6 Excreción de nutrientes del estiércol de cerdo (diaria) .....	41
Tabla 7 Composición nutritiva del estiércol de cerdo .....	42
Tabla 8 Análisis microbiológico del consorcio Garlac .....	53
Tabla 9 Estructura de la melaza de caña .....	54
Tabla 10 Composición de la harina de pescado prime.....	55
Tabla 11 Ubicación geográfica UTM WGS 84 Zona 18 S .....	59
Tabla 12 Composición de los experimentos del diseño de mezcla .....	62
Tabla 13 Materiales para la toma de muestra del estiércol porcino .....	65
Tabla 14 Materiales para la preparación de la mezcla base .....	65
Tabla 15 Materiales para la fermentación láctica a escala laboratorio y piloto .....	65
Tabla 16 Proporcionalidad de la Mezcla base.....	68
Tabla 17 Tratamientos para la producción del ALOA en etapa laboratorio .....	69
Tabla 18 Tratamientos elegidos en el primer proceso de selección .....	72
Tabla 19 Cantidad de insumos para la mezcla base .....	73
Tabla 20 Valores de pH y acidez láctica de los tres tratamientos (Día 5).....	74
Tabla 21 Tratamiento elegido para la etapa piloto.....	75
Tabla 22 Matriz de consistencia.....	80
Tabla 23 Medición del pH de los insumos .....	82
Tabla 24 Análisis fisicoquímico del estiércol porcino .....	84
Tabla 25 Análisis microbiológico del estiércol porcino.....	85
Tabla 26 Valores promedios de pH de los 16 tratamientos.....	87
Tabla 27 Resultados de pH según tratamiento y tiempo de incubación.....	92
Tabla 28 Coeficientes de regresión del modelo lineal para la variación del pH según el diseño de mezcla en cada día de análisis.....	93
Tabla 29 Valores promedios del porcentaje de acidez láctica de los 16 tratamientos.....	95
Tabla 30 Resultados de acidez láctica según tratamiento y tiempo de incubación.....	99
Tabla 31 Coeficientes de regresión del modelo lineal para la variación de la acidez láctica según el diseño de mezcla en cada día de análisis.....	101
Tabla 32 Análisis de varianza para los modelos predictivos de la variación del pH y acidez láctica con el tiempo como variable de proceso.....	105
Tabla 33 Valores promedios de pH de los tres tratamientos seleccionados.....	107
Tabla 34 Valores promedios del porcentaje de acidez láctica de los tres tratamientos seleccionados.....	110
Tabla 35 Variación en la acidez láctica y pH con el tiempo en los tratamientos 10, 13 y 14 ...	114
Tabla 36 Valores promedios de pH del tratamiento 14.....	115
Tabla 37 Valores promedios del porcentaje de acidez láctica del tratamiento 14.....	117
Tabla 38 Parámetros del Modelo de Gompertz Modificado .....	119
Tabla 39 Resultados de acidez y pH durante la fermentación a escala piloto y de laboratorio	121

Tabla 40 Costo de los insumos Melaza y Garlac .....	123
Tabla 41 Costo final de los insumos por cada tratamiento.....	124
Tabla 42 Costo de producción del ALOA a escala laboratorio.....	125
Tabla 43 Costo de producción del ALOA a escala piloto .....	125
Tabla 44 Costo - beneficio en la producción del ALOA porcino.....	126
Tabla 45 Comparativo fisicoquímico del estiércol de cerdo y del ALOA.....	127
Tabla 46 Comparativo fisicoquímico del ALOA porcino con otros tipos de abonos .....	130
Tabla 47 Comparativo microbiológico del estiércol de cerdo y del ALOA porcino .....	133
Tabla 48 Comparación de la carga microbiana del ALOA porcino con las normativas propuestas .....	135
Tabla 49 Resultados importantes del capítulo 4.....	137

## Índice de Figuras

Figura 1 Crianza de cerdos de traspatio. ....	33
Figura 2 Crianza de cerdos semitecnificada.....	33
Figura 3 Crianza de cerdos tecnificada. ....	34
Figura 4 Proceso de eutrofización.....	36
Figura 5 Degradación del suelo.....	37
Figura 6 Gases de Efecto Invernadero. ....	38
Figura 7 Utilización del estiércol de cerdo en diversas actividades.....	39
Figura 8 Formación del ácido láctico partiendo de la glucosa. ....	48
Figura 9 Ruta metabólica de fermentación homoláctica. ....	50
Figura 10 Ruta metabólica de fermentación heteroláctica. ....	51
Figura 11 Rangos de temperatura crítica en microorganismos anaerobios.....	52
Figura 12 Localización de zona de estudio. Fuente Google Earth Pro .....	59
Figura 13 Distribución de los experimentos en un diagrama ternario.....	63
Figura 14 Proceso de elaboración del ALOA a escala laboratorio. ....	70
Figura 15 Proceso de elaboración del ALOA a escala piloto.....	76
Figura 16 Flujograma del proceso de investigación.....	78
Figura 17 Variación del pH promedio de los 16 tratamientos .....	89
Figura 18 Variación del pH con el tiempo de fermentación y el tratamiento. ....	93
Figura 19 Variación del pH en los diferentes tiempos de reacción según la proporción de ingredientes utilizados (en los días 10 y 15 las superficies fueron iguales a las del día 20, ver Anexo 9.9).....	94
Figura 20 Variación del porcentaje de acidez láctica promedio de los 16 tratamientos .....	97
Figura 21 Variación de la acidez láctica con el tratamiento y el tiempo.....	100
Figura 22 Variación del contenido de acidez láctica en los diferentes días de reacción según las proporciones de ingredientes utilizados (En el día 10 y 15 las superficies fueron iguales a la del día 20, Anexo 13.9).....	103
Figura 23 Comparación entre valores observados y predichos de los modelos para el pH y la acidez láctica con el tiempo como variable de proceso.....	105
Figura 24 Variación del pH promedio de los tres tratamientos.....	109
Figura 25 Variación del porcentaje de acidez láctica promedio de los tres tratamientos.....	112
Figura 26 Variación de la acidez láctica y el pH con el tiempo de fermentación en los tratamientos 10, 13 y 14.....	113
Figura 27 Variación del pH promedio del tratamiento 14.....	116
Figura 28 Variación del porcentaje de acidez láctica promedio del tratamiento 14 .....	118
Figura 29 Comparación entre parámetros del modelo de Gompertz entre los procesos a escala de laboratorio y escala piloto. ....	120
Figura 30 Variación del contenido de ácido láctico durante el tiempo de fermentación en los procesos a escala de laboratorio y escala piloto (en líneas punteadas los valores predichos por el modelo de Gompertz).....	121

## Índice de Anexos

Anexo 1. Ficha técnica del consorcio Garlac .....	152
Anexo 2. Informe de análisis fisicoquímico del estiércol porcino .....	154
Anexo 3. Informe de análisis microbiológico del estiércol porcino.....	155
Anexo 4. Informe de análisis fisicoquímico del ALOA porcino.....	156
Anexo 5. Informe de análisis microbiológico del ALOA porcino .....	157
Anexo 6. Valores de pH de los 16 tratamientos por cada repetición .....	158
Anexo 7. Anova factorial tratamiento por tiempo para el pH.....	160
Anexo 8. Análisis de varianza para el pH “DCA” en cada tratamiento .....	161
Anexo 9. Ajuste a modelo lineal del pH por día de análisis.....	177
Anexo 10. Valores del porcentaje de acidez láctica de los 16 tratamientos por cada repetición .....	182
Anexo 11. Análisis de varianza factorial para el tiempo y tratamiento.....	184
Anexo 12. Análisis de varianza “DCA” en cada tratamiento.....	185
Anexo 13. Ajuste a modelo lineal de la acidez por día de análisis .....	201
Anexo 14. Anova del modelo cúbico con variable de proceso para el porcentaje de acidez láctica .....	206
Anexo 15. Anova del modelo cúbico con variable de proceso para el pH.....	207
Anexo 16. Valores de pH de los tres tratamientos por cada repetición.....	208
Anexo 17. Valores del porcentaje de acidez láctica de los tres tratamientos por cada repetición .....	209
Anexo 18. Anova factorial tratamiento por tiempo para la variación de la acidez en la segunda etapa de la investigación .....	210
Anexo 19. Anova factorial tratamiento por tiempo para la variación del pH en la segunda etapa de la investigación.....	211
Anexo 20. Valores de pH del tratamiento T14 por cada repetición .....	212
Anexo 21. Valores de porcentaje de acidez láctica del tratamiento T14 por cada repetición ...	212
Anexo 22. Ajuste a Modelo de Gompertz.....	213
Anexo 23. Panel fotográfico.....	217

## Símbolos

**ALOA:** Abono líquido orgánico acelerado.

**BAL:** Bacterias ácido lácticas.

**AL:** Ácido láctico.

**CENAGRO:** Censo Nacional Agropecuario.

**APP:** Asociación Peruana de Porcicultores.

**MINAGRI:** Ministerio de Agricultura y Riego.

**UNALM:** Universidad Nacional Agraria La Molina.

**UNAL:** Universidad Nacional de Colombia.

**pH:** Potencial de hidrógeno.

**E. coli:** Escherichia coli.

**NaOH:** Hidróxido de sodio.

**N:** Nitrógeno.

**P:** Fósforo.

**K:** Potasio.

## Resumen

El objeto de la investigación fue evaluar la calidad del Abono Líquido Orgánico Acelerado (ALOA) producido por fermentación láctica de estiércol porcino obtenido de la Asociación de porcicultores de Saracoto Alto, ubicada en Cajamarquilla - Lurigancho Chosica.

La ejecución del estudio se estableció en 3 etapas, la primera consistió en elaborar 48 biofermentos (16 tratamientos por triplicado) de la combinación de 7 concentraciones de Mezcla Base (100, 95, 90, 85, 80, 75 y 70%), y 4 de Melaza y Garlac (0, 5, 10 y 15 %), se incubaron por 5 días y ampliando su estabilidad por 20 días, evaluándose el pH, porcentaje de acidez láctica, presencia de hongos, olores y costos de insumos para seleccionar el mejor tratamiento. Se utilizó un diseño de mezcla simple. La segunda consistió en analizar nuevamente los mejores tratamientos (T10, T13, T14) a las mismas condiciones, con el fin de confirmar los resultados y elegir el mejor tratamiento. Se empleó un diseño factorial completo. Por último, la tercera consistió en replicar a escala piloto (15kg) el tratamiento elegido T14 (80% MB, 15% Melaza, 5% Garlac) por triplicado, evaluándose los parámetros pH y porcentaje de acidez láctica durante 5 días y su estabilidad por 20 días. Se usó un Diseño factorial completo de dos vías. Además de efectuar la caracterización fisicoquímica y microbiológica, para determinar la concentración de nutrientes y la inocuidad del ALOA.

Los resultados de los análisis manifestaron que el ALOA porcino posee un potencial de aprovechamiento ya que presenta un pH ácido y concentraciones superiores de macronutrientes en comparación con otros ALOA de origen animal. Asimismo, no presenta riesgo microbiano debido a la eliminación de la carga microbiana y parasitaria por el grado de acidez alcanzado.

**Palabras clave:** calidad, ALOA, fermentación láctica, estiércol porcino, melaza, Garlac, pH, porcentaje de acidez láctica.

## Summary

The object of the research was to evaluate the quality of Accelerated Organic Liquid Fertilizer (ALOA) produced by lactic fermentation of pig manure obtained from the Saracoto Alto Pig Farmers Association, located in Cajamarquilla - Lurigancho Chosica.

The execution of the study was established in 3 stages, the first consisted of elaborating 48 bioferments (16 treatments in triplicate) from the combination of 7 concentrations of the Base Mix (100, 95, 90, 85, 80, 75 and 70%), and 4 of Molasses and Garlac (0, 5, 10 and 15%), were incubated for 5 days and extended their stability for 20 days, evaluating the pH, percentage of lactic acidity, presence of fungi, odors and input costs to select the best treatment. A simple mix design was used. The second consisted of re-analyzing the best treatments (T10, T13, T14) under the same conditions, in order to confirm the results and choose the best treatment. A full factorial design was used. Finally, the third consisted of replicating on a pilot scale (15kg) the chosen treatment T14 (80% MB, 15% Molasses, 5% Garlac) in triplicate, evaluating the parameters pH and percentage of lactic acidity for 5 days and its stability by 20 days. A two-way full factorial design was used. In addition to carrying out the physicochemical and microbiological characterization, to determine the concentration of nutrients and the safety of ALOA.

The results of the analyzes show that porcine ALOA has a potential for use since it has an acidic pH and higher concentrations of macronutrients compared to other ALOA of animal origin. Likewise, it does not present a microbial risk due to the elimination of the microbial and parasitic load due to the degree of acidity reached.

**Keywords:** quality, ALOA, lactic fermentation, pig manure, molasses, Garlac, pH, percentage of lactic acidity.

## **CAPITULO I:**

### **EL PROBLEMA**

#### **1.1. Identificación del problema**

Durante los últimos años, la producción de porcinos ha tenido un importante crecimiento debido a la demanda de carne de cerdo en el mercado internacional, paralelamente se han generado problemas ambientales en el medio ambiente como la contaminación de diversos cuerpos de agua y el suelo donde son descargadas sus desechos, además la presencia de vectores y de emisiones atmosféricas causantes de los malos olores (I. Cervantes, 2014).

En México durante los años 2000 y 2010, la industria porcina tuvo un incremento de 15 %, pasando de una producción de 14 millones a 15 millones de cerdos anualmente (Garzón-Zúñiga & Buelna, 2014).

Asimismo, la porcicultura en confinamiento también conocida como intensiva y de tipo familiar, ha crecido de manera continua en los últimos años, lo que ha contribuido en gran medida al desarrollo del Perú. A nivel nacional existen alrededor de 3'254,000 cerdos, siendo el departamento de Lima el mayor productor, con 650,000 cerdos, que representa el 42 % de la producción total del país (APP citado por Moreno, 2019).

La actividad porcina a nivel nacional, ha pasado por cambios tecnológicos significativos en las últimas décadas, con la finalidad de aumentar la productividad y reducir los costos de producción, en tanto omitiendo los efectos negativos que provoca al ambiente. Asimismo, hay una gran cantidad de granjas porcinas que cuentan con las instalaciones inadecuadas para el manejo, tratamiento y disposición final del estiércol porcino. Por otro lado, las empresas porcinas que no cuentan con un plan de manejo de

residuos sólidos degradan los recursos de agua, suelo y aire provocando daños al medio ambiente (Pinos et al., 2012).

El inadecuado manejo del estiércol puede impactar de manera negativa en el suelo ocasionando derrames de las mismas sobre el terreno, salinización, contaminación de napas subterráneas con nitrógeno y la eutrofización de las aguas superficiales (Castillo citado por Moreno, 2019).

Según Iparraguirre (2007) el estiércol es el resultado del alimento que el animal come y no absorbe, formando productos de desechos de la digestión. Guerrero (1993) menciona que sólo una pequeña parte de los alimentos que consumen los animales es absorbida y aprovechada por su organismo, mientras que el resto (alrededor del 80%) contiene nutrientes que se eliminan después de la digestión. Sin embargo, emite gases contaminantes que causan cambios fisiológicos y psicológicas en las personas, afectando la salud de los pobladores que laboran en la granja o los que viven en las zonas aledañas (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), 2009).

Sin embargo, constituye un excelente fertilizante biológico para nutrir a cultivos, porque contiene una gran cantidad de macronutrientes y micronutrientes, por ejemplo, hierro (Fe), zinc (Zn), cobre (Cu) y manganeso (Mn), así como nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) y sodio (Na) (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), 2007).

En Europa, Estados Unidos, Chile, Brasil o México, el aprovechamiento agronómico de los efluentes porcinos es la alternativa más difundida, su aplicación como abono orgánico para cultivo es una práctica agrícola que promueve estrategias ambientalmente sostenibles para la protección del ambiente, además es un recurso esencial para la

producción de cultivos y biogás, no obstante el costo económico para poder tratar estos residuos varía según sea el país y el sistema de producción (Coma & Bonet, 2004).

El presente estudio consiste en elaborar y evaluar la calidad del Abono Líquido Orgánico Acelerado (ALOA) producido por fermentación láctica de estiércol porcino obtenido de la Asociación de porcicultores de Saracoto Alto, ubicada en Cajamarquilla, distrito de Lurigancho Chosica.

No obstante, la crianza de estos cerdos no cumple con los estándares sanitarios necesarios, debido a que los porcicultores realizan un inadecuado manejo de los residuos orgánicos del ganado, estos son descargados de manera libre al ambiente, lo que produce olores desagradables, vectores, focos infección, alteración del paisaje, y contaminación del suelo y aire.

En este sentido, resulta evidente investigar y analizar las tecnologías de aprovechamiento de los residuos orgánicos, porque son un recurso agrícola de gran valor, por su potencial para mejorar la calidad de la materia orgánica y el contenido de nutrientes de los suelos.

## **1.2. Justificación**

La elaboración del Abono Líquido Orgánico Acelerado (ALOA) producido por la fermentación láctica de estiércol porcino generará impactos positivos en el aspecto social, cultural, económico y ambiental. En cuanto a la relevancia social, la importancia de esta investigación para la Asociación de porcicultores de Saracoto Alto, se verá reflejada en un ambiente ordenado y libre de excretas expuestas. A pesar que se trabajará solo con la asociación mencionada, también impactará a las asociaciones aledañas a la misma, pues a través de las actividades que se desarrollarán, se manifestara a las demás asociaciones los beneficios y la importancia de adquirir buenas prácticas para el manejo del estiércol

porcino. Mientras que la relevancia cultural, el estudio busca concientizar a los porcicultores de Saracoto Alto acerca del interés de aprovechar el estiércol de cerdo, generando hábitos sanos que puedan ser transmitidos hacia su entorno social (familia, amigos, vecinos).

En cuanto a la relevancia económica, ayuda a disminuir gastos económicos en la compra de productos químicos y servir como iniciativa de creación de negocio para la elaboración de productos orgánicos, elaborados a base de estiércol de porcino, y de esta manera generar nuevos ingresos a los porcicultores.

Además, posee una utilidad teórica, con el estudio se busca plasmar y dar a conocer a posteriores investigaciones sobre las teorías y beneficios de la implementación de una gestión integral de residuos sólidos orgánicos.

Por otro lado, en cuanto a los beneficios ambientales contribuye con la conservación de los recursos naturales mediante la agricultura ecológica, debido a que este producto se obtiene a partir del aprovechamiento de desechos orgánicos permitiendo mejorar las características del suelo.

En ese sentido, la presente investigación permite reducir la cantidad de desechos sólidos que son vertidos en los botaderos logrando mitigar los impactos ambientales provocados que esto origina. Asimismo, promueve la valorización del estiércol porcino generado en las granjas, logrando convertirlo en un recurso de aprovechamiento para la elaboración de nuevos productos y de esta manera cumplir con las disposiciones técnicas establecidas en la normativa vigente de los residuos sólidos.

### **1.3. Presuposición filosófica**

El aprovechamiento de los residuos sólidos nos permite conservar y respetar el medio ambiente, es una forma de amar a Dios y al prójimo, porque al cuidar lo que él ha creado lo honramos y lo respetamos al no destruir nuestro patrimonio ambiental para que las generaciones futuras puedan gozar de ella.

Desde el punto de vista teológico, Dios es el Creador de los recursos naturales (agua, aire y suelo), la vegetación y los animales. Todo esto lo creo para el sustento del ser humano, para que tuviera los recursos necesarios y pudiera sobrevivir. Sin embargo, él no solo creo la naturaleza para su consumo racional, sino también para su protección y preservación, porque de estos bienes dependerá la supervivencia de la humanidad (Génesis 1:28; Levítico 25:2-5).

Asimismo, Dios creo la naturaleza para darnos un ambiente sano donde el hombre pueda habitar, desarrollarse y vivir en armonía con su entorno, teniendo como consigna mantener el cuidado del mismo haciendo uso correcto de los recursos que extrae y evitando alterarlo con contaminantes que tarde o temprano nos afectaran (Génesis 2:15).

Es por esa razón, que nosotros somos considerados como mayordomos de la Creación Divina, teniendo la responsabilidad de cuidar el ambiente que Dios nos ha regalado, a través del uso responsable de los recursos y la no contaminación de los mismos (Departamento de Comunicación de la División Sudamericana Adventista, 2010).

Según Valtueña (2002) debemos vivir en armonía con la naturaleza recordando que esta tiene un valor intrínseco, y además comprender que los recursos naturales son limitados y para derrotar al consumismo debemos utilizar nuestro legado natural con sobriedad y responsabilidad.

Teniendo en cuenta estos principios, debemos ser conscientes del uso sostenible de los recursos que la naturaleza nos ofrece y por consiguiente es fundamental valorizar ciertos residuos sólidos que se generan de nuestras actividades diarias para que puedan ser empleados nuevamente en el proceso productivo. Con ello, contribuimos a minimizar la generación de residuos, prolongar la vida útil de los rellenos sanitarios y a disminuir la contaminación ambiental.

#### **1.4. Objetivos**

##### **1.4.1. *Objetivo general***

Evaluar la calidad del Abono Líquido Orgánico Acelerado (ALOA) producido por fermentación láctica de estiércol porcino obtenido de la Asociación de porcicultores de Saracoto Alto, ubicado en Cajamarquilla, distrito de Lurigancho Chosica.

##### **1.4.2. *Objetivos específicos***

- Caracterizar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del estiércol porcino.
- Determinar las proporciones de Mezcla base, melaza y Garlac para la obtención del ALOA mediante fermentación láctica.
- Seleccionar el mejor tratamiento del ALOA a escala laboratorio y replicarlo a escala piloto.
- Caracterizar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del ALOA porcino.

## CAPITULO II:

### REVISIÓN DE LA LITERATURA

#### 2.1. Antecedentes

Se han efectuado diferentes investigaciones en lo que concierne a utilización de residuos porcinos como abonos orgánicos:

Cervantes, Saldívar-Cabrales y Yescas (2007), en su artículo titulado “Estrategias para el aprovechamiento de residuos porcinos en la agricultura” llevado a cabo en Sonora, México. El estudio tuvo como finalidad dar a conocer estrategias para el aprovechamiento de desechos de cerdos producidos en Sonora para su aplicación en la agricultura. Se presentó diversos métodos tanto para emplear los residuos porcinos con distintos fines, como para reducir sus impactos ambientales. La digestión anaerobia se determinó como una opción para transformar la materia orgánica de los residuos de cerdos en biogás. Por otro lado, los nutrientes nitrógeno y fósforo, los cuales son cuantiosos en las aguas residuales porcinas, consiguen ser recobrados en modo de estruvita, un mineral con extraordinarias propiedades fertilizantes. Se concluye que el uso de la digestión anaerobia para tratar los residuos de cerdos no solo puede transformarse en un proceso para reducir la contaminación originada; asimismo, en un área de oportunidad por los subproductos que se obtienen junto con otros procesos, como la elaboración de estruvita.

León (2010), desarrolló la tesis de maestría que lleva por título: “Alternativas para la utilización del estiércol de cerdo en la agricultura”, el cual tuvo como propósito caracterizar y evaluar opciones de aprovechamiento de residuos de cerdo sobre el suelo, el desarrollo y rendimiento de diversos cultivos. El estiércol de cerdo (EC) se empleó en la producción de compost con distintos restos vegetales: boniato (B), plátano (P), frijol (F) y paja de arroz (PA). La investigación se realizó en la Estancia del porcicultor Ernesto

Morales correspondiente al Municipio de Encrucijada (Cuba), las variantes estudiadas fueron: EC (50%) + B (50%); EC (50%) + P (50%); EC (50%) + F (50%); EC (50%) + PA (50%); EC (25%) + B (75%); EC (25%) + P (75%); EC (25%) + F (75%); EC (25%) + PA (75%). Se efectuó el análisis químico y biológico del compost generado, se prepararon dos ensayos con dichos sustratos. Las conclusiones son que a partir del estiércol de cerdo se obtiene un compost de muy buena condición en un lapso entre 60 a 90 días, además los rendimientos sobre el suelo son certeros, incluso mayores a la fertilización química.

Toalombo (2013), en su investigación titulada “Aplicación de abonos orgánicos líquidos tipo biol al cultivo de mora (*Rubus glaucus* Benth)” realizado en Ambato, Ecuador. El objeto del trabajo fue determinar una opción tecnológica sobre el empleo de fertilizantes líquidos a partir de estiércol animal para optimizar la elaboración en el cultivo de mora. El estudio se realizó en la hacienda de la Sra. Cristina Yumbopatin, localizada en la comunidad Apatug Arriba San Pablo. Las variantes fueron las siguientes: Tipo de biol (A1 - estiércol bovino, A2 - estiércol cuy, A3 - estiércol cerdo) y Frecuencia de aplicación (B1 - 7 días, B2 - 14 días y B3 - 21 días). La metodología fue de tipo experimental - explicativo, se trató de saber la eficiencia de los procedimientos usados y hallar una justificación técnica de los resultados conseguidos. Los resultados demostraron que la aplicación del biol producido con estiércol de cuyinaza a una frecuencia cada 14 días, genero excelentes resultados en el crecimiento de las plantas, aumentando la elaboración del cultivo de mora. Siendo desde el punto de vista agronómico, el tipo de biol y la frecuencia adecuada para la utilización de dicho fertilizante, cooperando al progreso de la agricultura orgánica y reduciendo la necesidad de los productos químicos.

Cano y otros (2016), en su artículo titulado “Caracterización de bioles de la fermentación anaerobia de excretas bovinas y porcinas” desarrollado en el Instituto

Tecnológico del Altiplano de Tlaxcala (ITAT), México. El estudio tuvo como objetivo conocer la calidad nutricional, y la estabilidad fisicoquímica de bioles generados de la fermentación anaerobia de Sistemas Biobolsa. Dos Sistemas Biobolsa se colocaron en el sector agropecuario del ITAT, en dichos sistemas se llevó a cabo la fermentación anaerobia de estiércoles bovinos y porcinos en proporción 1:3 y 1:2, por un periodo de dos meses. Las muestras de biol se tomaron al egreso de ambos sistemas. En los bioles se monitoreó a diario pH, T°, CE, OD, SDT, SV, ST, potencial oxidoreducción (ORP), porcentaje de cloruro de sodio, cenizas, humedad, P, PO<sub>4</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, N, Na, K, Ca, Mg, Zn y Cu. Con ayuda de un potenciómetro se determinó pH, CE, SDT y NaCl; y con un analizador multiparamétrico se evaluó OD y ORP. Con procedimientos gravimétricos se halló humedad, ST, SV, y cenizas; los macronutrientes se calcularon con un analizador de nutrientes, en cambio los micronutrientes con un espectrofotómetro de absorción atómica. Todos los análisis se ejecutaron doble. Las conclusiones son que los Sistemas Biobolsa demostraron estabilidad en su operación, según la T° y el pH. Por otro lado, se encontró diferencia representativa en Ca y Mg entre las excretas. El biol bovino presentó 8.94 mS cm<sup>-1</sup>, 658.9, 80.9 y 581 ppm en CE, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, PO<sub>4</sub>, y K<sup>+</sup>; y 8.4 mS cm<sup>-1</sup>, 745, 80.9, 39 y 521 ppm el biol de cerdo. El contenido de nutrientes de los dos abonos líquidos facilita su uso como enriquecedores de fertilizantes.

Huamán (2015), en el estudio titulado: “Diseño de un biogestor tubular para producir biogás y biol a partir de excretas de porcinos en la Empresa Chachaspuro en la provincia de la Mar, San Miguel - Ayacucho” de la Universidad Alas Peruanas, tuvo como objetivo diseñar un biogestor tubular a partir de excretas de porcinos para producir biogás y biol en la Empresa Chachaspuro. La investigación fue experimental, se realizaron pruebas al estiércol de porcinos, con esto se buscó determinar la acidez o alcalinidad de la materia orgánica una vez mezclada con agua en una relación de 1:3. Luego de diez días de

digestión, se le agrego suero de vaca y azúcar lo que acelero el proceso, incrementando la generación de biogás a los 30 días. Se realizaron las mediciones de: volumen de biogás, volumen de biol y medición de pH biol. Los resultados demuestran que la muestra de estiércol-agua obtuvo una medición de pH 7.4, esto quiere decir que es neutro y favorece el proceso. Los cálculos obtenidos apuntaron a un biogestor tubular con una longitud de 3.60 m, un ancho 1.25 m, un radio 0.4 y con un volumen 4.224 m<sup>3</sup> que podrá aliviar para el consumo en la empresa actualmente. En lo referente al biol se ha obtenido un volumen de 20 litros que se produjo en el biogestor en el primer mes (abril) y aumento en el mes de junio.

Ramírez y Valverde (2013) en Trujillo, desarrollaron un estudio de factibilidad tecnológica sobre la biodigestión utilizando el estiércol de cerdo del distrito de la Esperanza, el objetivo de la investigación fue estudiar la digestión anaerobia en los rangos psicrófilico y mesófilico mediante el uso estiércol porcino en diferentes concentraciones con dos diluyentes como el agua y la orina. En los criaderos de ganado de porcino colocaron in situ digestores experimentales tipo batch de 225 L; como resultado del estudio se obtuvo que se puede producir biogás a partir de estiércol con concentraciones de sólidos volátiles.

## **2.2. Marco Teórico**

### **2.2.1. *Normatividad***

#### **2.2.1.1. *Normativa internacional***

Internacionalmente, se tomaron en consideración las normativas que reglamenten el mayor porcentaje de material fertilizable, gran parte regulan el compost. Dicho abono es el que más reglamentación posee en todo el mundo. Las normativas internacionales consideradas en el estudio se manifiestan en la Tabla 1.

**Tabla 1 Normativas internacionales**

<b>Nombre</b>	<b>Documento</b>	<b>Objeto</b>
Norma Chilena N° 2880 <sup>1</sup>	NCH 2880 - 2004 Compost clasificación y requisitos	Establecer la clasificación y requisitos de calidad del compost elaborado mediante residuos orgánicos y de otros materiales orgánicos propiciados por la actividad humana, mantención de parques y jardines, entre otros.
Norma Técnica Colombiana 5167 <sup>2</sup>	NTC 5167 - 2004 Productos para la industria agrícola. Productos orgánicos utilizados como abonos y enmiendas de suelo	Establecer los requerimientos que deben efectuar y las pruebas a los cuales deben estar sujetos los productos orgánicos empleados como abonos y enmiendas de suelo.
Real Decreto Español 506 <sup>3</sup>	RDE 506 - 2013 sobre productos fertilizantes	Establecer la reglamentación de los productos fertilizantes, y las normas esenciales de cooperación con las comunidades autónomas.

Nota. Recuperado de <sup>1</sup>Instituto Nacional de Normalización de Chile (2004); <sup>2</sup>Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (2004); <sup>3</sup>Ministerio de la Presidencia de España (2013)

#### **2.2.1.2. Normativa nacional**

En la legislación del Perú, no hay ninguna normativa que haga referencia sobre los fertilizantes orgánicos que establezcan los requisitos aplicables, procedimientos, parámetros, entre otros. Sin embargo, hay disposiciones ambientales que definen las obligaciones, derechos y responsabilidades de la sociedad para garantizar la gestión integral de los residuos sólidos, las cuales se detallan en la Tabla 2.

**Tabla 2 Normativas nacionales**

Nombre	Objeto	Artículo
Constitución Política del Perú 1993 <sup>1</sup>	-	El artículo 2 señala que toda persona tiene derecho a la paz, la tranquilidad, el ocio y el descanso, así como disfrutar de un ambiente equilibrado y adecuado para el desarrollo de su vida.
Política Nacional del Ambiente D.S N° 012- 2009- MINAM <sup>2</sup>	Mejorar la calidad de vida de las personas asegurando la supervivencia de los ecosistemas saludables durante los años; y el desarrollo sostenible del país.	-
Ley General del Ambiente Ley N° 28611 <sup>3</sup>	Determina principios y normas básicas para garantizar el efectivo ejercicio del derecho a un ambiente sano, equilibrado y adecuado para el desarrollo de la vida, así como el cumplimiento de sus obligaciones para contribuir con gestión ambiental efectiva y la protección al medio ambiente.	El artículo 1 señala que toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente sano, equilibrado y adecuado para su desarrollo integral de la vida, y la obligación de contribuir a una gestión ambiental efectiva y a la protección del ambiente, así como sus componentes, velar por la salud de las personas en forma individual y

<p>Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos D.L N° 1278- 2017- MINAM<sup>4</sup></p>	<p>Establece obligaciones, derechos atribuciones y responsabilidades frente a la sociedad, con el objetivo de garantizar la eficiencia en el uso de los materiales y asegurar una gestión integral de los residuos sólidos económica, sanitaria y ambientalmente adecuada.</p>	<p>colectiva, la preservación de la diversidad biológica.</p> <p>El artículo 2 menciona que la gestión integral de los residuos sólidos en el país tiene como primera finalidad la minimización de la generación en la fuente, frente a cualquier otra alternativa. En segundo lugar, respecto a los residuos generados, se prefiere la recuperación y la valorización material y energética de los residuos sólidos.</p>
<p>Reglamento Técnico para los Productos Orgánicos D.S N° 044-2006-AG 5</p>	<p>Define y norma sobre la producción, transformación, etiquetado, certificación y comercialización de los productos denominados ORGÁNICO, ECOLÓGICO, BIOLÓGICO, así como todas sus inflexiones y derivaciones, las que se denominarán de forma genérica PRODUCTOS ORGÁNICOS.</p>	<p>- El artículo 11 menciona que el uso de abono en el suelo con estiércol animal debe ser antes de un tratamiento como el compost.</p> <p>- El artículo 23 menciona que el manejo de las excretas de los animales debe complementar un proceso de fermentación para evitar focos infecciosos.</p>

Reglamento de  
Manejo de los  
Residuos Sólidos del  
Sector Agrario  
D.S N° 016-2012-AG

6

Normar la gestión integral de los residuos sólidos del Sector Agrario, en forma sanitaria y ambientalmente adecuada, con los principios de prevención y minimización de riesgos ambientales, así como la protección de la salud y el bienestar de la persona humana.

El artículo 29 menciona que la gestión y manejo de los residuos de la crianza y faenamiento de animales mayores (bovinos, porcinos, ovinos, camélidos sudamericanos domésticos, caprinos y équidos).

Por otro lado, menciona que los excrementos de los animales con restos de cama, alimentos y agua en cantidades variables, son el resultado del sistema productivo de los animales y presentan consistencia líquida, con un contenido de sólidos menor al 12% pueden ser utilizados en los cultivos agrícolas como abono orgánico, sin embargo deberán disponer de balsas de estiércol, cercadas e impermeable, natural o artificial, para evitar los riesgos de infiltración y contaminación de los cuerpos de agua.

El tratamiento de los excrementos de los animales, pueden realizarse a través de secado artificial, compostaje u otros, con el objetivo de

convertirlo en un producto orgánico con características óptimas para el uso en cultivos agrícolas. Además, pueden ser valorizados energéticamente, a través de técnicas de fermentación anaerobia, para la producción y el uso de biogás.

---

Nota. Recuperado de <sup>1</sup>Congreso Constituyente Democrático (1993); <sup>2</sup>Ministerio del Ambiente (2009); <sup>3</sup>Congreso de la República del Perú (2005); <sup>4</sup>Ministerio del Ambiente (2017a); <sup>5</sup>Ministerio de Agricultura y Riego (2006); <sup>6</sup>Ministerio de Agricultura y Riego (2012)

### 2.2.2. *Actividad porcina en el Perú*

CENAGRO (2012) informo que la población porcina en Perú es aproximadamente 2'224.000, sin embargo esta cantidad ha ido variando con el pasar de los años, donde la Asociación Peruana de Porcicultores (APP), en el 2017, difundió la existencia de más de 3'254.000 porcinos, 32 % mayor a lo declarado anteriormente.

La carne de cerdo es la que más se consume en todo el mundo, a pesar de ello Perú es una excepción; según MINAGRI (2018) el consumo per cápita de carne porcina en el país fue 6.5 kg/persona/año, resultando la cifra más baja a comparación de otros países de América del Sur, tal como se contempla en la Tabla 3.

**Tabla 3 Consumo de cerdo en diferentes países de América del Sur**

<b>País</b>	<b>Consumo (kg/persona/año)</b>
Estados Unidos	30.00
Chile	26.00
Paraguay	16.00
Brasil	14.00
Argentina	14.00
Ecuador	10.00
Colombia	7.80
Perú	6.50

Nota. Recuperado de MINAGRI (2018)

MINAGRI (2018) menciona que la principal producción de cerdos se ubica en la costa central con 55%, luego por la costa sur con 24%, costa norte con 15% y oriente con 4%. Siendo la región de Lima con la más grande producción, alrededor de 72.8 mil toneladas de cerdos son beneficiados al año, lo cual equivale al 45 % de la producción nacional (MINAGRI, 2020). Esta productividad se debe a factores como mayor consumo porcino,

incremento de granjas tecnificadas, aumento de población de vientres en criaderos y su apoyo en el abasto a los esenciales centros consumidores.

La elaboración de carne porcina es la tercera carne más producida en el Perú, a pesar de ello, su producción sigue siendo muy baja en comparación con las aves y la carne vacuna, como se precisa en la Tabla 4.

**Tabla 4 Producción pecuaria por especie en el año 2018**

<b>Especie</b>	<b>Producción (miles de toneladas)</b>
Ave	2058.1
Vacuno	372.0
Porcino	219.9
Ovino	84.2
Alpaca	28.2
Caprino	12.4
Llama	8.9

Nota. Recuperado de MINAGRI (2019)

Sobre los niveles de crianza en la porcicultura peruana, MINAGRI (citado por Suero, 2016) establece que existen tres niveles de crianza, los cuales son:

- **Crianza de traspatio o de nivel tecnológico bajo:** Se caracteriza por ser rentable por los limitados recursos usados y el escaso uso de mano de obra calificada. La crianza de cerdos se suele llevar a cabo juntamente con animales herbívoros, y su dieta está integrada por derivados agrícolas y residuos de comida casera (Figura 1). Además, este tipo de crianza no aplica tecnología idónea para su aprovechamiento, no realizan mejoramiento genético, hay poca productividad y mínimo control sanitario.



*Figura 1* Crianza de cerdos de traspatio.

- **Crianza semitecnificada o de nivel tecnológico medio:** Se caracteriza por utilizar tecnología de forma manual o mecánica. Los cerdos de crianza son criollos y cruces con razas mejoradas, todos confinados en corrales, y su alimentación está compuesta por alimento balanceado y restos orgánicos en menor magnitud (Figura 2). Asimismo, este tipo de crianza cuenta con algunas nociones de zootecnia para su beneficio y aplican un correcto programa de vacunación.



*Figura 2* Crianza de cerdos semitecnificada.

- **Crianza tecnificada o de nivel tecnológico alto:** Se caracteriza por disponer de una buena tecnología y de procesos automáticos que facilitan el manejo de una amplia cantidad de animales (Figura 3). Se emplean cerdos de razas mejoradas, su alimentación está compuesta de mezclas balanceadas comerciales o preparadas. También, este tipo de crianza cuenta con condiciones propicias para conseguir mejores beneficios productivos, manejo diferencial acorde a edades y sexo, manejo de excretas porcinas, tratamientos curativos y un plan sanitario riguroso.



*Figura 3* Crianza de cerdos tecnificada.

### **2.2.3. Problemas ambientales de la actividad porcina**

En los últimos años el inadecuado manejo del estiércol de porcino es considerado como uno de los problemas ambientales más apremiante en el Perú. Existen centros de crianza de cerdos que no cuentan con sistemas de manejo, o caso contrario se encuentran en malas condiciones, o el diseño no es inadecuado (Periódico Granma citado por León, 2010, p. 8).

El incremento de la producción de cerdos aumentó la cantidad de estiércol producido por área. Los contaminantes del estiércol de cerdo contiene concentraciones altas de patógenos y constituyen un riesgo de desequilibrio biológico, cuando existe un inadecuado manejo (Peña et al., 2002).

La crianza del ganado porcino, a pesar de su gran importancia económica por su alta demanda de alimentos para consumo humano, es considerada como una actividad potencialmente contaminante por las autoridades de fiscalización ambiental (Perdomo y Lima citado por León, 2010).

Asimismo, el estiércol porcino es uno de los residuos más controversiales debido a su volumen generado y sus propiedades físicas y químicas que dificultan su manejo (Ministerio del Medio Ambiente de Colombia, 2002). A continuación, se detalla los siguientes efectos:

- **Efectos en el agua**

Las granjas porcinas generan aguas residuales, que afectan a las fuentes de aguas superficiales y subterráneas, con incidencias distintas según la composición del estiércol que se considere (Informe Charco Hondo citado por León, 2010, p. 9).

Los microorganismos que se encuentran en el medio absorben la materia orgánica aumentando su biomasa, alterando el equilibrio de los cuerpos de agua, lo cual provoca la eutrofización, que es el enriquecimiento excesivo en nutrientes presentes en el agua, contienen nitrógeno y fósforo, lo que genera una disminución en la cantidad de oxígeno disuelto en el agua. El agua eutrofizada es de alto riesgo, afecta la calidad de las masas de agua provocando un olor nauseabundo ocasionado pérdidas en la biodiversidad y su consumo puede afectar a la salud humana (Comité Técnico de Normalización de Gestión Ambiental de Cuba, 2007) (Figura 4).



*Figura 4* Proceso de eutrofización.

- **Efectos en el suelo**

León (2010) señala que los daños causados por la dispersión de fuertes cargas orgánicas en el medio son el resultado de los productos liberados durante su descomposición. Se estima entre 30 a 50% hay un alto contenido de materia orgánica de los residuos de estiércol de porcino, y además contienen compuestos que van a ser susceptibles de oxidación. La parte sólida del estiércol ocasiona una acción mecánica que consiste en la colmatación por taponamiento de los poros del suelo, reduciendo su capacidad de drenaje del terreno. Luego comienza la acción química que produce la degradación estructural del suelo, por la acción del sodio (Na); y finalmente se genera la acción biológica que consiste en el desarrollo de microorganismos potencialmente patógenos para los animales y el ser humano (Figura 5).

El nitrógeno (N) aportado en el suelo provoca efectos tóxicos si la concentración es superior a  $4 \text{ gr.kg}^{-1}$ , causa problemas en la producción, fertilidad del suelo y contaminación de aguas subterráneas.



*Figura 5* Degradación del suelo.

- **Efectos en el aire**

Los compuestos volátiles es causado por la porcicultura, que alteran las características de la atmósfera, emitiendo emisiones de metano y amoníaco (León, 2010) (Figura 6).

El metano se origina por la descomposición bacteriana de la materia orgánica en condiciones anaeróbicas. Actualmente se han liberado 500 millones de toneladas anuales en la atmósfera, el 70% es ocasionado por las actividades en la agricultura y la ganadería. El CO<sub>2</sub> y el CH<sub>4</sub> son gases que absorben las radiaciones infrarrojas que proceden de la superficie de la tierra, formando una capa que no permite que el calor se elimine hacia el espacio, dando lugar al efecto invernadero.

El amoníaco (NH<sub>3</sub>) se evapora en la orina, aproximadamente el 85% proviene de los alojamientos de los cerdos. Las deposiciones de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> son transformadas muy rápidamente en NO<sub>3</sub><sup>-</sup> por nitrificación, lo cual conlleva la acidificación del suelo, como consecuencia, muchas especies vegetales, características de ecosistemas frágiles, pueden desaparecer (Montserrat y col citados por León, 2010, p. 13).

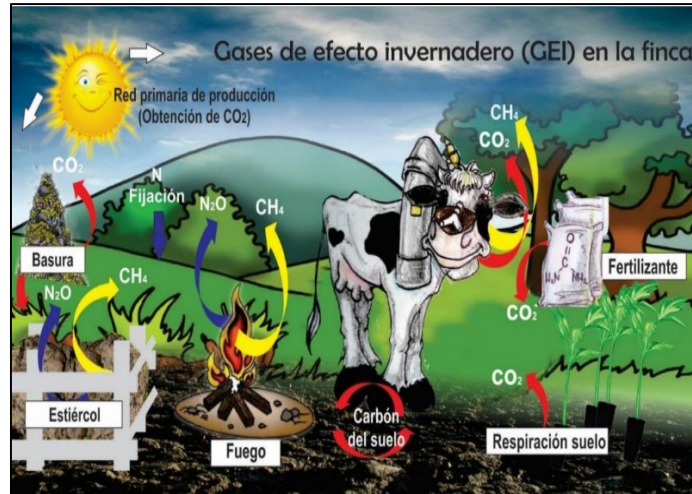


Figura 6 Gases de Efecto Invernadero.

#### 2.2.4. *Estiércol porcino*

Peralta (2005) denomina al estiércol de cerdo como desecho producido por el sector porcícola, está compuesto por la combinación de excretas sólidas (55%) y orinas (45%). Desde el punto de vista físico, el estiércol porcino está formado por un material heterogéneo de coloración oscura conformado por deyecciones sólidas y líquidas, restos de comida y agua de limpieza proveniente de los criaderos. Sosa (citado por Carranza, 2017) menciona que el estiércol porcino es visto como un potencial contaminante ambiental, sin embargo, mediante su aprovechamiento se puede producir valiosos recursos que contribuyen a una porcicultura sostenible (Figura 7).



se obtiene por cada animal acorde a su fase fisiológica, debido a que estos datos facilitan la planificación y la toma de decisiones dentro del manejo de residuos porcinos. Penz (citado por Mariscal, 2007) provee información de la producción de excretas generadas al día de acuerdo con la fase del cerdo (Tabla 5).

**Tabla 5 Producción de excretas por etapa del cerdo (diaria)**

<b>Etapa del cerdo</b>	<b>Excretas (kg/día)</b>	<b>Excretas + Orinas (kg/día)</b>	<b>Vol. (L/día)</b>	<b>Vol. (m<sup>3</sup>/animal/mes)</b>
Lechón	0.35	0.95	1.40	0.05
25 - 100 kg	2.30	4.90	7.00	0.25
Semental	3.00	6.00	9.00	0.28
Hembra	3.60	11.00	16.00	0.48
Hembra lactación	6.40	18.00	27.00	0.81
Promedio	2.35	5.80	8.60	0.27

Nota. Recuperado de Penz (citado por Mariscal, 2007)

#### **2.2.4.1. Composición química del estiércol porcino**

Mariscal (2007) manifiesta que la composición química del estiércol porcino es variable debido a diversos componentes, como el alimento (calidad, cantidad, composición nutricional), animal (edad, sexo, fase fisiológica, estado sanitario) y modelos de infraestructura; otros a considerar son el uso o no de cama, la mayor o menor adición de agua de lavado y el modo de almacenaje. De acuerdo con la fase productiva del cerdo, la estructura del estiércol cambia por día (Tabla 6).

**Tabla 6 Excreción de nutrientes del estiércol de cerdo (diaria)**

<b>Etapa del porcino</b>	<b>Nitrógeno (g/día)</b>	<b>Fósforo (g/día)</b>	<b>Potasio (g/día)</b>
Lechón	8.20	2.40	4.50
Crecimiento	15.40	4.50	9.10
Engorde	35.40	10.40	20.40
Finalización	47.20	16.40	26.80
Cerda gestante	31.30	10.40	18.10
Cerda lactante	45.40	14.10	24.50
Verraco	36.70	10.40	23.10

Nota. Recuperado de Moore & Gamroth (1993)

García (2000) señala que el estiércol de cerdo contiene aproximadamente el 90 % de los minerales del alimento. Según Moreno (2019) el elevado almacenamiento del nutriente nitrógeno en el estiércol del cerdo se debe a que en el alimento de los porcinos se añade cantidades significativas de proteína y otros compuestos nitrogenados, por ello se considera que entre 38 - 52 % de nitrógeno es expulsado en las excretas y orinas.

#### **2.2.4.2. Composición microbiológica del estiércol porcino**

El estiércol porcino muestra en su composición una elevada carga microbiológica y parasitaria, podemos encontrar microorganismos de la biota intestinal y otros que son clasificados como patógenos debido a su acción dañina en la salud del ser humano y los animales. Entre las bacterias de principal importancia tenemos: *Salmonella*, *Clostridium*, *Escherichia coli*, *Leptospira* y *Yersenia* (Castrillón et al., 2004; Estrada et al., 2011).

Alvarez (2016) menciona que la población microbiana del estiércol de cerdo está compuesta principalmente por Coliformes totales, Coliformes fecales y *Staphylococcus*. Mientras que Alcaíno, Laval, Gorman, Pinochet, & Díaz (1989) explicaron que en el estiércol porcino fresco es habitual conseguir huevos y larvas de nematodos.

### 2.2.4.3. *Composición nutricional del estiércol porcino*

La composición nutricional del estiércol de cerdo es afectada fundamentalmente por la variación en la formulación de las dietas empleadas; otros factores a tener en cuenta son la edad del porcino, digestibilidad de nutrientes, desperdicio de alimento y la forma de colección de excretas (Castellanos et al., 2010).

Según Castrillón et al. (2004) los cerdos al ser categorizados por edades productivas, se ha evidenciado que aquellas excretas procedentes de cerdos de pesos inferiores (inicio, crecimiento y engorde) muestran un superior almacenamiento de Proteína cruda (PC), Extracto etéreo (EE), Carbohidratos no estructurales y energía, pero un bajo almacenaje de cenizas, calcio, fósforo, FDN y FDA, en comparación a los cerdos reproductores, gestantes y lactantes (Tabla 7); esto a causa de la diferenciación en la conformación de la dieta y a un reducido empleo de nutrientes.

Salazar (2004) señala que las fracciones más fundamentales que se pueden conseguir en el contenido nutricional del estiércol porcino son el Extracto libre de nitrógeno (ELN), Proteína cruda (PC) y Fibra cruda (FC), por su capacidad de reaprovechamiento como nutrientes para el ganado y el suelo.

**Tabla 7 Composición nutritiva del estiércol de cerdo**

<b>Etapa</b>	<b>Humedad</b>	<b>PC</b>	<b>EE</b>	<b>Cenizas</b>	<b>Calcio</b>	<b>Fósforo</b>	<b>FND</b>	<b>FAD</b>
<b>Productiva</b>	<b>%</b>	<b>%</b>	<b>%</b>	<b>%</b>	<b>%</b>	<b>%</b>	<b>%</b>	<b>%</b>
Inicio	80.51	26.92	7.10	14.28	2.51	0.19	28.42	7.96
Desarrollo	78.67	26.27	9.83	15.97	3.36	0.21	30.89	9.81
Engorde	78.55	23.38	6.47	16.44	2.96	0.22	37.04	11.35
Gestante	80.73	16.49	3.85	20.34	3.93	0.29	40.02	15.54
Lactante	72.52	15.80	8.64	20.08	5.01	0.27	30.65	11.79

Nota. Recuperado de Camacho *et al* (citado por Castrillón et al., 2004)

### **2.2.5. Usos del estiércol porcino**

Existen dos probabilidades, uno es analizar costos de tratarlo, o transformarlo en una posibilidad de negocio rentable. Por lo tanto, para brindarle un valor añadido se debe disponer de recintos que faciliten la inmediata salida del desecho. A continuación, se describirá los esenciales usos del estiércol de cerdo.

#### **2.2.5.1. Uso como abono para las plantas**

UNAL (2016) señala que la manera más económica y ambiental para disponer el estiércol de cerdo es emplearlo en tierras agrícolas. Existen múltiples atributos y beneficios que brinda el estiércol porcino como biofertilizante, una de las ventajas es el ahorro económico al minimizar la utilización de fertilizantes químicos en la agricultura. Debido a su elevado almacenamiento de materia orgánica, es empleado como abono orgánico, y al agregarlo al suelo ayuda a mejorar su fertilidad, desprende progresivamente nutrientes, incrementa el contenido de materia orgánica, facilita su estabilidad, disminuye su erosión, mejora su capacidad de aireación y sirve de comida a hongos, bacterias y otros microorganismos (Olascoaga et al., 2015).

Según Muñoz (citado por UNAL, 2016) los beneficios generados por los abonos orgánicos en el crecimiento de las plantas son diversos, por ello se les atribuye como sustancias de acelerada degradación y portadores de nutrientes como nitrógeno, fósforo, y otros nutrientes.

#### **2.2.5.2. Uso como insumo en la nutrición animal**

Según Cervantes (2014) la utilización del estiércol porcino como insumo para la nutrición de los animales se apoya en su estructura química, el más sobresaliente es el

nitrógeno, empleado como fuente de proteína y minerales. Este residuo ha sido empleado en la alimentación de rumiantes, monogástricos y peces.

La restricción de su uso se debe a su toxicidad, por el contenido de agentes patógenos que presenta el estiércol porcino tales como *Salmonella*, *Escherichia coli*, *Yersinia*, *Mycobacterium* y *Campilobacter*; esto puede ocasionar un riesgo para la salud animal (Grupta y Nelly citados por S. Alvarez & Gutiérrez, 2001).

#### **2.2.6. Abono orgánico**

Según el Reglamento Técnico para los Productos Orgánicos, es un producto orgánico que proviene de una producción agrícola o durante su transformación utilice tecnologías agrícolas compatibles con el ambiente (Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI), 2006).

El abono orgánico es de origen vegetal o animal, además es una fuente de nutrientes, materia orgánica, sustancias húmicas y reguladores del crecimiento que permiten mejorar las características físicas, químicas y biológicas del suelo, y por ende la productividad agrícola. Los más conocidos son: estiércol, guano de islas, abonos verdes, restos de cultivos, compost, humus de lombriz, materias fecales, abonos líquidos como el biol y purín (Siura et al., 2009).

Su composición es irregular dado al origen de los materiales y el contenido de la humedad, pueden contener niveles peligrosos de microelementos y otros elementos debido a su carácter residual, lo cual obliga establecer una normativa de niveles máximos permitidos (Fuentes citado por Zanabria, 2019, p. 8).

A continuación, se detalla los beneficios que produce el abono orgánico en las propiedades del suelo:

### **2.2.6.1. *Propiedades físicas***

El abono orgánico brinda beneficios en la porosidad, infiltración, estructura, aireación, capacidad de retención de agua, entre otros (Simpson, 1991). Su color oscuro permite absorber más radiación solar, logrando así adquirir más temperatura y que los nutrientes se absorban fácilmente. Además, mejora la textura y estructura del suelo haciendo que el suelo arcilloso sea más ligero y los arenosos más denso (Mosquera, 2010).

### **2.2.6.2. *Propiedades químicas***

Cuando se agrega abono al suelo empieza a descomponerse y mineralizarse, porque libera elementos químicos como el potasio, magnesio, fósforo, nitrógeno, carbono, hierro, entre otros, que son aprovechadas por las plantas (Mosquera, 2010). Asimismo aumenta el porcentaje de nitrógeno, la capacidad de intercambio catiónico, el pH y la concentración de sales (Trinidad, 1987).

Los estudios muestran que el uso del abono orgánico aumenta en un 15% el valor de la materia orgánica, así como el nitrato y el fósforo, debido a que el abono libera nutrientes durante su mineralización (Dimas et al. citados por Moreno, 2019, p. 16).

### **2.2.6.3. *Propiedades biológicas***

El abono orgánico mejora la oxigenación y aireación del suelo, lo que hay mayor actividad radicular y microorganismos aerobios (Santana & Ortega, 2009). Mosquera (2010) señala que generan sustancias inhibidoras y activadoras de crecimiento, logrando el desarrollo de microorganismos benéficos que degradan la materia orgánica.

El abono orgánico brinda muchos beneficios porque presenta un medio biológico activo, donde hay correlación positiva entre el número de microorganismos y el contenido de materia orgánica (Trinidad, 1987).

## **2.2.7. Tipos de abonos orgánicos**

### **2.2.7.1. Abono líquido orgánico o Biol**

Según INIA (2008) es un abono orgánico líquido obtenido por la descomposición de los desechos de animales y vegetales en ausencia de oxígeno, contienen nutrientes que las plantas puedan absorber, haciéndolas más resistentes a plagas, enfermedades y condiciones climáticas. Además es considerado como la fracción líquida resultante de los lodos del biodigestor, que representa el 90 % del total de residuos ingresados (Aparcana, 2008).

Es un producto rico en humus y bajo en patógenos, se considera un abono orgánico por su acción fitoreguladora y fuente de nutrientes biológicamente disponible. Su calidad varía según su composición bioquímica y microbiana de los insumos, principalmente de las excretas utilizadas en su producción (Restrepo, 2007).

Por su aspecto líquido, el biol se utiliza en las plantas por aspersion, riego por gravedad y riego tecnificado, debido a que contiene nutrientes y hormonas que actúan como bioestimulantes orgánicos, además permite desarrollo de las plantas (Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria (INIA), 2005).

El uso de fertilizantes orgánicos líquidos es más fácil que los fertilizantes sólidos, esto se debe a que es fácil de producir, transportar y aplicar en el suelo, permiten el enraizamiento, la floración, la fertilidad y activan la germinación de las semillas (Robalino, 2011). Sin embargo, una de las desventajas es el periodo largo de fermentación requerida para su producción (Jiménez, 2011).

### 2.2.7.2. *Abono líquido orgánico acelerado*

Según Vásquez (2008) el Abono Líquido Orgánico Acelerado (en adelante “ALOA”) es el producto obtenido por descomposición anaerobia de la materia orgánica mediante la fermentación láctica es transformada de su forma compleja a elementos simples (como sustancias húmicas, aminoácidos, minerales y vitaminas). Las bacterias *Lactobacillus* aceleran la descomposición de los desechos y elimina la carga patógena al producir el ácido láctico que evita su crecimiento y desarrollo (L. Peralta et al., 2016).

El uso del consorcio microbiano Garlac permite la producción de fertilizantes orgánicos líquidos que son más nutritivos que los tradicionales (biol), con características organolépticas deseables y están libres de cargas microbianas patógenas (C. Román & Juscamaita, 2012). Las características del ALOA es el resultado de la síntesis de ácidos orgánicos y antibacterianos que se originan durante el proceso de la fermentación (L. Peralta et al., 2016).

Alvarez et al. (2016) indican que la elaboración de abono orgánico acelerado, se desarrolla en un ambiente libre de oxígeno a una temperatura de 40°C durante cinco días y se cosecha por filtración para obtener abonos orgánicos de alto contenido de nutrientes, y ausencia de patógenos. Se necesitan de tres factores claves: ambiente anaeróbico, cantidad suficiente de bacterias ácido láctico y melaza de caña de azúcar.

El pH es uno de los indicadores de la calidad y disponibilidad del abono orgánico acelerado, por la acción de las bacterias del ácido láctico que modifican un pH inferior a 4.0 (Cornejo, 2011).

### 2.2.8. Fermentación ácido láctica

Según Parra (2010) la fermentación ácido láctica es un proceso celular anaeróbico en el que se genera ácido láctico proveniente de la conversión de hidratos de carbono. Este proceso es efectuado por bacterias denominadas ácidos lácticas, las cuales son un conjunto de bacterias gram positivas formadas por diversos géneros como *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Enterococcus*, entre otros (Bastardo & Pedrique, 2008).

La fermentación ácido láctica posee un amplio empleo en la elaboración de productos alimenticios fermentados debido a que genera componentes benéficos que favorecen con el olor, color, sabor y textura de los alimentos (Estela et al., 2007).

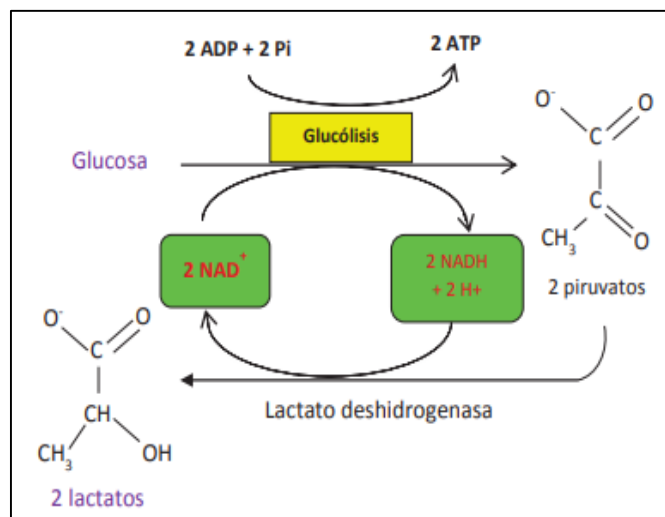


Figura 8 Formación del ácido láctico partiendo de la glucosa.

Fuente Gómez y Nieto citados por Quiñones (2016).

### 2.2.9. Bacterias Ácido Lácticas (BAL)

Son microorganismos Gram positivos que presentan características morfológicas, metabólicas y fisiológicas; son cocos o bacilos, inmóviles, anaerobias, microaerofilia, no formadoras de esporas, poseen oxidasa, catalasa y benzidina negativas, mediante la

fermentación convierten los azúcares en ácido láctico que evita el crecimiento de bacterias no deseables o patógenas (Stainer et al., 1992).

Además, se desarrollan en ambientes anaeróbicos y anaerobios aerotolerantes es decir son organismos fermentadores. Esto les facilita la fermentación del azúcar en condiciones aeróbicas y anaeróbicas (Parra, 2010).

Estas bacterias son de alta resistencia a los ácidos originada por la producción de ácido láctico, se desarrollan en un 3.2 o 9.6 de pH, sin embargo, la mayoría se desarrolla en un pH de 4 - 4.5, lo cual es una ventaja competitiva sobre otras bacterias. (J. Ramírez et al., 2011).

Por otro lado, Fioravanti *et al.* (2005) consideran a las BAL como Microorganismos Eficientes (EM), son catalizadores efectivos para el proceso de estabilización de los desechos; la fermentación anaeróbica que estos mismos producen inhibe los procesos de putrefacción, por ello, eliminan la generación de malos olores.

Parra (2010) señala que para el crecimiento de las BAL existen diversos factores que influyen en el proceso de fermentación, los más importantes son los requerimientos nutricionales y la temperatura. La mayoría de los BAL necesitan de aminoácidos y vitaminas B; en cuanto a la temperatura, las BAL requieren condiciones óptimas de temperatura, las cuales varían según el género y se encuentran entre los 20°C hasta los 45°C (Serna & Rodríguez, 2005).

Las BAL se pueden clasificar en:

- **Homofermentativas:** Producen ácido láctico convirtiendo las hexosas por medio de la ruta Embden-Meyerhof-Parnas (en adelante EMP) (Figura 9). Este grupo está compuesto de *Lactobacillus*, *Pedicoccus*, *Lactococcus*, *Enterococcus*, entre otros (Serna & Rodríguez, 2005).

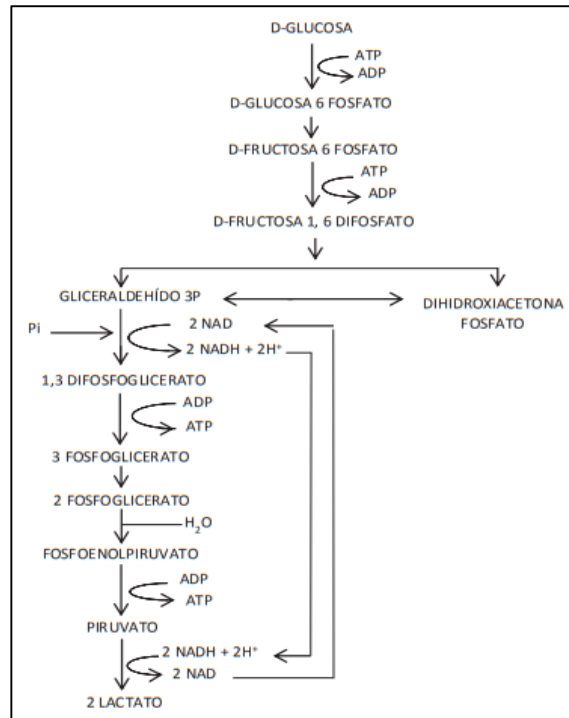


Figura 9 Ruta metabólica de fermentación homoláctica.

Fuente Axelsson (2004).

- **Bacterias Acido Lácticas Heterofermentativas:** Producen fermentación heteroláctica que convierte la glucosa en ácido láctico y otros compuestos como ácido acético, dióxido de carbono y etanol en relaciones equimolares. Está compuesto por *Lactobacillus* y *Leuconostoc* (Serna & Rodríguez, 2005).

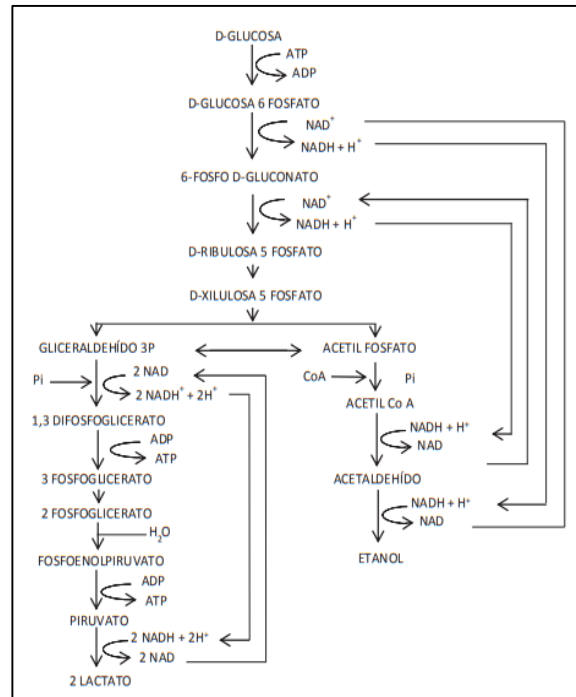


Figura 10 Ruta metabólica de fermentación heteroláctica.

Fuente Axelsson (2004).

- Mesófilas:** Poseen una temperatura ideal de 20-25 °C, se encuentra conformado por las siguientes especies: *Lactococcus lactis subs. lactis*, *Lactococcus lactis subs. cremoris*, *Lactococcus lactis biovariedad diacetylactis*, *Leuconostoc mesenteroides subs. cremois*, entre otras (Parra, 2010).
- Termófilas:** Presentan una temperatura de 40-45°C, conformado por: *Lactobacillus delbrueki subs. bulgaris*, *Lactobacillus lactis*, *Lactobacillus helveticus*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus casei*, *Streptococcus salivarius subsp thermophilus*, entre otras (Parra, 2010).

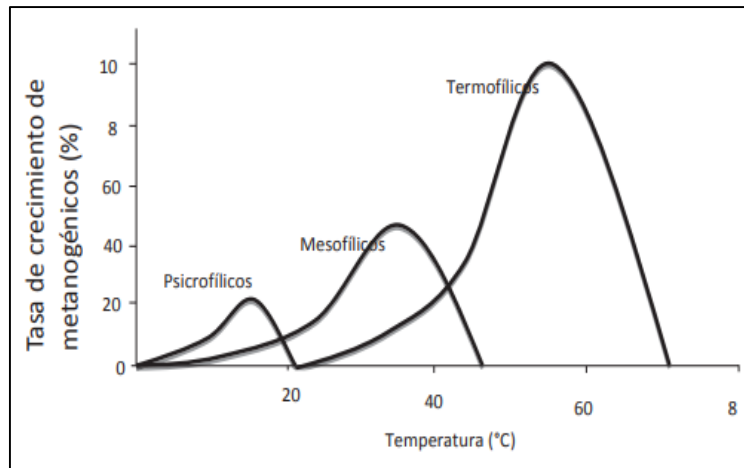


Figura 11 Rangos de temperatura crítica en microorganismos anaerobios.

Fuente Martí (2006).

Las BAL son empleadas en el desarrollo del sabor, olor, textura y aroma de alimentos fermentados, tienen la capacidad de acidificar y preservar alimentos (agente microbiano) en la industria alimentaria (Leiva, 2018).

#### 2.2.10. Consorcio microbiano Garlac

Son microorganismos benéficos, compuesto por bacterias probióticas del género *Lactobacillus*, la mayoría son homofermentativas, pero algunas son heterofermentativas (Guccione, 2009). Además, es un producto microbiológicamente seguro (Ver Anexo N°1).

Su composición microbiológica del consorcio Garlac (Tabla 8), presenta un pH ácido de 3.5, lo que permite que los mohos, coliformes totales y fecales se encuentren ausentes. Asimismo, producen ácidos orgánicos como bacteriocinas y peróxido de hidrogeno para evitar el crecimiento de microorganismos patógenos (L. García, 2008).

Asimismo, en este consorcio hay presencia de levaduras, pero no son perjudiciales. Según Silva & Toapanta (2011) las levaduras son esenciales para fermentar diversos cuerpos orgánicos, como los azúcares, generando sustratos útiles para las BAL.

Por otro lado, posee bacterias mesófilas capaces de desarrollarse en ambientes con pH ácido en un rango de temperatura 5 a 45 °C, la óptima es de 25 a 35 °C. Por otra parte, son rigurosas en su alimentación, y se desarrollan en un ambiente rico en vitaminas y fuentes de carbono, por ejemplo se emplea melaza de caña u otros insumos parecidos (M. Ramírez, 2005).

El uso del consorcio Garlac en la producción de biofertilizantes convierte los excrementos en productos inocuos, porque activa y desarrolla el proceso de fermentación (C. Román & Juscamaita, 2012).

**Tabla 8 Análisis microbiológico del consorcio Garlac**

<b>Análisis microbiológico</b>	<b>Unidad</b>	<b>Resultado</b>
Enumeración de coliformes totales y fecales	NMP/mL	< 3
Enumeración de <i>Escherichia coli</i>	NMP/mL	< 3
Recuento de aerobios mesófilos viables	UFC/mL	> 24 x 10 <sup>6</sup>
Recuento de mohos y levaduras	UFC/mL	11 x 10 <sup>2</sup>
Recuento de bacterias ácido lácticas	UFC/mL	> 11 x 10 <sup>6</sup>

Nota. Recuperado del Informe de análisis microbiológico del consorcio Garlac

Los valores < 3 indican ausencia de microorganismos.

### **2.2.11. Melaza de caña**

La melaza o miel final es el efluente final de la fabricación del azúcar, de la cual no se logra sustraer más azúcar. Es un combinado denso, viscoso de coloración oscura y que almacena sacarosa, azúcar invertido, sales y otros compuestos solubles. Su estructura es muy heterogénea (Tabla 9) y cambia dependiendo de ciertos factores como el suelo, clima, tipo de caña de azúcar, época de cultivo, entre otros.

Martínez (2008) menciona que las principales características que resaltan de la melaza son el elevado almacenamiento de energía metabolizable, azúcares solubles de simple fermentación y minerales como K, Ca y Mg; no obstante, el almacenaje de proteínas es bajo (aprox. 4%). En virtud de estas propiedades y al accesible valor que tiene, este material es generalmente empleado en el desarrollo de las BAL responsables del proceso fermentativo (Ossa et al., 2010). Restrepo (2001) señala que en ensayos de fermentación, la melaza brinda energía suficiente para accionar el metabolismo microbiológico, con ello el proceso se incrementa y además proporciona minerales y aminoácidos.

**Tabla 9 Estructura de la melaza de caña**

<b>Parámetro</b>	<b>Concentración</b>
pH	4.9 - 5.4
Densidad	1.41 kg/L
Energía	2350 cal/kg
Agua	23.5 %
Materia orgánica	62.5 %
Materia seca	76.5 %
Azúcares totales	48.30 %
Sacarosa	35.90 %
Fructosa	5.60 %
Nitrógeno	1,01 %
Fósforo	0.08 %
Potasio	4.20 %
Calcio	0.80 %
Magnesio	0,27 %

Nota. Recuperado de Molase y Poballe citados por L. García (2008).

### 2.2.12. *Harina de pescado prime*

La harina de pescado prime o especial es un polvo fino, que se obtiene reduciendo la humedad y el contenido de grasa del pescado (Farro, 1996). Es una fuente concentrada de calorías, porque contiene un alto porcentaje de proteínas y vitaminas; asimismo es rico en ácidos grasos Omega-3 (DHA y EPA) que son esenciales para el crecimiento animal (FAO citado por Costa & Denegri, 2015).

Es una fuente de vitaminas B, especialmente colina, B<sub>12</sub> y riboflavina, de excepcional valor nutricional, debido a su contenido en factores de crecimiento que se engloban bajo el nombre de Factor Proteína Animal (McDonald, 1999).

El alto contenido en minerales (100 a 220 g/kg), es nutricionalmente importante, porque aporta una buena cantidad de calcio y fósforo, así como una serie de microelementos como hierro, yodo y manganeso (McDonald, 1999). Por otro lado, el magnesio y potasio están presentes como minerales además cobre, cobalto, selenio y flúor como microelementos (García et al citado por Gálvez, 2014).

En la tabla 10, se muestra los principales componentes de la harina de pescado prime.

**Tabla 10 Composición de la harina de pescado prime**

<b>Características</b>	<b>Harina de pescado prime</b>
Proteínas (%)	67
Grasa (%)	10
Humedad (%)	10
Cenizas (%)	13/18
Sal (%)	3.50
Arena (%)	1
Antioxidante (ppm)	150
Salmonella	Negativo

Nota. Recuperado por Bellido (2002).

La harina de pescado prime es considerada como abono orgánico, debido a sus propiedades químicas que muestran valores altos de nitrógeno (7.74%) y cenizas (34.7%). Además, es un estimulador del crecimiento de las plantas recién trasplantadas y de la formación de flores y frutos. Asimismo, contiene 60% de proteína para estimular el crecimiento microbial del suelo (Mendoza et al., 2009).

### 2.3. Marco Conceptual

A continuación, se define los términos que se emplearon en la investigación:

- **Abono orgánico:** Es un material que mejora la fertilidad y la productividad del suelo. Se elabora a base del estiércol de origen animal, compost rurales y urbanos, residuos de cultivos, entre otros (P. Román *et al.*, 2013).
- **Bacteriocinas:** Son componentes proteicos antibacterianos elaborados por bacterias del ácido láctico se encuentran en los alimentos. Tienen un efecto bactericida o bacteriostático (Panesar *et al.*, 2007).
- **Caracterización fisicoquímica:** Es el procedimiento que se sigue para analizar las características básicas de un producto, sirve como indicador de la calidad del mismo. Además, cumple un papel fundamental en el control del cumplimiento de los parámetros establecidos, en la determinación del valor nutricional, entre otros (Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos (ICTA), n.d.).
- **Caracterización microbiológica:** Es un procedimiento que permite determinar la presencia y cuantificación de microorganismos patógenos e indicadores de contaminación en una muestra (Ministerio de Salud (MINSA), 2007).
- **Cerdos en etapa de engorde:** Esta etapa comprende desde el destete que suele durar entre 21 a 28 días hasta que el cerdo alcanza el peso de venta; asimismo es una de las etapas más importantes de los cerdos, porque consume el 75 y el 80%

del total del alimento (Campabadal, 2009).

- **Estiércol:** Es un material orgánico que se utiliza para fertilizar la tierra y mejorar su capacidad de absorber y retener agua; se compone de heces y orina. Es rico en nitrógeno, fósforo, potasio y materia orgánica, se encuentra en forma orgánica (P. Román *et al.*, 2013).
- **Excreta porcina:** Es el desecho de la alimentación de los cerdos sin ningún tipo de tratamiento, constituido por el sobrante del alimento ya digerido pero no utilizado por el organismo (Dominguez *et al.*, 2014).
- **Fermentación:** Es un proceso anaeróbico o parcialmente anaeróbico que cambia la estructura de materias primas como frutas, cereales, vegetales, entre otras; debido a la acción de microorganismos que, a través de reacciones metabólicas, permiten la formación de los ácidos orgánicos como: acético, láctico, butírico y propiónico (Wacher, 2014).
- **Manejo de residuos sólidos:** Son las operaciones de manipuleo, acondicionamiento, transporte, transferencia, tratamiento, valorización y disposición final de los residuos sólidos (Ministerio del Ambiente (MINAM), 2012).
- **Purín porcino:** Es el desecho generado en las explotaciones porcinas, se forma por una mezcla de deyecciones sólidas y líquidas, mezclado con agua de lavado de la instalación, pérdidas del bebedero, y puede contener restos de comida, residuos y del propio animal. El agua residual generada es una mezcla heterogénea y de color oscuro (Sánchez, 2001).
- **Residuos orgánicos:** Son residuos biodegradables o sujetos a descomposición, se clasifican en municipal y no municipal (Ministerio del Ambiente (MINAM), 2017c).

- **Sustancias antimicrobianas:** Son componentes antimicrobianos procedentes de las bacterias del ácido láctico que impiden el crecimiento de organismos esporádicos relevantes (Parra, 2010).
- **Valorización:** Es una operación que tiene por finalidad que el residuo sólido, sea aprovechado y sirva para sustituir otros materiales o recursos en el proceso productivo (Ministerio del Ambiente (MINAM), 2017a).
- **Patógeno:** Son los microorganismos que producen enfermedades. En las plantas generan fitopatógeno, y en los humanos o animales se generan patógenos (P. Román *et al.*, 2013).
- **Calidad del abono orgánico:** Determinado por su contenido nutricional de macronutrientes y micronutrientes, y su capacidad de proporcionar nutrientes a un cultivo (Leblanc *et al.*, 2007).
- **Macronutrientes:** Este grupo incluye a los macroelementos primarios tales como potasio, nitrógeno y fósforo.
- **Micronutrientes:** Este grupo incluye a los microelementos como el boro, calcio, magnesio, hierro, zinc, hierro, manganeso, cobre, entre otros.

## CAPÍTULO III:

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Descripción del área de estudio

La presente investigación se efectuó en el laboratorio implementado en la vivienda del tesista Ricardo Cajahuanca, en donde se desarrolló la preparación de la mezcla base, el proceso de fermentación láctica a escala laboratorio y piloto del ALOA, la medición de pH y la determinación del porcentaje de acidez láctica. Se ubica en la Urb. Los Jardines de Ñaña Mz “B” Lt 11, en el distrito de Lurigancho Chosica, provincia y departamento de Lima. Las coordenadas geográficas se indican en la Tabla 12.

**Tabla 11 Ubicación geográfica UTM WGS 84 Zona 18 S**

Lugar	Coordenadas geográficas		Altitud
	Norte	Este	
Laboratorio “Los Jardines”	8675355	303526	589



*Figura 12* Localización de zona de estudio. Fuente Google Earth Pro

### **3.2. Tipo de investigación**

La investigación realizada es de tipo “Explicativo - experimental” debido a que por medio de la experimentación, es decir, ensayos con repeticiones se desea evaluar la calidad del Abono Líquido Orgánico Acelerado (ALOA) mediante el proceso de fermentación láctica.

### **3.3. Diseño de investigación**

Para este estudio se han determinado las siguientes variables

Variable independiente:

- Fermentación láctica.

Variables indicadoras:

- Concentración de Mezcla base.
- Concentración de melaza.
- Concentración de consorcio microbiano “Garlac”.

Variable dependiente:

- Calidad del ALOA basándose en parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.

Hipótesis general:

- Si la calidad del ALOA producido por fermentación láctica de estiércol porcino cumple con los estándares de calidad, entonces podrá ser aplicado en las plantas.

Hipótesis específicas:

- Si la caracterización de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del estiércol porcino se realiza, entonces se obtendrá el potencial de

aprovechamiento y riesgo microbiano

- Si se determina las proporciones de Mezcla base, melaza y Garlac, entonces se podrá desarrollar la producción del ALOA mediante fermentación láctica.
- Si se selecciona el mejor tratamiento del ALOA a escala laboratorio, entonces se podrá replicarlo a escala piloto para verificar si sigue cumpliendo con las proporciones óptimas.
- Si la caracterización de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del ALOA porcino se realiza, entonces se obtendrá el potencial de aprovechamiento y riesgo microbiano.

#### **a) Primera etapa**

Se utilizó un diseño de mezcla Simple Reticular de tres componentes restringido más una variable de proceso. El diseño experimental consistió de 16 experimentos, ejecutados por triplicado, para analizar el efecto combinado de la proporción de mezcla base ( $x_1$ ), melaza ( $x_2$ ) y Garlac ( $x_3$ ) en el abono líquido orgánico acelerado (ALOA). En un diseño de mezcla cada ingrediente es considerada como una variable independiente. Los diferentes experimentos consistieron en diferentes proporciones considerando las restricciones:  $0.7 \leq x_1 \leq 1$  para la mezcla base y  $0 \leq x_2 \leq 0.15$  para la melaza y el Garlac. Los 16 experimentos son mostrados en la Tabla 12, mientras que la Figura 13 ilustra la distribución de los experimentos en un diagrama ternario.

**Tabla 12 Composición de los experimentos del diseño de mezcla**

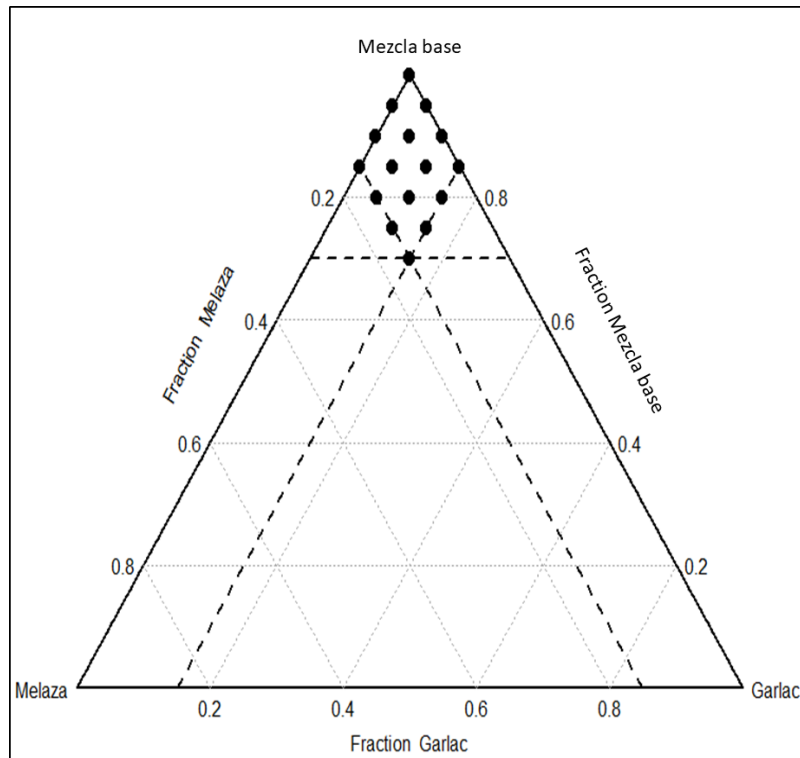
<b>Tratamiento</b>	<b>Mezcla base (x1)</b>	<b>Melaza (x2)</b>	<b>Garlac (x3)</b>
1	1	0	0
2	0.95	0	0.05
3	0.9	0	0.1
4	0.85	0	0.15
5	0.95	0.05	0
6	0.9	0.05	0.05
7	0.85	0.05	0.1
8	0.8	0.05	0.15
9	0.9	0.1	0
10	0.85	0.1	0.05
11	0.8	0.1	0.1
12	0.75	0.1	0.15
13	0.85	0.15	0
14	0.8	0.15	0.05
15	0.75	0.15	0.1
16	0.7	0.15	0.15

La variable de proceso estudiada fue el tiempo de fermentación. El diseño mostrado en la tabla 1 fue aplicado en los días 1, 2, 3, 4, 5, 10 y 20 desde iniciada la fermentación. Para estudiar de forma conjunta el tiempo de fermentación como la composición del ALOA, los resultados fueron ajustados a un modelo multiplicativo combinado mostrado en la ecuación 1. Se consideró solo los términos lineales para tres componentes ( $q = 3$ ) y una variable de proceso ( $r = 1$ ), por lo que el modelo se reduce a la ecuación 2.

$$y = \sum_{i=1}^q b_i x_i + \sum_{i < j}^q b_{ij} x_i x_j + \sum_{l=1}^r \left[ \sum_{i=1}^q \delta_i x_i + \sum_{i < j}^q \delta_{ij} x_i x_j \right] z_l \quad \text{Ecuación 1}$$

$$y = b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + \delta_1 x_1 z + \delta_2 x_2 z + \delta_3 x_3 z \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde  $x_1, x_2, x_3$  son los términos lineales correspondientes a las proporciones de estiércol, melaza y Garlac respectivamente,  $x_1z, x_2z$  y  $x_3z$  son las interacciones entre los ingredientes con el tiempo.



*Figura 13* Distribución de los experimentos en un diagrama ternario.

### **b) Segunda etapa**

Se evaluó el comportamiento de los tres mejores tratamientos a lo largo del tiempo. Las variables independientes estudiadas fueron el tipo de tratamiento y tiempo de fermentación, para lo cual se utilizó un diseño factorial completo. Cada experimento se llevó a cabo por triplicado. Las diferencias entre las combinaciones de niveles se evaluaron a través la prueba de Diferencia Mínima Significativa (LSD).

### **c) Tercera etapa**

Se consideró un Diseño Factorial Completo de dos vías teniendo en cuenta como factores el tipo de proceso (fermentación a escala de laboratorio y piloto) y el tiempo de fermentación (días 1 a 20). Cada combinación de niveles se evaluó por triplicado. Las diferencias entre las combinaciones de niveles de los tratamientos se evaluaron utilizando la prueba de Diferencias Mínima Significativa (LSD).

### 3.4. Materiales y equipos

#### 3.4.1. *Materia prima e insumos principales*

- **Estiércol porcino:** Proveniente de los corrales de cerdos en etapa de engorde de la granja del Sr. Manuel Mendoza, quien pertenece a la Asociación de porcicultores de Saracoto Alto, la cual se ubica en Cajamarquilla, distrito de Lurigancho Chosica, provincia y departamento de Lima.
- **Consorcio microbiano Garlac:** Cultivo que posee un consorcio de microorganismos benéficos, originando un producto llamado “Garlac” que contiene microorganismos aerobios viables, bacterias ácido lácticas probióticas, entre otros. Proporcionado por la empresa NOGA-FER PERU SAC ubica en Av. Carapongo S/N Urb. San Antonio de Carapongo Mz E2 Lt 56 III etapa, distrito de Lurigancho Chosica, provincia y departamento de Lima.
- **Melaza de caña:** Fuente de elevado contenido de energía metabolizable, azúcares solubles y minerales, se obtuvo de la Tienda de alimentos balanceados El Molino ubicada en la Av. Circunvalación Mz K Lt 6 - Huachipa, distrito de Lurigancho Chosica, provincia y departamento de Lima.
- **Harina de pescado prime:** Fuente enriquecedora de proteína, aminoácidos esenciales, vitaminas y minerales, la cual se obtuvo de la Tienda de alimentos balanceados El Molino ubicada en la Av. Circunvalación Mz K Lt 6 - Huachipa, distrito de Lurigancho Chosica, provincia y departamento de Lima.

### 3.4.2. *Materiales de campo y laboratorio*

A continuación, se mencionan en las Tablas 13, 14 y 15 los materiales, equipos, instrumentos y soluciones usados en la realización de la investigación.

**Tabla 13 Materiales para la toma de muestra del estiércol porcino**

<b>Materiales</b>	<b>Cantidad</b>
Envase de plástico de 1L para muestra	2
Guantes de látex (par)	2
Mascarillas descartables	2
Gorros descartables	2
Guardapolvos	2
Bolsa plástica de 1 kg	2

**Tabla 14 Materiales para la preparación de la mezcla base**

<b>Materiales</b>	<b>Cantidad</b>
Bidón de plástico 32 L	1
Bidón de plástico 280 L	1
Jarra de plástico 5 L	1
Guantes de látex (par)	2
Mandiles descartables	2
<b>Equipos</b>	<b>Cantidad</b>
Taladro eléctrico con mezclador	1
Balanza gramera de 10 kg marca Electronic.	1

**Tabla 15 Materiales para la fermentación láctica a escala laboratorio y piloto**

<b>Materiales</b>	<b>Cantidad</b>
Recipiente de plástico de 1L con tapa hermética	57
Bidón de plástico 32 L con cubierta hermética	3
Paquete de 100 bolsas de polietileno 1 kg	1

Paquete de 50 bolsas negras de 30 L	1
Caja de cartón grande 180 x 62 x 47 cm	1
Caja de cartón mediana (1) 55 x 36 x 51, (2) 67 x 63 x 75 cm	2
Papel aluminio (rollo)	6
Papel toalla (rollo)	4
Tecnopor (plancha)	6
Frazadas medianas	2
Cinta masking tape	2
Paquete de ligas de caucho	1
Plumón indeleble	1
Papel periódico (diario)	7
Galonera de plástico de 20 L	1
Balde de plástico de 20 L	2
Caja de guantes de látex	1
Caja de mascarillas descartables	1
Mandiles descartables	6
Botas descartables	6
Foco de bombilla de 75 watts	1
Foco de bombilla de 100 watts	1
Sockets para foco	3
Cable mellizo (metro)	3
<hr/>	
<b>Instrumentos y equipos de laboratorio</b>	<b>Cantidad</b>
<hr/>	
Bureta con llave de teflón 50 ml	1
Pinza de plástico doble (mariposa)	1
Soporte universal	1
Embudo de vidrio 75 mm	1
Vaso precipitado 150 ml	3
Vaso precipitado 600 ml	2
Piseta plástica	1
Termómetro digital marca BOECO Germany	1
Potenciómetro marca HANNA Instruments checker HI98103	1
Balanza gramera de 10 kg marca Electronic.	1

<b>Soluciones</b>	<b>Cantidad</b>
Solución NaOH 0.1 N (botella 1L)	8
Solución buffer HI700007 pH 7.01 HANNA Instruments (sachet 20 ml)	1
Solución buffer HI700004 pH 4.01 HANNA Instruments (sachet 20 ml)	1
Solución de limpieza para electrodo de pH (sachet 20 ml)	1
Agua destilada (botella 1L)	6

### **3.5. Procedimiento**

#### **3.5.1. *Recolección del estiércol porcino***

El estiércol porcino fue recolectado de la granja del Sr. Manuel Mendoza, quien es porcicultor de la zona de Saracoto Alto (Cajamarquilla). Se tomó del corral de los cerdos de engorde debido a que generan estiércol fresco en forma semilíquida y no en estado sólido (tipo bolas). Para la elaboración del ALOA se necesitó 14.4 kg para la etapa laboratorio y 16 kg para la etapa piloto. Mientras que, para su análisis, se tomaron dos muestras en envases plásticos de 1L esterilizados, una para la caracterización fisicoquímica y otra para la caracterización microbiológica, ambas realizadas en los laboratorios correspondientes de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM).

#### **3.5.2. *Análisis fisicoquímico y microbiológico de la muestra de estiércol porcino***

##### **3.5.2.1. *Análisis fisicoquímico del estiércol porcino***

El análisis fisicoquímico de la muestra de estiércol de cerdo se desarrolló en el Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Agua y Fertilizantes de la UNALM. En dicho análisis se determinó pH, conductividad eléctrica (CE), sólidos totales (ST), materia orgánica en solución, macronutrientes primarios (N, P y K), macronutrientes secundarios

(Ca, Mg y Na) y algunos micronutrientes (Fe, Cu, Zn, Mn y B). Ver Anexo N° 2.

### **3.5.2.2. *Análisis microbiológico del estiércol porcino***

El análisis microbiológico de la muestra de estiércol de cerdo se efectuó en el Laboratorio de Ecología Microbiana y Biotecnología “Marino Tabusso” de la UNALM, el cual sigue el procedimiento de la International Commission on Microbiological Specifications for Food (1983). Los parámetros que se determinaron son Enumeración de coliformes totales, coliformes fecales y *Escherichia coli*; Recuento de mohos y levaduras; y Recuento de bacterias ácido lácticas. Ver Anexo N° 3.

### **3.5.3. *Fermentación láctica a escala laboratorio***

#### **3.5.3.1. *Preparación de la Mezcla base***

Posteriormente a la recolección del estiércol de cerdo, se procedió a la preparación de la mezcla base, se añadió a un recipiente de 32 L de capacidad la proporcionalidad de los siguientes materiales: 40 % de estiércol de cerdo (12 kg), 40 % de agua (12 kg) y 20 % de harina de pescado prime (6 kg), fueron mezclados y homogenizado por un taladro eléctrico con mezclador obteniéndose una mezcla de consistencia pastosa líquida de 30 kg (100%). Se tomó registro de la lectura del pH inicial de la mezcla base y después se aseguró el envase (Tabla 16).

**Tabla 16 Proporcionalidad de la Mezcla base**

<b>Estiércol porcino</b>	<b>Agua</b>	<b>Harina de pescado prime</b>	<b>Mezcla base</b>		
<b>%</b>	<b>%</b>	<b>%</b>	<b>%</b>	<b>kg</b>	<b>pH</b>
40	40	20	100	30	6.0

### 3.5.3.2. Preparación de los tratamientos y elaboración del ALOA

Con el propósito de determinar el mejor tratamiento para la producción del ALOA, se preparó 48 biofermentos (16 tratamientos con 3 repeticiones) en recipientes de plásticos de 1kg de capacidad con tapa hermética, compuestos por la Mezcla base, melaza y consorcio microbiano generador de ácido láctico denominado “Garlac”.

Los tratamientos se generaron a partir de la combinación de 7 proporciones de mezcla base (100, 95, 90, 85, 80, 75 y 70%) y 4 proporciones de melaza de caña y consorcio microbiano “Garlac” (0, 5, 10 y 15 %). En la Tabla 17 se detalla los tratamientos utilizados para la producción del ALOA.

**Tabla 17 Tratamientos para la producción del ALOA en etapa laboratorio**

Tratamientos	Mezcla base		Melaza		Garlac		Peso final g
	%	g	%	g	%	g	
T1	100	500	0	0	0	0	500
T2	95	475	0	0	5	25	500
T3	90	450	0	0	10	50	500
T4	85	425	0	0	15	75	500
T5	95	475	5	25	0	0	500
T6	90	450	5	25	5	25	500
T7	85	425	5	25	10	50	500
T8	80	400	5	25	15	75	500
T9	90	450	10	50	0	0	500
T10	85	425	10	50	5	25	500
T11	80	400	10	50	10	50	500
T12	75	375	10	50	15	75	500
T13	85	425	15	75	0	0	500
T14	80	400	15	75	5	25	500
T15	75	375	15	75	10	50	500
T16	70	350	15	75	15	75	500

Todos los recipientes fueron rotulados según tratamiento y repetición, y almacenados por cinco días en una caja de cartón grande forrada internamente con papel aluminio.

Dentro de la caja, los envases fueron cubiertos con papel periódico, bolsas negras, tecnopor y frazadas con el propósito de mantener una temperatura de 30 a 40 °C.

Para lograr el ambiente anaerobio, a todos los envases se le cubrió con bolsas de polietileno a la altura de la solución protegidos por su tapa hermética para impedir el acceso de aire e insectos.

El proceso de producción del ALOA tuvo una duración de cinco días, ampliándose una etapa de análisis de estabilidad del producto por 20 días. Durante los cinco días de producción, los recipientes eran sacados de la caja y abiertos únicamente para la medición diaria de pH y la colecta de muestra para la determinación del porcentaje de acidez láctica. Durante la etapa de análisis de estabilidad, se evaluó estos mismos parámetros con una frecuencia de cada 5 días con la finalidad de verificar su estabilidad (Figura 14).

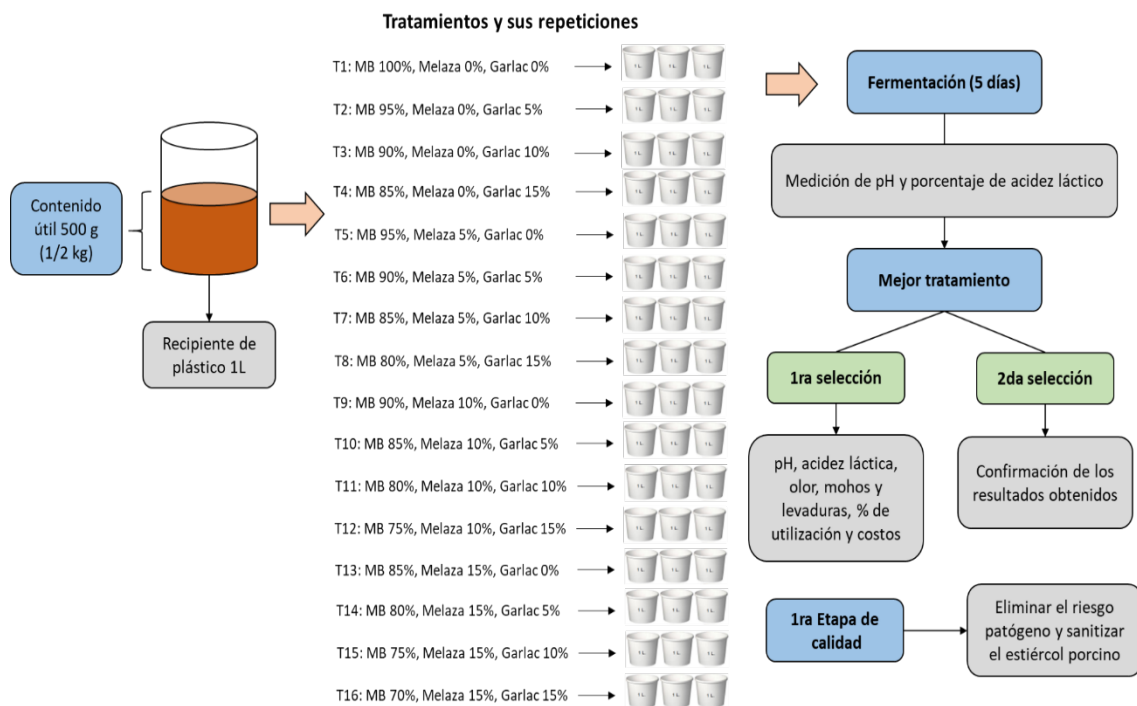


Figura 14 Proceso de elaboración del ALOA a escala laboratorio.

### 3.5.3.3. *Determinación de pH*

La medición del pH de las muestras se llevó a cabo usando el método de medición directa empleando el potenciómetro marca HANNA instruments checker HI98103. Previamente el equipo se calibro a cada momento previo a su empleo con soluciones buffer de pH 4.01 y 7.01. La medición se hizo colocando el electrodo del equipo al interior de la solución de la muestra, se aguardaba hasta que el valor se estabilice y el que se mantenía durante 15 segundos era considerado como el pH de la muestra. El electrodo era lavado con agua destilada por cada medición.

### 3.5.3.4. *Determinación del porcentaje de acidez titulable*

El porcentaje de acidez titulable expresado como ácido láctico, se determinó a través del método estándar 942.15 de la Association of Analytical Communities (2000), el cual se basa en medir en forma indirecta el ácido láctico presente en la muestra.

Considerando los lineamientos de esta metodología, se pesó 20 g de muestra en un vaso precipitado y se añadió a una bureta de 50 ml la solución de NaOH 0.1 N preparada. Luego se procedió a la titulación, mediante el movimiento de la llave se fue agregando gotas de NaOH a la muestra hasta alcanzar el valor de pH deseado (es decir  $8.1 \pm 0.2$ ). Se determinó mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de acidez titulable} = \frac{G \times N \times f \times 100}{m}$$

Donde:

$G$  = Gasto de NaOH (ml)

$N$  = Normalidad de NaOH

$m$  = Masa de la muestra (g)

$f$  = Factor de conversión para ácido láctico igual a 0.09

### 3.5.3.5. *Determinación del mejor tratamiento*

Los 16 tratamientos fueron evaluados al termino del Día 5 de la escala laboratorio, se determinó el mejor tratamiento considerando dos etapas de selección.

En la etapa 1 de selección, se consideraron los criterios de selección señalados por L. García (2008), Peña (2008) y L. Peralta et al. (2016), los cuales son:

- El pH debe ser cercano a 4 en el menor tiempo.
- La acidez láctica debe ser mayor en el menor tiempo.
- No debe manifestar un mal olor.
- Referente a la apariencia, no debe formar capas de microorganismos como mohos y levaduras.
- El porcentaje de utilización del estiércol porcino debe ser mayor.
- Costos menores en su elaboración (insumos empleados).

Se determinó que tres tratamientos cumplían con los criterios anteriormente mencionados. En la Tabla 18 se detalla los tratamientos elegidos en el primer proceso de selección.

**Tabla 18 Tratamientos elegidos en el primer proceso de selección**

Tratamiento	N° de muestra	Mezcla base		Melaza		Garlac		Día 5	
		%	g	%	g	%	g	pH	Ac. láctica
T10	10.1	85	425	10	50	5	25	4.5	3.47
	10.2	85	425	10	50	5	25	4.5	3.42
	10.3	85	425	10	50	5	25	4.5	3.47
T13	13.1	85	425	15	75	0	0	4.5	4.37

	13.2	85	425	15	75	0	0	4.5	4.41
	13.3	85	425	15	75	0	0	4.5	4.37
	14.1	80	400	15	75	5	25	4.5	4.73
T14	14.2	80	400	15	75	5	25	4.5	4.73
	14.3	80	400	15	75	5	25	4.5	4.73

En la etapa 2 de selección, los tres tratamientos elegidos en el primer nivel de selección se analizaron nuevamente con el propósito de confirmar los resultados conseguidos y elegir el mejor tratamiento. Por ello se realizó nuevamente la preparación de la mezcla base y el proceso de fermentación láctica por cinco días. Para la mezcla base, se añadió a un recipiente de 32 L de capacidad la proporcionalidad de los siguientes materiales: 40 % de estiércol porcino (2.4 kg), 40 % de agua (2.4 kg) y 20 % de harina de pescado prime (1.2 kg), fueron mezclados y homogenizado por un taladro eléctrico con mezclador obteniéndose una mezcla de consistencia pastosa líquida de 6 kg (Tabla 19).

**Tabla 19 Cantidad de insumos para la mezcla base**

<b>Estiércol porcino</b>		<b>Agua</b>		<b>Harina de pescado prime</b>		<b>Mezcla base</b>	
<b>%</b>	<b>kg</b>	<b>%</b>	<b>kg</b>	<b>%</b>	<b>kg</b>	<b>%</b>	<b>kg</b>
40	2.4	40	2.4	20	1.2	100	6

Mientras que el proceso de fermentación, realizo en recipientes de plásticos de 1kg de capacidad, compuestos por la mezcla base, melaza de caña y Garlac. Todos los recipientes fueron rotulados según tratamiento y repetición, y almacenados por cinco días en una caja de cartón forrada internamente con papel aluminio. Para conservar una temperatura de 35 a 40 °C dentro de la caja, se colocó un foco de bombilla de 100 W y se cubrió los envases con papel periódico, bolsas negras, tecnopor y frazadas. Durante los

cinco días, los recipientes eran sacados de la caja y abiertos solamente para la medición diaria de pH y la colecta de muestra para determinar el porcentaje de acidez láctica.

Finalmente se determinó que el tratamiento 14 cumplía con los criterios de selección mencionados anteriormente a diferencia de los tratamientos 10 y 13. En la Tabla 20 se detalla los valores de pH y acidez láctica de los tres tratamientos obtenidos en el quinto día.

**Tabla 20 Valores de pH y acidez láctica de los tres tratamientos (Día 5)**

Tratamiento	N° de muestra	Mezcla base		Melaza		Garlac		Día 5	
		%	g	%	g	%	g	pH	Ac. láctica
T10	10.1	85	425	10	50	5	25	4.3	3.38
	10.2	85	425	10	50	5	25	4.3	3.42
	10.3	85	425	10	50	5	25	4.3	3.38
T13	13.1	85	425	15	75	0	0	4.1	4.05
	13.2	85	425	15	75	0	0	4.2	3.60
	13.3	85	425	15	75	0	0	4.2	3.60
T14	14.1	80	400	15	75	5	25	4.1	4.10
	14.2	80	400	15	75	5	25	4.1	4.10
	14.3	80	400	15	75	5	25	4.0	4.28

### 3.5.3.6. *Análisis de costos de los tratamientos seleccionados*

El análisis de costos de producción es otro criterio a considerar para la elección del mejor tratamiento del ALOA en la fase laboratorio, se consideró el costo de producción de los tratamientos seleccionados (T10, T13 y T14), eligiéndose aquel cuyo valor sea menor a los demás. Para ello, se analizó los costos de producción considerando los precios de los materiales e insumos que se emplearon. Asimismo, se realizó un análisis de costo - beneficio al tratamiento elegido.

### 3.5.4. *Fermentación láctica a escala piloto*

En esta fase, se replicó a escala piloto el mejor tratamiento determinado en la etapa laboratorio. La elaboración del ALOA se realizó en recipientes de plásticos de 32 L con tapa hermética (un tratamiento con tres repeticiones), compuestos por Mezcla base, melaza y Garlac. En la Tabla 21 se especifica las concentraciones de los insumos del tratamiento elegido (T14) para la etapa piloto.

**Tabla 21 Tratamiento elegido para la etapa piloto**

Tratamiento	Mezcla base	Melaza	Garlac
	%	%	%
T14	80	15	5

Previamente se preparó la Mezcla base, en un recipiente de 280 L de capacidad se añadió la proporcionalidad de los siguientes materiales: 40 % de estiércol porcino (16 kg), 40 % de agua (16 kg) y 20 % de harina de pescado prime (8 kg), fueron mezclados y homogenizado por un taladro eléctrico con mezclador obteniéndose una mezcla de consistencia pastosa líquida de 40 kg (100%). Luego a los tres recipientes de plásticos de 32 L se le agregó la Mezcla base, melaza y Garlac, con la ayuda del mezclador eléctrico se mezcló completamente todos los insumos. Para conseguir el ambiente anaerobio, a todos los envases se le cubrió con bolsas de polietileno a la altura de la solución protegidos por su tapa hermética para impedir el acceso de aire e insectos.

Posteriormente, todos los recipientes fueron rotulados según tratamiento y repetición, y almacenados por cinco días en una caja de cartón forrada internamente con papel aluminio. Para conservar una temperatura de 35 a 40 °C dentro de la caja, se colocó dos focos de bombilla de 100 W y se cubrió los envases con papel periódico y tecnopor.

El proceso de producción del ALOA tuvo una duración de cinco días, ampliándose una etapa de análisis de estabilidad del producto por 20 días. Durante los cinco días de producción, los recipientes eran sacados de la caja y abiertos solo para la medición diaria de pH y la colecta de muestra para determinar el porcentaje de acidez láctica. Durante la etapa de análisis de estabilidad, se evaluó estos mismos parámetros con una frecuencia de cada 5 días con la finalidad de verificar su estabilidad (Figura 15).

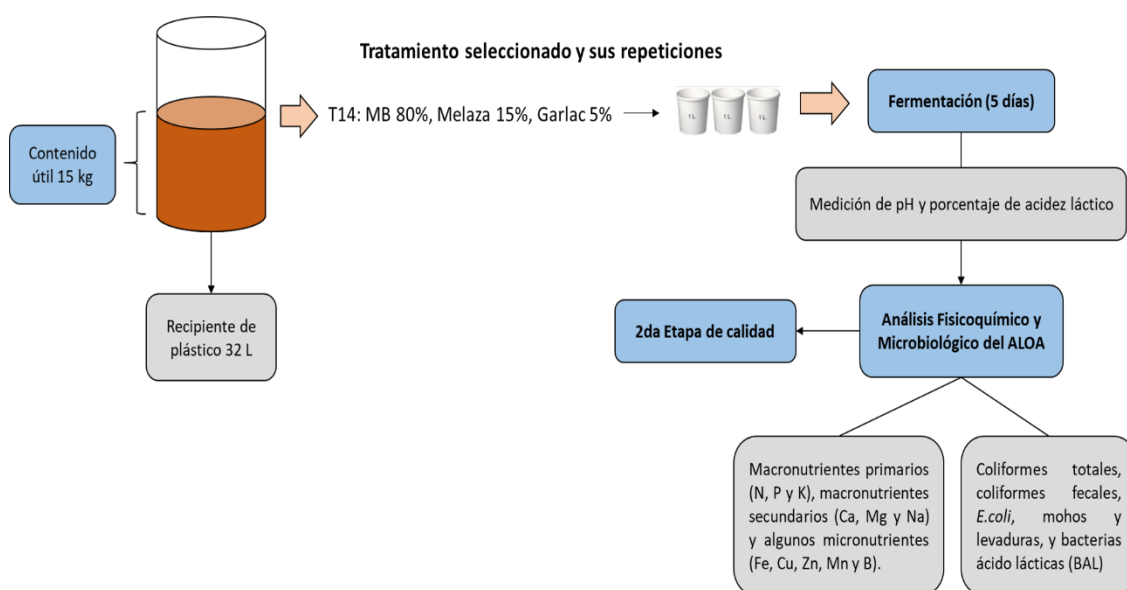


Figura 15 Proceso de elaboración del ALOA a escala piloto.

#### 3.5.4.1. *Determinación del pH*

Se realizó un monitoreo diario de pH por 5 días consecutivos, considerando el procedimiento citado en el acápite 3.5.3.3

#### 3.5.4.2. *Determinación del porcentaje de acidez titulable*

De igual manera que en el caso del pH, se realizó un monitoreo de acidez láctica por 5 días consecutivos teniendo en cuenta lo indicado en el acápite 3.5.3.4

### **3.5.5. Análisis fisicoquímico y microbiológico del ALOA porcino**

Luego de concluir el proceso de fermentación láctica a escala piloto, se envió el ALOA porcino a los respectivos laboratorios para su análisis pertinente.

#### **3.5.5.1. Análisis fisicoquímico del ALOA porcino**

Se envió una muestra del ALOA al Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Agua y Fertilizantes de la Facultad de Agronomía de la UNALM, donde se determinó pH, CE, ST, materia orgánica en solución, macronutrientes primarios (N, P y K total), macronutrientes secundarios (Ca, Mg y Na total) y algunos micronutrientes (Fe, Cu, Zn, Mn y B total). Ver Anexo 4.

#### **3.5.5.2. Análisis microbiológico del ALOA porcino**

Se colectó una muestra del ALOA para el análisis microbiológico. Este análisis se realizó en el Laboratorio de Ecología Microbiana y Biotecnología “Marino Tabusso” del Departamento de Biología de la UNALM, el cual sigue el procedimiento de la International Commission on Microbiological Specifications for Food (1983). Los indicadores que se determinaron son Enumeración de coliformes totales, coliformes fecales y *Escherichia coli*; Recuento de mohos y levaduras; y Recuento de bacterias ácido lácticas. Ver Anexo 5.

### 3.5.6. *Flujograma de la investigación*

En la Figura 16 se muestra el flujograma del proceso de producción del ALOA, producto del estiércol porcino.

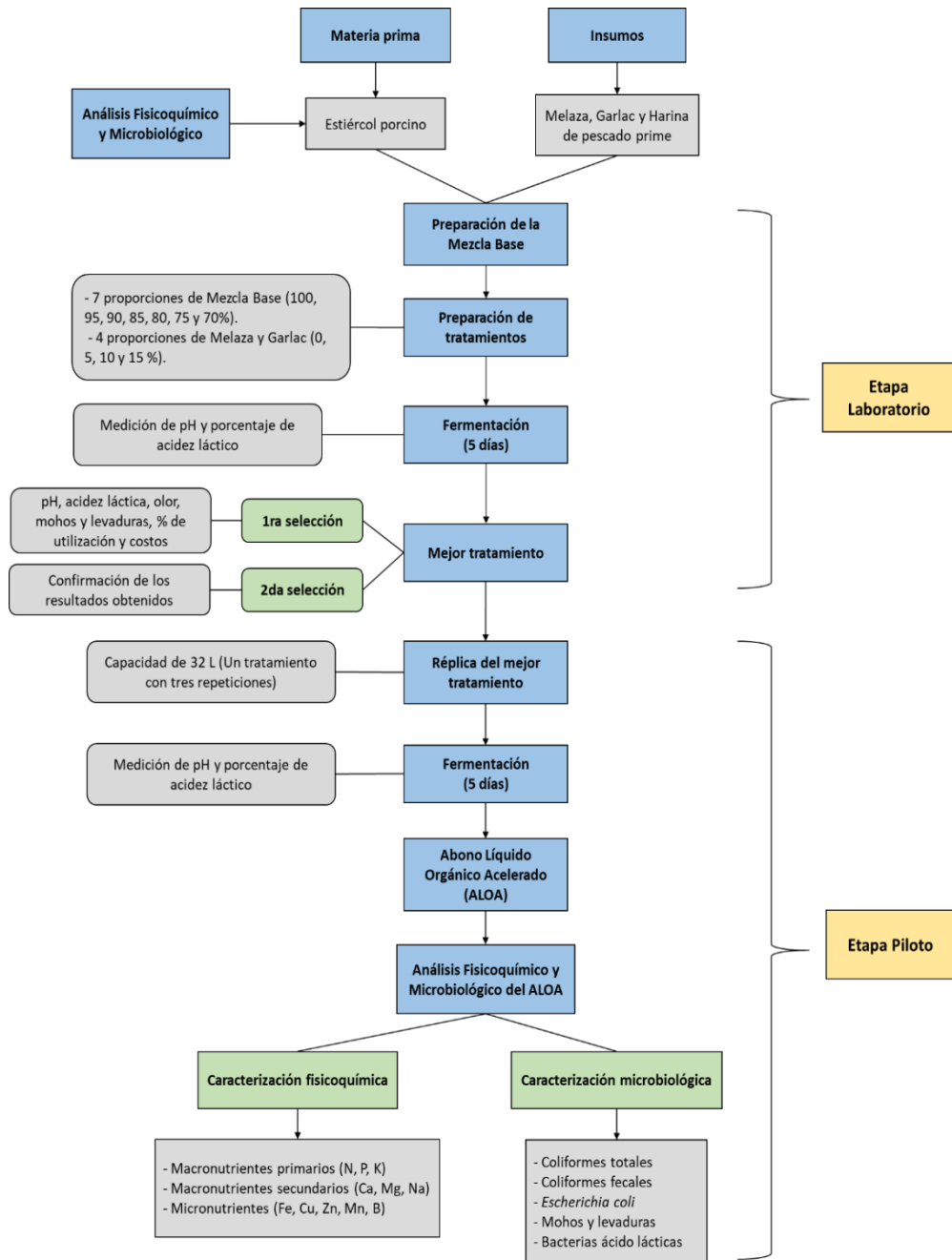


Figura 16 Flujograma del proceso de investigación.

### 3.6. Análisis de datos

Para la primera etapa del estudio se utilizó un diseño de mezcla. Los resultados de pH y porcentaje de AL fueron ajustados a una regresión lineal para un diseño de mezcla en cada día de fermentación, considerando las proporciones de Mezcla base, melaza y Garlac como variables independientes. En base a la regresión ajustada se generaron gráficos ternarios para ilustrar el efecto de cada componente. La bondad de ajuste de la regresión se evaluó por medio de una prueba de ANOVA para la regresión, y determinación de los coeficientes de determinación  $r^2$  y coeficiente de determinación ajustado  $r^2_{\text{adj}}$ .

Para la segunda etapa, se empleó un diseño factorial completo teniendo como factores el tipo de tratamiento (T10, T13 y T14) y el tiempo de fermentación. Los resultados de pH y porcentaje de AL fueron analizados a través de un ANOVA de dos vías, y las medias entre todos los tratamientos fueron contrastados mediante una prueba de diferencia mínima significativa (LSD).

Por último, para la tercera etapa, los resultados de pH y porcentaje de AL fueron ajustados por medio de regresión no lineal (método de Gauss - Newton) al modelo de Gompertz modificado en los dos procesos (escala de laboratorio y escala piloto). Los parámetros del modelo de Gompertz en ambos procesos fueron comparados en base a los intervalos de confianza de cada parámetro. Se utilizó un ANOVA de dos vías con interacción, seguido de la prueba de diferencias mínima significativa (LSD) al 0.05 de error, para identificar los promedios diferentes.

Todos los análisis estadísticos fueron efectuados en el programa STATISTICA versión 13.3 (Statsoft Co, 2020) teniendo en cuenta un nivel de error de 5%.

### 3.7. Matriz de consistencia

Para la presente investigación se realizó la siguiente matriz de consistencia (Tabla 22).

**Tabla 22 Matriz de consistencia**

<b>Planteamiento del Problema</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Hipótesis</b>	<b>Variables</b>	<b>Metodología</b>
<b>Pregunta General</b> ¿Cuál es la importancia de evaluar la calidad del Abono Líquido Orgánico Acelerado (ALOA) producido por fermentación láctica de estiércol porcino?	<b>Objetivo General</b> Evaluar la calidad del Abono Líquido Orgánico Acelerado (ALOA) producido por fermentación láctica de estiércol porcino obtenido de la Asociación de poricultores de Saracoto Alto, ubicada en Cajamarquilla, distrito de Lurigancho Chosica.	<b>Hipótesis General</b> Si la calidad del ALOA producido por fermentación láctica de estiércol porcino cumple con los estándares de calidad, entonces podrá ser aplicado en las plantas.	<b>Variable Independiente</b> - Fermentación láctica.	<b>Lugar de estudio</b> - Laboratorio "Los Jardines"
<b>Preguntas Específicas</b> ¿Cuál es la importancia de caracterizar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en el estiércol porcino?	<b>Objetivos Específicos</b> Caracterizar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del estiércol porcino.	<b>Hipótesis Específicas</b> Si la caracterización de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del estiércol porcino se realiza, entonces se obtendrá el potencial de aprovechamiento y riesgo microbiano.	<b>Variables Indicadores</b> - Concentración de Mezcla base. - Concentración de melaza. - Concentración de "Garlac".	<b>Tipo de investigación</b> Explicativo-Experimental

<p>¿Cuál es la importancia de determinar las proporciones de Mezcla base, melaza y Garlac para la obtención del ALOA mediante fermentación láctica?</p>	<p>Determinar las proporciones de Mezcla base, melaza y Garlac para la obtención del ALOA mediante fermentación láctica.</p>	<p>Si se determina las proporciones de Mezcla base, melaza y Garlac, entonces se podrá desarrollar la producción del ALOA mediante fermentación láctica.</p>	<p><b>Variable Dependiente</b> - Calidad del ALOA en basándose en parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.</p>	<p><b>Diseño de investigación</b> - Diseño de mezcla simple reticular de tres componentes restringido más una variable de proceso. - Diseño factorial completo. - Diseño factorial completo de dos vías.</p>
<p>¿Cuál es la importancia de seleccionar el mejor tratamiento del ALOA a escala laboratorio y replicarlo a escala piloto?</p>	<p>Seleccionar el mejor tratamiento del ALOA a escala laboratorio y replicarlo a escala piloto.</p>	<p>Si se selecciona el mejor tratamiento del ALOA a escala laboratorio, entonces se podrá replicarlo a escala piloto para verificar si sigue cumpliendo con las proporciones óptimas</p>		<p><b>Procedimiento</b> Fermentación láctica</p>
<p>¿Cuál es la importancia de caracterizar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en el ALOA porcino?</p>	<p>Caracterizar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del ALOA porcino.</p>	<p>Si la caracterización de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del ALOA porcino se realiza, entonces se obtendrá el potencial de aprovechamiento y riesgo microbiano.</p>		<p><b>Análisis de datos</b> Análisis estadístico STATISTICA v. 13.3</p>

## CAPITULO IV:

### RESULTADOS Y DISCUSIONES

#### 4.1. Condiciones iniciales de la materia prima e insumos principales

Para la elaboración del ALOA se utilizaron diferentes insumos, a cada uno se le realizó la medición inicial del pH. En la Tabla 23 se detalla los resultados obtenidos:

**Tabla 23 Medición del pH de los insumos**

<b>Insumo</b>	<b>pH inicial</b>
Estiércol porcino	7.8
Harina de pescado prime	5.5
Melaza	5.1
Garlac	3.5

Respecto al pH del estiércol porcino se registró un valor de 7.8, de acuerdo a la escala de pH el valor registrado está cerca de la neutralidad, por efecto de la proliferación de enteropatógeno, además, este valor obtenido permitirá un descenso rápido del pH en la elaboración del ALOA. Por otro lado, Sosa (2005) detalla el registro de pH de estiércol de diferentes animales domésticos (vacunos, porcinos, caprinos, conejos y gallinas) cuyos valores obtenidos son mayores a 7, por lo cual son considerados como insumos para elaborar abonos orgánicos.

El pH obtenido de la harina de pescado prime es de 5.5, se considera un pH ácido. COVENIN (1979) establece un pH no menor de 5, lo cual indica que la harina de pescado analizada cumple con este criterio; esto se debe a que la materia prima utilizada para su elaboración son hueso, piel y restos de carne que son desechados en el proceso de preparación de las conservas de atún y sardinas que llegan a la planta de harina después

de un tiempo sin enfriamiento, lo cual contribuye a que el pH se haga más ácido. Por otro lado, Sosa (2005) menciona que el valor de pH varía por varios factores por ejemplo la especie utilizada, la calidad de la materia prima, la época del año y los parámetros del proceso.

Con referencia al pH de la melaza se registró un valor de 5.1, por lo cual se considera un pH ácido, según Aldón (citado por L. García, 2008) la melaza se caracteriza por poseer un pH de 4.9 a 5.4, debido a la acción de los ácidos no volátiles en la sacarosa durante la clarificación del azúcar.

Respecto al Garlac se registró un pH ácido de 3.5, esto se debe a la producción del ácido láctico que generan las bacterias probióticas. Asimismo, en la ficha técnica del Garlac en su composición se observa un pH de 3,5 a 3,9, lo cual es un acidificante orgánico.

#### **4.2. Caracterización del estiércol porcino**

La muestra recolectada fue analizada fisicoquímica y microbiológicamente en el Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes y en el Laboratorio de Ecología Microbiana y Biotecnología “Marino Tabusso”, ambos pertenecientes a la UNALM; para evaluar el posible potencial de aprovechamiento y riesgo microbiológico del estiércol porcino (excretas frescas con purín líquido de cerdo) como materia prima para la elaboración del ALOA.

**Tabla 24 Análisis fisicoquímico del estiércol porcino**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Resultado</b>
pH	-	7.08
Conductividad eléctrica (CE)	dS/m	21.50
Sólidos totales (ST)	g/L	70.40
Materia orgánica en solución	g/L	56.25
Nitrógeno total (N)	mg/L	20860.00
Fósforo total (P)	mg/L	1536.54
Potasio total (K)	mg/L	1470.00
Calcio total (Ca)	mg/L	795.00
Magnesio total (Mg)	mg/L	575.00
Sodio total (Na)	mg/L	2020.00
Hierro total (Fe)	mg/L	62.33
Cobre total (Cu)	mg/L	10.90
Zinc total (Zn)	mg/L	14.70
Manganeso total (Mn)	mg/L	11.40
Boro total (B)	mg/L	4.68

Nota. Recuperado del Informe de análisis fisicoquímico del estiércol porcino (Anexo 2).

En la tabla 24, se contempla que el estiércol porcino muestra un pH neutro de 7.08, similar a C. López (2018) quien obtuvo un pH neutro de 7.52. C. Román & Juscamaita (2012) señalan que por efecto de la proliferación de entero patógenos el pH se mantuvo y no descendió. Asimismo, Castrillón *et al.* (2004) mencionan que el pH cambia entre 6.0 a 8.0 cuanto más fresco es el estiércol de cerdo, más neutro será su pH.

La salinidad del estiércol fue de 21.50 dS/m, por el contrario, Moreno (2019) y C. Alvarez *et al.* (2016) quienes trabajaron también con el mismo residuo orgánico obtuvieron una CE de 6.27 y 8.39 dS/m respectivamente, ambos mostraron una baja CE en contraste a lo reportado anteriormente.

También, podemos observar que el estiércol porcino presenta los siguientes valores de macronutrientes: N (20860 mg/L), P (1536.54 mg/L), K (1470 mg/L), Ca (795 mg/L), Mg (575 mg/L) y Na (2020 mg/L); donde el nitrógeno y fósforo destacan entre los demás nutrientes. Según Atallah (1993) los componentes esenciales del estiércol de cerdo son el N (en forma orgánica), P y K (en forma inorgánica), juntamente con elementos complementarios como Ca, Na y Mg. El elevado almacenaje del nutriente N en el estiércol del cerdo se debe a que en el alimento de los porcinos se incorpora cantidades significativas de proteína y otros compuestos nitrogenados, por ello se considera que 38 - 52 % de N es expulsado en las excretas y orinas (Moreno, 2019). Topper *et al.* (2006) argumentan que el N, P y K excretado por los cerdos son fundamentales para la fertilidad del suelo, permiten intensificar la productividad de los cultivos y son primordiales para el adecuado desarrollo de las plantas.

Con respecto a los micronutrientes del estiércol porcino, se reportó los siguientes valores obtenidos: Fe (62.33 mg/L), Cu (10.90 mg/L), Zn (14.70 mg/L), Mn (11.40 mg/L) y B (4.68 mg/L); donde los nutrientes hierro y zinc destacan entre los micronutrientes.

**Tabla 25 Análisis microbiológico del estiércol porcino**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Resultado</b>
Enum. de coliformes totales		> 11 x 10 <sup>2</sup>
Enum. de coliformes fecales	NMP/ml	> 11 x 10 <sup>2</sup>
Enum. de <i>Escherichia coli</i>		> 11 x 10 <sup>2</sup>
Recuento de mohos y levaduras		41 x 10 <sup>5</sup>
Recuento de bacterias ácido lácticas	UFC/ml	13 x 10 <sup>7</sup>

Nota. Recuperado del Informe de análisis microbiológico del estiércol porcino (Anexo 3).

Como se puede apreciar en la tabla 25, el estiércol porcino manifiesta en su composición una elevada carga microbiológica y parasitaria, la cual está integrada por coliformes totales y fecales, *E. coli*, mohos y levaduras. En el caso de coliformes totales y fecales, se obtuvo un valor de  $> 11 \times 10^2$  NMP/ml para los dos parámetros, siendo menor a lo indicado por C. López (2018) y C. Alvarez *et al.* (2016) quienes consiguieron un valor de  $53 \times 10^6$  y  $22 \times 10^6$  NMP/ml respectivamente para ambos parámetros.

Mientras que en el caso de *E. coli*, se consiguió un valor de  $> 11 \times 10^2$  NMP/ml, lo cual se halla por debajo de lo señalado por C. López (2018) y Cornejo (2011) quienes obtuvieron un valor de  $31 \times 10^3$  y  $6 \times 10^4$  NMP/ml respectivamente.

Por otro lado, el recuento de mohos y levaduras presentó un valor de  $41 \times 10^5$  UFC/ml, siendo mayor a lo manifestado por C. López (2018) quien logro obtener un valor de  $26 \times 10^5$  UFC/ml.

### **4.3. Evaluación del pH y porcentaje de acidez láctica en el proceso de elaboración del ALOA**

#### **4.3.1. *Primera etapa de la investigación***

##### **4.3.1.1. *Variación del pH***

La Tabla 26 presenta los resultados de los valores promedios de pH de los 16 tratamientos con las diferentes proporciones de Mezcla base, melaza y Garlac. Asimismo, el periodo de monitoreo de la fermentación láctica. El Anexo 6 muestra los valores de pH por cada repetición.

**Tabla 26 Valores promedios de pH de los 16 tratamientos**

Trat.	Mezcla base %	Melaza %	Garlac %	pH							
				Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 10	Día 15	Día 20
T1	100	0	0	6.2	6.3	6.3	6.2	6.3	6.4	6.5	6.7
T2	95	0	5	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1	6.2	6.3	6.4
T3	90	0	10	6.0	6.0	5.9	6.0	6.0	6.1	6.2	6.3
T4	85	0	15	5.9	5.8	5.9	5.9	5.9	6.0	6.0	6.1
T5	95	5	0	6.0	5.7	5.2	5.1	5.2	5.1	5.2	5.2
T6	90	5	5	6.0	5.0	5.2	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
T7	85	5	10	5.8	5.2	4.7	4.8	4.9	4.9	4.9	4.9
T8	80	5	15	5.7	4.7	4.8	4.7	4.7	4.8	4.8	4.8
T9	90	10	0	5.8	5.1	5.0	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
T10	85	10	5	5.9	4.9	4.7	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
T11	80	10	10	5.8	4.7	4.5	4.5	4.4	4.5	4.5	4.5
T12	75	10	15	5.6	4.6	4.6	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4
T13	85	15	0	6.0	4.8	4.6	4.5	4.5	4.4	4.3	4.3
T14	80	15	5	5.9	4.8	4.6	4.5	4.5	4.3	4.3	4.3
T15	75	15	10	5.6	4.7	4.6	4.4	4.4	4.3	4.2	4.2
T16	70	15	15	5.5	4.7	4.5	4.4	4.4	4.3	4.2	4.1

El tratamiento T1 presenta un rango de pH que va de 6.2 a 6.7, el cual presenta valores mayores de pH a diferencia de los demás tratamientos, asimismo presentó un olor desagradable debido a que no desarrolló la fermentación láctica durante el proceso porque solo está compuesto por la mezcla base (estércol porcino, agua y harina de pescado).

Los tratamientos T2, T3 y T4 no contienen melaza, pero si Garlac (5% ,10% y 15%), se puede observar que los valores de pH hasta el día 5 tienden a mantenerse estable; sin embargo, en los días 10, 15 y 20 tienden a incrementarse levemente. Esto se debe a que el consorcio de microorganismos benéficos “Garlac” no genera las bacterias probióticas debido a la ausencia de nutrientes y tampoco produce el ácido láctico. Asimismo, M.

Ramírez (2005) menciona que las bacterias probióticas son exigentes en su alimentación y se desarrollan en ambientes ricos en vitaminas, bases nitrogenadas y fuentes de carbono, como alimento es la melaza de caña u otros insumos parecidos.

Por otro lado, los tratamientos que contienen melaza en su composición, el pH tiende a disminuir de forma significativa con el tiempo. En los tratamientos (T5 al T8) con 5 % el pH tiende a disminuir hasta valores de 5.2 a 4.8, en los tratamientos (T9 al T12) con 10 % el pH disminuyó hasta valores de 4.5 a 4.4, mientras que en los tratamientos (T13 al T16) con 15 % el pH disminuyó entre 4.3 a 4.1, se puede observar el efecto significativo que posee la melaza para reducir el pH; esto se debe a que es un insumo que contiene microorganismos que generan acidez (L. García, 2008).

Referente a los tratamientos que contienen la mezcla del consorcio microbiano (Garlac) y melaza, se puede observar que, en los primeros cinco días de evaluación, el pH descendió drásticamente obteniendo un valor de 4.1 en el (T16). El descenso del pH indica que las bacterias ácido lácticas están transformando el azúcar en ácido láctico, por lo cual se puede evidenciar que al añadir Garlac a la mezcla proporciona un medio más ácido, debido al pH que posee este insumo el cual es más ácido que la melaza.

Según J. Ramírez *et al.* (2011) menciona que cuando el pH es menor de 4.5 se debe a la acumulación de la acidez láctica que presenta un efecto inhibitorio sobre las bacterias patógenas.

En ese sentido, de los 16 tratamientos se seleccionaron los 3 mejores tratamientos (T10, T13 y T14) que al día 20 tuvieron el pH más ácido, además hubo mayor aprovechamiento de mezcla base y la ausencia de hongos.

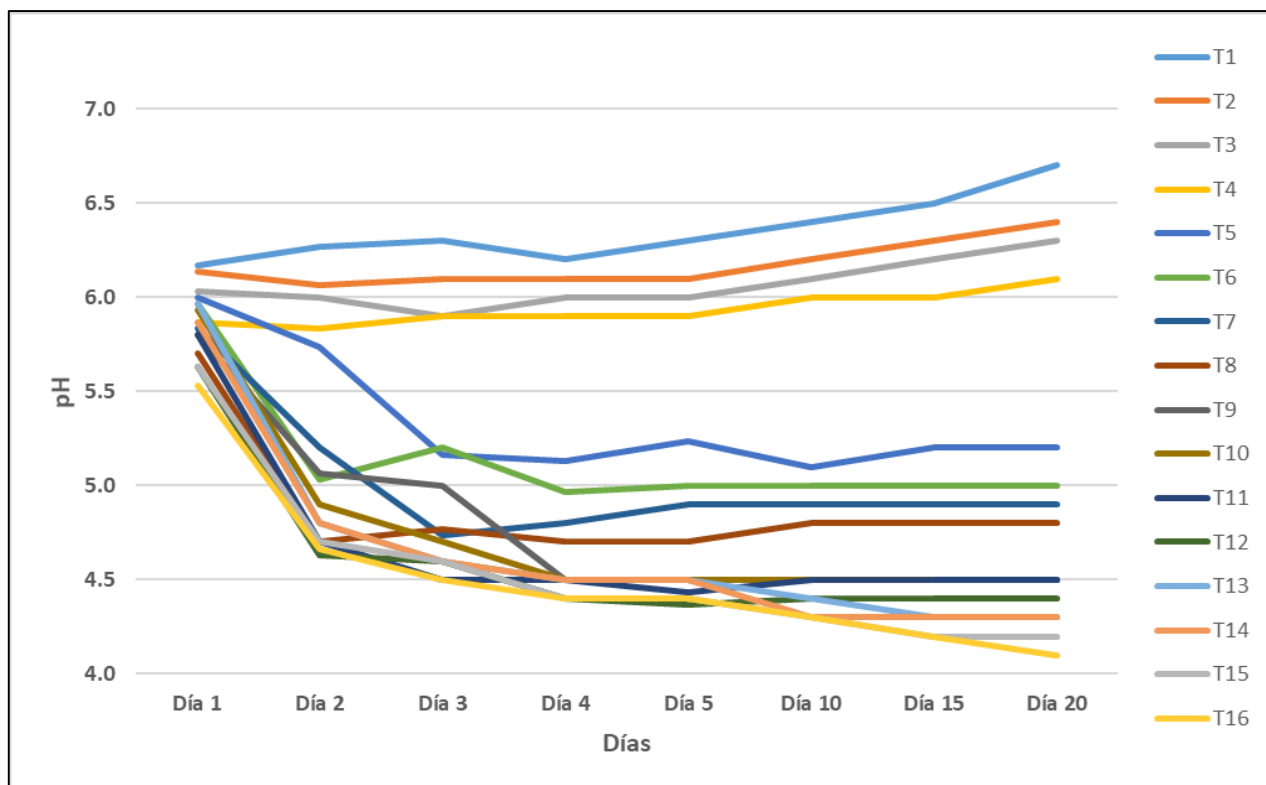


Figura 17 Variación del pH promedio de los 16 tratamientos

En la figura 17, se muestra la variación del pH promedio de los 16 tratamientos durante el período de veinte días, se puede observar que el mayor descenso de pH lo muestran los tratamientos T9, T10, T11, T12, T13, T14, T15 y T16 que varían de 5.9 a 4.1; además se puede apreciar en el día 5 los valores de pH oscilan entre 4.4 a 4.5 y en el día 20 los valores oscilan entre 4.4 a 4.1 de los tratamientos mencionados. Según Mata (1999) menciona que se debe mantener el pH lo más bajo posible para que las bacterias patógenas como la *Escherichia coli* no proliferen y puedan originar un medio ácido para que las bacterias lácticas se desarrollen y generen elementos inhibidores y bacteriocinas.

Los resultados del pH en los 16 tratamientos y diferentes días de análisis son mostrados en la Tabla 27. Se encontró que tanto el tipo de tratamiento como el día de análisis generaron cambios altamente significativos ( $P < 0.001$ ) en el pH, así como una interacción significativa ( $P < 0.01$ ) entre estos dos factores (ver Anexo 7), lo cual sugiere

que el patrón de variación del pH con el tiempo fue diferente según el tipo de tratamiento, como es ilustrado en la figura 17, donde se observa que los tratamientos 1 a 4 el pH tiende a mantenerse estable, mientras que en el resto hay una disminución significativa del pH.

En cada tratamiento se encontró que el tiempo generó variaciones significativas en el pH ( $P < 0.001$ , ver Anexo 8 para cada tratamiento). No obstante, en los 4 primeros tratamientos, que no incluyen melaza en su formulación, el pH tendió a incrementarse, mientras que, en el resto de tratamientos, que incluyen melaza en su composición, el pH tiende a disminuir de forma significativa ( $P < 0.001$ ) con el tiempo. En los tratamientos con 5 % de melaza el pH tendió a disminuir hasta valores de 4.8 a 5.2, en los tratamientos con 10 % el pH disminuyó hasta valores de 4.4 a 4.5, mientras que en los tratamientos con 15 % se llevó a pH entre 4.1 a 4.3, lo cual sugiere el efecto significativo del contenido de melaza para reducir más el pH.

Referente al contenido de Garlac, se encontró que entre los tratamientos 1 a 4 (0 % melaza), tratamientos 5 a 9 (5 % melaza), 10 a 12 (10 % de melaza) y 13 a 16 (15 % de melaza), los tratamientos 4, 9, 12 y 16, correspondientes a mayores contenidos de Garlac, mostraron las mayores disminuciones de pH, lo cual sugiere que el contenido de Garlac también tiene un efecto significativo para reducir el pH.

Para evaluar el efecto de los tres ingredientes en cada día de análisis se ajustó los valores de pH a un modelo lineal (Anexo 8), los coeficientes de los modelos son mostrados en la Tabla 28, donde en todos los días de análisis los coeficientes lineales de los contenidos de Mezcla base, melaza y Garlac presentaron un efecto significativo ( $P < 0.05$ ) en la variación del contenido de acidez, de los cuales en los cinco primeros días el contenido de Mezcla base tuvo un mayor efecto, mientras que en los días 10 y 20 el contenido de melaza tuvo el mayor efecto.

De forma gráfica el efecto de la proporción de cada componente es representado en un diagrama ternario (Figura 19), donde se observa que en todos los días de tratamiento un incremento en la concentración de melaza permite reducir el pH, mientras que un aumento en la proporción de Mezcla base incrementa su valor. En cuanto a la proporción de Garlac, en los días 1 y 2 un aumento en su proporción permite una disminución en el pH, mientras que en el resto de días su efecto es menor.

En la figura 19 se observa que en el día 1 el pH varió entre 6.15 y 5.55, los altos valores de acidez muestran aún una falta de fermentación por ser el primer día de proceso, aunque se observa un menor pH en los tratamientos 16 (con pH entre 5.55 y 5.6), seguido de los tratamientos 12 y 15 (con pH entre 5.7 y 5.65). En el día 2 se encontró que los tratamientos con menor pH fueron el tratamiento 12 y 16 (con pH entre 4.4 y 4.6), los cuales tenían 15 % de Garlac y 10 y 15 % de melaza respectivamente, seguido de los tratamientos 4, 8 (con H entre 4.6 a 4.8), que tenían 15 % de Garlac y 0 y 5 % de melaza; el tratamiento 15 también estuvo en este rango (con 15 % de melaza y 10% de Garlac)

**Tabla 27 Resultados de pH según tratamiento y tiempo de incubación**

<b>Tratamiento</b>	<b>x1</b>	<b>x2</b>	<b>x3</b>	<b>Dia1</b>	<b>Dia2</b>	<b>Dia3</b>	<b>Dia4</b>	<b>Dia5</b>	<b>Dia10</b>	<b>Dia20</b>
T1	1	0	0	6.17 <sup>e</sup>	6.27 <sup>cd</sup>	6.30 <sup>c</sup>	6.20 <sup>de</sup>	6.30 <sup>c</sup>	6.40 <sup>b</sup>	6.70 <sup>a</sup>
T2	0.95	0	0.05	6.13 <sup>c</sup>	6.07 <sup>d</sup>	6.10 <sup>cd</sup>	6.10 <sup>cd</sup>	6.10 <sup>cd</sup>	6.20 <sup>b</sup>	6.40 <sup>a</sup>
T3	0.9	0	0.1	6.03 <sup>c</sup>	6.00 <sup>c</sup>	5.90 <sup>d</sup>	6.00 <sup>c</sup>	6.00 <sup>c</sup>	6.10 <sup>b</sup>	6.30 <sup>a</sup>
T4	0.85	0	0.15	5.87 <sup>cd</sup>	5.83 <sup>d</sup>	5.90 <sup>c</sup>	5.90 <sup>c</sup>	5.90 <sup>c</sup>	6.00 <sup>b</sup>	6.10 <sup>a</sup>
T5	0.95	0.05	0	6.00 <sup>a</sup>	5.73 <sup>b</sup>	5.17 <sup>c</sup>	5.13 <sup>c</sup>	5.23 <sup>c</sup>	5.10 <sup>c</sup>	5.20 <sup>c</sup>
T6	0.9	0.05	0.05	5.97 <sup>a</sup>	5.03 <sup>c</sup>	5.20 <sup>b</sup>	4.97 <sup>c</sup>	5.00 <sup>c</sup>	5.00 <sup>c</sup>	5.00 <sup>c</sup>
T7	0.85	0.05	0.1	5.83 <sup>a</sup>	5.20 <sup>b</sup>	4.73 <sup>d</sup>	4.80 <sup>cd</sup>	4.90 <sup>c</sup>	4.90 <sup>c</sup>	4.90 <sup>c</sup>
T8	0.8	0.05	0.15	5.70 <sup>a</sup>	4.70 <sup>c</sup>	4.77 <sup>b</sup>	4.70 <sup>c</sup>	4.70 <sup>c</sup>	4.80 <sup>b</sup>	4.80 <sup>b</sup>
T9	0.9	0.1	0	5.80 <sup>a</sup>	5.07 <sup>b</sup>	5.00 <sup>b</sup>	4.50 <sup>c</sup>	4.50 <sup>c</sup>	4.50 <sup>c</sup>	4.50 <sup>c</sup>
T10	0.85	0.1	0.05	5.93 <sup>a</sup>	4.90 <sup>b</sup>	4.70 <sup>c</sup>	4.50 <sup>d</sup>	4.50 <sup>d</sup>	4.50 <sup>d</sup>	4.50 <sup>d</sup>
T11	0.8	0.1	0.1	5.80 <sup>a</sup>	4.70 <sup>b</sup>	4.50 <sup>c</sup>	4.50 <sup>c</sup>	4.43 <sup>c</sup>	4.50 <sup>c</sup>	4.50 <sup>c</sup>
T12	0.75	0.1	0.15	5.63 <sup>a</sup>	4.63 <sup>b</sup>	4.60 <sup>b</sup>	4.40 <sup>c</sup>	4.37 <sup>c</sup>	4.40 <sup>c</sup>	4.40 <sup>c</sup>
T13	0.85	0.15	0	5.97 <sup>a</sup>	4.80 <sup>b</sup>	4.60 <sup>c</sup>	4.50 <sup>d</sup>	4.50 <sup>d</sup>	4.40 <sup>e</sup>	4.30 <sup>f</sup>
T14	0.8	0.15	0.05	5.87 <sup>a</sup>	4.80 <sup>b</sup>	4.60 <sup>c</sup>	4.50 <sup>d</sup>	4.50 <sup>d</sup>	4.30 <sup>e</sup>	4.30 <sup>e</sup>
T15	0.75	0.15	0.1	5.63 <sup>a</sup>	4.70 <sup>b</sup>	4.60 <sup>c</sup>	4.40 <sup>d</sup>	4.40 <sup>d</sup>	4.30 <sup>e</sup>	4.20 <sup>f</sup>
T16	0.7	0.15	0.15	5.53 <sup>a</sup>	4.67 <sup>b</sup>	4.50 <sup>c</sup>	4.40 <sup>d</sup>	4.40 <sup>d</sup>	4.30 <sup>e</sup>	4.10 <sup>f</sup>

Resultados expresados como “Promedios” (n = 3). Superíndices diferentes en la misma fila indican diferencia significativa al 0.05 de error según prueba de Diferencias mínima significativa (LSD).

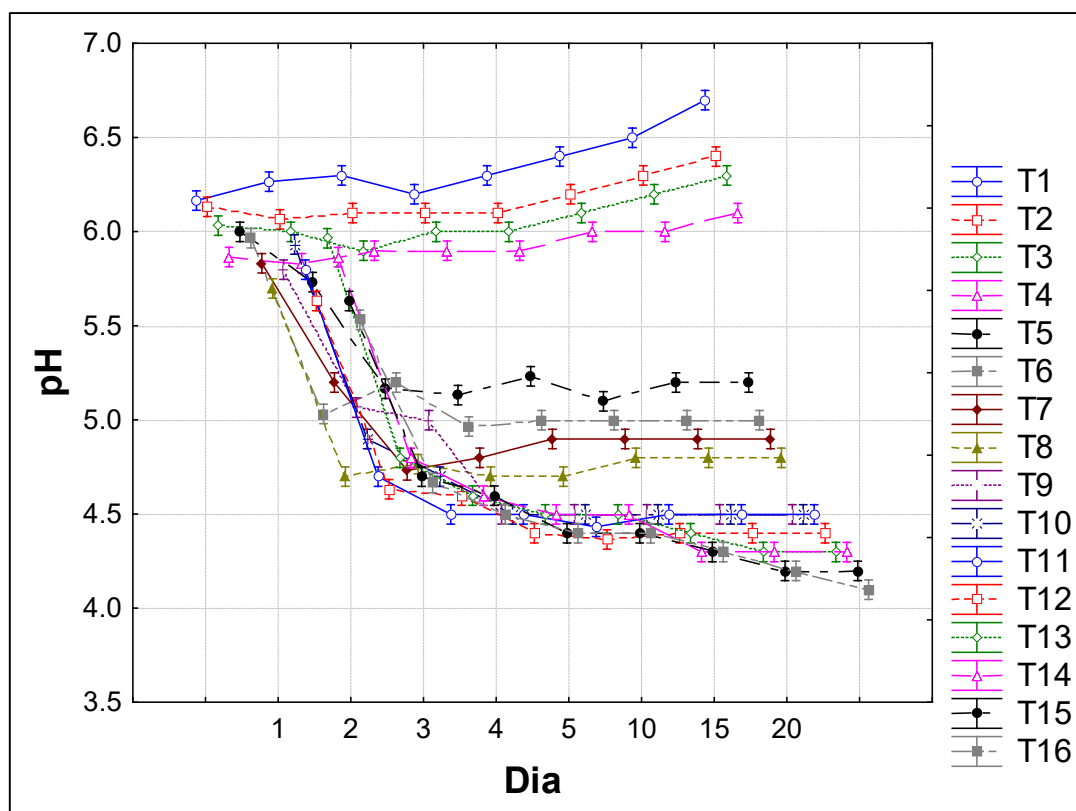


Figura 18 Variación del pH con el tiempo de fermentación y el tratamiento.

En los días 4 y 5 de fermentación el comportamiento fue similar. Los menores pH (entre 4 y 4.5) fueron de los tratamientos 4, 8, 12 y 16 (con 15 % Garlac), seguido de 3, 7, 11 y 15 (que presentaron 10 % de Garlac), seguido de 2, 6, 10 y 14 (con 5 % de Garlac) y finalmente 1, 5, 9 y 13, los cuales no tenían Garlac. Esto muestra que un mayor contenido de Garlac fue influyente para obtener un menor pH.

Tabla 28 Coeficientes de regresión del modelo lineal para la variación del pH según el diseño de mezcla en cada día de análisis

Factor	Dia1	Dia2	Dia3	Dia4	Dia5	Dia10	Dia20
Mezcla base	6.172***	6.066***	5.955***	5.871***	5.936***	5.994***	6.213***
Melaza	4.205***	-2.417*	-3.428*	-4.579**	-4.831**	-6.056***	-7.687***
Garlac	4.072***	2.916*	3.572*	4.288**	4.002**	4.544**	4.113*
$r^2$	0.8466	0.8148	0.8000	0.8068	0.8193	0.8560	0.8685
$r^2_{adj}$	0.8230	0.7863	0.7692	0.7770	0.7915	0.8338	0.8482

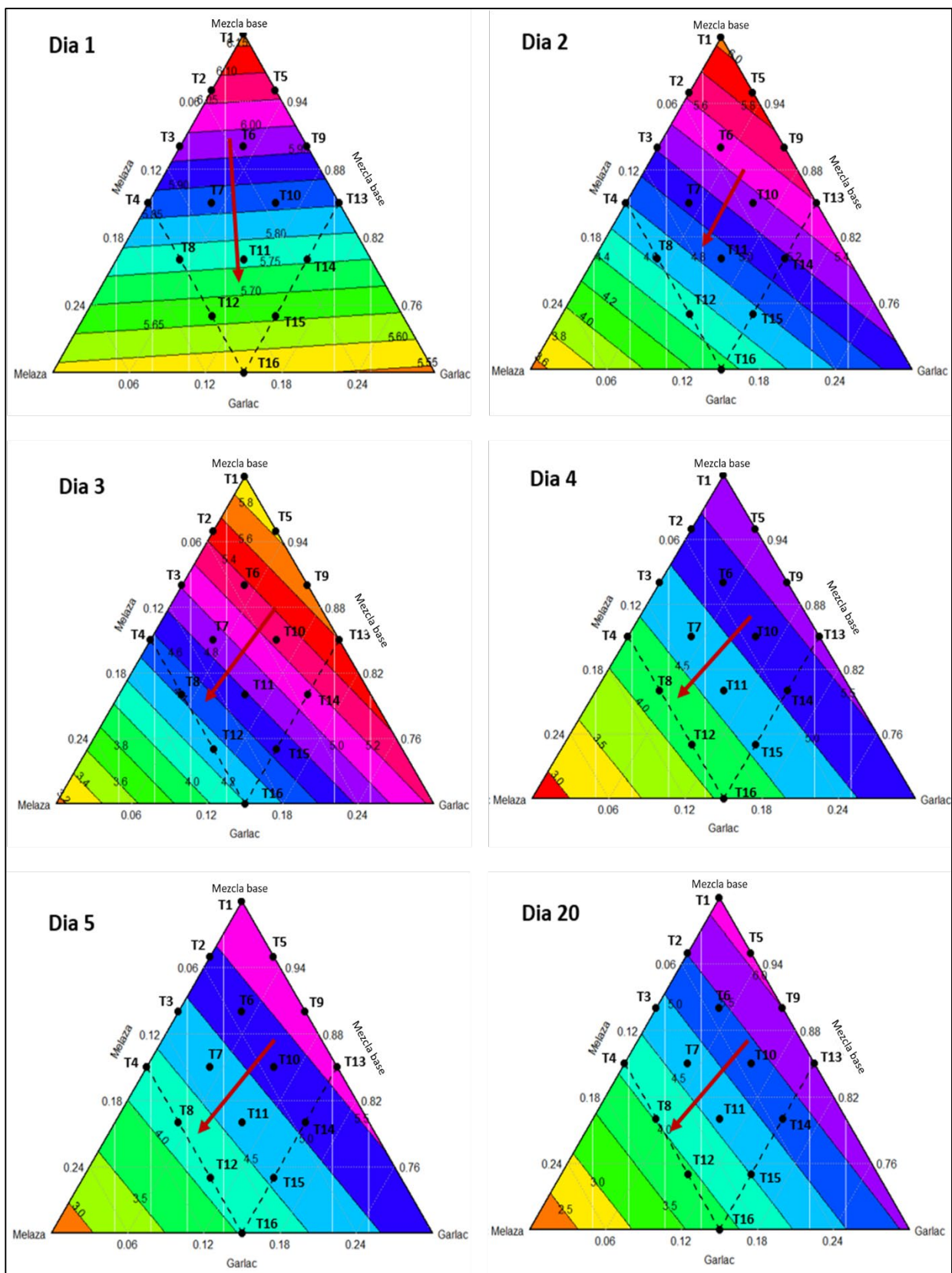


Figura 19 Variación del pH en los diferentes tiempos de reacción según la proporción de ingredientes utilizados (en los días 10 y 15 las superficies fueron iguales a las del día 20, ver Anexo 9.9).

### 4.3.1.2. Variación del porcentaje de acidez láctica

Como se puede observar en la Tabla 29, presenta los resultados de los valores promedios de porcentaje de acidez láctica de los 16 tratamientos con las diferentes proporciones de Mezcla base, melaza y Garlac. Asimismo, el periodo de monitoreo de la fermentación láctica. En el Anexo 10 se muestra los valores de porcentaje de acidez láctica por cada repetición.

**Tabla 29 Valores promedios del porcentaje de acidez láctica de los 16 tratamientos**

Trat.	Mezcla base %	Melaza %	Garlac %	Acidez láctica (%)							
				Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 10	Día 15	Día 20
T1	100	0	0	0.93	0.98	0.87	0.86	0.81	0.90	0.81	0.72
T2	95	0	5	1.14	1.11	0.89	0.99	0.99	0.87	0.89	0.95
T3	90	0	10	1.20	1.20	0.99	0.95	1.04	0.95	0.81	0.86
T4	85	0	15	2.15	1.52	1.11	1.08	1.08	0.99	0.99	0.95
T5	95	5	0	1.9	2.0	1.8	1.5	2.1	2.4	2.3	2.3
T6	90	5	5	1.7	1.9	1.9	2.1	2.8	2.8	2.8	2.8
T7	85	5	10	1.9	2.0	2.1	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8
T8	80	5	15	2.1	2.6	2.9	2.8	2.9	2.9	2.9	2.9
T9	90	10	0	2.2	2.0	2.1	2.3	2.9	3.0	3.0	3.0
T10	85	10	5	2.0	2.6	3.1	3.8	3.5	3.5	3.5	3.5
T11	80	10	10	2.2	3.3	3.6	3.7	3.9	4.0	4.0	4.0
T12	75	10	15	2.0	3.7	4.0	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1
T13	85	15	0	1.9	3.3	4.5	4.5	4.4	4.7	4.8	4.8
T14	80	15	5	2.0	3.1	4.8	4.9	4.7	4.8	4.8	4.8
T15	75	15	10	2.5	3.2	4.7	4.9	4.6	4.7	4.7	4.8
T16	70	15	15	2.5	3.6	5.1	5.1	5.1	5.3	5.3	5.4

En el tratamiento T1 se puede observar que el primer día inició con un porcentaje de acidez láctica de 0.93, y a partir del tercer día el porcentaje de acidez empezó a reducirse de manera significativa logrando obtener un valor de 0.72 en el día 20, esto se debe a que el tratamiento sólo se encuentra compuesto por la mezcla base que contiene estiércol porcino, agua y harina de pescado.

Los tratamientos T2, T3 y T4 no contienen melaza, pero si Garlac (5% ,10% y 15%), se puede observar que los valores del porcentaje de acidez láctica tienden a disminuirse significativamente durante el proceso de fermentación láctica. Asimismo, los valores obtenidos no superaron el 2.30 del porcentaje de acidez láctica, esto se debe a que las bacterias del ácido láctico consumieron toda la fuente de carbono existente en la mezcla base, faltándole dicha fuente proveniente de la melaza para seguir produciendo ácido láctico.

Sin embargo, los tratamientos que contienen melaza en su composición, presentaron un incremento significativo en la acidez, los tratamientos (T5 al T8) con 5 % el porcentaje de acidez láctica aumento de 1.7 a 2.9, en los tratamientos (T9 al T12) con 10 % el porcentaje de acidez láctica aumento hasta valores de 2.0 a 4.1, mientras que en los tratamientos (T13 al T16) con 15 % el porcentaje de acidez láctica aumento entre 1.9 a 5.4; esto se debe al aumento de la cantidad de melaza añadida en cada mezcla y el periodo de monitoreo, además independientemente de la proporción del Garlac que se usó, se puede observar que el porcentaje de acidez aumentó debido a que las bacterias del ácido láctico tienen más fuente de carbono para realizar la fermentación. La producción del ácido láctico continuará mientras haya suficiente reserva de melaza.

Según L. García (2008) menciona que la melaza posee microorganismos que generan acidez incluyendo a las BAL, la cual tiene influencia en la fermentación láctica.

En ese sentido, de los 16 tratamientos se seleccionaron los 3 mejores tratamientos (T10, T13 y T14) porque se observa que a partir del día 10 los valores obtenidos del porcentaje de acidez láctica fueron estables, además hubo mayor aprovechamiento de mezcla base (80% y 85%) y la ausencia de bacterias patógenas.

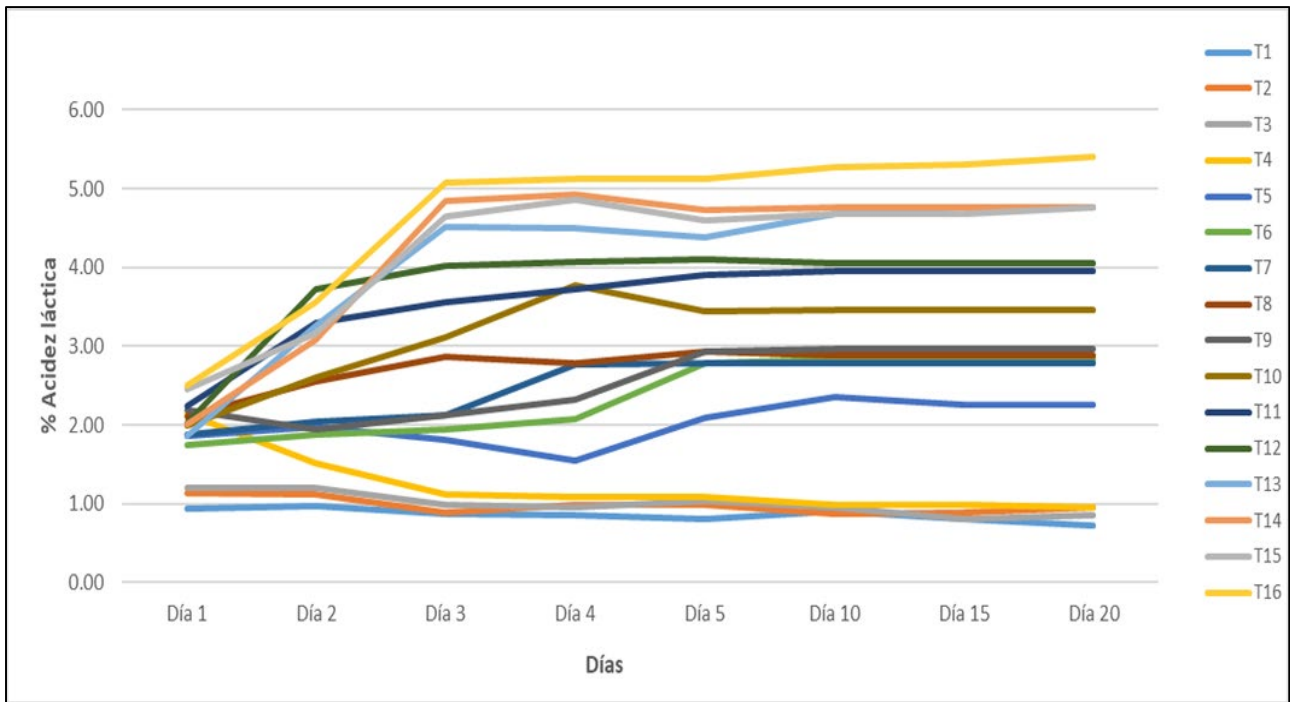


Figura 20 Variación del porcentaje de acidez láctica promedio de los 16 tratamientos

En la figura 20 se muestra la variación del porcentaje de acidez láctica promedio de los 16 tratamientos durante los 20 días, se puede observar que el mayor ascenso del porcentaje de acidez láctica se da en los tratamientos T10, T11, T12, T13, T14, T15 y T16 en el día 5 los valores de pH oscilan entre 3.5 a 5.1 y en el día 20 los valores oscilan entre 3.5 a 5.4.

Los resultados de la determinación de acidez son mostrados en la tabla 30. De un análisis de varianza de dos vías (Anexo 11) se encontró que tanto el tipo de tratamiento como el tiempo generaron diferencias altamente significativas en la media de acidez ( $P < 0.001$ ). La variación en la acidez con el tiempo en cada uno de los tratamientos es ilustrada en la Figura 20, observando cambios significativos en el contenido de acidez con el tiempo en los diferentes tratamientos (Anexo 12). En la tabla 30 se observa que en los tratamientos 5 a 16, no hay diferencia significativa en el contenido de acidez a partir del día 10, y en los tratamientos 6 a 12 a partir del día 5.

Se observa en la Tabla 30 que los tratamientos que no contenían melaza (T1 a T4) mostraron una disminución significativa en la acidez (Anexo 12.1 a 12.4), mientras que en los tratamientos con melaza presentaron un incremento significativo en la acidez, resaltando que la acidez alcanzada fue mayor en los tratamientos con 0.15 de melaza (T13 a T16), seguido de los tratamientos con 0.1 (T9 a T12) y menor en los tratamientos con 0.05 de melaza (T5 a T8), lo que muestra el efecto significativo de la adición de melaza para incrementar la acidez.

Dentro de los tratamientos con una misma concentración de melaza se observa una mayor acidez al tener una mayor concentración de Garlac. Utilizando 0.05 de melaza los tratamientos T6 a T8 (0.05 a 0.15 de Garlac) mostraron una mayor acidez que el tratamiento T5 (0 de Garlac, ver figura 21), mientras que utilizando 0.1 o 0.15 la acidez incrementa de T9 a T12 y de T13 a T14 conforme se va incrementando la proporción de Garlac en la mezcla, lo que sugiere también el efecto significativo de la adición de Garlac para aumentar la acidez durante la fermentación

**Tabla 30 Resultados de acidez láctica según tratamiento y tiempo de incubación**

<b>Tratamiento</b>	<b>x1</b>	<b>x2</b>	<b>x3</b>	<b>Dia1</b>	<b>Dia2</b>	<b>Dia3</b>	<b>Dia4</b>	<b>Dia5</b>	<b>Dia10</b>	<b>Dia15</b>	<b>Dia20</b>
T1	1	0	0	0.930 <sup>ab</sup>	0.975 <sup>b</sup>	0.870 <sup>bcd</sup>	0.855 <sup>cd</sup>	0.810 <sup>d</sup>	0.900 <sup>bc</sup>	0.810 <sup>d</sup>	0.720 <sup>e</sup>
T2	0.95	0	0.05	1.140 <sup>a</sup>	1.110 <sup>a</sup>	0.885 <sup>d</sup>	0.990 <sup>b</sup>	0.990 <sup>b</sup>	0.870 <sup>d</sup>	0.885 <sup>d</sup>	0.945 <sup>c</sup>
T3	0.9	0	0.1	1.200 <sup>a</sup>	1.200 <sup>a</sup>	0.990 <sup>bc</sup>	0.945 <sup>c</sup>	1.035 <sup>b</sup>	0.945 <sup>c</sup>	0.810 <sup>d</sup>	0.855 <sup>d</sup>
T4	0.85	0	0.15	2.145 <sup>a</sup>	1.515 <sup>b</sup>	1.110 <sup>c</sup>	1.080 <sup>c</sup>	1.080 <sup>c</sup>	0.990 <sup>d</sup>	0.990 <sup>d</sup>	0.945 <sup>d</sup>
T5	0.95	0.05	0	1.860 <sup>cd</sup>	1.980 <sup>cd</sup>	1.815 <sup>d</sup>	1.545 <sup>e</sup>	2.085 <sup>bc</sup>	2.355 <sup>a</sup>	2.250 <sup>ab</sup>	2.250 <sup>ab</sup>
T6	0.9	0.05	0.05	1.740 <sup>c</sup>	1.875 <sup>bc</sup>	1.935 <sup>bc</sup>	2.070 <sup>b</sup>	2.790 <sup>a</sup>	2.835 <sup>a</sup>	2.835 <sup>a</sup>	2.835 <sup>a</sup>
T7	0.85	0.05	0.1	1.875 <sup>d</sup>	2.040 <sup>c</sup>	2.130 <sup>b</sup>	2.760 <sup>a</sup>	2.775 <sup>a</sup>	2.790 <sup>a</sup>	2.790 <sup>a</sup>	2.790 <sup>a</sup>
T8	0.8	0.05	0.15	2.100 <sup>e</sup>	2.550 <sup>d</sup>	2.865 <sup>b</sup>	2.790 <sup>c</sup>	2.925 <sup>a</sup>	2.880 <sup>b</sup>	2.880 <sup>b</sup>	2.880 <sup>b</sup>
T9	0.9	0.1	0	2.190 <sup>c</sup>	1.950 <sup>d</sup>	2.130 <sup>c</sup>	2.325 <sup>b</sup>	2.925 <sup>a</sup>	2.970 <sup>a</sup>	2.970 <sup>a</sup>	2.970 <sup>a</sup>
T10	0.85	0.1	0.05	1.995 <sup>e</sup>	2.595 <sup>d</sup>	3.120 <sup>c</sup>	3.765 <sup>a</sup>	3.450 <sup>b</sup>	3.465 <sup>b</sup>	3.465 <sup>b</sup>	3.465 <sup>b</sup>
T11	0.8	0.1	0.1	2.235 <sup>e</sup>	3.300 <sup>d</sup>	3.555 <sup>c</sup>	3.720 <sup>bc</sup>	3.900 <sup>ab</sup>	3.960 <sup>a</sup>	3.960 <sup>a</sup>	3.960 <sup>a</sup>
T12	0.75	0.1	0.15	2.025 <sup>c</sup>	3.720 <sup>b</sup>	4.020 <sup>a</sup>	4.065 <sup>a</sup>	4.110 <sup>a</sup>	4.050 <sup>a</sup>	4.050 <sup>a</sup>	4.050 <sup>a</sup>
T13	0.85	0.15	0	1.860 <sup>f</sup>	3.255 <sup>e</sup>	4.515 <sup>c</sup>	4.500 <sup>c</sup>	4.380 <sup>d</sup>	4.680 <sup>b</sup>	4.770 <sup>a</sup>	4.770 <sup>a</sup>
T14	0.8	0.15	0.05	2.010 <sup>e</sup>	3.075 <sup>d</sup>	4.845 <sup>b</sup>	4.935 <sup>a</sup>	4.725 <sup>c</sup>	4.770 <sup>c</sup>	4.770 <sup>c</sup>	4.770 <sup>c</sup>
T15	0.75	0.15	0.1	2.460 <sup>g</sup>	3.165 <sup>f</sup>	4.650 <sup>d</sup>	4.860 <sup>a</sup>	4.590 <sup>e</sup>	4.680 <sup>cd</sup>	4.680 <sup>c</sup>	4.770 <sup>b</sup>
T16	0.7	0.15	0.15	2.505 <sup>f</sup>	3.555 <sup>e</sup>	5.070 <sup>d</sup>	5.130 <sup>c</sup>	5.130 <sup>c</sup>	5.265 <sup>b</sup>	5.310 <sup>b</sup>	5.400 <sup>a</sup>

Resultados expresados como “Promedios” (n = 3). Superíndices diferentes en la misma fila indican diferencia significativa al 0.05 de error según prueba de Diferencias mínima significativa (LSD).

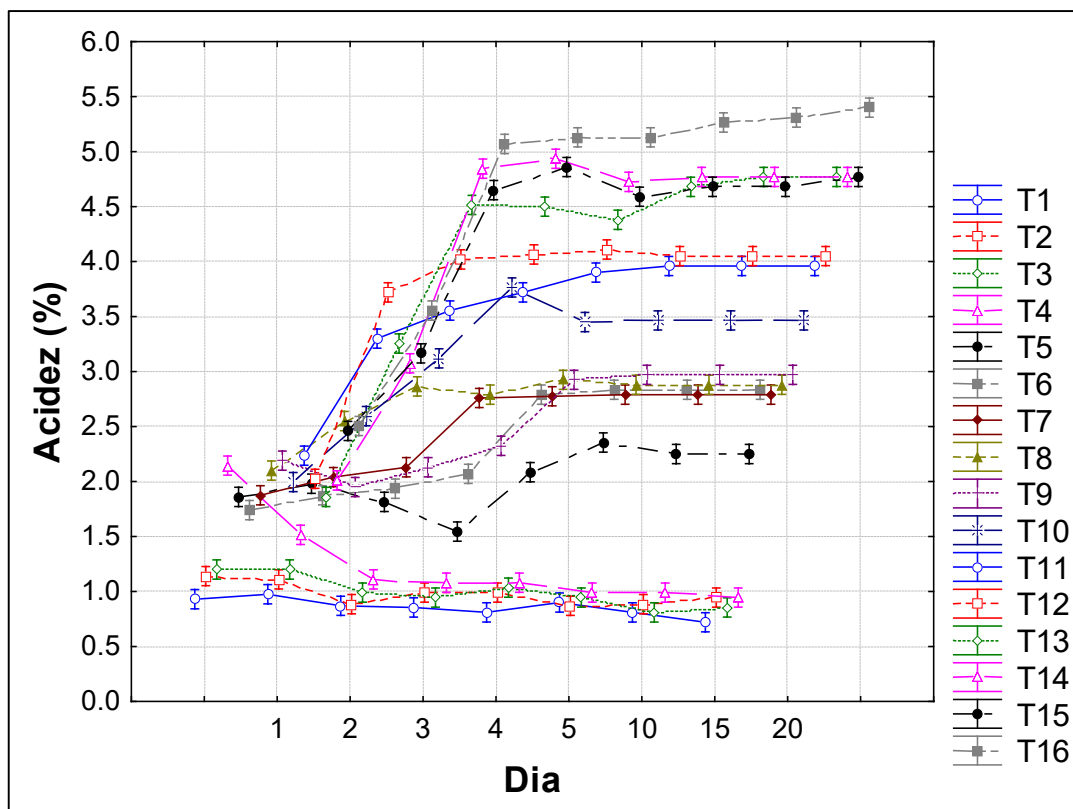


Figura 21 Variación de la acidez láctica con el tratamiento y el tiempo.

La variación en el contenido de acidez según las diferentes proporciones de melaza, Garlac y Mezcla base son mostrados fueron ajustados a un modelo lineal, los cuales fueron significativos ( $P < 0.05$ ) en todos los días de análisis (ver Anexo 13). Los coeficientes son mostrados en la Tabla 31. En los días 2 en adelante los valores del coeficiente  $r^2$  fueron superiores a 0.90 (en el día 2 fue 0.89) mostrando que una alta variabilidad en la acidez puede ser explicado por el modelo lineal. En el día 1 el  $r^2$  fue mucho menor, debido a que en el día inicial el valor de acidez no presentó una gran variabilidad entre los tratamientos.

De la tabla 31 se observa que en todos los casos el coeficiente de la melaza es el mayor, seguido del Garlac y finalmente la mezcla base, lo que sugiere que la melaza es el componente que generó mayores variaciones en la acidez, seguido del Garlac y finalmente la mezcla base de forma significativa ( $P < 0.05$ ).

**Tabla 31 Coeficientes de regresión del modelo lineal para la variación de la acidez láctica según el diseño de mezcla en cada día de análisis**

<b>Factor</b>	<b>Dia1</b>	<b>Dia2</b>	<b>Dia3</b>	<b>Dia4</b>	<b>Dia5</b>	<b>Dia10</b>	<b>Dia20</b>
Mezcla base	1.224***	0.924***	0.475*	0.518*	0.806***	0.853***	0.755***
Melaza	6.789***	14.859***	25.353***	26.205***	25.076***	26.180***	26.968***
Garlac	4.569**	6.219***	6.348***	6.540***	5.546***	4.490**	4.783**
$r^2$	0.6912	0.8959	0.9609	0.9629	0.9703	0.9671	0.9692
$r^2_{adj}$	0.6437	0.8798	0.9549	0.9572	0.9657	0.962	0.9644

Dado que en los tratamientos estudiados la cantidad de melaza, Garlac y Mezcla base generaban la misma cantidad total (suma de proporciones igual a 1), la variación en el contenido de acidez puede ser representada a través de un diagrama ternario, como muestra la Figura 22. En estas figuras la flecha indica la dirección de incremento de la acidez en cada día de evaluación. En el día 1 las líneas de acidez constantes muestran que la acidez varió entre 1.4 y 2.6 % dentro de la región experimental (lo que es señalado por las regiones de color naranja a color azul), lo que sugiere que en el primer día la fermentación está iniciando. En el día 2 de fermentación se observa que los tratamientos 1, 5 y 9 presentan los más bajos contenidos de acidez, mientras que los tratamientos 12 y 16 presentan los mayores contenidos (entre 3 y 3.5 %) seguido de los tratamientos 4, 8 y 15 (con contenidos entre 2.5 y 3 %). En el día 3 (y en los posteriores) se encontró una secuencia similar donde los tratamientos 1 y 5 presentan la menor acidez, y son los tratamientos sin el uso de Garlac y con 0 y 5 % de melaza respectivamente, mientras que los tratamientos 4, 8, 12 y 16 presentan los mayores niveles de acidez (entre 4 y 5%). Estos cuatro tratamientos presentan menos contenido de mezcla base, un 15 % de Garlac y mayores contenidos de melaza. Esto sugiere que mayores concentraciones de melaza y Garlac permiten incrementar el nivel de acidez de la mezcla.

En la figura 22 se observa que en los demás días de análisis hay un comportamiento similar donde los tratamientos 4, 8, 12 y 16 son los tratamientos con mayor nivel de acidez, los cuales presentan un 15 % de Garlac. En estos cuatro la mayor acidez se consigue en el orden: T16 > T12 > T8 > T4. En este mismo orden el contenido de melaza es de 15, 10, 5 y 0 % respectivamente, lo que indica que un mayor contenido de Garlac también permite incrementar el nivel de acidez. Por tanto, en todos los días de análisis se observa que para tener un mayor nivel de acidez se debe incrementar el contenido de melaza y de Garlac y disminuir el contenido de la Mezcla base.

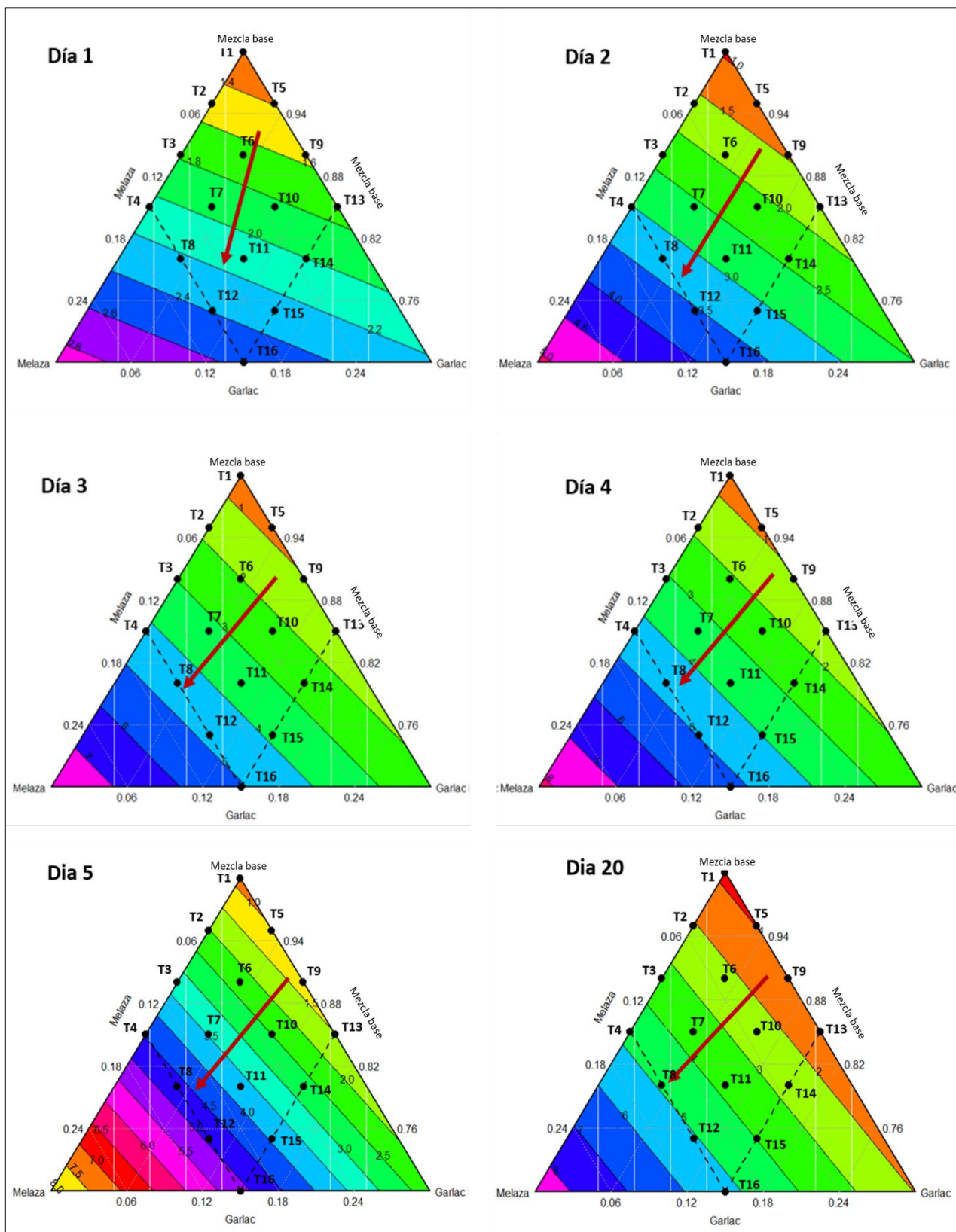


Figura 22 Variación del contenido de acidez láctica en los diferentes días de reacción según las proporciones de ingredientes utilizados (En el día 10 y 15 las superficies fueron iguales a la del día 20, Anexo 13.9).

#### 4.3.1.3. *Modelo con variable de proceso*

Para incluir el efecto del tiempo en la variación del pH y la acidez, se utilizó un modelo lineal con el tiempo como variable de proceso. No obstante, debido a la variación sigmoidea de la acidez y el pH con el tiempo, el efecto del tiempo fue considerado como una función logarítmica como muestra la siguiente ecuación.

$$y = b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + \frac{b_4}{1 + e^{-z}} + \delta_1x_1 \log z + \delta_2x_2 \log z + \delta_3x_3 \log z$$

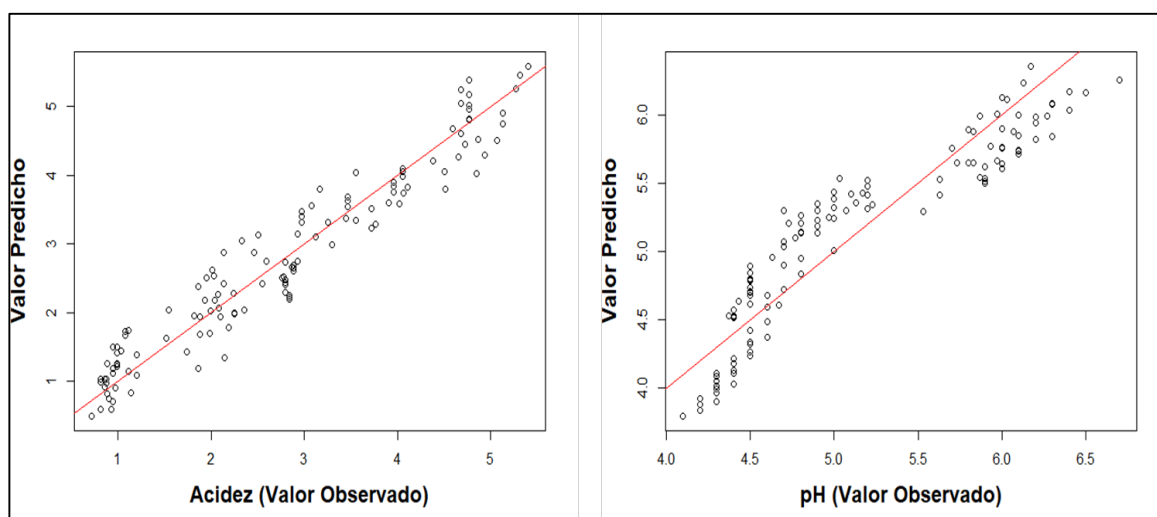
El ANOVA para ambos modelos (pH y acidez) son mostrados en la Tabla 32 (elaborado a partir de resultados mostrados en los Anexos 14 y 15) donde tanto el modelo para el pH como la acidez mostraron ser significativos ( $P < 0.05$ ), lo que sugiere que el cambio tanto en el pH como la acidez puede ser explicado a partir de los términos del modelo.

En la tabla 32 se observa que los términos lineales del modelo, relativos a las proporciones de la mezcla base, melaza y Garlac, fueron significativos ( $P < 0.01$ ) para describir la variación en el pH y acidez (ver Anexos 14 y 15). Igualmente, los términos de interacción entre el tiempo y los componentes fueron significativos sobre la variación en el pH y acidez, mostrando que el tiempo presentó un efecto altamente significativo sobre la variación en las variables dependientes.

**Tabla 32 Análisis de varianza para los modelos predictivos de la variación del pH y acidez láctica con el tiempo como variable de proceso**

Fuente Var	GL	Acidez láctica		pH	
		SS	P	SS	P
Regresión	7	1190.897	0.0000	3428.945	0.0000
Componentes individuales					
Lineal	3	1159.086	0.0000	3414.593	0.0000
Componente x Dia					
Lineal	3	13.244	0.0000	4.393	0.0000
Error	121	16.881		9.817	

En base al ANOVA de la Tabla 32, los modelos predictivos para la variación del pH y Acidez, son mostrados en las Ecuaciones 3 y 4. Ambos tuvieron un valor  $r^2$  superior a 0.9, indicando que una alta variabilidad del pH y la acidez a lo largo del tiempo puede ser explicado con estos dos modelos. En la Figura 23 se muestra la comparación entre los valores observados y predichos por los modelos, con una dispersión cercana a la línea diagonal, sugiriendo que el modelo predice valores predichos muy cercanos a los valores experimentales.



*Figura 23* Comparación entre valores observados y predichos de los modelos para el pH y la acidez láctica con el tiempo como variable de proceso.

En las ecuaciones 3 y 4 el término del tiempo (“z”) fue transformado a una función logarítmica debido a que la variación en la acidez y el pH mostró cambios (la acidez se incrementó y el pH disminuyó) hasta un valor final estable. En la ecuación 3 los coeficientes lineales para  $x_1$ ,  $x_2$  y  $x_3$  fueron -2.238, 9.673 y 2.774 lo que sugiere que un incremento en la proporción de mezcla base ( $x_1$ ) reduce el contenido de acidez mientras que incrementos de melaza o Garlac ( $x_2$  y  $x_3$  respectivamente) incrementan el nivel de acidez. El cuarto término, que contiene solo al tiempo ( $1/(1 + e^{-z})$ ) tuvo de coeficiente 3.86 (positivo) sugiriendo que al aumentar el tiempo el contenido de acidez incrementa. Finalmente se encontró que las interacciones “ $x_1 \log z$ ” y “ $x_2 \log z$ ” fueron significativas ( $P < 0.05$ ) mientras que la interacción “ $x_3 \log z$ ” no fue significativo ( $P > 0.05$ ). La interacción “ $x_1 \log z$ ” (relativa al contenido de mezcla base x log Tiempo) tuvo de coeficiente -0.379 (signo negativo) lo que muestra un efecto antagónico entre el tiempo y el contenido de melaza, es decir que un incremento del contenido de melaza y el tiempo generan una disminución de la acidez, o también que para aumentar la acidez a un determinado valor de tiempo el contenido de la mezcla base debería disminuir. La segunda interacción significativa “ $x_2 \log z$ ” (Relativa al contenido de melaza x log tiempo) tuvo de coeficiente 5.589 (signo positivo) lo que muestra una relación sinérgica entre el contenido de melaza y el tiempo, es decir que al incrementar el tiempo y el contenido de melaza se promueve un mayor incremento de acidez.

$$y_1 = -2.238 x_1 + 9.673 x_2 + 2.774 x_3 + \frac{3.860}{1 + e^{-z}} - 0.379 x_1 \log z + 5.598 x_2 \log z - 0.643 x_3 \log z \quad \text{Ecuación 3}$$

$$y_2 = 9.194 x_1 + 4.559 x_2 + 6.734 x_3 - \frac{3.882}{1 + e^{-z}} + 0.314 x_1 \log z - 3.04 x_2 \log z + 0.5611 x_3 \log z \quad \text{Ecuación 4}$$

En la ecuación 4 (referente al pH) los términos lineales de  $x_1$ ,  $x_2$  y  $x_3$  tuvieron de coeficientes los valores 9.194, 4.550 y 6.734, los tres de signo positivo, no obstante, no indican que incrementos del contenido de la mezcla base ( $x_1$ ), melaza ( $x_2$ ) o Garlac ( $x_3$ ) incrementen el pH dado que son coeficientes de ajustes (por otro lado, modelar la variación del pH a la ecuación 4 tuvo un ajuste menor que en el caso de la acidez). El término que contiene al tiempo ( $1/(1 + e^{-z})$ ) tuvo de coeficiente -3.882 sugiriendo que con el tiempo el pH disminuye. Finalmente, las interacciones significativas fueron las correspondientes a “ $x_1 \log z$ ” y “ $x_2 \log z$ ”, la interacción “ $x_3 \log z$ ” no fue significativa. El coeficiente de la interacción “ $x_1 \log z$ ” fue 0.314 (positivo) sugiriendo un efecto multiplicativo entre el tiempo y el contenido de la mezcla base para dar un mayor pH. Finalmente, el término “ $x_2 \log z$ ” tuvo de coeficiente -3.04 (negativo) indicando que incrementos del tiempo y del contenido de melaza reducen el pH.

#### 4.3.2. Segunda etapa de la investigación

##### 4.3.2.1. Variación del pH

En la Tabla 33, presenta los resultados de los valores promedios de pH de los 3 tratamientos seleccionados a escala laboratorio con las diferentes proporciones de Mezcla base, melaza y Garlac. Asimismo, el periodo de monitoreo de la fermentación láctica. En el Anexo 16 se muestra los valores de pH por cada repetición.

**Tabla 33 Valores promedios de pH de los tres tratamientos seleccionados**

Trat.	Mezcla base %	Melaza %	Garlac %	pH							
				Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 10	Día 15	Día 20
T10	85	10	5	6.2	4.9	4.4	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3
T13	85	15	0	6.3	4.8	4.2	4.2	4.2	4.2	4.1	4.1
T14	80	15	5	6.2	4.5	4.2	4.1	4.1	4.0	4.0	4.0

Se realizó el análisis de los tres tratamientos durante cinco días consecutivos, luego al décimo, quinceavo y veinteavo, con la finalidad de elegir el más óptimo para reproducirse a escala piloto. Como se puede observar en el día 4 hubo un descenso brusco de pH en lo referente al día 1 (6.3 - 6.2), obteniendo valores entre 4.3 a 4.1 respectivamente. Sin embargo, en el tratamiento T10 (85% MB, 10% M, 5% G) desde el día 4 hasta el día 20 se obtuvo un pH ácido estable de 4.3, esto se debe que las bacterias ácido lácticas consumieron la melaza (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 (Sánchez, 2001). Asimismo, en los recipientes se observó la formación de burbujas en las mezclas, esto se debe a la poca cantidad de melaza lo cual no es suficiente para la proliferación de las bacterias ácido lácticas.

Respecto al tratamiento T13 (85% MB, 15% M, 0% G) presenta un rango de pH que va de 6.3 a 4.1, obteniendo como resultado un pH ácido, se puede observar una disminución significativa de pH en el veinteavo día. Por otro lado, presenta un olor fétido, por la predominancia de las bacterias como *Escherichia coli* y los *Staphylococcus* que se caracterizan por la producción de aminas biógenas como histamina, putrescina, cadaverina, entre otros (Serna & Rodríguez, 2005). Además, esto se debe a que no contiene consorcio de microorganismos (Garlac) lo cual hay ausencia de las bacterias ácido lácticas que tienen como función de degradar inmediatamente la materia orgánica.

En el tratamiento T14 (80% MB, 15% M, 5% G) en los días 4 y 5 se observa que hubo un rápido descenso de pH obteniendo valores de 4.1, sin embargo, en los días 10, 15 y 20 hubo un descenso decimal obteniendo un pH de 4.0; esto se debe a la una mayor producción de ácido láctico por parte de las bacterias ácido lácticas porque al tener una cantidad suficiente de fuente de carbono permite la proliferación de éstas, eliminando así

a los microorganismos patógenos presentes (L. García, 2008). Las mezclas presentaron un buen olor y aspecto físico (libre de levaduras y mohos).

Por otro lado, los resultados obtenidos en los tres tratamientos se puede constatar con lo propuesto por L. Peralta *et al.* (2016) se observa el descenso del pH en el tercer día, esto se debe a que las bacterias lácticas al ser inoculadas en un medio nuevo, pasan por un periodo de adaptación conocido como fase de latencia y luego entre el segundo y tercer día se produce un crecimiento exponencial que ocasiona una alta producción de ácido láctico por acción de éstas bacterias, las cuales logran descender el pH a valores cercanos a 4.

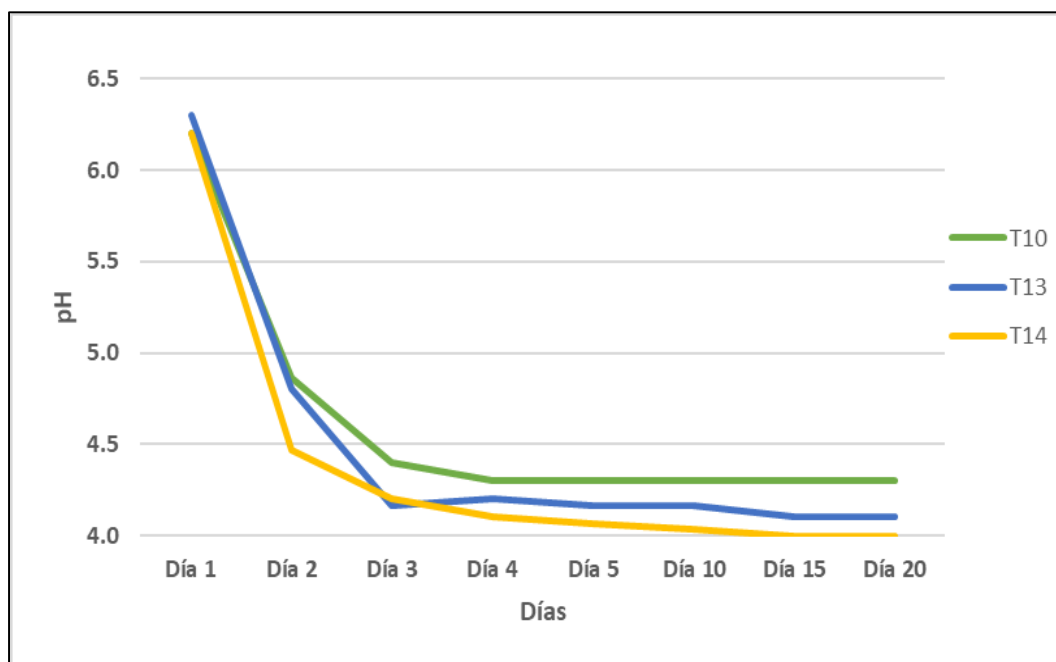


Figura 24 Variación del pH promedio de los tres tratamientos

En la figura 24 se observa que el pH tendió a disminuir significativamente con el tiempo en los tres tratamientos, el T10 inició con un pH de 6.2 y el día 20 obtuvo un pH de 4.3, mientras que el T13 inició con un pH 6.3 y culminó con un pH de 4.1, lo cual hubo un descenso decimal de pH.

Sin embargo, el T14 inició con un pH de 6.2 y culminó con un pH de 4.0, esto se debe a que conforme se añade mayor cantidad de melaza a la mezcla, notamos que el pH disminuye debido a que las bacterias del ácido láctico tienen más fuente de carbono para realizar la fermentación, la producción de ácido láctico continuará mientras haya suficiente reserva de melaza. La producción de ácido láctico es lo que genera los cambios de pH y no permite el desarrollo de bacterias putrefactivas y patógenas (L. García, 2008). Por lo tanto, el presente tratamiento fue el más eficaz, dado que redujo el pH a valores menores que en los otros tratamientos.

#### 4.3.2.2. *Variación del porcentaje de acidez láctica*

Como se puede observar en la Tabla 34, presenta los resultados de los valores promedios de porcentaje de acidez láctica de los 3 tratamientos seleccionados a escala laboratorio con las diferentes proporciones de Mezcla base, melaza y Garlac. Asimismo, el periodo de monitoreo de la fermentación láctica. En el Anexo 17 se muestra los valores de porcentaje de acidez láctica por cada repetición.

**Tabla 34 Valores promedios del porcentaje de acidez láctica de los tres tratamientos seleccionados**

Trat.	Mezcla base %	Melaza %	Garlac %	Acidez láctica (%)							
				Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 10	Día 15	Día 20
T10	85	10	5	0.66	1.80	2.79	3.15	3.39	3.39	3.39	3.39
T13	85	15	0	0.54	2.10	3.12	3.39	3.75	3.75	4.05	4.05
T14	80	15	5	0.68	2.64	3.06	3.96	4.16	4.22	4.28	4.28

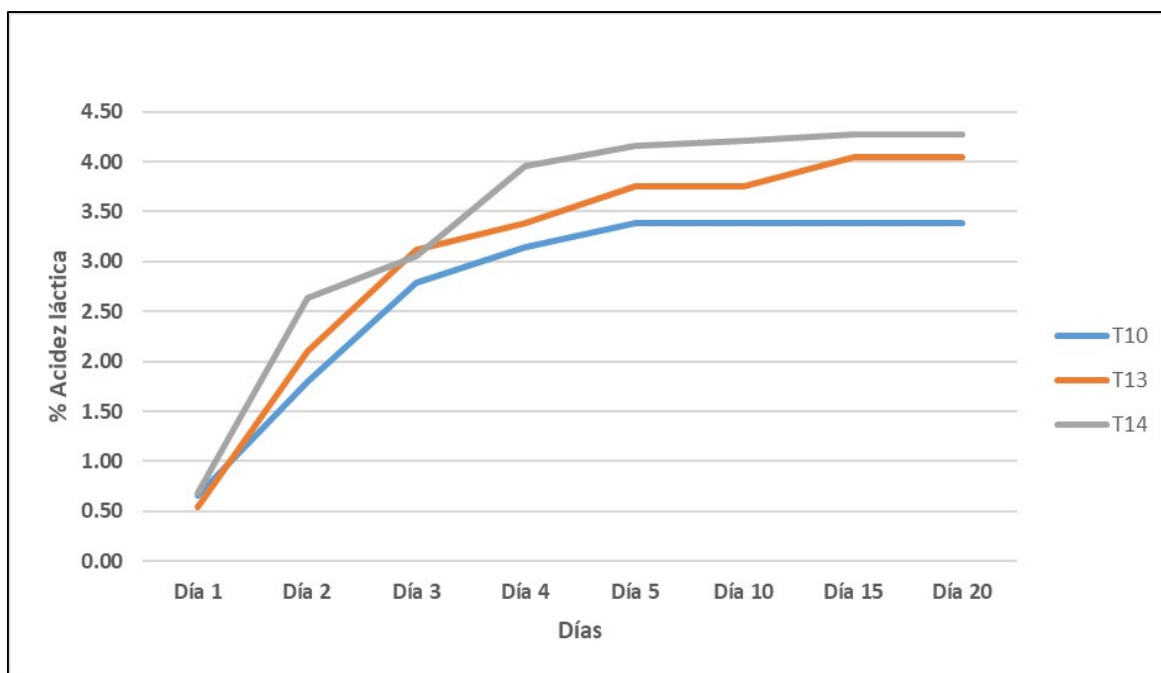
Se realizó el análisis de los tres tratamientos durante cinco días consecutivos, luego al décimo, quinceavo y veinteavo, con la finalidad de elegir el más óptimo para desarrollarse a escala piloto. Como se puede observar en el día 5 hubo un incremento

significativo del porcentaje de la acidez láctica referente al día 1 (0.54 - 0.68), obteniendo valores entre 3.39 a 4.16 respectivamente. Sin embargo, en el tratamiento T10 (85% MB, 10% M, 5% G) desde el día 5 hasta el día 20 se obtuvo un porcentaje de acidez láctica estable de 3.39.

Respecto al tratamiento T13 (85% MB, 15% M, 0% G) el porcentaje de acidez láctica presenta un rango de 0.54 a 4.05, se observa que en el día 5 se obtuvo un valor de 3.75, sin embargo, para el día 15 el porcentaje de acidez láctica aumentó a 4.05.

En el tratamiento T14 (80% MB, 15% M, 5% G) los resultados de porcentaje de acidez láctica aumentaron de 0.68 en el día 1 a 4.16 para el día 5 y a 4.28 en el día 20, durante el período de monitoreo se observa que el porcentaje de acidez láctica aumento abruptamente, para luego al día 15 estabilizarse. Según Zanabria (2019) menciona que el aumento del porcentaje de acidez se debe al proceso de fermentación ácido láctica donde las bacterias transforman el azúcar presente en la solución en ácido láctico.

El T14 fue el tratamiento seleccionado para la escala piloto porque presenta valores mayores del porcentaje de acidez láctica en relación a los tratamientos T10 y T13, debido a las cantidades que contienen de melaza y Garlac.



*Figura 25* Variación del porcentaje de acidez láctica promedio de los tres tratamientos

Tal como se muestra en la Figura 25 en el día 3 los tratamientos (T10, T13 y T14) presentan un ascenso significativo en el porcentaje de acidez láctica obteniendo valores entre 2.79 a 3.12, sin embargo, en el día 5 hay un aumento leve del porcentaje que van de 3.39 a 4.16 y en el día 20 los valores son de 3.39 a 4.28.

De los 16 experimentos ejecutados en la primera etapa de la investigación se eligió los experimentos 10, 13, y 14 para volver a determinar la variación del contenido de acidez y pH durante la fermentación. Considerando el tipo de tratamiento y el tiempo como factores, un ANOVA de dos vías mostró que tanto el tiempo como el tipo de tratamiento tuvieron un efecto altamente significativo ( $P < 0.001$ ) en la variación del contenido de acidez y pH (ver Anexo 18), también se determinó una interacción significativa entre el tiempo y el tipo de tratamiento ( $P < 0.01$ ) lo que sugiere que el patrón de cambio de la acidez y el pH con el tiempo depende del tipo de tratamiento.

Los resultados de la variación en el tiempo de los tratamientos 10, 13 y 14 son mostrados en la Tabla 35, en la figura 26 se muestra de forma gráfica la variación, donde se observa el incremento en la acidez y la disminución del pH. De la tabla 35 se observa que en los tratamientos 10 y 14 la acidez aumenta hasta el día 5 a partir del cual alcanza el valor máximo y permanece invariable, mientras que en el tratamiento 13 se alcanza el valor máximo en el día 15, lo que sugiere una fermentación más rápida en los tratamientos 10 y 14 y más lenta en el tratamiento 13.

Haciendo una comparación día por día en el día 1 no hay diferencia significativa en la acidez entre los tres tratamientos, en los días 2 a 10 la acidez es diferente entre los tres tratamientos siguiente un orden de mayor a menor de T14 > T13 > T10, y finalmente en los días 15 y 20 la acidez es mayor en los tratamientos 13 y 14 (sin diferencia significativa, ver Anexo 18) y menor en el tratamiento 10. Esto sugiere que el tratamiento 14 es más eficiente al generar una acidez máxima mayor y alcanzar este valor en un menor tiempo.

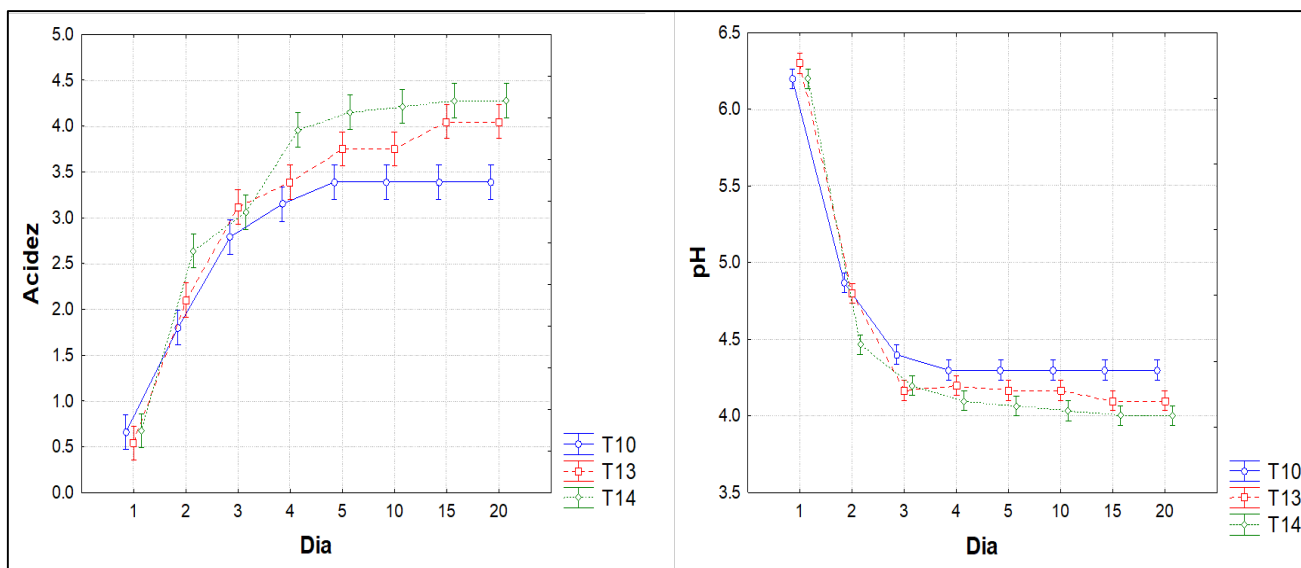


Figura 26 Variación de la acidez láctica y el pH con el tiempo de fermentación en los tratamientos 10, 13 y 14

**Tabla 35 Variación en la acidez láctica y pH con el tiempo en los tratamientos 10, 13 y 14**

<b>Acidez láctica</b>		<b>Días de Análisis</b>						
<b>Corrida</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>
T10	0.66 <sup>i</sup>	1.80 <sup>h</sup>	2.79 <sup>f</sup>	3.15 <sup>de</sup>	3.39 <sup>d</sup>	3.39 <sup>d</sup>	3.39 <sup>d</sup>	3.39 <sup>d</sup>
T13	0.54 <sup>i</sup>	2.10 <sup>g</sup>	3.12 <sup>e</sup>	3.39 <sup>d</sup>	3.75 <sup>c</sup>	3.75 <sup>c</sup>	4.05 <sup>ab</sup>	4.05 <sup>ab</sup>
T14	0.68 <sup>i</sup>	2.64 <sup>f</sup>	3.06 <sup>e</sup>	3.96 <sup>bc</sup>	4.16 <sup>ab</sup>	4.22 <sup>ab</sup>	4.28 <sup>a</sup>	4.28 <sup>a</sup>

<b>pH</b>								
<b>Corrida</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>
T10	6.20 <sup>b</sup>	4.87 <sup>c</sup>	4.40 <sup>d</sup>	4.30 <sup>e</sup>	4.30 <sup>e</sup>	4.30 <sup>e</sup>	4.30 <sup>e</sup>	4.30 <sup>e</sup>
T13	6.30 <sup>a</sup>	4.80 <sup>c</sup>	4.17 <sup>fg</sup>	4.20 <sup>f</sup>	4.17 <sup>fg</sup>	4.17 <sup>fg</sup>	4.10 <sup>gh</sup>	4.10 <sup>gh</sup>
T14	6.20 <sup>b</sup>	4.47 <sup>d</sup>	4.20 <sup>f</sup>	4.10 <sup>gh</sup>	4.07 <sup>hi</sup>	4.03 <sup>hi</sup>	4.00 <sup>i</sup>	4.00 <sup>i</sup>

Resultados reportados como “Promedios” (n = 3). Superíndices diferentes en cualquier celda indica diferencia significativa según prueba de Diferencia Mínima Significativa al 0.05 de error.

El pH tendió a disminuir con el tiempo en los tres tratamientos estudiados. De forma similar que, con la acidez, en el T10 el pH disminuyó hasta el día 4, en el T13 hasta el día 10 y en el T14 hasta el día 5, para luego permanecer invariable. Haciendo una comparación día por día (ver Anexo 19) en el día 1 el pH fue menor en el T13 y equivalente en los T10 y T14, en el día 2 el pH fue significativamente menor en el T14, en el día 3 el pH fue equivalente en los T13 y T14 y mayor en el T10, a partir del día 4 se encontró diferencias significativas en los tres tratamientos, con el orden de mayor a menor en T10 < T13 < T14, lo cual puede ser generado por el aumento en el nivel de acidez. Esto sugiere que el tratamiento 14 fue el más eficaz, dado que redujo el pH a valores menores que en los otros tratamientos.

### 4.3.3. Tercera etapa de la investigación

#### 4.3.3.1. Variación del pH

Como se puede observar en la Tabla 36, presenta el resultado de los valores promedios de pH del tratamiento óptimo que cumple con los criterios de selección, con las diferentes proporciones de Mezcla base, melaza y Garlac; y el periodo de monitoreo de la fermentación láctica. En el Anexo 20 se muestra los valores de pH por cada repetición.

**Tabla 36 Valores promedios de pH del tratamiento 14**

Trat.	Mezcla base %	Melaza %	Garlac %	pH							
				Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 10	Día 15	Día 20
T14	80	15	5	6.2	5.7	5.1	4.5	4.3	4.3	4.1	4.1

Los resultados obtenidos de pH en la presente escala fueron acordes con los resultados de la escala de laboratorio, el día 1 se obtuvo un pH de 6.2, no obstante, en el día 5 se registró un pH de 4.3, evidenciándose una disminución significativa de pH, asimismo en el día 15 el pH bajo levemente obteniendo un 4.1 manteniéndose el mismo valor en el día 20. Como se muestra en la figura 27.

Sin embargo, se puede observar que en las escalas de trabajo hay una diferencia en el comportamiento del pH con relación al periodo de monitoreo, con respecto al tratamiento a escala laboratorio en el día 1 se obtuvo un pH de 6.2 y el día 5 registró un pH de 4.1, además en el tercer y cuarto día el pH disminuyó abruptamente. En cambio, el tratamiento a escala piloto el pH disminuyó gradualmente, en el día 2 el pH registrado fue de 5.7, en el día 3 el pH había disminuido a 5.1 y en el día 5 alcanzó un pH de 4.3. Este comportamiento se debe a que en escala laboratorio la muestra contuvo 500 gramos, lo que permitió que las bacterias lácticas degradaran la materia orgánica de forma más

rápida, mientras que en escala piloto la muestra contuvo 1500 gramos, lo cual el proceso de degradación se desarrolló lentamente, lo que ocasionó una mayor variación de pH. Lo cual concuerda con los resultados reportados por Guccione (2009), C. Román & Juscamaita (2012) y Quiñones (2016).

Por otro lado, el periodo de incubación necesario para producir un crecimiento adecuado de las bacterias ácido lácticas es de 48 horas, en el cual se consigue un descenso de pH hasta valores cercanos a 4.0 (L. García, 2008).

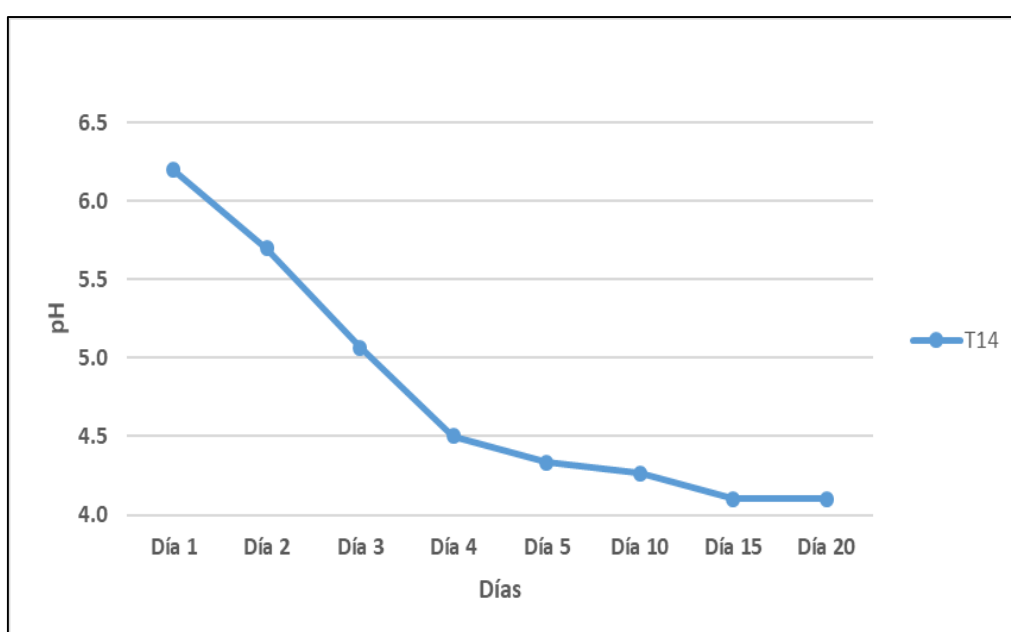


Figura 27 Variación del pH promedio del tratamiento 14.

#### 4.3.3.2. Variación del porcentaje de acidez láctica

Como se puede observar en la Tabla 37, presenta el resultado de los valores promedios de porcentaje de acidez láctica del tratamiento óptimo que cumple con los criterios de selección, con las diferentes proporciones de Mezcla base, melaza y Garlac; y el periodo de monitoreo de la fermentación láctica. En el Anexo 21 se muestra los valores de porcentaje de acidez láctica por cada repetición.

**Tabla 37 Valores promedios del porcentaje de acidez láctica del tratamiento 14**

Trat.	Mezcla base %	Melaza %	Garlac %	Acidez láctica (%)							
				Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 10	Día 15	Día 20
T14	80	15	5	0.72	1.20	1.74	2.51	2.78	3.06	3.53	4.14

Los resultados obtenidos del porcentaje de acidez láctica en la presente escala fueron acordes con los resultados obtenidos en la escala de laboratorio, se puede observar en el día 1 se obtuvo un porcentaje de acidez láctica de 0.72, no obstante, en el día 5 se registró un porcentaje de acidez de 2.78, evidenciándose un aumento significativo del porcentaje de acidez láctica y en el día 20 aumento levemente a 4.14. Como se muestra en la figura 28.

Finalmente, con estos resultados obtenidos se puede concluir que las bacterias ácido lácticas, al tener suficiente cantidad de fuente de carbono, tiene el medio adecuado para poder proliferar y producir acidez. De esta forma pueden seguir desarrollándose a través del tiempo (Cupe & Juscamaita, 2018).

Por otro lado, se puede observar que en las escalas de trabajo hay una diferencia en el comportamiento del porcentaje de acidez láctica con relación al periodo de monitoreo, con respecto al tratamiento a escala laboratorio en el día 1 se obtuvo un porcentaje de acidez láctica de 0.68 y el día 5 registró 4.16, además en el décimo y quinceavo día el porcentaje de acidez láctica aumento significativamente obteniendo un 4.28.

En cambio, el tratamiento a escala piloto el porcentaje de acidez aumento paulatinamente, en el día 1 se registró 0.72, en el día 5 incremento a 2.78 y en el día 20 alcanzó a 4.14. Este comportamiento se debe a que en escala laboratorio la muestra contuvo 500 gramos, lo que permitió el crecimiento rápido y el buen desarrollo de las

bacterias lácticas, mientras que en escala piloto la muestra contuvo 1500 gramos, lo cual el crecimiento y desarrollo de las bacterias lácticas fue lentamente. Los resultados reportados en la producción de biofertilizantes por Buchelli (2014) y Quiñones (2016) siguió la misma tendencia de aumento de porcentaje de acidez láctica.

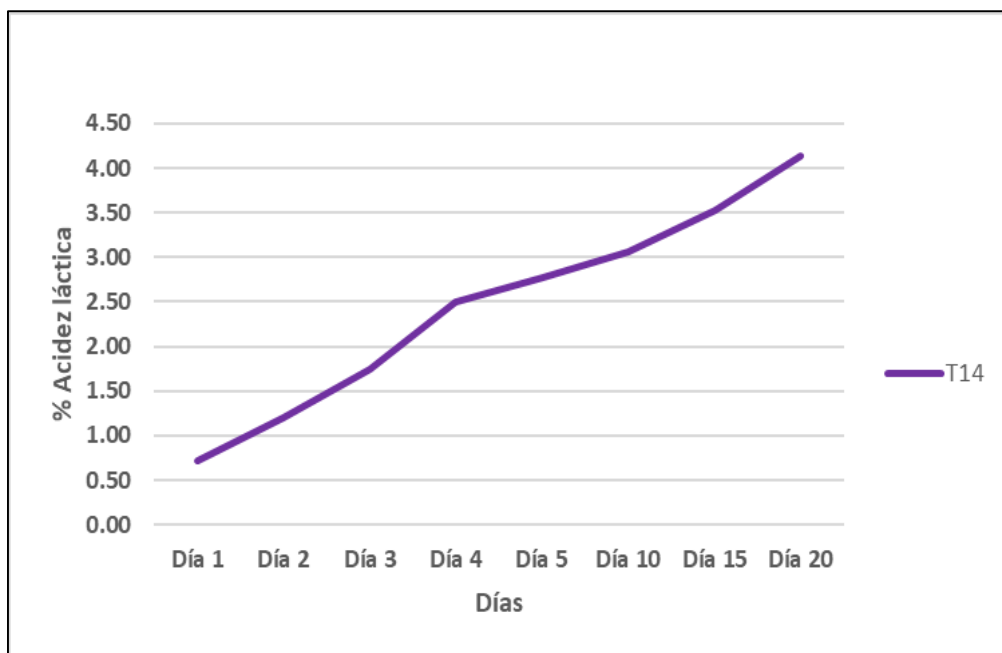


Figura 28 Variación del porcentaje de acidez láctica promedio del tratamiento 14

En la tercera etapa de investigación, se comparó la evolución del contenido de ácido en una fermentación a escala de laboratorio y a escala piloto. Para recoger de forma conjunta el efecto del tiempo se utilizó el modelo de Gompertz modificado (Ecuación 5) para ajustar el cambio en el contenido de acidez en el tiempo, este modelo ha sido utilizado ampliamente para modelar la variación en la producción de metabolitos como gas natural (Budyono et al., 2014; Shen et al., 2019; Syaichurrozi et al., 2013) y ácido láctico (Cira et al., 2002).

$$y = A \exp \left\{ - \exp \left[ \frac{\mu_m e}{A} (\lambda - t) + 1 \right] \right\} \quad \text{Ecuación 5}$$

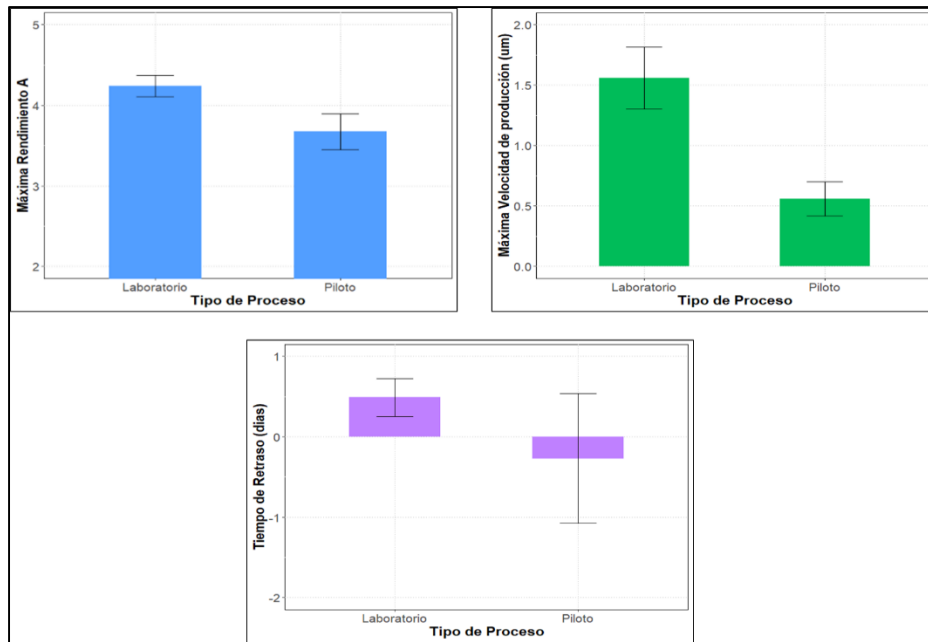
Donde

- A: máximo rendimiento acumulado de producción (g/100 g)
- $\mu_m$ : máxima velocidad de producción de ácido (g/100 g día)
- $\lambda$ : fase de retardo (fase lag) de producción (día)
- t: tiempo de fermentación (días)
- e: constante (2.71828)
- y: contenido de ácido láctico (g/100 g)

Los parámetros del modelo de Gompertz Modificado para el ajuste en la variación de la acidez en los procesos a escalas de laboratorio y piloto se muestran en la Tabla 38 (ver Anexo 22), se observa que tanto a escala de laboratorio como escala piloto los parámetros A y  $\mu_m$  fueron significativos para describir la variación en el contenido de acidez, mientras que el parámetro  $\lambda$  (tiempo de retraso para iniciar el aumento de acidez) sólo fue significativo a escala de laboratorio mientras que no a escala piloto, lo que sugiere que a escala piloto la fermentación inicia desde el tiempo cero mientras que a escala de laboratorio la fermentación tiene un retraso de 0.49 días. Una comparación entre los parámetros de ambos tipos de fermentación se muestra en la Figura 29.

**Tabla 38 Parámetros del Modelo de Gompertz Modificado**

Parámetro	Escala Laboratorio			Escala Piloto		
	Estimado	t-value	Sig	Estimado	t-value	Sig
A	4.241	66.659	0.0000	3.673	34.535	0.0000
$\mu_m$	1.558	12.686	0.0000	0.559	8.269	0.0000
$\lambda$	0.490	4.293	0.0003	-0.269	-0.696	0.4940



*Figura 29* Comparación entre parámetros del modelo de Gompertz entre los procesos a escala de laboratorio y escala piloto.

Basándose en los límites de confianza para los parámetros del modelo de Gompertz mostrados en la tabla 38 se observa que a escala de laboratorio el máximo rendimiento y velocidad de producción de ácido láctico ( $A$  y  $u_m$ ) son significativamente mayores a los obtenidos a escala piloto, lo que sugiere que un menor volumen de producción podría favorecer a obtener una velocidad de fermentación más rápida. Finalmente, en la Figura 30 se observa la comparación en la variación de la acidez en los procesos a escala de laboratorio y piloto, donde se observa que a escala de laboratorio el incremento de acidez tuvo una mayor velocidad y rendimiento final de producción.

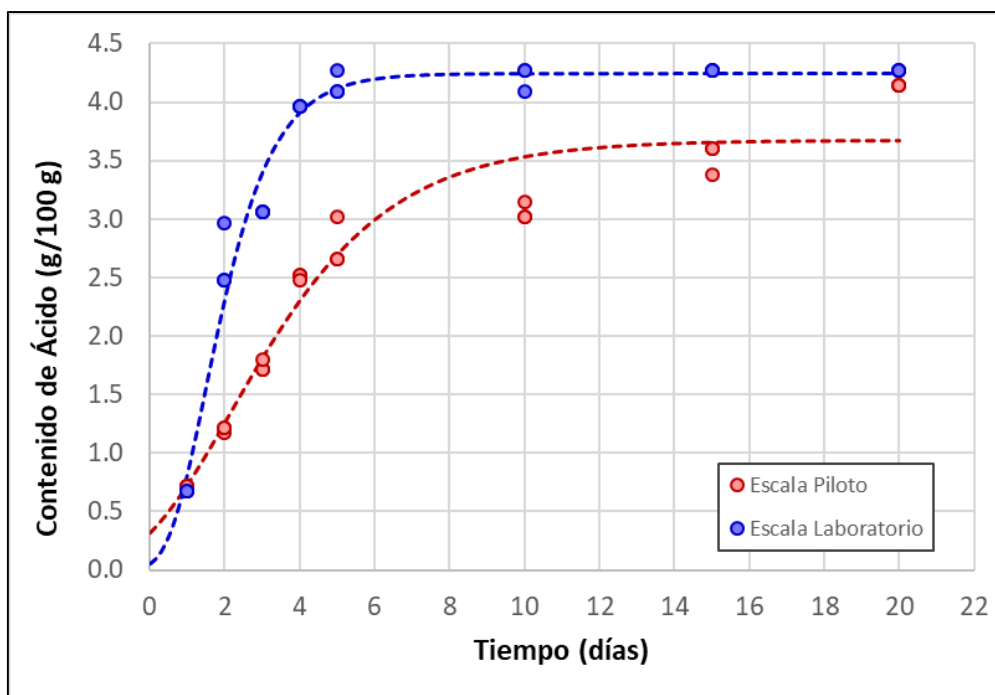


Figura 30 Variación del contenido de ácido láctico durante el tiempo de fermentación en los procesos a escala de laboratorio y escala piloto (en líneas punteadas los valores predichos por el modelo de Gompertz).

Los valores de pH y de contenido de ácido se muestran en la Tabla 39 para la comparación de medias en los valores de Acidez y pH. El ANOVA (ver Anexo 22.3) mostró que tanto el tipo de proceso como el tiempo generaron diferencias altamente significativas ( $P < 0.01$ ) en el contenido de acidez y pH, además de encontrar una interacción significativa ( $P < 0.05$ ) entre el tipo de proceso y el tiempo, lo que sugiere que el cambio en la acidez y pH con el tiempo está sujeto al tipo de proceso de fermentación utilizado.

**Tabla 39 Resultados de acidez y pH durante la fermentación a escala piloto y de laboratorio**

Acidez	Días de fermentación							
	1	2	3	4	5	10	15	20
Laboratorio	0.68 <sup>h</sup>	2.64 <sup>dc</sup>	3.06 <sup>c</sup>	3.96 <sup>b</sup>	4.16 <sup>a</sup>	4.22 <sup>a</sup>	4.28 <sup>a</sup>	4.28 <sup>a</sup>
Piloto	0.72 <sup>h</sup>	1.20 <sup>g</sup>	1.74 <sup>f</sup>	2.51 <sup>e</sup>	2.78 <sup>d</sup>	3.06 <sup>c</sup>	3.5 <sup>b</sup>	4.14 <sup>a</sup>

pH

Laboratorio	6.20 <sup>h</sup>	4.47 <sup>e</sup>	4.20 <sup>c</sup>	4.10 <sup>b</sup>	4.07 <sup>ab</sup>	4.03 <sup>ab</sup>	4.00 <sup>a</sup>	4.00 <sup>a</sup>
Piloto	6.20 <sup>h</sup>	5.70 <sup>g</sup>	5.07 <sup>f</sup>	4.50 <sup>e</sup>	4.33 <sup>d</sup>	4.27 <sup>cd</sup>	4.10 <sup>c</sup>	4.10 <sup>c</sup>

Resultados expresados como “media” (n = 3). Superíndices diferentes en la misma columna (según el tipo de proceso) indica diferencia significativa según la prueba LSD al 0.05 de error.

La Tabla 39 muestra que a escala de Laboratorio el contenido de acidez se estabiliza en el día 5 con un resultado de acidez superior al 4% sin mostrar posteriormente diferencias significativas, mientras que a escala piloto la acidez se incrementa progresivamente mostrando diferencias significativas en todos los días de análisis hasta el día 20 de fermentación. En este día 20 se encontró finalmente que no hubo diferencia significativa entre la acidez encontrada a escala piloto y de laboratorio, sugiriendo que la fermentación a escala piloto puede llegar a alcanzar el mismo nivel de acidez que a escala de laboratorio luego de 20 días de fermentación.

Referente al pH a escala de laboratorio el pH alcanzó el mínimo valor en el día 5, para luego no mostrar diferencia significativa en el pH; en cambio a escala piloto el pH se redujo significativamente hasta el día 10, sin mostrar posteriormente diferencia significativa. En el caso del pH a escala de laboratorio se alcanzó un pH menor que a escala piloto.

#### 4.4. Análisis de costos de los tratamientos seleccionados

Como el propósito de la escala laboratorio es la elección del mejor tratamiento para luego replicarlo a escala piloto, se analizó los parámetros de pH y porcentaje de AL, también la presencia de capas de microorganismos (mohos y levaduras) y olores fétidos. Dicho análisis propicio seleccionar los 3 mejores tratamientos: T10 (10% Melaza - 5% Garlac), T13(15% Melaza - 0% Garlac) y T14 (15% Melaza - 5% Garlac). Sin embargo, otro criterio a considerar para la designación del mejor tratamiento fue el costo de producción, por ello se procuró que el tratamiento a escoger requiera un bajo costo posible.

Debido a que los 3 tratamientos seleccionados cuentan con diferentes proporciones de insumos (Melaza y Garlac), únicamente se contrastaron los costos de las distintas cantidades de estos insumos. Mientras que los costos de consumo eléctrico, transporte, harina de pescado prime y envases de plásticos son los mismos para cualquier tratamiento. Asimismo, es importante mencionar que el insumo estiércol porcino fue adquirido de la granja del porcicultor Manuel Mendoza, proveniente de los corrales de cerdos en etapa de engorde, siendo el único insumo que no genera costos ya que fue entregado a manera de donación. En la Tabla 40 se presenta los costos de los insumos melaza de caña y consorcio microbiano Garlac.

**Tabla 40 Costo de los insumos Melaza y Garlac**

<b>Insumos</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Costo unitario (S/.)</b>
Melaza de caña	Kg	0.90
Garlac	L	18.00

El costo de insumos total para elaborar el ALOA a escala laboratorio, para cada tratamiento seleccionado en el estudio se detalla en la Tabla 41. En dicha tabla se contempla, que los importes de insumos más bajos son del T10 y T13. Sin embargo, se determinó elegir el T14 debido a que presenta mayor contenido de melaza (5% más) a diferencia del T10, siendo este material el esencial contribuyente de energía suficiente para accionar el metabolismo microbiológico, de este modo se potencializa el proceso, y además proporciona minerales y aminoácidos. También, su elección se debe a que contiene 5% de Garlac a diferencia del T13, este insumo acelera el proceso de degradación, reduce malos olores y favorece el incremento de microorganismos beneficiosos. Por consiguiente, el tratamiento escogido para ser reproducido a escala piloto fue el T14.

**Tabla 41 Costo final de los insumos por cada tratamiento**

Insumos	Tratamiento		
	T10 (10% Melaza - 5% Garlac)	T13 (15% Melaza - 0% Garlac)	T14 (15% Melaza - 5% Garlac)
Melaza (S/.)	0.045	0.068	0.068
Garlac (S/.)	0.45	0.00	0.45
<b>Total (S/.)</b>	0.495	0.068	0.518

En las tablas 42 y 43, se muestran los costos de los materiales e insumos para la producción del ALOA a escala laboratorio (0.5 L) y a escala piloto (15 L) para el T14.

**Tabla 42 Costo de producción del ALOA a escala laboratorio**

<b>Materiales</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Total (S/.)</b>
Envase de plástico 1kg para muestra	1	-	1.00	1.00
Harina de pescado prime	1.2	kg	2.6	3.12
Consumo eléctrico	26.39	kW.h	0.5683	15.00
Transporte	1	viaje	10	10.00
			<b>Sub total</b>	<b>29.12</b>
<b>Insumos</b>				
Melaza de caña	0.075	kg	0.9	0.068
Consortio microbiano Garlac	0.025	L	18	0.45
			<b>Sub total</b>	<b>0.518</b>
Volumen producido		L		0.5
Materiales				29.12
Insumos				0.518
<b>Costo total de producción</b>				<b>29.63</b>

**Tabla 43 Costo de producción del ALOA a escala piloto**

<b>Materiales</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Total (S/.)</b>
Bidón de plástico 32 L	1	-	19	19.00
Harina de pescado prime	8	kg	2.6	20.80
Consumo eléctrico	53.15	kW.h	0.5739	30.50
Transporte	1	viaje	10	10.00
			<b>Sub total</b>	<b>80.30</b>

<b>Insumos</b>				
Melaza de caña	2.25	kg	0.9	2.025
Consortio microbiano Garlac	0.75	L	18	13.50
<b>Sub total</b>				<b>15.525</b>
Volumen producido		L		15
Materiales				80.30
Insumos				15.525
<b>Costo total de producción</b>				<b>95.83</b>
<b>Costo total de producción/L</b>				<b>6.39</b>

**Tabla 44 Costo - beneficio en la producción del ALOA porcino**

<b>Producto</b>	<b>Cantidad generada</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Costo de producción (S/.)</b>	<b>Precio unitario (S/.)</b>	<b>Total (S/.)</b>	<b>Ganancia (S/.)</b>
ALOA porcino	15	L	95.83	7.30	109.50	13.67

Como se observa en las tablas 42 y 43, el costo total de producción del ALOA porcino a escala laboratorio es 29.63 soles mientras que para escala piloto es 95.83 soles.

Además, en la tabla 44 se indica el costo - beneficio del ALOA porcino, con un factible costo de venta de 7.30 soles el litro se obtendría de ganancia 13.67 soles.

Por otro lado, se debe tener presente que el costo de venta del ALOA disminuiría si no consideramos el precio del bidón de plástico debido a que la adquisición de este ocurre solo una vez. Bajo este supuesto, al elaborar 15 L de ALOA porcino tendríamos un costo de producción total de 76.83 soles con un factible costo de venta de 6.50 soles obteniendo una ganancia de 20.67 soles.

#### 4.5. Caracterización del ALOA

Una vez elaborado el ALOA a escala piloto, se analizó fisicoquímica y microbiológicamente en el Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes y en el Laboratorio de Ecología Microbiana y Biotecnología “Marino Tabusso”, ambos correspondientes a la UNALM.

##### 4.5.1. Análisis fisicoquímico

El ALOA fue sometido a un análisis fisicoquímico en el que se midieron los parámetros de pH, CE, ST, materia orgánica en solución, macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg y Na) y micronutrientes (Fe, Cu, Zn, Mn y B); con el propósito de evaluar su potencial de aprovechamiento como abono orgánico líquido. En la tabla 45 se comparó el análisis fisicoquímico del estiércol de cerdo y del ALOA.

**Tabla 45 Comparativo fisicoquímico del estiércol de cerdo y del ALOA**

Parámetro	Unidad	Estiércol de cerdo	ALOA porcino
pH	-	7.08	4.10
CE	dS/m	21.50	36.60
ST	g/L	70.40	199.56
M.O. en solución	g/L	56.25	151.54
N total	mg/L	20860.00	8624.00
P total	mg/L	1536.54	4150502.87
K total	mg/L	1470.00	6900.00
Ca total	mg/L	795.00	6060.00
Mg total	mg/L	575.00	1740.00
Na total	mg/L	2020.00	1460.00
Fe total	mg/L	62.33	383.00
Cu total	mg/L	10.90	0.60

Zn total	mg/L	14.70	5.60
Mn total	mg/L	11.40	4.90
B total	mg/L	4.68	4.56

Nota. Recuperado de \*Informe de análisis fisicoquímico del estiércol de cerdo (Anexo 2); \*\* Informe de análisis fisicoquímico del ALOA porcino (Anexo 4).

En la tabla 45 se observa que el ALOA porcino manifiesta un pH ácido (4.10) a diferencia del estiércol de cerdo con un pH neutro (7.08). C. Román & Juscamaita (2012) indican que por efecto de las BAL generan la disminución del pH mediante el proceso de fermentación láctica, mientras que el estiércol conserva su mismo pH por consecuencia del incremento de enteros patógenos. Medina (citado por Zanabria, 2019) señala que la acidez es una característica que favorece a los abonos orgánicos líquidos dado que reprime el desarrollo de los microorganismos que impulsan al pudrimiento.

La salinidad del estiércol de cerdo fue 21.50 dS/m, al contrario, el ALOA porcino presenta una alta CE de 36.60 dS/m, ambos son considerados “muy fuertemente salino” de acuerdo con el análisis de De la Rosa (2012). Es fundamental precisar que el valor del parámetro se reduce al momento de realizar las diluciones con agua previo al emplearse en el terreno (Peña citado por Quiñones, 2016). El incremento de la salinidad del ALOA porcino, estuvo sujeto debido a que se trabajó con melaza de caña, el cual es altamente salino.

De igual manera en la tabla 45 se puede apreciar que la materia orgánica del ALOA porcino es superior (151.54 g/L) con respecto al estiércol de cerdo (56.25 g/L), la diferencia entre las cantidades es significativo. Según Ricse (2013), esta diferencia es favorable dado que la materia orgánica establece la capacidad nutritiva del suelo, siendo así una reserva que después proporcionará nutrientes a los cultivos.

Asimismo, en dicha tabla se contempla que el ALOA porcino presenta valores superiores de macronutrientes en P, K, Ca y Mg (4150502.87 mg/L, 6900 mg/L, 6060 mg/L y 1740 mg/L) en comparación con el estiércol de cerdo, este aumento de nutrientes se debe esencialmente a la contribución de nutrientes que realiza la melaza de caña y a la función que ejecutan las BAL retirando los nutrientes de la fase sólida a la fase líquida. Sin embargo, los nutrientes N y Na (20860 mg/L y 2020 mg/L) del estiércol de cerdo fueron superiores al ALOA porcino. Además, el estiércol de cerdo presenta mejor contenido de micronutrientes principalmente de Cu, Zn, Mn y B (10.90 mg/L, 14.70 mg/L, 11.40 mg/L y 4.68 mg/L) a excepción del micronutriente Fe, el cual fue superior con un valor de 383 mg/L en el ALOA porcino. Según Suarez (2009), investigaciones efectuadas por la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA) y la Corporación PBA proponen algunos valores mínimos nutricionales para abonos orgánicos líquidos: N (> 700 mg/L), P (> 170 mg/L), K (> 1300 mg/L), Ca (> 1800 mg/L) y B (> 7.0 mg/L). Conforme a los resultados del análisis fisicoquímico, el ALOA porcino cumple con los requerimientos antes mencionados excepto la cantidad de boro presente.

Por otro lado, en la tabla 46 se contrastó el análisis fisicoquímico del ALOA porcino con tres bioles comerciáveis y otros abonos líquidos orgánicos. En la actualidad, estos bioles son de venta al consumidor, los cuales son biol de Casa Blanca a base de cuyinaza, biol La Calera a base de gallinaza y biol Ciudad Saludable a base de porcinaza. Del mismo modo, se comparó con 3 abonos líquidos orgánicos de diferente origen animal (vacuno, ovino, cuy).

**Tabla 46 Comparativo fisicoquímico del ALOA porcino con otros tipos de abonos**

<b>Ensayos</b>	<b>Biol Casa Blanca<sup>1</sup></b>	<b>Biol La Calera<sup>2</sup></b>	<b>Biol Ciudad Saludable<sup>3</sup></b>	<b>Excretas vacuno<sup>4</sup></b>	<b>Excretas ovino<sup>5</sup></b>	<b>Excretas cuy<sup>6</sup></b>	<b>ALOA porcino<sup>7</sup></b>
<b>Parámetros</b>							
pH	8.20	7.20	7.89	3.75	3.66	4.49	4.10
CE (dS/m)	15.30	21.30	19.28	25.70	27.20	42.10	36.60
ST (g/L)	--	--	--	232.98	--	244.30	199.56
M.O. en solución (g/L)	5.40	17.20	5.30	181.10	108.60	156.40	151.54
<b>Macronutrientes</b>							
N (mg/L)	980.00	1700.00	1876.00	4200.00	1876.00	8050.00	8624.00
P (mg/L)	121.00	3800.00	71.20	744.20	203.40	4146.57	4150502.87
K (mg/L)	6760.00	5200.00	1940.00	17200.00	9006.00	6160.00	6900.00
Ca (mg/L)	220.00	3500.00	105.00	5200.00	1523.00	6980.00	6060.00
Mg (mg/L)	53.40	1200.00	27.60	1740.00	1044.00	3180.00	1740.00
Na (mg/L)	542.00	--	3400.00	1040.00	591.00	2520.00	1460.00
<b>Micronutrientes</b>							
Fe (mg/L)	--	--	--	516.00	--	166.00	383.00
Cu (mg/L)	--	--	--	14.00	--	4.70	0.60
Zn (mg/L)	--	--	--	60.00	--	35.60	5.60
Mn (mg/L)	--	--	--	28.00	--	48.00	4.90
B (mg/L)	--	--	--	19.00	--	11.30	4.56

Nota. Recuperado de (1) Biol de Casa Blanca cuyinaza (Medina *et al.*, 2015), (2) Biol de La Calera gallinaza (Medina *et al.*, 2015), (3) Biol de Ciudad Saludable porcinaza (Medina *et al.*, 2015), (4) Abono líquido orgánico de excretas vacuno (L. Peralta *et al.*, 2016), (5) Biofertilizante líquido orgánico de estiércol ovino (Medina *et al.*, 2015), (6) Abono líquido orgánico de excretas de cuy (C. Román & Juscamaita, 2012), (7) ALOA porcino (2021).

Referente al pH, se aprecia que los bioles que son resultantes de la utilización de biodigestores como Casa Blanca, La Calera y Ciudad Saludable poseen un pH ligeramente alcalino (8.20, 7.20, 7.89), en comparación con el pH ácido del ALOA porcino (4.10) y de los 3 abonos líquidos orgánicos de origen animal (3.75, 3.66, 4.49) que desarrollaron la fermentación láctica para su producción. Según la interpretación de De la Rosa (2012), los tres bioles comerciables son considerados “moderadamente básico”, mientras que el ALOA porcino y los demás abonos líquidos son considerados “extremadamente ácido”.

Acerca del contenido de materia orgánica, se observa que el ALOA porcino contiene una cantidad de materia orgánica mucho mayor (151.54 g/L) al abono líquido de excretas de ovino (108.60 g/L) y a los bioles de Casa Blanca, La Calera y Ciudad Saludable (5.40 g/L, 17.20 g/L, 5.30 g/L). Sin embargo, presenta una cantidad baja de materia orgánica en comparación a los abonos líquidos de excretas de vacuno y cuy (181.10 g/L y 156.40 g/L). Irañeta *et al.* (2011) indican que la materia orgánica en el suelo ejerce un rol primordial dado que incide en tres características fundamentales: (1) refuerza las propiedades físicas (estructura, conservación de agua, permeabilidad, desarrollo de las raíces, entre otros), (2) fortalece las propiedades biológicas (incrementa la cantidad, diversidad y dinamismo de los microorganismos) y (3) proporciona esenciales cantidades de componentes minerales a la reserva del suelo.

En cuanto a las concentraciones de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg y Na) los resultados resultaron distintos. La concentración de N y P del ALOA porcino es considerablemente mayor (8624 mg/L y 4150502.87 mg/L) a los bioles de Casa Blanca, La Calera y Ciudad Saludable, y a los otros abonos líquidos orgánicos de origen animal. Esto se debe a que la pérdida de N es baja dado al pH que posee el ALOA porcino (4.10). Chevallier & Toribio (2006) mencionan que a valores mayores de pH la pérdida de N como NH<sub>3</sub> es superior, por ende, cuanto más ácido sea el pH (<4.5) la pérdida será mínima. La concentración de K del ALOA porcino (6900 mg/L) supera a los bioles comerciables y al abono orgánico de excretas de cuy a excepción de los abonos líquidos orgánicos de excretas vacuno y ovino (17200 mg/L y 9006 mg/L). Mientras que, las concentraciones de Ca y Mg del ALOA porcino (6060 mg/L y 1740 mg/L) son mayores a los bioles comerciables y a los abonos orgánicos de excretas vacuno y ovino, excepto al abono líquido orgánico de excretas de cuy (6980 mg/L y 3180 mg/L). La concentración de Na del ALOA porcino (1460 mg/L) supera al biol de Casa Blanca y a los abonos orgánicos de excretas vacuno y ovino, a excepción del biol de Ciudad Saludable (3400 mg/L) y al abono líquido orgánico de excretas de cuy (2520 mg/L).

Por otro lado, con respecto a las concentraciones de los micronutrientes, el ALOA porcino presenta bajas concentraciones de Fe, Cu, Zn, Mn y B en comparación con el abono líquido orgánico de excretas vacuno. No obstante, el ALOA porcino presenta una mayor concentración de Fe (383 mg/L) con respecto al abono orgánico de excretas de cuy (166 mg/L). Ansorena (citado por Buchelli, 2014) señala que las plantas requieren pequeñas cantidades de micronutrientes y que la mayor parte de los suelos almacenan cantidades necesarias de estos elementos, sin embargo, las carencias se manifiestan en el momento en que la concentración en sus formas solubles es baja.

#### 4.5.2. Análisis microbiológico

Se efectuó un análisis microbiológico donde se determinaron los siguientes parámetros: Enumeración de coliformes totales, coliformes fecales y *Escherichia coli*; Recuento de mohos y levaduras; y Recuento de bacterias ácido lácticas. Este análisis se llevó a cabo para verificar la ausencia de microorganismos patógenos en el ALOA porcino. En la tabla 47 se comparó el análisis microbiológico del estiércol de cerdo y del ALOA porcino.

**Tabla 47 Comparativo microbiológico del estiércol de cerdo y del ALOA porcino**

Parámetro	Unidad	Estiércol de cerdo*	ALOA porcino**
Enum. de coliformes totales		$> 11 \times 10^2$	$< 3$
Enum. de coliformes fecales	NMP/ml	$> 11 \times 10^2$	$< 3$
Enum. de <i>Escherichia coli</i>		$> 11 \times 10^2$	$< 3$
Recuento de mohos y levaduras		$41 \times 10^5$	$< 10$
Recuento de bacterias ácido lácticas	UFC/ml	$13 \times 10^7$	$25 \times 10^2$

Nota. Recuperado del \*Informe de análisis microbiológico del estiércol de cerdo (Anexo 3); \*\* Informe de análisis microbiológico del ALOA (Anexo 5).

Los valores  $< 3$  y  $< 10$  manifiestan inexistencia de microorganismos.

Como se puede observar en la tabla 47, se consiguió en el estiércol de cerdo y en el ALOA porcino un indispensable contenido de BAL igual a  $13 \times 10^7$  y  $25 \times 10^2$  UFC/ml respectivamente. Además, se encontró en el estiércol de cerdo una presencia relevante de mohos y levaduras ( $41 \times 10^5$  UFC/ml) por el contrario en el ALOA porcino se rechazó su presencia ( $< 10$ ), esto se debe a que el AL generado por las BAL, reprime el desarrollo y procreación de levaduras y en particular la conformación de mohos (Buchelli, 2014; M. Ramírez, 2005).

Asimismo, se observa que el ALOA porcino presenta ausencia ( $< 3$ ) de Coliformes totales, coliformes fecales y *E. coli* de forma significativa. Esta ausencia se debe a los siguientes sustentos:

- Al bajo pH que posee el ALOA porcino, esto imposibilita la aparición de dichas bacterias patógenas, estas crecen adecuadamente a un pH moderadamente ácido o próximo a neutro (Isea *et al.* citados por Román y Juscamaita, 2012). Asimismo, la bacteria *Salmonella sp* de igual manera estaría impedida dado que posee como pH ideal 7.7 (Hernández *et al.* citados por Román y Juscamaita, 2012). Vásquez *et al.* (citados por C. López, 2018) señala que el descenso del pH en el medio, dificulta la procreación de bacterias Gram positivas y Gram negativas.
- A la importante cantidad de AL generado por las BAL presentes en el consorcio Garlac, esto facilita la creación de sustancias antimicrobianas que impiden el desarrollo de microorganismos considerables (Parra, 2010). Martínez (citado por Román y Juscamaita, 2012) menciona que las bacteriocinas originadas por las BAL y sus metabolitos generados como peróxido de hidrógeno, compuestos aromáticos, entre otros; también manifiestan acción antimicrobiana.
- Al efecto antimicrobiano de la forma no disociada del AL propiciado por las BAL. El AL no disociado atraviesa las membranas y pared celular de los microorganismos patógenos reprimiendo los procesos metabólicos al interior de la célula (Cupe & Juscamaita, 2018).

Los resultados demostraron que el proceso de fermentación láctica facilitó la eliminación de la carga microbiana presente en el estiércol de cerdo y se rechazó la incidencia de microorganismos patógenos en el ALOA porcino debido al nivel de acidez

conseguido.

Por otro lado, se contrastó los resultados de coliformes totales, coliformes fecales y *E. coli* del ALOA porcino con los parámetros de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua de nuestro país, de la Normativa chilena para compost - Nch 2880 y de la Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos (EPA). Como se observa en la Tabla 48, el ALOA porcino cumple con los límites implantados en las normativas por poseer inexistencia de estos microorganismos.

**Tabla 48 Comparación de la carga microbiana del ALOA porcino con las normativas propuestas**

Parámetro	ALOA porcino <sup>(1)</sup>	ECA Agua Categoría III - D1 <sup>(2)</sup>	Norma Chilena de compost <sup>(3)</sup>	EPA <sup>(4)</sup>	
				Clase A	Clase B
Coliformes totales (NMP/ml)	< 3	-	-	< 1000	<2 x 10 <sup>6</sup>
Coliformes fecales (NMP/ml)	< 3	1000	<1000	<2 x 10 <sup>6</sup>	<2 x 10 <sup>6</sup>
<i>E. coli</i> (NMP/ml)	< 3	1000	-	-	-

Nota. Recuperado de <sup>(1)</sup> Informe de análisis microbiológico del ALOA porcino (2021), <sup>(2)</sup> ECA para agua Categoría III - D1: Riego de vegetales (2017b), <sup>(3)</sup> Norma chilena 2880 - Clasificación y requisitos del compost (2004), <sup>(4)</sup> Agencia de Protección del Medio Ambiente - USA (citado por Carhuancho, 2012).

El valor < 3 indica ausencia de microorganismos.

\* Clase A y B, en relación a cultivos de ingesta directa y no directa.

Resultados similares fueron conseguidos por L. Peralta *et al.* (2016), Buchelli (2014), C. Román & Juscamaita (2012) y Cornejo (2011), quienes obtuvieron cifras de coliformes totales, coliformes fecales y *E. coli* menores a 3 NMP/ml producto de la fermentación láctica. Sotil (2007) reportó que posterior a la biodescomposición de los abonos orgánicos en un intervalo de 61 días, los niveles de coliformes totales y fecales se aminoran de  $10^7$  hasta  $10^3$  NMP/ml, y después de 335 días se originaron valores menores a 3 NMP/ml o cercanos a cero.

#### 4.6. Principales resultados

Los resultados más fundamentales de este apartado se hallan recopilados de forma concisa y se muestran de acuerdo a los objetivos planteados (Tabla 49).

**Tabla 49 Resultados importantes del capítulo 4**

<b>Objetivo específico</b>	<b>Resultados</b>	<b>Interpretación</b>
Caracterizar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del estiércol porcino	<p><u>Fisicoquímico</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- pH = 7.08</li> <li>- M.O = 56.25 g/L</li> <li>- Macronutrientes = Destaca en N y Na</li> <li>- Micronutrientes = Destaca en Fe y Zn</li> </ul> <p><u>Microbiológico</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Enum. Coliformes totales = <math>&gt;11 \times 10^2</math> NMP/ml.</li> <li>- Enum. Coliformes fecales = <math>&gt;11 \times 10^2</math> NMP/ml</li> <li>- Enum. <i>E. coli</i> = <math>&gt;11 \times 10^2</math> NMP/ml.</li> <li>- Rec. Mohos y levaduras = <math>41 \times 10^5</math> UFC/ml</li> <li>- Rec. BAL = <math>13 \times 10^7</math> UFC/ml.</li> </ul>	<p><u>Fisicoquímico</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- pH neutro</li> <li>- M.O bajo.</li> <li>- Aporte de los beneficios del N, Na, Fe y Zn.</li> </ul> <p><u>Microbiológico</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Elevada carga microbiana y parasitaria</li> </ul>
Determinar las proporciones de Mezcla base, melaza y Garlac para la obtención del ALOA mediante fermentación láctica.	<p><u>Etapa 1 (16 tratamientos)</u></p> <p>Mejores tratamientos = T10, T13 y T14.</p>	<p><u>Etapa 1 (16 tratamientos)</u></p> <p>Tratamientos con menor pH, mayor % AL, ausencia de hongos y mal olor, y costos menores.</p>
Seleccionar el mejor tratamiento del ALOA a escala laboratorio y replicarlo a escala piloto	<p><u>Etapa 2</u></p> <p>Tratamiento elegido = T14 (80% Mezcla base, 15% Melaza, 5% Garlac)</p>	<p><u>Etapa 2</u></p> <p>Tratamiento T14 cumple con los criterios de selección.</p>

Etapa 3

Tratamiento 14 con pH de 4.1 y porcentaje de acidez láctica de 4.14.

Etapa 3

Tratamiento 14 cumple con los mismos valores de pH y % AL que se obtuvo a escala laboratorio.

Caracterizar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del ALOA porcino

Fisicoquímico

- pH = 4.10  
- M.O = 151.54 g/L  
- Macronutrientes = Destaca en N y P  
- Micronutrientes = Destaca en Fe y Zn

Fisicoquímico

- pH ácido.  
- M.O elevada.  
- Aporte de los beneficios del N, P, Fe y Zn.

Microbiológico

- Enum. Coliformes totales = <3 NMP/ml  
- Enum. Coliformes fecales = <3 NMP/ml  
- Enum. *E. coli* = <3 NMP/ml  
- Rec. Mohos y levaduras = <10 UFC/ml  
- Rec. BAL =  $25 \times 10^2$  UFC/ml

Microbiológico

- ALOA porcino libre de carga microbiana y parasitaria (propiedad inocua).

---

## CAPITULO V:

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

El análisis fisicoquímico realizado al estiércol porcino indico que posee un potencial de aprovechamiento debido a que presenta un pH neutro (7.52), materia orgánica (56.25 g/L) y concentraciones superiores de macronutrientes, donde destacan el N (20860 mg/L), P (1536.54 mg/L) y K (1470 mg/L); asimismo presenta como principales micronutrientes al Fe (62.33 mg/L) y Zn (14.70 mg/L). Mientras que el análisis microbiológico, indico que el estiércol porcino presenta riesgo microbiano debido a la elevada carga microbiana. En el caso de coliformes totales, fecales y *E. coli*, se consiguió un valor de  $> 11 \times 10^2$  NMP/ml. Mientras que el recuento de mohos y levaduras presentó un valor de  $41 \times 10^5$  UFC/ml. Por otro lado, presenta un contenido de BAL de  $13 \times 10^7$  UFC/ml.

En la escala laboratorio, en la primera etapa se seleccionaron los 3 mejores tratamientos (T10, T13 y T14) de los 16 tratamientos evaluados debido a que tuvieron un pH más ácido y sus valores obtenidos del porcentaje de acidez láctica fueron estables, además hubo mayor aprovechamiento de Mezcla base, y ausencia de hongos y malos olores. Sin embargo, en la última etapa se seleccionó al tratamiento T14 compuesto por 80 % de Mezcla base, 15 % de melaza y 5% de Garlac, porque obtuvo un pH de 4.0 y presento mayor porcentaje de acidez láctica en relación a los tratamientos T10 y T13, esto se debe a una mayor producción de ácido láctico por parte de las BAL.

La reducción de pH y el incremento del porcentaje de acidez láctica en las muestras fue más rápida en la escala laboratorio a diferencia de la escala piloto. Aunque, en ambas etapas se logró obtener valores esperados de estos parámetros al día 5 y día 20.

El análisis fisicoquímico realizado al ALOA porcino indico que posee un potencial de aprovechamiento debido a que presenta un pH ácido (4.10), materia orgánica elevada (151.54 g/L) y concentraciones superiores de macronutrientes como N (8624 mg/L) y P (4150502.87 mg/L), asimismo presenta como principales micronutrientes al Fe (383 mg/L) y Zn (5.60 mg/L). Mientras que el análisis microbiológico, indica que no presenta riesgo microbiano debido a la eliminación de la carga microbiana (coliformes totales y fecales, *E. coli*, mohos y levaduras), y a su vez presenta un importante contenido de BAL de  $25 \times 10^2$  UFC/ml. En este sentido, el ALOA porcino cumple con los estándares de calidad para su uso en las plantas.

## **5.2. Recomendaciones**

Mantener un rango de temperatura ideal entre 35 a 40 °C durante la elaboración del ALOA. Si en caso aumenta o disminuye la temperatura, el proceso de fermentación láctica se podría perjudicar.

Almacenar la melaza y el Garlac en un ambiente ventilado y libre de exposición directa al sol debido a que estos insumos pueden fermentarse y perder su efectividad.

Como parte de las buenas prácticas agrícolas, se aconseja guardar el ALOA producido en un lugar seguro que no tenga exposición directa al sol y diluirse a su nivel óptimo únicamente cuando se necesite su utilización.

Producir y probar el ALOA porcino en cultivos agrícolas con el propósito de establecer la dosis óptima para cada especie de planta según sus requerimientos nutricionales.

Realizar un estudio de mercado para establecer el precio de venta exacto del ALOA porcino y considerar su posible comercialización.

## REFERENCIAS

- Alcaíno, H., Laval, E., Gorman, T., Pinochet, L., & Díaz, I. (1989). Isosporosis y criptosporidiosis en cerdos de criaderos industriales de la Región Metropolitana de Chile. *Archivos de Medicina Veterinaria*, 21, 5.  
[https://books.google.com.pe/books?id=cDS\\_eQTCupUC&pg=PA131&lpg=PA131&dq=Isosporosis+y+criptosporidiosis+en+cerdos+de+criaderos+industriales+de+l+a+Región+Metropolitana&source=bl&ots=SWLd6p5QQw&sig=ACfU3U0grLuZu y5NENf0Dhf2D7-2TyLnRA&hl=es-419&sa=X&ved=](https://books.google.com.pe/books?id=cDS_eQTCupUC&pg=PA131&lpg=PA131&dq=Isosporosis+y+criptosporidiosis+en+cerdos+de+criaderos+industriales+de+l+a+Región+Metropolitana&source=bl&ots=SWLd6p5QQw&sig=ACfU3U0grLuZu y5NENf0Dhf2D7-2TyLnRA&hl=es-419&sa=X&ved=)
- Alvarez, C., Juscamaita, J., & Noa, J. (2016). Uso de un complejo enzimático y un bioprotector comercial en la estabilidad y transformación de excretas porcinas. *Anales Científicos*, 77(2), 6. <https://doi.org/10.21704/ac.v77i2.638>
- Alvarez, S., & Gutiérrez, E. (2001). Engorda de toretes a base de estiércol fresco de cerdo y dos fuentes de fibra en una empresa comercial. *Levistock Research for Rural Development*, 13(4), 4. <http://www.lrrd.org/lrrd13/4/alva134.htm#Livestock Research for Rural Development>
- Aparcana, S. (2008). *Estudio sobre el valor fertilizante de los productos del proceso “Fermentación Anaeróbica” para producción de biogás*. [http://www.german-profec.com/cms/upload/Reports/Estudio sobre el Valor Fertilizante de los Productos del Proceso Fermentacion Anaerobica para Produccion de Biogas\\_ntz.pdf](http://www.german-profec.com/cms/upload/Reports/Estudio sobre el Valor Fertilizante de los Productos del Proceso Fermentacion Anaerobica para Produccion de Biogas_ntz.pdf)
- Atallah, T. (1993). Conditions de valorisation du fumier et risques de lixiviation de l’azote. *Cahiers Agricultures*, 2(1), 26–35.  
<https://revues.cirad.fr/index.php/cahiers-agricultures/article/view/29770>
- Axelsson, L. (2004). Lactic acid bacteria: Classification and physiology. In S. Salminen, A. von Wright, & A. Ouwehand (Eds.), *Lactic Acid Bacteria* (3rd ed.). CRC Press.
- Bastardo, Y., & Pedrique, M. (2008). *Producción de energía en los microorganismos*. [http://www.ucv.ve/fileadmin/user\\_upload/facultad\\_farmacia/catedraMicro/08\\_Tema\\_4\\_Metabolismo.pdf](http://www.ucv.ve/fileadmin/user_upload/facultad_farmacia/catedraMicro/08_Tema_4_Metabolismo.pdf)
- Bellido, A. (2002). *Breve manual de tecnología pesquera* (1st ed.). Corporación Fish Protein.
- Buchelli, H. (2014). *Producción de biofertilizante de bagazo de cebada, excretas de vacuno y suero de quesería mediante fermentación homoláctica* [Universidad Nacional Agraria La Molina].  
<http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2335/F04-B919-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Budiyono, Syaichurrozi, I., & Sumardiono, S. (2014). Kinetic model of biogas yield production from vinasse at various initial pH: Comparison between modified gompertz model and first order kinetic model. *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*, 7(13), 2798–2805.  
<https://doi.org/10.19026/rjaset.7.602>
- Cadillo, J. (2008). *Producción de porcinos*.

- Campabadal, C. (2009). Guía técnica para alimentación de cerdos. In *Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica* (Vol. 1).  
<http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/a00144.PDF>
- Cano, M., Bennet, A., Silva, E., Robles, S., Sainos, U., & Castorena, H. (2016). Caracterización de bioles de la fermentación anaeróbica de excretas bovinas y porcinas. *Agrociencia*, 50(4), 471–479.  
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30246030008>
- Carhuancho, F. (2012). *Aprovechamiento del estiércol de gallina para la elaboración de biol en biodigestores tipo batch como propuesta al manejo de residuo avícola* [Universidad Nacional Agraria La Molina].  
<https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/1769/P06.C375-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Carranza, S. (2017). *Producción de ensilado de excreta porcina y su inclusión en el alimento de cerdos en crecimiento*. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Castellanos, A., Salazar, G., Hernández, P., Domínguez, G., & Barrera, G. (2010). *Uso de ensilado de cerdaza en la alimentación animal*.  
<https://pdfs.semanticscholar.org/62d1/1cc1fed6a743dd777705ae72b0126ef31e3d.pdf>
- Castrillón, O., Jiménez, R., & Bedoya, O. (2004). Porquinaza en la alimentación animal. *Revista Lasallista de Investigación*, 1, 5.  
<https://pdfs.semanticscholar.org/5ee6/b1f02ff8ac0524fe693aa507bee8d7b2180e.pdf>
- Censo Nacional Agropecuario (CENAGRO). (2012). *Resultados Definitivos IV Censo Nacional Agropecuario 2012*.
- Cervantes, F., Saldívar-Cabrales, J., & Yescas, J. F. (2007). Estrategias para el aprovechamiento de desechos porcinos en la agricultura. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*, 3(1), 3–12.  
<https://www.itson.mx/publicaciones/rlrn/Documents/v3-n1-1-estrategias-para-el-aprovechamiento-de-desechos.pdf>
- Cervantes, I. (2014). *Uso de excretas porcinas como ingrediente alimenticio en la dieta de otras especies*. BM Editores. <https://bmeditores.mx/porcicultura/uso-de-excretas-porcinas-como-ingrediente-alimenticio-en-la-dieta-de-otras-especies-1820/>
- Chevallier, S., & Toribio, M. (2006). Volatilización del amoníaco. *PROFERTIL S.A.*, 69–82.
- Chia-Fang, H. (2009). *Toxicidad metanogénica de purín de cerdo mediante ensayos discontinuos* [Universidad de la Serena].  
[http://www.eula.cl/doc/tesis\\_chiafang\\_hsieh.pdf](http://www.eula.cl/doc/tesis_chiafang_hsieh.pdf)
- Cira, L. A., Huerta, S., Hall, G. M., & Shirai, K. (2002). Pilot scale lactic acid fermentation of shrimp wastes for chitin recovery. *Process Biochemistry*, 37(12), 1359–1366. [https://doi.org/10.1016/S0032-9592\(02\)00008-0](https://doi.org/10.1016/S0032-9592(02)00008-0)
- Coma, J., & Bonet, J. (2004). Producción ganadera y contaminación ambiental. *XX Curso de Especialización FEDNA: Avances En Nutrición y Alimentación Animal*,

36. [https://www.produccion-animal.com.ar/sustentabilidad/46-ganaderia\\_y\\_contaminacion.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/sustentabilidad/46-ganaderia_y_contaminacion.pdf)
- Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN). (1979). *Norma Venezolana COVENIN 1315-79. Alimentos - Determinación del pH (Ácido iónica)*. FONDONORMA.
- Comité Técnico de Normalización de Gestión Ambiental de Cuba. (2007). *Norma Cubana NC 521: 2007 - Vertimiento de aguas residuales a la zona costera y aguas marinas*. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Congreso Constituyente Democrático. (1993). *Constitución Política del Perú de 1993*. FAO, FAOLEX. <http://www.pcm.gob.pe/wp-content/uploads/2013/09/Constitucion-Politica-del-Peru-1993.pdf>
- Congreso de la República del Perú. (2005). *Ley N° 28611 - Ley General del Ambiente* (No. 28611). FAO, FAOLEX. <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Ley-N°-28611.pdf>
- Cornejo, M. (2011). *Efecto de un bioprotector comercial en la reducción de pH y carga microbiana putrefactiva en efluentes porcinos*. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Costa, M., & Denegri, C. (2015). *Evaluación de la gestión de la calidad y propuesta de mejora para la línea de harina de pescado de la empresa Corporación Nutrimar S.A.C.* Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM).
- Cupe, B. E., & Juscamaita, J. G. (2018). Tratamiento de lodos residuales de una industria cervecera a través de fermentación homoláctica para la producción acelerada de abono orgánico. *Ecología Aplicada*, 17(1), 107–118. <https://doi.org/10.21704/rea.v17i1.1179>
- De la Rosa, J. (2012). *Análisis físico y químico de fertilizante orgánico (biol) producido por biodigestores a partir de estiércol de ganado*. Instituto Tecnológico del Altiplano de Tlaxcala.
- Departamento de Comunicación de la División Sudamericana Adventista. (2010). *Declaraciones, orientaciones y otros documentos. Compilación 2010* (Asociación Casa Editora Sudamericana (ed.); 3rd ed.).
- Dominguez, G., Galindo, A., Salazar, G., Barrera, G., & Sanchez, F. (2014). *Las excretas porcinas como materia prima para procesos de reciclaje utilizados en actividades agropecuarias*.
- Estela, W., Rychtera, M., Melzoch, K., Quillama, E., & Egoavil, E. (2007). Producción de ácido láctico por *Lactobacillus plantarum* L10 en cultivos batch y continuo. *Revista Peruana de Biología*, 14(2), 271–275. <http://sisbib.unmsm.edu.pe/BVRevistas/biologia/biologiaNEW.htm>
- Estrada, J., Aranda, E., Pichard, G., & Henao, F. (2011). *Efecto de la fermentación en estado sólido de la porcínaza sobre la persistencia de patógenos en el ensilaje*. 71–80.
- Farro, H. (1996). *Industria pesquera* (1st ed.). Industrial Grafica. [https://books.google.com.pe/books/about/Industria\\_pesquera.html?id=IKhFAAAA YAAJ&redir\\_esc=y](https://books.google.com.pe/books/about/Industria_pesquera.html?id=IKhFAAAA YAAJ&redir_esc=y)

- Fioravanti, M., Vega, N., Hernández, C., Okumoto, S., & Yeomans, J. (2005). Eficiencia de los Microorganismos Eficaces (EM) en la estabilización de lodos sépticos para su uso agrícola. *Tierra Tropical*, 1(1), 69–76.
- Gálvez, T. (2014). *Determinación de la energía metabolizable aparente corregida por nitrógeno (EMAn) para aves de la harina de pescado Prime mediante dos métodos* [Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM)]. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2373/L02-G34-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- García, A. (2000). *Calidad alimentaria de la mezcla estiércol de cerdo y esquilmos agrícolas deshidratada al sol para bovinos de engorda*. Universidad de Colima (UCOL).
- García, L. (2008). *Uso de bacterias probióticas en el ensilado de residuos de pescado*. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Garzón-Zúñiga, M., & Buelna, G. (2014). Caracterización de aguas residuales porcinas y su tratamiento por diferentes procesos en México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 30(1), 65–79. <http://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v30n1/v30n1a6.pdf>
- Guccione, L. (2009). *Tratamiento de residuos orgánicos del comedor universitario de la UNALM para su uso como alimento para cerdos en crecimiento*. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Guerrero, J. (1993). *Abonos orgánicos: tecnología para el manejo ecológico del suelo*. Red de Acción de Alternativas al uso de Agroquímicos (RAAA). [http://ban.lamolina.edu.pe/search~S1\\*sp1?/aGuerrero+B%2C+J./aguerrero+b+j/-3%2C-1%2C0%2CB/frameset&FF=aguerrero+b+j&1%2C%2C2](http://ban.lamolina.edu.pe/search~S1*sp1?/aGuerrero+B%2C+J./aguerrero+b+j/-3%2C-1%2C0%2CB/frameset&FF=aguerrero+b+j&1%2C%2C2)
- Huaman, E. (2015). *Diseño de un biogestor tubular para producir biogás y biol a partir de excretas de porcinos en la Empresa Chachaspucro en la provincia de la Mar, San Miguel - Ayacucho*. Universidad Alas Peruanas.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (2004). *Norma Técnica Colombiana -5167 - Productos para la industria agrícola. productos orgánicos usados como abonos o fertilizantes y enmiendas de suelo* (No. 5167). [http://www.sian.inia.gob.ve/repositorio/congresos/1compostaje\\_5normalizacion/BI BLIOGRAFIA/Bib\\_Norma\\_Tecnica\\_Colombiana.pdf](http://www.sian.inia.gob.ve/repositorio/congresos/1compostaje_5normalizacion/BI BLIOGRAFIA/Bib_Norma_Tecnica_Colombiana.pdf)
- Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos (ICTA). (n.d.). *Análisis Fisicoquímico*. Universidad Nacional de Colombia. Retrieved March 14, 2020, from <http://www.icta.unal.edu.co/index.php/ct-menu-item-12/analisis-icta/ct-menu-item-13>
- Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA). (2008). *Tecnologías innovativas apropiadas a la conservación in situ de la agrobiodiversidad - Producción y uso del biol*. [http://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/inia/115/1/Usos\\_Biol\\_Lima\\_2008.pdf](http://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/inia/115/1/Usos_Biol_Lima_2008.pdf)
- Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria (INIA). (2005). *Producción de Biol abono líquido natural y ecológico*.
- Instituto Nacional de Normalización de Chile. (2004). *Norma Chilena Oficial 2880 -*

*Compost. Clasificación y requisitos.*

- Iparraquirre, R. (2007). *Tipos de excretas y degradación aeróbica del estiércol en el compostaje*. Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM).
- Irañeta, J., Sánchez, L., Malumbres, A., Amezcua, J., & Delgado, J. (2011). II - Valoración agronómica de las materias orgánicas. *Agricultura, Fertilización y Medio Ambiente*, 21–30.
- Jiménez, E. (2011). *Aplicación de biol y fertilización química en la rehabilitación de praderas, "Aloag - Pichincha"* [Escuela Politécnica del Ejército].  
[http://www.german-profec.com/cms/upload/Reports/Estudio sobre el Valor Fertilizante de los Productos del Proceso Fermentacion Anaerobica para Produccion de Biogas\\_ntz.pdf](http://www.german-profec.com/cms/upload/Reports/Estudio sobre el Valor Fertilizante de los Productos del Proceso Fermentacion Anaerobica para Produccion de Biogas_ntz.pdf)
- Leblanc, H., Cerrato, M., Miranda, A., & Valle, G. (2007). Determinación de la calidad de abonos orgánicos a través de bioensayos. *Tierra Tropical*, 3(1), 97–107.
- Leiva, B. (2018). *Elaboración de biofertilizante a partir de estiércol de ganado vacuno y efluente del proceso de fermentación cervecera mediante fermentación homoláctica* [Universidad Nacional Agraria La Molina].  
<http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/3740/leiva-trujillo-brigitte-fabiola.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- León, U. (2010). *Alternativas para la utilización del estiércol porcino en la agricultura* [Universidad Central Marta Abreu de Las Villas].  
[https://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/2167/TesisMaestr%25c3%25ada Ulises Le%25c3%25b3n 2010%5B1%5D%5B1%5D.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/2167/TesisMaestr%25c3%25ada%20Ulises%20Le%25c3%25b3n%202010%5B1%5D%5B1%5D.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- López, C. (2018). *Biofertilizante acelerado de excretas porcinas, sangre bovina y suero lácteo hidrolizados enzimáticamente y estabilizado con bacterias ácido lácticas*. Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM).
- Mariscal, G. (2007). *Tratamiento de excretas de cerdos*. [www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar)
- Martí, N. (2006). *Phosphorus precipitation in anaerobic digestion process*. Universal-Publishers.
- Martínez, L. (2008). Uso de la melaza en la alimentación de ovinos. *Revista Tecnología Para Ovinocultores*, 10–12.  
<https://www.uno.org.mx/sistema/pdf/alimentacion/losusosdelamelaza.pdf>
- Mata, C. (1999). *Empleo de fermentos lácticos en la fabricación de productos cárnicos* [Universidad de Córdoba].  
<https://helvia.uco.es/xmlui/bitstream/handle/10396/219/13079128.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- McDonald, P. (1999). *Nutrición animal* (5th ed.). Editorial Acribia S.A.
- Medina, A., Quipuzco, L., & Juscamaita, J. (2015). Evaluación de la calidad de biol de segunda generación de estiércol de ovino producido a través de biodigestores. *Anales Científicos*, 76(1), 116. <https://doi.org/10.21704/ac.v76i1.772>
- Mendoza, R., Cudmore, B., Orr, R., Fisher, J., Contreras, S., Courtenay, W., Koleff, P.,

- Mandrak, N., Álvarez, P., Arroyo, M., Escalera, C., Guevara, A., Greene, G., Lee, D., Orbe, A., Ramírez, C., & Stabridis, O. (2009). *Directrices trinacionales para la evaluación de riesgos de las especies acuáticas exóticas invasoras: Casos de prueba para el pez cabeza de serpiente (Channidae) y el pleco (Loricariidae) en aguas continentales de América del Norte*.  
<http://www3.cec.org/islandora/es/item/2379-trinational-risk-assessment-guidelines-aquatic-alien-invasive-species-es.pdf>
- Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI). (2006). *Decreto Supremo N° 044-2006-AG - Reglamento Técnico para los Productos Orgánicos* (No. 044; Issue 18). FAO, FAOLEX. <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/per65711.pdf>
- Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI). (2012). Decreto Supremo N° 016-2012-AG - Reglamento de Manejo de los Residuos Sólidos del Sector Agrario. In *El Peruano*.  
[https://www.minagri.gob.pe/portal/download/pdf/marcolegal/normaslegales/decretos/2012/ds\\_16-2012-ag.pdf](https://www.minagri.gob.pe/portal/download/pdf/marcolegal/normaslegales/decretos/2012/ds_16-2012-ag.pdf)
- Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI). (2018, April 24). *Al 2021 se espera incrementar a 10 kilos el consumo per cápita de carne cerdo*. Ministerio de Agricultura y Riego. <https://www.midagri.gob.pe/portal/noticias-antiguas/notas-2018/21413-al-2021se-espera-incrementar-a-10-kilos-el-consumo-per-capita-de-carne-cerdo>
- Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI). (2019). *Producción ganadera y avícola 2019*.
- Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI). (2020). Panorama y perspectivas de la producción de carne de cerdo en el Perú. In *Ministerio de Agricultura y Riego* (Vol. 1, Issue Jenny Miriam Acosta reátegui).  
<http://repositorio.midagri.gob.pe:80/jspui/handle/MIDAGRI/721>
- Ministerio de la Presidencia de España. (2013). Real decreto 506 sobre productos fertilizantes. In *Boletín Oficial del Estado (BOE)* (No. 506). <https://doi.org/Ley24/2013>, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico.
- Ministerio de Salud (MINSA). (2007). *Guía técnica para el análisis microbiológico de superficies en contacto con alimentos y bebidas* (No. 461).
- Ministerio del Ambiente (MINAM). (2009). *Decreto Supremo N° 012-2009-MINAM - Política Nacional del Ambiente* (No. 12). FAO, FAOLEX.  
<http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/08/Política-Nacional-del-Ambiente.pdf>
- Ministerio del Ambiente (MINAM). (2012). *Glosario de términos para la gestión ambiental peruana*. <http://www.usmp.edu.pe/recursos humanos/pdf/Glosario-de-Terminos.pdf>
- Ministerio del Ambiente (MINAM). (2017a). *Decreto Legislativo N° 1278-2017-MINAM - Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos* (No. 1278). FAO, FAOLEX. <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Decreto-Legislativo-Nº-1278.pdf>
- Ministerio del Ambiente (MINAM). (2017b). Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM - Estándares de Calidad Ambiental para Agua y disposiciones complementarias. In

- El Peruano*. <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/DS-004-2017-MINAM.pdf>
- Ministerio del Ambiente (MINAM). (2017c). Decreto Supremo N° 014-2017-MINAM - Reglamento de la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos. In *Diario Oficial El Peruano* (No. 014). <http://www.minam.gob.pe/gestion-de-residuos-solidos/nueva-ley-de-residuos-solidos/>
- Ministerio del Medio Ambiente de Colombia. (2002). *Guía ambiental para el subsector porcícola*. <https://www.miporkcolombia.co/wp-content/uploads/2018/07/GUIA-AMBIENTAL-PORCICOLA-opt.pdf>
- Moore, J., & Gamroth, M. (1993). Calculating the fertilizer value of manure from livestock operations. *Rehabilitation, November*, 1–8.
- Moreno, L. (2019). *Calidad de abonos orgánicos a partir del estiércol porcino y su efecto en el rendimiento del maíz de chala*. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Mosquera, B. (2010). Abonos orgánicos, protegen el suelo y garantizan alimentación sana. In *FONAG*. [www.fonag.org.ec](http://www.fonag.org.ec)
- Olascoaga, L., Jucamaita, J., & Cadillo, J. (2015). Biorremediación de suelos contaminados con aceite lubricante residual utilizando excretas de vacunos y porcinos. *Revista Anales Científicos*. <https://www.engormix.com/porcicultura/articulos/biorremediacion-suelos-contaminados-con-t31722.htm>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (2007). *Buenas prácticas para la industria de la carne*. <http://www.fao.org/3/y5454s/Y5454S.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (2009). El ganado y el medio ambiente. In *El estado mundial de la agricultura y la alimentación* (pp. 59–84). <http://www.fao.org/docrep/012/i0680s/i0680s04.pdf>
- Ossa, J., Vanegas, M., & Badillo, Á. (2010). Evaluación de la melaza de caña como sustrato para el crecimiento de *Lactobacillus plantarum*. *Revista U.D.C.A Actualidad y Divulgación Científica*, 13(1), 97–104. <http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v13n1/v13n1a11.pdf>
- Panesar, P. S., Kennedy, J. F., Gandhi, D. N., & Bunko, K. (2007). Bioutilisation of whey for lactic acid production. *Food Chemistry*, 105(1), 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.03.035>
- Parra, R. (2010). Review Bacterias ácido lácticas: papel funcional en los alimentos. *Biotecnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 8(1), 93–105.
- Peña, E., Carrión, M., Martínez, F., Rodríguez, A., & Companioni, N. (2002). Manual para la producción de abonos orgánicos en la agricultura urbana. In *Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD)*.
- Peralta, J. (2005). *Recomendaciones Técnicas para la Gestión Ambiental en el Manejo de Purines de la Explotación Porcina*.
- Peralta, L., Juscamaita, J., & Meza, V. (2016). Obtención y caracterización de abono

- orgánico líquido a través del tratamiento de excretas del ganado vacuno de un establo lechero usando un consorcio microbiano ácido láctico. *Ecología Aplicada*, 15(1), 10. <https://doi.org/10.21704/rea.v15i1.577>
- Pinos, J., García, J., Peña, L., Rendón, J., González, C., & Tristán, F. (2012). Impactos y regulaciones ambientales del estiércol generado por los sistemas ganaderos de algunos países de América. *Agrociencia*, 46(4), 359–370.
- Quiñones, H. (2016). *Producción de abono líquido acelerado con heces de alpaca, lactosuero bovino y melaza de caña mediante fermentación homoláctica* [Universidad Nacional Agraria La Molina]. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2219/F04-Q855-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ramírez, J., Rosas, P., Velázquez, M., Ulloa, J., & Arce, F. (2011). Bacterias lácticas: Importancia en alimentos y sus efectos en la salud. *Revista Fuente*, 2(7), 1–16. <http://fuente.uan.edu.mx/publicaciones/03-07/1.pdf>
- Ramírez, L. F., & Valverde, C. O. (2013). *Estudio de factibilidad de la biodigestión utilizando excretas del ganado porcino del distrito de la Esperanza* [Universidad Nacional de Trujillo]. [https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/3542/RamirezBravo\\_L\\_ValverdeCampos\\_C.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/3542/RamirezBravo_L_ValverdeCampos_C.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Ramírez, M. (2005). *Actividad inhibitoria de cepas de bacterias ácido lácticas frente a bacterias patógenas y deterioradoras de alimentos* [Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo]. [http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/bitstream/handle/231104/236/Actividad\\_inhibitoria\\_de\\_cepas\\_de\\_bacterias.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/bitstream/handle/231104/236/Actividad_inhibitoria_de_cepas_de_bacterias.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Restrepo, J. (2001). *Elaboración de abonos orgánicos fermentados y biofertilizantes foliares: Experiencias con agricultores en Mesoamérica y Brasil*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. <http://repiica.iica.int/docs/B4024e/B4024e.pdf>
- Restrepo, J. (2007). *Biofertilizantes preparados y fermentados a base de excretas de vaca*. <http://agroecologia.org/wp-content/uploads/2016/12/ABC-de-la-Agricultura-organica-Abonos-organicos.pdf>
- Ricse, Y. (2013). *Elaboración de biofertilizante acelerada vía fermentación homoláctica del residuo del procesamiento de rocoto (Capsicum pubescens)*. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Robalino, H. (2011). *Evaluación de la actividad biológica y nutricional del biol en diferentes formulaciones y la respuesta a su aplicación en cultivos de arroz (Oriza sativa) y maíz (Zea mays L.) en Guayas* [Escuela Superior Politécnica del Litoral]. [https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/16917/3/Tesis\\_H.Robalino\\_Final\\_PMBA\\_julio\\_2011.pdf](https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/16917/3/Tesis_H.Robalino_Final_PMBA_julio_2011.pdf)
- Román, C., & Juscamaita, J. (2012, May). Tratamiento Biológico de la cuyinaza a través de un proceso de fermentación homoláctica y su uso como abono líquido orgánico. *Periódico Agraria.Edu*, 8–9. <https://issuu.com/rectorado/docs/edicion6/8>
- Román, P., Martínez, M., & Pantoja, A. (2013). *Manual de compostaje del agricultor. Experiencias en América Latina*.

- Salazar, G. (2004). *Compendio de tecnologías para el manejo y utilización de las excretas de granjas porcícolas*. FAO. <http://www.fao.org/3/x6372s08.htm>
- Sánchez, M. (2001). *Utilización agrícola del estiércol licuado de ganado porcino: Método rápido de determinación del valor fertilizante . Establecimiento de las bases para el diseño de un óptimo plan de fertilización*. Universidad de Valladolid.
- Santana, Y., & Ortega, R. (2009). Orientación sobre la agricultura urbana : Una vía para la sostenibilidad. *Revista Desarrollo Local Sostenible*, 2(6), 1–17.
- Serna, L., & Rodríguez, A. (2005). Producción biotecnológica de ácido láctico: estado del arte. *Revista Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 5(1), 54–65. <https://doi.org/10.1080/11358120509487672>
- Shen, J., Zhao, C., Liu, Y., Zhang, R., Liu, G., & Chen, C. (2019). Biogas production from anaerobic co-digestion of durian shell with chicken, dairy, and pig manures. *Energy Conversion and Management*, 198(March), 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2018.06.099>
- Silva, B., & Toapanta, D. (2011). *Elaboración de vino de remolacha a partir de dos variedades (beta vulgaris), conditiva y macrohiza, utilizando dos endulzantes naturales stevia (stevia rebaudiana) y miel de abeja* [Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales]. <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/905/1/T-UTC-1217.pdf>
- Simpson, K. (1991). *Abonos y estiércoles* (1st ed.). Editorial ACRIBIA S.A.
- Siura, S., Montes, I., & Dávila, S. (2009). Efecto del biol y la rotación con abono verde (*Crotalaria juncea*) en la producción de espinaca (*Spinacea oleracea*) bajo cultivo orgánico. *Anales Científicos*, 70(1), 1–8.
- Sosa, O. (2005). Los estiércoles y su uso como enmiendas orgánicas. *Agromensajes*, 1–5.
- 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. In *Universidad Nacional Agraria La Molina*. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Stainer, R., Ingraham, J., Wheelis, M., & Painter, P. (1992). *Microbiología. Segunda edición* (Editorial Reverté). [https://books.google.com.pe/books?id=2u-6Q2XCMDgC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=2u-6Q2XCMDgC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)
- Suero, D. (2016). *Evaluación de opciones tecnológicas para el tratamiento de efluentes de la unidad experimental de cerdos de la UNALM*. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Syaichurrozi, I., Budiyono, & Sumardiono, S. (2013). Predicting kinetic model of biogas production and biodegradability organic materials: Biogas production from vinasse at variation of COD/N ratio. *Bioresource Technology*, 149, 390–397. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2013.09.088>
- Toalombo, M. (2013). *Aplicación de abonos orgánicos líquidos tipo biol al cultivo de mora (Rubus glaucus Benth)* [Universidad Técnica de Ambato]. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

- Topper, P., Graves, R., & Richard, T. (2006). The fate of nutrients and pathogens during anaerobic digestion of dairy manure. *Agriculture and Biological Engineering, 1*, 1–2.  
[https://fyi.extension.wisc.edu/manureirrigation/files/2013/04/PennStateExt\\_PSU\\_2006\\_The-Fate-of-Nutrients-and-Pathogens-During-\\_Anaerobic-Digestion-of-Dairy-Manure\\_G71.pdf](https://fyi.extension.wisc.edu/manureirrigation/files/2013/04/PennStateExt_PSU_2006_The-Fate-of-Nutrients-and-Pathogens-During-_Anaerobic-Digestion-of-Dairy-Manure_G71.pdf)
- Trinidad, A. (1987). *El uso de abonos orgánicos en la producción agrícola* (Instituto de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas (ed.); Serie cuad).  
<http://bibliotecasibe.ecosur.mx/sibe/book/000005657>
- Universidad Nacional de Colombia (UNAL). (2016). *Manual de uso de la porcina en la agricultura “De la granja al cultivo.”*
- Valtueña, J. (2002). *Enciclopedia de la ecología y la salud* (Editorial Safeliz (ed.); 1st ed.). Editorial Safeliz.
- Vasquez, D. (2008). *Producción y evaluación de cuatro tipos de bioabonos como alternativa biotecnológica de uso de residuos orgánicos para la fertilización de pastos*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Wacher, C. (2014). La biotecnología alimentaria antigua: los alimentos fermentados. *Revista Digital Universitaria, 15*(8), 1–14.  
<http://www.revista.unam.mx/vol.15/num8/art64/art64.pdf>
- Zanabria, J. (2019). *Evaluación de la calidad de biol de segunda y tercera generación de estiércol de cuy producido en un biodigestor instalado en el instituto regional de la costa de la UNALM*. Universidad Nacional Agraria La Molina.

# **ANEXOS**

## Anexo 1. Ficha técnica del consorcio Garlac



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

# GARLAC

## Biofertilizante Líquido Orgánico 100% Natural Acidificante Orgánico

**GARLAC**, es un consorcio de microorganismos benéficos o GRAS (generally recognized as safe), concentrado microbiano líquido de amplio uso en el sector agropecuario.

**GARLAC**, acelera el proceso de descomposición de la materia orgánica en el suelo y en los procesos de compostaje, reduce rápidamente los malos olores en granjas y se usa como conservante en procesos de ensilado.

**GARLAC**, aplicado al suelo agrícola, el complejo de bacterias benéficas y sus metabolitos mejoran el pH y favorecen la solubilidad del fósforo, azufre y elementos menores haciéndolos más disponibles y facilitando la absorción de nutrientes.

**GARLAC**, en aplicación foliar, drench y por el sistema de riego tecnificado se comporta como un bioestimulante completo. Su participación en la nutrición vegetal es vital, actuando como suplemento nutricional, activador de los procesos fisiológicos (crecimiento y desarrollo) de las plantas.

**GARLAC** incrementa el vigor y crecimiento del tallo y raíces en la etapa de germinación hasta la emergencia de las plántulas, favoreciendo el desarrollo de rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal. Incrementa las probabilidades de supervivencia de las plántulas.

**GARLAC** promueve condiciones favorables para el incremento de microorganismos beneficiosos en el suelo, en el área foliar de las plantas, el cual suprime el desarrollo de microorganismos fitopatógenos.

**GARLAC** es producido a través de procesos Biotecnológicos de fermentación láctea, genera los aminoácidos en forma L (biológicamente activos), única forma de aprovechamiento de las plantas.

**GARLAC** protege el medio ambiente, no contamina el agua ni el suelo, no produce desequilibrios en el agroecosistema, asegura productos totalmente saludables.

### COMPOSICION:

pH de 3.5 – 3.9

Ácidos orgánicos, aminoácidos libres, péptidos, factores de crecimiento y activadores del metabolismo vegetal.

Microorganismos aerobios viables

Bacterias acidolácticas probióticas.

### **APLICACIÓN:**

Sobre excretas de animales de granja use solución concentrada o al 50%.

Para humedecer el compost y acelerar el proceso usar una concentración de 1 - 2 L / 100 L de agua.

En bebederos de animales de 1 a 2 ml por 1 L de agua.

En plantas 1 - 2 L por cilindro de agua para aplicación foliar. En drench 5 L en 200 L de agua.

Para otros usos consultar con el asesor técnico.

### **RECOMENDACIONES DE USO:**

No necesita condiciones especiales de aplicación y manejo.

No necesita adherentes ni acidificantes.

Agítelo antes de usar.

Una vez preparada la solución nutritiva úsela inmediatamente.

Almacenar en ambientes ventilados y evite la exposición directa al sol.

### **PRESENTACIÓN:**

(1 L, 4 L y 20 L)



## Anexo 2. Informe de análisis fisicoquímico del estiércol porcino



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 : NEFTALI MIRANDA MIRANDA  
PROCEDENCIA : LIMA/ LIMA/ LURIGANCHO - CHOSICA  
MUESTRA DE : PURIN MAS EXCRETA LIQUIDA  
REFERENCIA : H.R. 74266  
BOLETA : 4545  
FECHA : 03/06/2021

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
259	-	7.08	21.50	70.40	56.25	20860.00	1536.54	1470.00

Nº LAB	CLAVES	Ca Total mg/L	Mg Total mg/L	Na Total mg/L
259	-	795.00	575.00	2020.00

LAB	CLAVES	Fe Total mg/L	Cu Total mg/L	Zn Total mg/L	Mn Total mg/L	B Total mg/L
259	-	62.33	10.90	14.70	11.40	4.68



  
Ing. Braulio La Torre Martínez  
Jefe de Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM  
Telf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622  
Celular: 946-505-254  
e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe

### Anexo 3. Informe de análisis microbiológico del estiércol porcino

	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</b> <b>LABORATORIO DE ECOLOGIA MICROBIANA Y BIOTECNOLOGIA</b>	
<b>INFORME DE ENSAYO N° 2105097 - LMT</b>		
<b>SOLICITANTE</b>	: RICARDO CAJAHUANCA BASUALDO	
<b>DESCRIPCIÓN DEL OBJETO ENSAYADO</b>		
<b>MUESTRA</b>	: ESTIÉRCOL PORCINO	
<b>PROCEDENCIA</b>	: Saracoto Alto - Huachipa	
<b>TIPO DE ENVASE</b>	: Botella de plástico	
<b>CANTIDAD DE MUESTRA</b>	: 01 muestra x 01 und. x 500 ml. aprox.	
<b>ESTADO Y CONDICIÓN</b>	: En buen estado y cerrado	
<b>FECHA DE MUESTREO</b>	: 2021 - 05 - 28	
<b>FECHA DE RECEPCIÓN</b>	: 2021 - 05 - 28	
<b>FECHA DE INICIO DE ENSAYO</b>	: 2021 - 05 - 28	
<b>FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO</b>	: 2021 - 06 - 02	
<b>RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA</b>		
<b>Análisis Microbiológico</b>	<b>Muestra 2105097</b>	
<sup>1</sup> Enumeración de coliformes totales (NMP/ml.)	> 11 x 10 <sup>2</sup>	
<sup>1</sup> Enumeración de coliformes fecales (NMP/ml.)	> 11 x 10 <sup>2</sup>	
<sup>1</sup> Enumeración de <i>Escherichia coli</i> (NMP/ml.)	> 11 x 10 <sup>2</sup>	
<sup>1</sup> Recuento de mohos y levaduras (UFC/ml...)	41 x 10 <sup>5</sup>	
<sup>1</sup> Recuento de bacterias ácido lácticas (UFC/ml.)	13 x 10 <sup>7</sup>	
<b>Métodos:</b>		
*Levaduras		
<sup>1</sup> International Commission on Microbiological Specifications for Foods. 1983. 2da Ed. Vol 1 Part II, (Trad. 1988) Reimp. 2000. Editorial Acribia.		
<b>Observaciones:</b>		
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, 06 de junio del 2021
		
DRA. DORIS 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		
Av. La Molina s/n La Molina, Código Postal 15024 - Lima - Perú ☐ (511) 614-7800 anexo 274 - E-mail: <a href="mailto:lmt@lamolina.edu.pe">lmt@lamolina.edu.pe</a>		

**Anexo 4. Informe de análisis fisicoquímico del ALOA porcino**



**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 : NEFTALI MIRANDA MIRANDA  
 PROCEDENCIA : LIMA/ LIMA/ LURIGANCHO - CHOSICA  
 MUESTRA DE : BIOL  
 REFERENCIA : H.R. 75182  
 BOLETA : 4766  
 FECHA : 18/10/2021

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
421		4.10	36.60	199.56	151.54	8624.00	4150502.87	6900.00



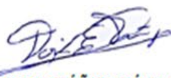


Nº LAB	CLAVES	Ca Total mg/L	Mg Total mg/L	Na Total mg/L
421		6060.00	1740.00	1460.00

LAB	CLAVES	Fe Total mg/L	Cu Total mg/L	Zn Total mg/L	Mn Total mg/L	B Total mg/L
421		383.00	0.60	5.60	4.90	4.56



*Dr. Constantino Calderón Mendoza*  
 Jefe de Laboratorio

## Anexo 5. Informe de análisis microbiológico del ALOA porcino

	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</b> <b>LABORATORIO DE ECOLOGIA MICROBIANA Y BIOTECNOLOGIA</b>	
<b>INFORME DE ENSAYO N° 2109281 - LMT</b>		
<b>DESCRIPCIÓN DEL OBJETO ENSAYADO</b>		
<b>SOLICITANTE</b>	: Ricardo Luis Cahahuanca Basualdo	
<b>MUESTRA</b>	: Abono líquido orgánico Acelerado- MUESTRA 1	
<b>PROCEDENCIA</b>	: Ñaña, Lurigancho Chosica	
<b>TIPO DE ENVASE</b>	: Botella de plástico	
<b>CANTIDAD DE MUESTRA</b>	: 01 muestra x 01 und. x 500 mL aprox.	
<b>ESTADO Y CONDICIÓN</b>	: En buen estado y cerrado	
<b>FECHA DE MUESTREO</b>	: 2021 - 09 - 20	
<b>FECHA DE RECEPCIÓN</b>	: 2021 - 09 - 23	
<b>FECHA DE INICIO DE ENSAYO</b>	: 2021 - 09 - 23	
<b>FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO</b>	: 2021 - 10 - 01	
<b>RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA</b>		
Análisis Microbiológico	Muestra 2109281	
<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	
<sup>1</sup> Recuento de mohos y levaduras (NMP/ml)	< 10	
<sup>1</sup> Recuento de bacterias ácido lácticas (NMP/ml)	25 x 10 <sup>2</sup>	
<b>Nota:</b> Los valores < 3 y < 10 indican ausencia de microorganismos		
<b>Métodos:</b> <sup>1</sup> International Commission on Microbiological Specifications for Foods. 1983. 2da Ed. Vol 1 Part II, (Trad. 1988) Reimp. 2000. Editorial Acribia.		
<b>Observaciones:</b> 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, 01 de octubre de 2021		
		
<b>DRA. DORIS ZÚÑIGA DÁVILA</b>		
Jefe del Laboratorio de Ecología Microbiana y Biotecnología "Marino Tabusso" Universidad Nacional Agraria La Molina		
Teléfono: 6147800 anexo 274 E-mail: <a href="mailto:lmt@lamolina.edu.pe">lmt@lamolina.edu.pe</a>		
Av. La Molina s/n La Molina, Código Postal 15024 - Lima - Perú ☐ (511) 614-7800 anexo 274 - E-mail: <a href="mailto:lmt@lamolina.edu.pe">lmt@lamolina.edu.pe</a>		
Página 1 de 1		

**Anexo 6. Valores de pH de los 16 tratamientos por cada repetición**

Tratamiento	Mezcla Base	Melaza	Garlac	pH								
				%	%	%	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 10
T1	100	0	0	6.1	6.2	6.2	6.2	6.3	6.4	6.5	6.7	
				6.2	6.3	6.3	6.2	6.3	6.4	6.5	6.7	
				6.2	6.3	6.4	6.2	6.3	6.4	6.5	6.7	
				Promedio	6.2	6.3	6.3	6.2	6.3	6.4	6.5	6.7
T2	95	0	5	6.2	6	6.1	6.1	6.1	6.2	6.3	6.4	
				6.1	6.1	6.1	6.1	6.1	6.2	6.3	6.4	
				6.1	6.1	6.1	6.1	6.1	6.2	6.3	6.4	
				Promedio	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1	6.2	6.3	6.4
T3	90	0	10	6	6	5.9	6	6	6.1	6.2	6.3	
				6.1	6	5.9	6	6	6.1	6.2	6.3	
				Promedio	6.0	6.0	5.9	6.0	6.0	6.1	6.2	6.3
				5.9	5.8	5.9	5.9	5.9	6	6	6.1	
T4	85	0	15	5.8	5.9	5.9	5.9	5.9	6	6	6.1	
				5.9	5.8	5.9	5.9	5.9	6	6	6.1	
				Promedio	5.9	5.8	5.9	5.9	5.9	6.0	6.0	6.1
				5.9	5.8	5.2	5.1	5.3	5.1	5.2	5.2	
T5	95	5	0	6.1	5.8	5.3	5.2	5.3	5.1	5.2	5.2	
				6	5.6	5	5.1	5.1	5.1	5.2	5.2	
				Promedio	6.0	5.7	5.2	5.1	5.2	5.1	5.2	5.2
				6	5	5.3	4.9	5	5	5	5	
T6	90	5	5	5.9	5	5.1	4.9	5	5	5	5	
				6	5.1	5.2	5.1	5	5	5	5	
				Promedio	6.0	5.0	5.2	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
				5.9	5.4	4.7	4.8	4.9	4.9	4.9	4.9	
T7	85	5	10	5.8	5.1	4.7	4.8	4.9	4.9	4.9	4.9	
				5.8	5.1	4.8	4.8	4.9	4.9	4.9	4.9	
				Promedio	5.8	5.2	4.7	4.8	4.9	4.9	4.9	4.9
				5.7	4.7	4.8	4.7	4.7	4.8	4.8	4.8	
T8	80	5	15	5.7	4.7	4.8	4.7	4.7	4.8	4.8	4.8	
				5.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.8	4.8	4.8	
				Promedio	5.7	4.7	4.8	4.7	4.7	4.8	4.8	4.8
				5.8	4.9	5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	
T9	90	10	0	5.8	5.1	5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	
				5.8	5.2	5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	
				Promedio	5.8	5.1	5.0	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
				5.8	4.9	4.7	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	
T10	85	10	5	5.8	4.9	4.7	4.5	4.5	4.5	4.5		

Tratamiento	Mezcla Base	Melaza	Garlac	pH										
				%	%	%	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 10	Día 15	Día 20
T11	80	10	10		6	5	4.7	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	
				Promedio	6	4.8	4.7	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
					5.9	4.9	4.7	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
					5.8	4.8	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
					5.9	4.7	4.5	4.5	4.4	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
T12	75	10	15		5.7	4.6	4.5	4.5	4.4	4.5	4.5	4.5	4.5	
				Promedio	5.8	4.7	4.5	4.5	4.4	4.5	4.5	4.5	4.5	
					5.7	4.6	4.6	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	
					5.6	4.7	4.6	4.4	4.3	4.4	4.4	4.4	4.4	
					5.6	4.6	4.6	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	
T13	85	15	0		5.9	4.8	4.6	4.5	4.5	4.4	4.3	4.3		
				Promedio	6	4.8	4.6	4.5	4.5	4.4	4.3	4.3		
					6.0	4.8	4.6	4.5	4.5	4.4	4.3	4.3		
					5.9	4.8	4.6	4.5	4.5	4.3	4.3	4.3		
					5.9	4.8	4.6	4.5	4.5	4.3	4.3	4.3		
T14	80	15	5		5.6	4.7	4.6	4.4	4.4	4.3	4.2	4.2		
				Promedio	5.6	4.7	4.6	4.4	4.4	4.3	4.2	4.2		
					5.7	4.7	4.6	4.4	4.4	4.3	4.2	4.2		
					5.6	4.7	4.6	4.4	4.4	4.3	4.2	4.2		
					5.6	4.7	4.6	4.4	4.4	4.3	4.2	4.2		
T15	75	15	10		5.5	4.6	4.5	4.4	4.4	4.3	4.2	4.1		
				Promedio	5.6	4.7	4.5	4.4	4.4	4.3	4.2	4.1		
					5.5	4.6	4.5	4.4	4.4	4.3	4.2	4.1		
					5.6	4.7	4.5	4.4	4.4	4.3	4.2	4.1		
					5.5	4.7	4.5	4.4	4.4	4.3	4.2	4.1		
T16	70	15	15		5.5	4.6	4.5	4.4	4.4	4.3	4.2	4.1		
				Promedio	5.6	4.7	4.5	4.4	4.4	4.3	4.2	4.1		
					5.5	4.6	4.5	4.4	4.4	4.3	4.2	4.1		
					5.6	4.7	4.5	4.4	4.4	4.3	4.2	4.1		
					5.5	4.7	4.5	4.4	4.4	4.3	4.2	4.1		

## Anexo 7. Anova factorial tratamiento por tiempo para el pH

Tabla de ANOVA: pH

<b>Efecto</b>	<b>GL</b>	<b>SS</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Tratamiento	15	147.28	9.82	4773	0.00
Tiempo	7	31.38	4.48	2179	0.00
Interacción	105	18.97	0.18	88	0.00
Error	256	0.53	0.00		
Total	383	198.15			

## Anexo 8. Análisis de varianza para el pH “DCA” en cada tratamiento

### Anexo 8.1. Tratamiento 1

Tabla de ANOVA

Efecto	GL	SS	MS	Fo	p-valor
Tiempo	7	0.6463	0.0923	44.3	0.000000
Error	16	0.0333	0.0021		
Total	23	0.6796			

Prueba de Comparaciones Múltiples (Diferencia Mínima Significativa)

Tiempo	Mean	Subgrupo					
		1	2	3	4	5	6
Dia1	6.166667		****				
Dia4	6.200000		****	****			
Dia2	6.266667	****		****			
Dia5	6.300000	****					
Dia3	6.300000	****					
Dia10	6.400000				****		
Dia15	6.500000					****	
Dia20	6.700000						****

Prueba LSD. Grupos Homogéneos. Alpha = 0.05  
 Error: MS = 0.00208, df = 14

Diferencias Significativas (Método de Diferencias Mínima Significativa)

Tiempo	Dia1	Dia2	Dia3	Dia4	Dia5	Dia10	Dia20	Dia15
Dia1		0.016321	0.002515	0.384351	0.002515	0.000011	0.000000	0.000000
Dia2	0.016321		0.384351	0.092586	0.384351	0.002515	0.000011	0.000000
Dia3	0.002515	0.384351		0.016321	1.000000	0.016321	0.000063	0.000000
Dia4	0.384351	0.092586	0.016321		0.016321	0.000063	0.000001	0.000000
Dia5	0.002515	0.384351	1.000000	0.016321		0.016321	0.000063	0.000000
Dia10	0.000011	0.002515	0.016321	0.000063	0.016321		0.016321	0.000001
Dia15	0.000000	0.000011	0.000063	0.000001	0.000063	0.016321		0.000063
Dia20	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000001	0.000063	

Error: Between MS = 0.00208, df = 16.000

## Anexo 8.2. Tratamiento 2

Tabla de ANOVA

Efecto	GL	SS	MS	Fo	p-valor
Tiempo	7	0.2917	0.0417	50	0.000000
Error	16	0.0133	0.0008		
Total	23	0.3050			

Prueba de Comparaciones Múltiples (Diferencia Mínima Significativa)

Tiempo	Mean	Subgrupo				
		1	2	3	4	5
Dia2	6.066667	****				
Dia3	6.100000	****	****			
Dia4	6.100000	****	****			
Dia5	6.100000	****	****			
Dia1	6.133333		****			
Dia10	6.200000			****		
Dia15	6.300000				****	
Dia20	6.400000					****

Prueba LSD. Grupos Homogéneos. Alpha = 0.05  
 Error: MS = 0.00083, df = 16

Diferencias Significativas (Método de Diferencias Mínima Significativa)

Tiempo	Dia1	Dia2	Dia3	Dia4	Dia5	Dia10	Dia20	Dia15
Dia1		0.012109	0.176463	0.176463	0.176463	0.012109	0.000003	0.000000
Dia2	0.012109		0.176463	0.176463	0.176463	0.000036	0.000000	0.000000
Dia3	0.176463	0.176463		1.000000	1.000000	0.000621	0.000000	0.000000
Dia4	0.176463	0.176463	1.000000		1.000000	0.000621	0.000000	0.000000
Dia5	0.176463	0.176463	1.000000	1.000000		0.000621	0.000000	0.000000
Dia10	0.012109	0.000036	0.000621	0.000621	0.000621		0.000621	0.000000
Dia15	0.000003	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000621		0.000621
Dia20	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000621	

Error: Between MS = 0.00083, df = 16.000

### Anexo 8.3. Tratamiento 3

Tabla de ANOVA

Efecto	GL	SS	MS	Fo	p-valor
Tiempo	7	0.3467	0.0495	119	0.000000
Error	16	0.0067	0.0004		
Total	23	0.3533			

Prueba de Comparaciones Múltiples (Diferencia Mínima Significativa)

Tiempo	Mean	Subgrupo				
		1	2	3	4	5
Dia3	5.900000		****			
Dia2	6.000000	****				
Dia4	6.000000	****				
Dia5	6.000000	****				
Dia1	6.033333	****				
Dia10	6.100000			****		
Dia15	6.200000				****	
Dia20	6.300000					****

Prueba LSD. Grupos Homogéneos. Alpha = 0.05  
 Error: MS = 0.00042, df = 16

Diferencias Significativas (Método de Diferencias Mínima Significativa)

Tiempo	Dia1	Dia2	Dia3	Dia4	Dia5	Dia10	Dia20	Dia15
Dia1		0.062772	0.000001	0.062772	0.062772	0.001032	0.000000	0.000000
Dia2	0.062772		0.000019	1.000000	1.000000	0.000019	0.000000	0.000000
Dia3	0.000001	0.000019		0.000019	0.000019	0.000000	0.000000	0.000000
Dia4	0.062772	1.000000	0.000019		1.000000	0.000019	0.000000	0.000000
Dia5	0.062772	1.000000	0.000019	1.000000		0.000019	0.000000	0.000000
Dia10	0.001032	0.000019	0.000000	0.000019	0.000019		0.000019	0.000000
Dia15	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000019		0.000019
Dia20	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000019	

Error: Between MS = 0.00042, df = 16.000

### Anexo 8.4. Tratamiento 4

Tabla de ANOVA

Efecto	GL	SS	MS	Fo	p-valor
Tiempo	7	0.1629	0.0233	28	0.000000
Error	16	0.0133	0.0008		
Total	23	0.1763			

Prueba de Comparaciones Múltiples (Diferencia Mínima Significativa)

Tiempo	Mean	Subgrupo			
		1	2	3	4
Dia2	5.833333		****		
Dia1	5.866667	****	****		
Dia4	5.900000	****			
Dia5	5.900000	****			
Dia3	5.900000	****			
Dia15	6.000000			****	
Dia10	6.000000			****	
Dia20	6.100000				****

Prueba LSD. Grupos Homogéneos. Alpha = 0.05  
 Error: MS = 0.00083, df = 16

Diferencias Significativas (Método de Diferencias Mínima Significativa)

Tiempo	Dia1	Dia2	Dia3	Dia4	Dia5	Dia10	Dia20	Dia15
Dia1		0.176463	0.176463	0.176463	0.176463	0.000036	0.000036	0.000000
Dia2	0.176463		0.012109	0.012109	0.012109	0.000003	0.000003	0.000000
Dia3	0.176463	0.012109		1.000000	1.000000	0.000621	0.000621	0.000000
Dia4	0.176463	0.012109	1.000000		1.000000	0.000621	0.000621	0.000000
Dia5	0.176463	0.012109	1.000000	1.000000		0.000621	0.000621	0.000000
Dia10	0.000036	0.000003	0.000621	0.000621	0.000621		1.000000	0.000621
Dia15	0.000036	0.000003	0.000621	0.000621	0.000621	1.000000		0.000621
Dia20	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000621	0.000621	

Error: Between MS = 0.00083, df = 16.000

## Anexo 8.5. Tratamiento 5

Tabla de ANOVA

Efecto	GL	SS	MS	Fo	p-valor
Tiempo	7	2.3129	0.3304	41.74	0.000000
Error	16	0.1267	0.0079		
Total	23	2.4396			

Prueba de Comparaciones Múltiples (Diferencia Mínima Significativa)

Tiempo	Mean	Subgrupo		
		1	2	3
Dia10	5.100000	****		
Dia4	5.133333	****		
Dia3	5.166667	****		
Dia15	5.200000	****		
Dia20	5.200000	****		
Dia5	5.233333	****		
Dia2	5.733333		****	
Dia1	6.000000			****

Prueba LSD. Grupos Homogéneos. Alpha = 0.05  
Error: MS = 0.0072, df = 16

Diferencias Significativas (Método de Diferencias Mínima Significativa)

Tiempo	Dia1	Dia2	Dia3	Dia4	Dia5	Dia10	Dia20	Dia15
Dia1		0.002067	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Dia2	0.002067		0.000001	0.000000	0.000004	0.000000	0.000002	0.000002
Dia3	0.000000	0.000001		0.652527	0.372422	0.372422	0.652527	0.652527
Dia4	0.000000	0.000000	0.652527		0.187628	0.652527	0.372422	0.372422
Dia5	0.000000	0.000004	0.372422	0.187628		0.085115	0.652527	0.652527
Dia10	0.000000	0.000000	0.372422	0.652527	0.085115		0.187628	0.187628
Dia15	0.000000	0.000002	0.652527	0.372422	0.652527	0.187628		1.000000
Dia20	0.000000	0.000002	0.652527	0.372422	0.652527	0.187628	1.000000	

Error: Between MS = 0.00792, df = 16.000

### Anexo 8.6. Tratamiento 6

Tabla de ANOVA

Efecto	GL	SS	MS	Fo	p-valor
Tiempo	7	2.4196	0.3457	92.2	0.000000
Error	16	0.0600	0.0038		
Total	23	2.4796			

Prueba de Comparaciones Múltiples (Diferencia Mínima Significativa)

Tiempo	Mean	Subgrupo		
		1	2	3
Dia4	4.966667	****		
Dia15	5.000000	****		
Dia10	5.000000	****		
Dia5	5.000000	****		
Dia20	5.000000	****		
Dia2	5.033333	****		
Dia3	5.200000		****	
Dia1	5.966667			****

Prueba LSD. Grupos Homogéneos. Alpha = 0.05  
Error: MS = 0.00375, df = 16

Diferencias Significativas (Método de Diferencias Mínima Significativa)

Tiempo	Dia1	Dia2	Dia3	Dia4	Dia5	Dia10	Dia20	Dia15
Dia1		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Dia2	0.000000		0.004213	0.201096	0.514484	0.514484	0.514484	0.514484
Dia3	0.000000	0.004213		0.000258	0.001032	0.001032	0.001032	0.001032
Dia4	0.000000	0.201096	0.000258		0.514484	0.514484	0.514484	0.514484
Dia5	0.000000	0.514484	0.001032	0.514484		1.000000	1.000000	1.000000
Dia10	0.000000	0.514484	0.001032	0.514484	1.000000		1.000000	1.000000
Dia15	0.000000	0.514484	0.001032	0.514484	1.000000	1.000000		1.000000
Dia20	0.000000	0.514484	0.001032	0.514484	1.000000	1.000000	1.000000	

Error: Between MS = 0.00375, df = 16.000

### Anexo 8.7. Tratamiento 7

Tabla de ANOVA

Efecto	GL	SS	MS	Fo	p-valor
Tiempo	7	2.6462	0.3780	82.5	0.000000
Error	16	0.0733	0.0046		
Total	23	2.7196			

Prueba de Comparaciones Múltiples (Diferencia Mínima Significativa)

Tiempo	Mean	Subgrupo			
		1	2	3	4
Dia3	4.733333		****		
Dia4	4.800000	****	****		
Dia15	4.900000	****			
Dia5	4.900000	****			
Dia10	4.900000	****			
Dia20	4.900000	****			
Dia2	5.200000			****	
Dia1	5.833333				****

Prueba LSD. Grupos Homogéneos. Alpha = 0.05  
 Error: MS = 0.00458, df = 16

Diferencias Significativas (Método de Diferencias Mínima Significativa)

Tiempo	Dia1	Dia2	Dia3	Dia4	Dia5	Dia10	Dia20	Dia15
Dia1		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Dia2	0.000000		0.000000	0.000002	0.000056	0.000056	0.000056	0.000056
Dia3	0.000000	0.000000		0.245332	0.008216	0.008216	0.008216	0.008216
Dia4	0.000000	0.000002	0.245332		0.089268	0.089268	0.089268	0.089268
Dia5	0.000000	0.000056	0.008216	0.089268		1.000000	1.000000	1.000000
Dia10	0.000000	0.000056	0.008216	0.089268	1.000000		1.000000	1.000000
Dia15	0.000000	0.000056	0.008216	0.089268	1.000000	1.000000		1.000000
Dia20	0.000000	0.000056	0.008216	0.089268	1.000000	1.000000	1.000000	

Error: Between MS = 0.00458, df = 16.000

### Anexo 8.8. Tratamiento 8

Tabla de ANOVA

Efecto	GL	SS	MS	Fo	p-valor
Tiempo	7	2.4029	0.3433	824	0.00
Error	16	0.0067	0.0004		
Total	23	2.4096			

Prueba de Comparaciones Múltiples (Diferencia Mínima Significativa)

Tiempo	Mean	Subgrupo		
		1	2	3
Dia2	4.700000		****	
Dia4	4.700000		****	
Dia5	4.700000		****	
Dia3	4.766667	****		
Dia10	4.800000	****		
Dia15	4.800000	****		
Dia20	4.800000	****		
Dia1	5.700000			****

Prueba LSD. Grupos Homogéneos. Alpha = 0.05  
 Error: MS = 0.00042, df = 16

Diferencias Significativas (Método de Diferencias Mínima Significativa)

Tiempo	Dia1	Dia2	Dia3	Dia4	Dia5	Dia10	Dia20	Dia15
Dia1		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Dia2	0.00		0.001032	1.000000	1.000000	0.000019	0.000019	0.000019
Dia3	0.00	0.001032		0.001032	0.001032	0.062772	0.062772	0.062772
Dia4	0.00	1.000000	0.001032		1.000000	0.000019	0.000019	0.000019
Dia5	0.00	1.000000	0.001032	1.000000		0.000019	0.000019	0.000019
Dia10	0.00	0.000019	0.062772	0.000019	0.000019		1.000000	1.000000
Dia15	0.00	0.000019	0.062772	0.000019	0.000019	1.000000		1.000000
Dia20	0.00	0.000019	0.062772	0.000019	0.000019	1.000000	1.000000	

Error: Between MS = 0.00042, df = 16.000

## Anexo 8.9. Tratamiento 9

Tabla de ANOVA

Efecto	GL	SS	MS	Fo	p-valor
Tiempo	7	4.6829	0.6690	229.4	0.000000
Error	16	0.0467	0.0029		
Total	23	4.7296			

Prueba de Comparaciones Múltiples (Diferencia Mínima Significativa)

Tiempo	Mean	Subgrupo		
		1	2	3
Dia15	4.500000	****		
Dia10	4.500000	****		
Dia4	4.500000	****		
Dia5	4.500000	****		
Dia20	4.500000	****		
Dia3	5.000000		****	
Dia2	5.066667		****	
Dia1	5.800000			****

Prueba LSD. Grupos Homogéneos. Alpha = 0.05  
Error: MS = 0.00292, df = 16

Diferencias Significativas (Método de Diferencias Mínima Significativa)

Tiempo	Dia1	Dia2	Dia3	Dia4	Dia5	Dia10	Dia20	Dia15
Dia1		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Dia2	0.000000		0.150069	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Dia3	0.000000	0.150069		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Dia4	0.000000	0.000000	0.000000		1.000000	1.000000	1.000000	1.000000
Dia5	0.000000	0.000000	0.000000	1.000000		1.000000	1.000000	1.000000
Dia10	0.000000	0.000000	0.000000	1.000000	1.000000		1.000000	1.000000
Dia15	0.000000	0.000000	0.000000	1.000000	1.000000	1.000000		1.000000
Dia20	0.000000	0.000000	0.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	

Error: Between MS = 0.00292, df = 16.000

### Anexo 8.10. Tratamiento 10

Tabla de ANOVA

Efecto	GL	SS	MS	Fo	p-valor
Tiempo	7	5.2129	0.7447	255.3	0.000000
Error	16	0.0467	0.0029		
Total	23	5.2596			

Prueba de Comparaciones Múltiples (Diferencia Mínima Significativa)

Tiempo	Mean	Subgrupo			
		1	2	3	4
Dia15	4.500000	****			
Dia10	4.500000	****			
Dia4	4.500000	****			
Dia5	4.500000	****			
Dia20	4.500000	****			
Dia3	4.700000		****		
Dia2	4.900000			****	
Dia1	5.933333				****

Prueba LSD. Grupos Homogéneos. Alpha = 0.05  
 Error: MS = 0.00292, df = 16

Diferencias Significativas (Método de Diferencias Mínima Significativa)

Tiempo	Dia1	Dia2	Dia3	Dia4	Dia5	Dia10	Dia20	Dia15
Dia1		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Dia2	0.000000		0.000338	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Dia3	0.000000	0.000338		0.000338	0.000338	0.000338	0.000338	0.000338
Dia4	0.000000	0.000000	0.000338		1.000000	1.000000	1.000000	1.000000
Dia5	0.000000	0.000000	0.000338	1.000000		1.000000	1.000000	1.000000
Dia10	0.000000	0.000000	0.000338	1.000000	1.000000		1.000000	1.000000
Dia15	0.000000	0.000000	0.000338	1.000000	1.000000	1.000000		1.000000
Dia20	0.000000	0.000000	0.000338	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	

Error: Between MS = 0.00292, df = 16.000

### Anexo 8.11. Tratamiento 11

Tabla de ANOVA

Efecto	GL	SS	MS	Fo	p-valor
Tiempo	7	4.4329	0.6333	217.1	0.000000
Error	16	0.0467	0.0029		
Total	23	4.4796			

Prueba de Comparaciones Múltiples (Diferencia Mínima Significativa)

Tiempo	Mean	Subgrupo		
		1	2	3
Dia5	4.433333	****		
Dia3	4.500000	****		
Dia4	4.500000	****		
Dia15	4.500000	****		
Dia10	4.500000	****		
Dia20	4.500000	****		
Dia2	4.700000		****	
Dia1	5.800000			****

Prueba LSD. Grupos Homogéneos. Alpha = 0.05  
 Error: MS = 0.00292, df = 16

Diferencias Significativas (Método de Diferencias Mínima Significativa)

Tiempo	Dia1	Dia2	Dia3	Dia4	Dia5	Dia10	Dia20	Dia15
Dia1		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Dia2	0.000000		0.000338	0.000338	0.000017	0.000338	0.000338	0.000338
Dia3	0.000000	0.000338		1.000000	0.150069	1.000000	1.000000	1.000000
Dia4	0.000000	0.000338	1.000000		0.150069	1.000000	1.000000	1.000000
Dia5	0.000000	0.000017	0.150069	0.150069		0.150069	0.150069	0.150069
Dia10	0.000000	0.000338	1.000000	1.000000	0.150069		1.000000	1.000000
Dia15	0.000000	0.000338	1.000000	1.000000	0.150069	1.000000		1.000000
Dia20	0.000000	0.000338	1.000000	1.000000	0.150069	1.000000	1.000000	

Error: Between MS = 0.00292, df = 16.000

## Anexo 8.12. Tratamiento 12

Tabla de ANOVA

Efecto	GL	SS	MS	Fo	p-valor
Tiempo	7	3.8496	0.5499	440.0	0.00
Error	16	0.0200	0.0013		
Total	23	3.8696			

Prueba de Comparaciones Múltiples (Diferencia Mínima Significativa)

Tiempo	Mean	Subgrupo		
		1	2	3
Dia5	4.366667	****		
Dia10	4.400000	****		
Dia4	4.400000	****		
Dia15	4.400000	****		
Dia20	4.400000	****		
Dia3	4.600000		****	
Dia2	4.633333		****	
Dia1	5.633333			****

Prueba LSD. Grupos Homogéneos. Alpha = 0.05  
Error: MS = 0.00125, df = 16

Diferencias Significativas (Método de Diferencias Mínima Significativa)

Tiempo	Dia1	Dia2	Dia3	Dia4	Dia5	Dia10	Dia20	Dia15
Dia1		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Dia2	0.000000		0.265168	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Dia3	0.000000	0.265168		0.000003	0.000000	0.000003	0.000003	0.000003
Dia4	0.000000	0.000000	0.000003		0.265168	1.000000	1.000000	1.000000
Dia5	0.000000	0.000000	0.000000	0.265168		0.265168	0.265168	0.265168
Dia10	0.000000	0.000000	0.000003	1.000000	0.265168		1.000000	1.000000
Dia15	0.000000	0.000000	0.000003	1.000000	0.265168	1.000000		1.000000
Dia20	0.000000	0.000000	0.000003	1.000000	0.265168	1.000000	1.000000	

Error: Between MS = 0.00125, df = 16.000

### Anexo 8.13. Tratamiento 13

Tabla de ANOVA

Efecto	GL	SS	MS	Fo	p-valor
Tiempo	7	6.3229	0.9033	2168	0.00
Error	16	0.0067	0.0004		
Total	23	6.3296			

Prueba de Comparaciones Múltiples (Diferencia Mínima Significativa)

Tiempo	Media	Subgrupo					
		1	2	3	4	5	6
Dia15	4.300000	****					
Dia20	4.300000	****					
Dia10	4.400000			****			
Dia5	4.500000		****				
Dia4	4.500000		****				
Dia3	4.600000				****		
Dia2	4.800000					****	
Dia1	5.966667						****

Prueba LSD. Grupos Homogéneos. Alpha = 0.05  
 Error: MS = 0.00042, df = 16

Diferencias Significativas (Método de Diferencias Mínima Significativa)

Tiempo	Dia1	Dia2	Dia3	Dia4	Dia5	Dia10	Dia20	Dia15
Dia1		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Dia2	0.00		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Dia3	0.00	0.000000		0.000019	0.000019	0.000000	0.000000	0.000000
Dia4	0.00	0.000000	0.000019		1.000000	0.000019	0.000000	0.000000
Dia5	0.00	0.000000	0.000019	1.000000		0.000019	0.000000	0.000000
Dia10	0.00	0.000000	0.000000	0.000019	0.000019		0.000019	0.000019
Dia15	0.00	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000019		1.000000
Dia20	0.00	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000019	1.000000	

Error: Between MS = 0.00042, df = 16.000

### Anexo 8.14. Tratamiento 14

Tabla de ANOVA

Efecto	GL	SS	MS	Fo	p-valor
Tiempo	7	5.7529	0.8218	1972	0.00
Error	16	0.0067	0.0004		
Total	23	5.7596			

Prueba de Comparaciones Múltiples (Diferencia Mínima Significativa)

Tiempo	Mean	Subgrupo				
		1	2	3	4	5
Dia15	4.300000	****				
Dia10	4.300000	****				
Dia20	4.300000	****				
Dia5	4.500000		****			
Dia4	4.500000		****			
Dia3	4.600000			****		
Dia2	4.800000				****	
Dia1	5.866667					****

Prueba LSD. Grupos Homogéneos. Alpha = 0.05  
 Error: MS = 0.00042, df = 16

Diferencias Significativas (Método de Diferencias Mínima Significativa)

Tiempo	Dia1	Dia2	Dia3	Dia4	Dia5	Dia10	Dia20	Dia15
Dia1		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Dia2	0.00		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Dia3	0.00	0.000000		0.000019	0.000019	0.000000	0.000000	0.000000
Dia4	0.00	0.000000	0.000019		1.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Dia5	0.00	0.000000	0.000019	1.000000		0.000000	0.000000	0.000000
Dia10	0.00	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000		1.000000	1.000000
Dia15	0.00	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	1.000000		1.000000
Dia20	0.00	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	1.000000	1.000000	

Error: Between MS = 0.00042, df = 16.000

## ANEXO 8.15. Tratamiento 15

Tabla de ANOVA

Efecto	GL	SS	MS	Fo	p-valor
Tiempo	7	4.5850	0.6550	786.0	0.00
Error	16	0.0133	0.0008		
Total	23	4.5983			

Prueba de Comparaciones Múltiples (Diferencia Mínima Significativa)

Tiempo	Media	Subgrupo					
		1	2	3	4	5	6
Dia20	4.200000	****					
Dia15	4.233333	****					
Dia10	4.300000			****			
Dia5	4.400000		****				
Dia4	4.400000		****				
Dia3	4.600000				****		
Dia2	4.700000					****	
Dia1	5.633333						****

Prueba LSD. Grupos Homogéneos. Alpha = 0.05

Error: MS = 0.00083, df = 16

Diferencias Significativas (Método de Diferencias Mínima Significativa)

Tiempo	Dia1	Dia2	Dia3	Dia4	Dia5	Dia10	Dia20	Dia15
Dia1		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Dia2	0.00		0.000621	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Dia3	0.00	0.000621		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Dia4	0.00	0.000000	0.000000		1.000000	0.000621	0.000003	0.000000
Dia5	0.00	0.000000	0.000000	1.000000		0.000621	0.000003	0.000000
Dia10	0.00	0.000000	0.000000	0.000621	0.000621		0.012109	0.000621
Dia15	0.00	0.000000	0.000000	0.000003	0.000003	0.012109		0.176463
Dia20	0.00	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000621	0.176463	

Error: Between MS = 0.00083, df = 16.000

### Anexo 8.16. Tratamiento 16

Tabla de ANOVA

Efecto	GL	SS	MS	Fo	p-valor
Tiempo	7	4.2129	0.6018	722.2	0.00
Error	16	0.0133	0.0008		
Total	23	4.2262			

Prueba de Comparaciones Múltiples (Diferencia Mínima Significativa)

Tiempo	Media	Subgrupo						
		1	2	3	4	5	6	7
Dia20	4.100000		****					
Dia15	4.200000			****				
Dia10	4.300000				****			
Dia5	4.400000	****						
Dia4	4.400000	****						
Dia3	4.500000					****		
Dia2	4.666667						****	
Dia1	5.533333							****

Prueba LSD. Grupos Homogéneos. Alpha = 0.05

Error: MS = 0.00083, df = 16

Diferencias Significativas (Método de Diferencias Mínima Significativa)

Tiempo	Dia1	Dia2	Dia3	Dia4	Dia5	Dia10	Dia20	Dia15
Dia1		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Dia2	0.000000		0.000003	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Dia3	0.000000	0.000003		0.000621	0.000621	0.000000	0.000000	0.000000
Dia4	0.000000	0.000000	0.000621		1.000000	0.000621	0.000000	0.000000
Dia5	0.000000	0.000000	0.000621	1.000000		0.000621	0.000000	0.000000
Dia10	0.000000	0.000000	0.000000	0.000621	0.000621		0.000621	0.000000
Dia15	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000621		0.000621
Dia20	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000621	

Error: Between MS = 0.00083, df = 16.000

## Anexo 9. Ajuste a modelo lineal del pH por día de análisis

### Anexo 9.1. Día 1

Tabla de ANOVA

Fuente	SS	dF	MS	F	P
Modelo	0.413889	2	0.206944	35.87037	0.000005
Error	0.075000	13	0.005769		
Total	0.488889	15	0.032593		

Significancia de Efectos

Factor	Coeff	Std Error	t(13)	p	-95%	95%
Mezcla base	6.171667	0.040727	151.5391	0.000000	6.083682	6.259651
Melaza	4.205000	0.315809	13.3150	0.000000	3.522735	4.887265
Garlac	4.071667	0.315809	12.8928	0.000000	3.389402	4.753931

### Anexo 9.2. Día 2

Tabla de ANOVA

Fuente	SS	dF	MS	F	P
Modelo	4.094472	2	2.047236	28.60318	0.000017
Error	0.930458	13	0.071574		
Total	5.024931	15	0.334995		

Significancia de Efectos

Factor	Coeff	Std Error	t(13)	p	-95%	95%
Mezcla base	6.06625	0.143448	42.28872	0.000000	5.75635	6.376151
Melaza	-2.41708	1.112354	-2.17295	0.048863	-4.82018	-0.013989
Garlac	2.91625	1.112354	2.62169	0.021118	0.51316	5.319344

### Anexo 9.3. Día 3

Tabla de ANOVA

<b>Fuente</b>	<b>SS</b>	<b>dF</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Modelo	4.686361	2	2.343181	25.99307	0.000029
Error	1.171903	13	0.090146		
Total	5.858264	15	0.390551		

Significancia de Efectos

<b>Factor</b>	<b>Coeff</b>	<b>Std Error</b>	<b>t(13)</b>	<b>p</b>	<b>-95%</b>	<b>95%</b>
Mezcla base	5.95542	0.160988	36.99296	0.000000	5.60762	6.303210
Melaza	-3.42792	1.248361	-2.74593	0.016667	-6.12484	-0.730997
Garlac	3.57208	1.248361	2.86142	0.013361	0.87516	6.269003

### Anexo 9.4. Día 4

Tabla de ANOVA

<b>Fuente</b>	<b>SS</b>	<b>dF</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Modelo	5.585472	2	2.792736	27.13843	0.000023
Error	1.337792	13	0.102907		
Total	6.923264	15	0.461551		

Significancia de Efectos

<b>Factor</b>	<b>Coeff</b>	<b>Std Error</b>	<b>t(13)</b>	<b>p</b>	<b>-95%</b>	<b>95%</b>
Mezcla base	5.87125	0.172005	34.13415	0.000000	5.49966	6.24284
Melaza	-4.57875	1.333794	-3.43288	0.004452	-7.46024	-1.69726
Garlac	4.28792	1.333794	3.21483	0.006772	1.40643	7.16940

### Anexo 9.5. Día 5

Tabla de ANOVA

Fuente	SS	dF	MS	F	P
Modelo	5.982944	2	2.991472	29.47760	0.000015
Error	1.319278	13	0.101483		
Total	7.302222	15	0.486815		

Significancia de Efectos

Factor	Coeff	Std Error	t(13)	p	-95%	95%
Mezcla base	5.93583	0.170811	34.75092	0.000000	5.56682	6.30485
Melaza	-4.83083	1.324532	-3.64720	0.002953	-7.69231	-1.96936
Garlac	4.00250	1.324532	3.02182	0.009818	1.14102	6.86398

### Anexo 9.6. Día 10

Tabla de ANOVA

Fuente	SS	dF	MS	F	P
Modelo	7.365250	2	3.682625	38.63543	0.000003
Error	1.239125	13	0.095317		
Total	8.604375	15	0.573625		

Significancia de Efectos

Factor	Coeff	Std Error	t(13)	p	-95%	95%
Mezcla base	5.99375	0.165541	36.20711	0.000000	5.63612	6.35138
Melaza	-6.05625	1.283666	-4.71793	0.000402	-8.82944	-3.28306
Garlac	4.54375	1.283666	3.53967	0.003628	1.77056	7.31694

### Anexo 9.7. Día 15

Tabla de ANOVA

<b>Fuente</b>	<b>SS</b>	<b>dF</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Modelo	8.612000	2	4.306000	45.67768	0.000001
Error	1.225500	13	0.094269		
Total	9.837500	15	0.655833		

Significancia de Efectos

<b>Factor</b>	<b>Coeff</b>	<b>Std Error</b>	<b>t(13)</b>	<b>p</b>	<b>-95%</b>	<b>95%</b>
Mezcla base	6.09750	0.164628	37.03803	0.000000	5.74184	6.45316
Melaza	-6.90250	1.276589	-5.40699	0.000120	-9.66040	-4.14460
Garlac	4.29750	1.276589	3.36639	0.005059	1.53960	7.05540

### Anexo 9.8. Día 20

Tabla de ANOVA

<b>Fuente</b>	<b>SS</b>	<b>dF</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Modelo	9.88100	2	4.940500	42.91781	0.000002
Error	1.49650	13	0.115115		
Total	11.37750	15	0.758500		

Significancia de Efectos

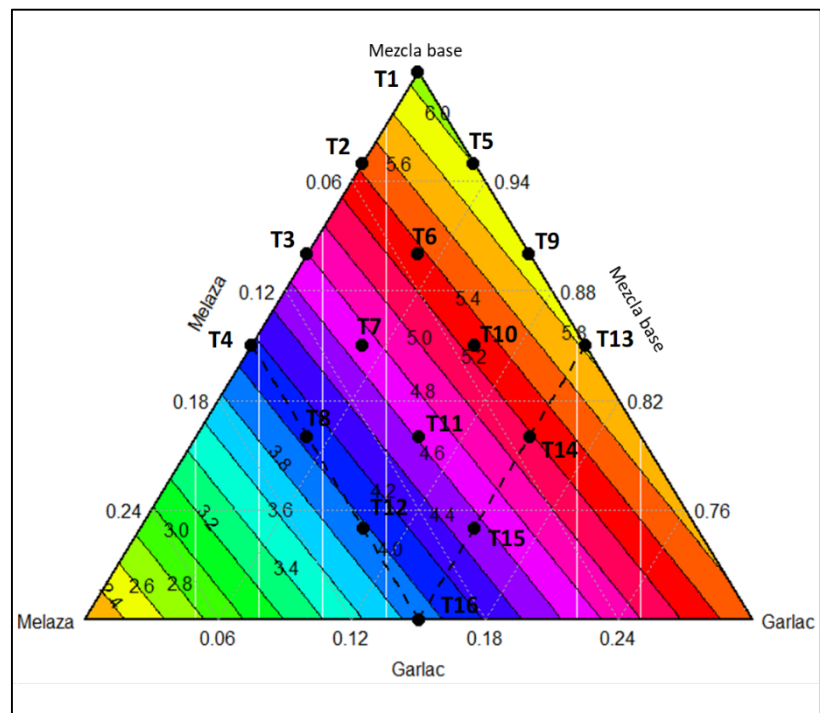
<b>Factor</b>	<b>Coeff</b>	<b>Std Error</b>	<b>t(13)</b>	<b>p</b>	<b>-95%</b>	<b>95%</b>
Mezcla base	6.21250	0.181922	34.14922	0.000000	5.8195	6.60552
Melaza	-7.68750	1.410694	-5.44945	0.000111	-10.7351	-4.63988
Garlac	4.11250	1.410694	2.91523	0.012050	1.0649	7.16012

## Anexo 9.9. Gráficos ternarios de variación del pH en los días 10 y 15

### Anexo 9.9.1. Gráfico ternario en el día 10



### Anexo 9.9.2. Gráfico ternario en el día 15



**Anexo 10. Valores del porcentaje de acidez láctica de los 16 tratamientos por cada repetición**

Tratamiento	Mezcla Base	Melaza	Garlac	Porcentaje de acidez láctica (%)							
				%	%	%	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5
T1	100	0	0	0.90	0.95	0.86	0.86	0.81	0.90	0.81	0.72
				0.99	1.04	0.81	0.86	0.81	0.90	0.81	0.72
				0.90	0.95	0.95	0.86	0.81	0.90	0.81	0.72
				Promedio	0.93	0.98	0.87	0.86	0.81	0.90	0.81
T2	95	0	5	1.17	1.13	0.90	0.99	0.99	0.86	0.90	0.95
				1.08	1.13	0.90	0.99	0.99	0.90	0.90	0.95
				1.17	1.08	0.86	0.99	0.99	0.86	0.86	0.95
				Promedio	1.14	1.11	0.89	0.99	0.99	0.87	0.89
T3	90	0	10	1.17	1.13	0.99	0.95	1.04	0.95	0.81	0.86
				1.26	1.22	0.99	0.95	1.04	0.95	0.81	0.86
				1.17	1.26	0.99	0.95	1.04	0.95	0.81	0.86
				Promedio	1.20	1.20	0.99	0.95	1.04	0.95	0.81
T4	85	0	15	2.21	1.53	1.13	1.08	1.08	0.99	0.99	0.95
				2.07	1.53	1.13	1.08	1.08	0.99	0.99	0.95
				2.16	1.49	1.08	1.08	1.08	0.99	0.99	0.95
				Promedio	2.15	1.52	1.11	1.08	1.08	0.99	0.99
T5	95	5	0	1.89	1.94	1.80	1.40	1.98	2.34	2.25	2.25
				1.71	1.85	1.62	1.85	1.98	2.39	2.25	2.25
				1.98	2.16	2.03	1.40	2.30	2.34	2.25	2.25
				Promedio	1.86	1.98	1.82	1.55	2.09	2.36	2.25
T6	90	5	5	1.53	1.80	1.62	1.89	2.79	2.84	2.84	2.84
				1.98	1.85	2.07	1.89	2.79	2.84	2.84	2.84
				1.71	1.98	2.12	2.43	2.79	2.84	2.84	2.84
				Promedio	1.74	1.88	1.94	2.07	2.79	2.84	2.84
T7	85	5	10	1.80	1.94	2.16	2.75	2.79	2.79	2.79	2.79
				1.89	2.07	2.16	2.75	2.75	2.79	2.79	2.79
				1.94	2.12	2.07	2.79	2.79	2.79	2.79	2.79
				Promedio	1.88	2.04	2.13	2.76	2.78	2.79	2.79
T8	80	5	15	2.07	2.57	2.84	2.79	2.93	2.88	2.88	2.88
				2.12	2.52	2.84	2.79	2.93	2.88	2.88	2.88
				2.12	2.57	2.93	2.79	2.93	2.88	2.88	2.88
				Promedio	2.10	2.55	2.87	2.79	2.93	2.88	2.88
T9	90	10	0	2.16	1.80	2.12	2.34	2.93	2.97	2.97	2.97
				2.21	1.98	2.16	2.30	2.93	2.97	2.97	2.97
				2.21	2.07	2.12	2.34	2.93	2.97	2.97	2.97
				Promedio	2.19	1.95	2.13	2.33	2.93	2.97	2.97

				2.07	2.88	3.11	3.78	3.47	3.47	3.47	3.47
T10	85	10	5	1.98	2.25	3.11	3.74	3.42	3.47	3.47	3.47
				1.94	2.66	3.15	3.78	3.47	3.47	3.47	3.47
	Promedio			2.00	2.60	3.12	3.77	3.45	3.47	3.47	3.47
				2.25	3.60	3.56	3.74	3.96	3.96	3.96	3.96
T11	80	10	10	2.07	3.15	3.56	3.69	3.87	3.96	3.96	3.96
				2.39	3.15	3.56	3.74	3.87	3.96	3.96	3.96
	Promedio			2.24	3.30	3.56	3.72	3.90	3.96	3.96	3.96
				1.98	3.83	4.05	4.05	4.05	4.05	4.05	4.05
T12	75	10	15	2.07	3.60	4.01	4.05	4.23	4.05	4.05	4.05
				2.03	3.74	4.01	4.10	4.05	4.05	4.05	4.05
	Promedio			2.03	3.72	4.02	4.07	4.11	4.05	4.05	4.05
				1.94	3.24	4.50	4.50	4.37	4.68	4.77	4.77
T13	85	15	0	1.80	3.29	4.50	4.50	4.41	4.68	4.77	4.77
				1.85	3.24	4.55	4.50	4.37	4.68	4.77	4.77
	Promedio			1.86	3.26	4.52	4.50	4.38	4.68	4.77	4.77
				1.94	3.06	4.86	4.91	4.73	4.77	4.77	4.77
T14	80	15	5	1.98	3.06	4.82	4.95	4.73	4.77	4.77	4.77
				2.12	3.11	4.86	4.95	4.73	4.77	4.77	4.77
	Promedio			2.01	3.08	4.85	4.94	4.73	4.77	4.77	4.77
				2.48	3.15	4.64	4.86	4.59	4.68	4.68	4.77
T15	75	15	10	2.52	3.20	4.64	4.86	4.59	4.68	4.68	4.77
				2.39	3.15	4.68	4.86	4.59	4.68	4.68	4.77
	Promedio			2.46	3.17	4.65	4.86	4.59	4.68	4.68	4.77
				2.52	3.60	5.09	5.13	5.13	5.27	5.31	5.40
T16	70	15	15	2.43	3.51	5.09	5.13	5.13	5.27	5.31	5.40
				2.57	3.56	5.04	5.13	5.13	5.27	5.31	5.40
	Promedio			2.51	3.56	5.07	5.13	5.13	5.27	5.31	5.40

## Anexo 11. Análisis de varianza factorial para el tiempo y tratamiento

Tabla de ANOVA: Acidez

<b>Efecto</b>	<b>GL</b>	<b>SS</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Tratamiento	15	591.747	39.450	6697.3	0.00
Tiempo	7	56.623	8.089	1373.3	0.00
Interacción	105	76.229	0.726	123.2	0.00
Error	256	1.508	0.006		
Total	383	726.108			

## Anexo 12. Análisis de varianza “DCA” en cada tratamiento

### Anexo 12.1. Tratamiento 1

Tabla de ANOVA

Efecto	GL	SS	MS	Fo	p-valor
Tiempo	7	0.13331	0.01904	15.05	0.000006
Error	16	0.02025	0.00127		
Total	23	0.15356			

Prueba de Comparaciones Múltiples (Diferencia Mínima Significativa)

Tiempo	Mean	Subgrupo				
		1	2	3	4	5
Dia20	0.720000					****
Dia5	0.810000	****				
Dia15	0.810000	****				
Dia4	0.855000	****	****			
Dia3	0.870000	****	****	****		
Dia10	0.900000		****	****		
Dia1	0.930000			****	****	
Dia2	0.975000				****	

Prueba LSD. Grupos Homogéneos. Alpha = 0.05  
Error: MS = 0.00127, df = 16.00

Diferencias Significativas (Método de Diferencias Mínima Significativa)

Tiempo	Dia1	Dia2	Dia3	Dia4	Dia5	Dia10	Dia15	Dia20
Dia1		0.140887	0.055458	0.020061	0.000784	0.317059	0.000784	0.000002
Dia2	0.140887		0.002325	0.000784	0.000034	0.020061	0.000034	0.000000
Dia3	0.055458	0.002325		0.612640	0.055458	0.317059	0.055458	0.000094
Dia4	0.020061	0.000784	0.612640		0.140887	0.140887	0.140887	0.000268
Dia5	0.000784	0.000034	0.055458	0.140887		0.006903	1.000000	0.006903
Dia10	0.317059	0.020061	0.317059	0.140887	0.006903		0.006903	0.000013
Dia15	0.000784	0.000034	0.055458	0.140887	1.000000	0.006903		0.006903
Dia20	0.000002	0.000000	0.000094	0.000268	0.006903	0.000013	0.006903	

Error: Between MS = .00127, df = 16.000

## Anexo 12.2. Tratamiento 2

Tabla de ANOVA

Efecto	GL	SS	MS	Fo	p-valor
Tiempo	7	0.22199	0.03171	46.98	0.000000
Error	16	0.01080	0.00067		
Total	23	0.23279			

Prueba de Comparaciones Múltiples (Diferencia Mínima Significativa)

Tiempo	Mean	Subgrupo			
		1	2	3	4
Dia10	0.870000	****			
Dia3	0.885000	****			
Dia15	0.885000	****			
Dia20	0.945000				****
Dia5	0.990000		****		
Dia4	0.990000		****		
Dia2	1.110000			****	
Dia1	1.140000			****	

Prueba LSD. Grupos Homogéneos. Alpha = 0.05  
Error: MS = 0.00067, df = 16

Diferencias Significativas (Método de Diferencias Mínima Significativa)

Tiempo	Dia1	Dia2	Dia3	Dia4	Dia5	Dia10	Dia15	Dia20
Dia1		0.176463	0.000000	0.000003	0.000003	0.000000	0.000000	0.000000
Dia2	0.176463		0.000000	0.000036	0.000036	0.000000	0.000000	0.000001
Dia3	0.000000	0.000000		0.000145	0.000145	0.489672	1.000000	0.012109
Dia4	0.000003	0.000036	0.000145		1.000000	0.000036	0.000145	0.049865
Dia5	0.000003	0.000036	0.000145	1.000000		0.000036	0.000145	0.049865
Dia10	0.000000	0.000000	0.489672	0.000036	0.000036		0.489672	0.002749
Dia15	0.000000	0.000000	1.000000	0.000145	0.000145	0.489672		0.012109
Dia20	0.000000	0.000001	0.012109	0.049865	0.049865	0.002749	0.012109	

Error: Between MS = .00067, df = 16.000

### Anexo 12.3. Tratamiento 3

Tabla de ANOVA

Efecto	GL	SS	MS	Fo	p-valor
Tiempo	7	0.43335	0.06191	66.70	0.000000
Error	16	0.01485	0.00093		
Total	23	0.44820			

Prueba de Comparaciones Múltiples (Diferencia Mínima Significativa)

Tiempo	Mean	Subgrupo			
		1	2	3	4
Dia15	0.810000		****		
Dia20	0.855000		****		
Dia4	0.945000	****			
Dia10	0.945000	****			
Dia3	0.990000	****		****	
Dia5	1.035000			****	
Dia2	1.200000				****
Dia1	1.200000				****

Prueba LSD. Grupos Homogéneos. Alpha = 0.05  
 Error: MS = 0.00093, df = 16

Diferencias Significativas (Método de Diferencias Mínima Significativa)

Tiempo	Dia1	Dia2	Dia3	Dia4	Dia5	Dia10	Dia15	Dia20
Dia1		1.000000	0.000000	0.000000	0.000006	0.000000	0.000000	0.000000
Dia2	1.000000		0.000000	0.000000	0.000006	0.000000	0.000000	0.000000
Dia3	0.000000	0.000000		0.089268	0.089268	0.089268	0.000002	0.000056
Dia4	0.000000	0.000000	0.089268		0.002309	1.000000	0.000056	0.002309
Dia5	0.000006	0.000006	0.089268	0.002309		0.002309	0.000000	0.000002
Dia10	0.000000	0.000000	0.089268	1.000000	0.002309		0.000056	0.002309
Dia15	0.000000	0.000000	0.000002	0.000056	0.000000	0.000056		0.089268
Dia20	0.000000	0.000000	0.000056	0.002309	0.000002	0.002309	0.089268	

Error: Between MS = .00093, df = 16.000

### Anexo 12.4. Tratamiento 4

Tabla de ANOVA

Efecto	GL	SS	MS	Fo	p-valor
Tiempo	7	3.52274	0.50325	662.71	0.00
Error	16	0.01215	0.00076		
Total	23	3.53489			

Prueba de Comparaciones Múltiples (Diferencia Mínima Significativa)

Tiempo	Mean	Subgrupo			
		1	2	3	4
Dia20	0.945000	****			
Dia10	0.990000	****			
Dia15	0.990000	****			
Dia5	1.080000		****		
Dia4	1.080000		****		
Dia3	1.110000		****		
Dia2	1.515000			****	
Dia1	2.145000				****

Prueba LSD. Grupos Homogéneos. Alpha = 0.05  
Error: MS = 0.00076, df = 16

Diferencias Significativas (Método de Diferencias Mínima Significativa)

Tiempo	Dia1	Dia2	Dia3	Dia4	Dia5	Dia10	Dia20	Dia15
Dia1		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Dia2	0.000000		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Dia3	0.000000	0.000000		0.201096	0.201096	0.000067	0.000067	0.000002
Dia4	0.000000	0.000000	0.201096		1.000000	0.001032	0.001032	0.000019
Dia5	0.000000	0.000000	0.201096	1.000000		0.001032	0.001032	0.000019
Dia10	0.000000	0.000000	0.000067	0.001032	0.001032		1.000000	0.062772
Dia15	0.000000	0.000000	0.000067	0.001032	0.001032	1.000000		0.062772
Dia20	0.000000	0.000000	0.000002	0.000019	0.000019	0.062772	0.062772	

Error: Between MS = .00076, df = 16.000

## Anexo 12.5. Tratamiento 5

Tabla de ANOVA

Efecto	GL	SS	MS	Fo	p-valor
Tiempo	7	1.55115	0.22159	9.447	0.000115
Error	16	0.37530	0.02346		
Total	23	1.92645			

Prueba de Comparaciones Múltiples (Diferencia Mínima Significativa)

Tiempo	Mean	Subgrupo				
		1	2	3	4	5
Dia4	1.545000					****
Dia3	1.815000	****				
Dia1	1.860000	****	****			
Dia2	1.980000	****	****			
Dia5	2.085000		****	****		
Dia20	2.250000			****	****	
Dia15	2.250000			****	****	
Dia10	2.355000				****	

Prueba LSD. Grupos Homogéneos. Alpha = 0.05  
 Error: MS = 0.02346, df = 16.00

Diferencias Significativas (Método de Diferencias Mínima Significativa)

Tiempo	Dia1	Dia2	Dia3	Dia4	Dia5	Dia10	Dia20	Dia15
Dia1		0.351526	0.723661	0.022786	0.090861	0.001126	0.006615	0.006615
Dia2	0.351526		0.205582	0.003101	0.413468	0.008501	0.046369	0.046369
Dia3	0.723661	0.205582		0.046369	0.046369	0.000530	0.003101	0.003101
Dia4	0.022786	0.003101	0.046369		0.000530	0.000008	0.000037	0.000037
Dia5	0.090861	0.413468	0.046369	0.000530		0.046369	0.205582	0.205582
Dia10	0.001126	0.008501	0.000530	0.000008	0.046369		0.413468	0.413468
Dia15	0.006615	0.046369	0.003101	0.000037	0.205582	0.413468		1.000000
Dia20	0.006615	0.046369	0.003101	0.000037	0.205582	0.413468	1.000000	

Error: Between MS = .02346, df = 16.000

## Anexo 12.6. Tratamiento 6

Tabla de ANOVA

Efecto	GL	SS	MS	Fo	p-valor
Tiempo	7	5.2379	0.7483	25.780	0.000000
Error	16	0.4644	0.0290		
Total	23	5.7023			

Prueba de Comparaciones Múltiples (Diferencia Mínima Significativa)

Tiempo	Mean	Subgrupo		
		1	2	3
Dia1	1.740000		****	
Dia2	1.875000		****	****
Dia3	1.935000		****	****
Dia4	2.070000			****
Dia5	2.790000	****		
Dia20	2.835000	****		
Dia15	2.835000	****		
Dia10	2.835000	****		

Prueba LSD. Grupos Homogéneos. Alpha = 0.05  
Error: MS = 0.02903, df = 16.00

Diferencias Significativas (Método de Diferencias Mínima Significativa)

Tiempo	Dia1	Dia2	Dia3	Dia4	Dia5	Dia10	Dia20	Dia15
Dia1		0.346243	0.180068	0.030554	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001
Dia2	0.346243		0.671983	0.180068	0.000006	0.000004	0.000004	0.000004
Dia3	0.180068	0.671983		0.346243	0.000014	0.000008	0.000008	0.000008
Dia4	0.030554	0.180068	0.346243		0.000092	0.000049	0.000049	0.000049
Dia5	0.000001	0.000006	0.000014	0.000092		0.750508	0.750508	0.750508
Dia10	0.000001	0.000004	0.000008	0.000049	0.750508		1.000000	1.000000
Dia15	0.000001	0.000004	0.000008	0.000049	0.750508	1.000000		1.000000
Dia20	0.000001	0.000004	0.000008	0.000049	0.750508	1.000000	1.000000	

Error: Between MS = .02903, df = 16.000

## Anexo 12.7. Tratamiento 7

Tabla de ANOVA

Efecto	GL	SS	MS	Fo	p-valor
Tiempo	7	3.4030	0.4861	221.60	0.000000
Error	16	0.0351	0.0022		
Total	23	3.4381			

Prueba de Comparaciones Múltiples (Diferencia Mínima Significativa)

Tiempo	Mean	Subgrupo			
		1	2	3	4
Dia1	1.875000		****		
Dia2	2.040000			****	
Dia3	2.130000				****
Dia4	2.760000	****			
Dia5	2.775000	****			
Dia20	2.790000	****			
Dia15	2.790000	****			
Dia10	2.790000	****			

Prueba LSD. Grupos Homogéneos. Alpha = 0.05  
 Error: MS = 0.00219, df = 16

Diferencias Significativas (Método de Diferencias Mínima Significativa)

Tiempo	Dia1	Dia2	Dia3	Dia4	Dia5	Dia10	Dia20	Dia15
Dia1		0.000534	0.000005	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Dia2	0.000534		0.031722	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Dia3	0.000005	0.031722		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Dia4	0.000000	0.000000	0.000000		0.700062	0.444228	0.444228	0.444228
Dia5	0.000000	0.000000	0.000000	0.700062		0.700062	0.700062	0.700062
Dia10	0.000000	0.000000	0.000000	0.444228	0.700062		1.000000	1.000000
Dia15	0.000000	0.000000	0.000000	0.444228	0.700062	1.000000		1.000000
Dia20	0.000000	0.000000	0.000000	0.444228	0.700062	1.000000	1.000000	

Error: Between MS = .00219, df = 16.000

## Anexo 12.8. Tratamiento 8

Tabla de ANOVA

Efecto	GL	SS	MS	Fo	p-valor
Tiempo	7	1.6696	0.2385	471.1	0.00
Error	16	0.0081	0.0005		
Total	23	1.6777			

Prueba de Comparaciones Múltiples (Diferencia Mínima Significativa)

Tiempo	Mean	Subgrupo				
		1	2	3	4	5
Dia1	2.100000		****			
Dia2	2.550000			****		
Dia4	2.790000				****	
Dia3	2.865000	****				
Dia10	2.880000	****				
Dia20	2.880000	****				
Dia15	2.880000	****				
Dia5	2.925000					****

Prueba LSD. Grupos Homogéneos. Alpha = 0.05  
 Error: MS = 0.00051, df = 16

Diferencias Significativas (Método de Diferencias Mínima Significativa)

Tiempo	Dia1	Dia2	Dia3	Dia4	Dia5	Dia10	Dia20	Dia15
Dia1		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Dia2	0.000000		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Dia3	0.000000	0.000000		0.000868	0.004855	0.426206	0.426206	0.426206
Dia4	0.000000	0.000000	0.000868		0.000002	0.000161	0.000161	0.000161
Dia5	0.000000	0.000000	0.004855	0.000002		0.026199	0.026199	0.026199
Dia10	0.000000	0.000000	0.426206	0.000161	0.026199		1.000000	1.000000
Dia15	0.000000	0.000000	0.426206	0.000161	0.026199	1.000000		1.000000
Dia20	0.000000	0.000000	0.426206	0.000161	0.026199	1.000000	1.000000	

Error: Between MS = .00051, df = 16.000

## Anexo 12.9. Tratamiento 9

Tabla de ANOVA

Efecto	GL	SS	MS	Fo	p-valor
Tiempo	7	4.1590	0.5941	227.15	0.000000
Error	16	0.0418	0.0026		
Total	23	4.2009			

Prueba de Comparaciones Múltiples (Diferencia Mínima Significativa)

Tiempo	Mean	Subgrupo			
		1	2	3	4
Dia2	1.950000			****	
Dia3	2.130000		****		
Dia1	2.190000		****		
Dia4	2.325000				****
Dia5	2.925000	****			
Dia20	2.970000	****			
Dia15	2.970000	****			
Dia10	2.970000	****			

Prueba LSD. Grupos Homogéneos. Alpha = 0.05  
Error: MS = 0.00262, df = 16

Diferencias Significativas (Método de Diferencias Mínima Significativa)

Tiempo	Dia1	Dia2	Dia3	Dia4	Dia5	Dia10	Dia20	Dia15
Dia1		0.000030	0.170030	0.005205	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Dia2	0.000030		0.000539	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Dia3	0.170030	0.000539		0.000256	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Dia4	0.005205	0.000000	0.000256		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Dia5	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000		0.297178	0.297178	0.297178
Dia10	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.297178		1.000000	1.000000
Dia15	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.297178	1.000000		1.000000
Dia20	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.297178	1.000000	1.000000	

Error: Between MS = .00262, df = 16.000

## Anexo 12.10. Tratamiento 10

Tabla de ANOVA

Efecto	GL	SS	MS	Fo	p-valor
Tiempo	7	7.2211	1.0316	75.94	0.000000
Error	16	0.2174	0.0136		
Total	23	7.4385			

Prueba de Comparaciones Múltiples (Diferencia Mínima Significativa)

Tiempo	Mean	Subgrupo				
		1	2	3	4	5
Dia1	1.995000		****			
Dia2	2.595000			****		
Dia3	3.120000				****	
Dia5	3.450000	****				
Dia10	3.465000	****				
Dia20	3.465000	****				
Dia15	3.465000	****				
Dia4	3.765000					****

Prueba LSD. Grupos Homogéneos. Alpha = 0.05  
 Error: MS = 0.01358, df = 16

Diferencias Significativas (Método de Diferencias Mínima Significativa)

Tiempo	Dia1	Dia2	Dia3	Dia4	Dia5	Dia10	Dia20	Dia15
Dia1		0.000010	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Dia2	0.000010		0.000047	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Dia3	0.000000	0.000047		0.000004	0.003173	0.002274	0.002274	0.002274
Dia4	0.000000	0.000000	0.000004		0.004424	0.006164	0.006164	0.006164
Dia5	0.000000	0.000000	0.003173	0.004424		0.876727	0.876727	0.876727
Dia10	0.000000	0.000000	0.002274	0.006164	0.876727		1.000000	1.000000
Dia15	0.000000	0.000000	0.002274	0.006164	0.876727	1.000000		1.000000
Dia20	0.000000	0.000000	0.002274	0.006164	0.876727	1.000000	1.000000	

Error: Between MS = .01358, df = 16.000

## Anexo 12.11. Tratamiento 11

Tabla de ANOVA

Efecto	GL	SS	MS	Fo	p-valor
Tiempo	7	7.3288	1.0470	87.38	0.000000
Error	16	0.1917	0.0120		
Total	23	7.5205			

Prueba de Comparaciones Múltiples (Diferencia Mínima Significativa)

Tiempo	Mean	Subgrupo				
		1	2	3	4	5
Dia1	2.235000				****	
Dia2	3.300000					****
Dia3	3.555000		****			
Dia4	3.720000		****	****		
Dia5	3.900000	****		****		
Dia20	3.960000	****				
Dia15	3.960000	****				
Dia10	3.960000	****				

Prueba LSD. Grupos Homogéneos. Alpha = 0.05

Error: MS = 0.01198, df = 16

Diferencias Significativas (Método de Diferencias Mínima Significativa)

Tiempo	Dia1	Dia2	Dia3	Dia4	Dia5	Dia10	Dia20	Dia15
Dia1		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Dia2	0.000000		0.011504	0.000241	0.000005	0.000002	0.000002	0.000002
Dia3	0.000000	0.011504		0.083447	0.001385	0.000341	0.000341	0.000341
Dia4	0.000000	0.000241	0.083447		0.061137	0.016251	0.016251	0.016251
Dia5	0.000000	0.000005	0.001385	0.061137		0.511578	0.511578	0.511578
Dia10	0.000000	0.000002	0.000341	0.016251	0.511578		1.000000	1.000000
Dia15	0.000000	0.000002	0.000341	0.016251	0.511578	1.000000		1.000000
Dia20	0.000000	0.000002	0.000341	0.016251	0.511578	1.000000	1.000000	

Error: Between MS = .01198, df = 16.000

## Anexo 12.12. Tratamiento 12

Tabla de ANOVA

Efecto	GL	SS	MS	Fo	p-valor
Tiempo	7	10.6417	1.5202	450.4	0.00
Error	16	0.0540	0.0034		
Total	23	10.6957			

Prueba de Comparaciones Múltiples (Diferencia Mínima Significativa)

Tiempo	Mean	Subgrupo		
		1	2	3
Dia1	2.025000		****	
Dia2	3.720000			****
Dia3	4.020000	****		
Dia15	4.050000	****		
Dia10	4.050000	****		
Dia20	4.050000	****		
Dia4	4.065000	****		
Dia5	4.110000	****		

Prueba LSD. Grupos Homogéneos. Alpha = 0.05  
Error: MS = 0.00338, df = 16

Diferencias Significativas (Método de Diferencias Mínima Significativa)

Tiempo	Dia1	Dia2	Dia3	Dia4	Dia5	Dia10	Dia20	Dia15
Dia1		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Dia2	0.000000		0.000010	0.000002	0.000000	0.000003	0.000003	0.000003
Dia3	0.000000	0.000010		0.356892	0.075977	0.536024	0.536024	0.536024
Dia4	0.000000	0.000002	0.356892		0.356892	0.755918	0.755918	0.755918
Dia5	0.000000	0.000000	0.075977	0.356892		0.224017	0.224017	0.224017
Dia10	0.000000	0.000003	0.536024	0.755918	0.224017		1.000000	1.000000
Dia20	0.000000	0.000003	0.536024	0.755918	0.224017	1.000000		1.000000
Dia15	0.000000	0.000003	0.536024	0.755918	0.224017	1.000000	1.000000	

Error: Between MS = .00338, df = 16.000

### Anexo 12.13. Tratamiento 13

Tabla de ANOVA

Efecto	GL	SS	MS	Fo	p-valor
Tiempo	7	22.1275	3.1611	3746.5	0.00
Error	16	0.0135	0.0008		
Total	23	22.1410			

Prueba de Comparaciones Múltiples (Diferencia Mínima Significativa)

Tiempo	Media	Subgrupo					
		1	2	3	4	5	6
Dia1	1.860000			****			
Dia2	3.255000				****		
Dia5	4.380000					****	
Dia4	4.500000	****					
Dia3	4.515000	****					
Dia10	4.680000						****
Dia15	4.770000		****				
Dia20	4.770000		****				

Prueba LSD. Grupos Homogéneos. Alpha = 0.05

Error: MS = 0.00084, df = 16

Diferencias Significativas (Método de Diferencias Mínima Significativa)

Tiempo	Dia1	Dia2	Dia3	Dia4	Dia5	Dia10	Dia20	Dia15
Dia1		0.00	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Dia2	0.00		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Dia3	0.00	0.00		0.536024	0.000033	0.000003	0.000000	0.000000
Dia4	0.00	0.00	0.536024		0.000116	0.000001	0.000000	0.000000
Dia5	0.00	0.00	0.000033	0.000116		0.000000	0.000000	0.000000
Dia10	0.00	0.00	0.000003	0.000001	0.000000		0.001590	0.001590
Dia20	0.00	0.00	0.000000	0.000000	0.000000	0.001590		1.000000
Dia15	0.00	0.00	0.000000	0.000000	0.000000	0.001590	1.000000	

Error: Between MS = .00084, df = 16.000

**Anexo 12.14. Tratamiento 14**

Tabla de ANOVA

Efecto	GL	SS	MS	Fo	p-valor
Tiempo	7	24.7712	3.5387	2621.3	0.00
Error	16	0.0216	0.0014		
Total	23	24.7928			

Prueba de Comparaciones Múltiples (Diferencia Mínima Significativa)

Tiempo	Mean	Subgrupo				
		1	2	3	4	5
Dia1	2.010000		****			
Dia2	3.075000			****		
Dia5	4.725000	****				
Dia15	4.770000	****				
Dia10	4.770000	****				
Dia20	4.770000	****				
Dia3	4.845000				****	
Dia4	4.935000					****

Prueba LSD. Grupos Homogéneos. Alpha = 0.05  
 Error: MS = 0.00135, df = 16

Diferencias Significativas (Método de Diferencias Mínima Significativa)

Tiempo	Dia1	Dia2	Dia3	Dia4	Dia5	Dia10	Dia20	Dia15
Dia1		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Dia2	0.000000		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Dia3	0.000000	0.000000		0.008479	0.001032	0.023674	0.023674	0.023674
Dia4	0.000000	0.000000	0.008479		0.000003	0.000048	0.000048	0.000048
Dia5	0.000000	0.000000	0.001032	0.000003		0.153088	0.153088	0.153088
Dia10	0.000000	0.000000	0.023674	0.000048	0.153088		1.000000	1.000000
Dia20	0.000000	0.000000	0.023674	0.000048	0.153088	1.000000		1.000000
Dia15	0.000000	0.000000	0.023674	0.000048	0.153088	1.000000	1.000000	

Error: Between MS = .00084, df = 16.000

### Anexo 12.15. Tratamiento 15

Tabla de ANOVA

Efecto	GL	SS	MS	Fo	p-valor
Tiempo	7	17.0828	2.4404	2224.9	0.00
Error	16	0.0175	0.0011		
Total	23	17.1004			

Prueba de Comparaciones Múltiples (Diferencia Mínima Significativa)

Tiempo	Media	Subgrupo						
		1	2	3	4	5	6	7
Dia1	2.460000			****				
Dia2	3.165000				****			
Dia5	4.590000					****		
Dia3	4.650000	****						
Dia10	4.680000	****	****					
Dia15	4.710000		****					
Dia20	4.770000						****	
Dia4	4.860000							****

Prueba LSD. Grupos Homogéneos. Alpha = 0.05

Error: MS = 0.00110, df = 16

Diferencias Significativas (Método de Diferencias Mínima Significativa)

Tiempo	Dia1	Dia2	Dia3	Dia4	Dia5	Dia10	Dia20	Dia15
Dia1		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Dia2	0.000000		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Dia3	0.000000	0.000000		0.000001	0.041310	0.283654	0.000414	0.041310
Dia4	0.000000	0.000000	0.000001		0.000000	0.000006	0.004259	0.000044
Dia5	0.000000	0.000000	0.041310	0.000000		0.004259	0.000006	0.000414
Dia10	0.000000	0.000000	0.283654	0.000006	0.004259		0.004259	0.283654
Dia20	0.000000	0.000000	0.000414	0.004259	0.000006	0.004259		0.041310
Dia15	0.000000	0.000000	0.041310	0.000044	0.000414	0.283654	0.041310	

Error: Between MS = .00110, df = 16.000

### Anexo 12.16. Tratamiento 16

Tabla de ANOVA

Efecto	GL	SS	MS	Fo	p-valor
Tiempo	7	23.4305	3.3472	3606.4	0.00
Error	16	0.0149	0.0009		
Total	23	23.4454			

Prueba de Comparaciones Múltiples (Diferencia Mínima Significativa)

Tiempo	Media	Subgrupo					
		1	2	3	4	5	6
Dia1	2.505000			****			
Dia2	3.555000				****		
Dia3	5.070000					****	
Dia5	5.130000	****					
Dia4	5.130000	****					
Dia10	5.265000		****				
Dia15	5.310000		****				
Dia20	5.400000						****

Prueba LSD. Grupos Homogéneos. Alpha = 0.05  
 Error: MS = 0.00093, df = 16

Diferencias Significativas (Método de Diferencias Mínima Significativa)

Tiempo	Dia1	Dia2	Dia3	Dia4	Dia5	Dia10	Dia20	Dia15
Dia1		0.00	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Dia2	0.00		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Dia3	0.00	0.00		0.028231	0.028231	0.000001	0.000000	0.000000
Dia4	0.00	0.00	0.028231		1.000000	0.000056	0.000000	0.000002
Dia5	0.00	0.00	0.028231	1.000000		0.000056	0.000000	0.000002
Dia10	0.00	0.00	0.000001	0.000056	0.000056		0.000056	0.089268
Dia20	0.00	0.00	0.000000	0.000000	0.000000	0.000056		0.002309
Dia15	0.00	0.00	0.000000	0.000002	0.000002	0.089268	0.002309	

Error: Between MS = .00110, df = 16.000

## Anexo 13. Ajuste a modelo lineal de la acidez por día de análisis

### Anexo 13.1. Día 1

Tabla de ANOVA

Fuente	SS	dF	MS	F	P
Modelo	2.107913	2	1.053956	14.54997	0.000482
Error	0.941681	13	0.072437		
Total	3.049594	15	0.203306		

Significancia de Efectos

Factor	Coeff	Std Error	t(13)	p	-95%	95%
Mezcla base	1.223625	0.144311	8.479088	0.000001	0.911860	1.535390
Melaza	6.788625	1.119042	6.066461	0.000040	4.371082	9.206168
Garlac	4.568625	1.119042	4.082622	0.001295	2.151082	6.986168

### Anexo 13.2. Día 2

Tabla de ANOVA

Fuente	SS	dF	MS	F	P
Modelo	11.11106	2	5.555531	55.91608	0.000000
Error	1.29161	13	0.099355		
Total	12.40268	15	0.826845		

Significancia de Efectos

Factor	Coeff	Std Error	t(13)	p	-95%	95%
Mezcla base	0.92400	0.169010	5.46712	0.000108	0.55888	1.28912
Melaza	14.85900	1.310571	11.33781	0.000000	12.02768	17.69032
Garlac	6.21900	1.310571	4.74526	0.000383	3.38768	9.05032

### Anexo 13.3. Día 3

Tabla de ANOVA

<b>Fuente</b>	<b>SS</b>	<b>dF</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Modelo	32.66881	2	16.33441	159.6569	0.000000
Error	1.33002	13	0.10231		
Total	33.99884	15	2.26659		

Significancia de Efectos

<b>Factor</b>	<b>Coeff</b>	<b>Std Error</b>	<b>t(13)</b>	<b>p</b>	<b>-95%</b>	<b>95%</b>
Mezcla base	0.47531	0.171505	2.77142	0.015874	0.10480	0.84583
Melaza	25.35281	1.329915	19.06348	0.000000	22.47971	28.22592
Garlac	6.34781	1.329915	4.77310	0.000364	3.47471	9.22092

### Anexo 13.4. Día 4

Tabla de ANOVA

<b>Fuente</b>	<b>SS</b>	<b>dF</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Modelo	34.80591	2	17.40295	168.9351	0.000000
Error	1.33920	13	0.10302		
Total	36.14511	15	2.40967		

Significancia de Efectos

<b>Factor</b>	<b>Coeff</b>	<b>Std Error</b>	<b>t(13)</b>	<b>p</b>	<b>-95%</b>	<b>95%</b>
Mezcla base	0.51769	0.172096	3.00813	0.010080	0.14590	0.88948
Melaza	26.20519	1.334497	19.63675	0.000000	23.32218	29.08819
Garlac	6.54019	1.334497	4.90086	0.000290	3.65718	9.42319

### Anexo 13.5. Día 5

Tabla de ANOVA

Fuente	SS	dF	MS	F	P
Modelo	30.57503	2	15.28751	212.3266	0.000000
Error	0.93600	13	0.07200		
Total	31.51103	15	2.10074		

Significancia de Efectos

Factor	Coeff	Std Error	t(13)	p	-95%	95%
Mezcla base	0.80550	0.143875	5.59861	0.000086	0.49468	1.11632
Melaza	25.07550	1.115661	22.47591	0.000000	22.66526	27.48574
Garlac	5.54550	1.115661	4.97059	0.000256	3.13526	7.95574

### Anexo 13.6. Día 10

Tabla de ANOVA

Fuente	SS	dF	MS	F	P
Modelo	32.73568	2	16.36784	190.8375	0.000000
Error	1.11499	13	0.08577		
Total	33.85067	15	2.25671		

Significancia de Efectos

Factor	Coeff	Std Error	t(13)	p	-95%	95%
Mezcla base	0.85294	0.157030	5.43168	0.000115	0.51369	1.19218
Melaza	26.18044	1.217671	21.50042	0.000000	23.54982	28.81106
Garlac	4.49044	1.217671	3.68773	0.002733	1.85982	7.12106

### Anexo 13.7. Día 15

Tabla de ANOVA

Fuente	SS	dF	MS	F	P
Modelo	34.25128	2	17.12564	191.1298	0.000000
Error	1.16483	13	0.08960		
Total	35.41611	15	2.36107		

Significancia de Efectos

Factor	Coeff	Std Error	t(13)	p	-95%	95%
Mezcla base	0.78769	0.160501	4.90768	0.000286	0.44095	1.13443
Melaza	26.68519	1.244587	21.44100	0.000000	23.99642	29.37395
Garlac	4.57519	1.244587	3.67607	0.002795	1.88642	7.26395

### Anexo 13.8. Día 20

Tabla de ANOVA

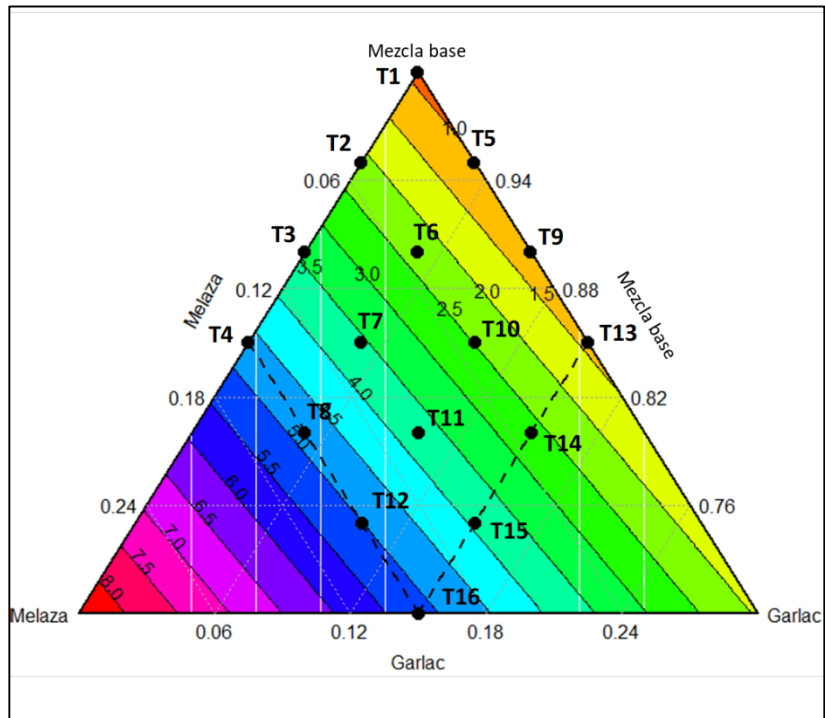
Fuente	SS	dF	MS	F	P
Modelo	35.16580	2	17.58290	204.2622	0.000000
Error	1.11904	13	0.08608		
Total	36.28484	15	2.41899		

Significancia de Efectos

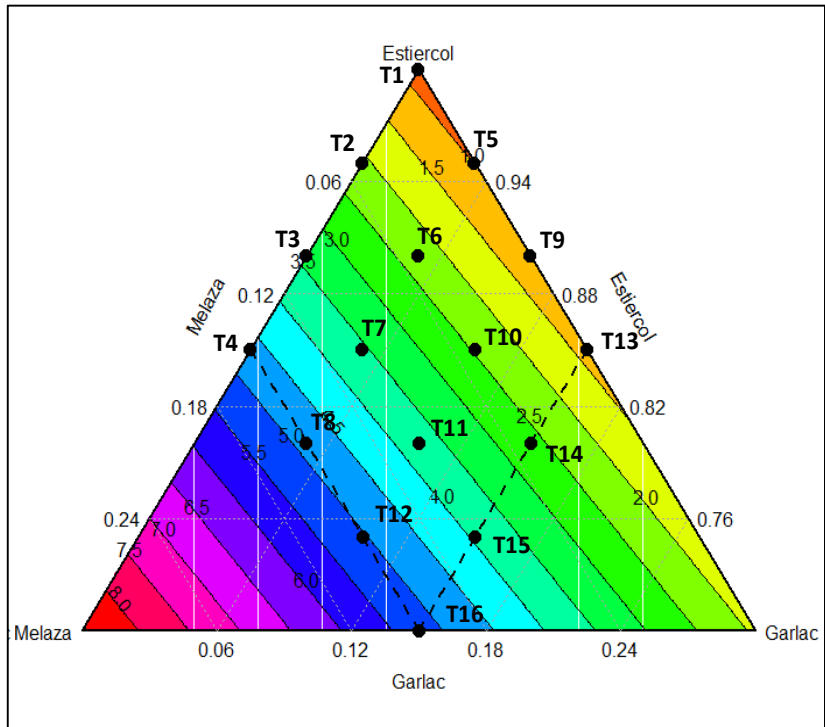
Factor	Coeff	Std Error	t(13)	p	-95%	95%
Mezcla base	0.75544	0.157315	4.80207	0.000346	0.41558	1.09530
Melaza	26.96794	1.219880	22.10703	0.000000	24.33255	29.60333
Garlac	4.78294	1.219880	3.92082	0.001756	2.14755	7.41833

## Anexo 13.9. Gráficos ternarios de la variación de la acidez en los días 10 y 15

### Anexo 13.9.1. Gráfico ternario en el día 10



### Anexo 13.9.2. Gráfico ternario en el día 15



#### Anexo 14. Anova del modelo cúbico con variable de proceso para el porcentaje de acidez láctica

Tabla de ANOVA

<b>Término</b>	<b>DF</b>	<b>SS</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
x1	1	892.3000	892.3000	6395.77	0.0000
x2	1	253.3728	253.3728	1816.109	0.0000
x3	1	13.4132	13.4132	96.142	0.0000
Dia <sup>2</sup>	1	18.5672	18.5672	133.085	0.0000
x1 Dia	1	0.0135	0.0135	0.097	0.7560
x2 Dia	1	13.0561	13.0561	93.583	0.0000
x3 Dia	1	0.1745	0.1745	1.251	0.2656
Residuales	121	16.8812	0.1395		

Multiple R-squared: 0.986, Adjusted R-squared: 0.9852

F-statistic: 1219 on 7 and 121 DF, p-value: < 2.2e-16

Shapiro-Wilk normality test

W = 0.98241, p-value = 0.09585

### Anexo 15. Anova del modelo cúbico con variable de proceso para el pH

Tabla de ANOVA

<b>Término</b>	<b>DF</b>	<b>SS</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
x1	1	3402.000	3402.000	41929.701	0.0000
x2	1	5.288	5.288	65.172	0.0000
x3	1	7.305	7.305	90.036	0.0000
Dia <sup>2</sup>	1	9.959	9.959	122.746	0.0000
x1 Dia	1	0.489	0.489	6.033	0.0155
x2 Dia	1	3.771	3.771	46.478	0.0000
x3 Dia	1	0.133	0.133	1.636	0.2033
Residuales	121	9.817	0.081		

Multiple R-squared: 0.9971, Adjusted R-squared: 0.997

F-statistic: 6037 on 7 and 121 DF, p-value: < 2.2e-16

Shapiro-Wilk normality test

0.93741, p-value = 1.595e-05

**Anexo 16. Valores de pH de los tres tratamientos por cada repetición**

Tratamiento	Mezcla Base %	Melaza %	Garlac %	pH							
				Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 10	Día 15	Día 20
T10	85	10	5	6.2	4.8	4.4	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3
				6.2	5.0	4.4	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3
				6.2	4.8	4.4	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3
				Promedio	6.2	4.9	4.4	4.3	4.3	4.3	4.3
T13	85	15	0	6.3	5.0	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1
				6.3	4.7	4.2	4.2	4.2	4.2	4.1	4.1
				6.3	4.7	4.2	4.3	4.2	4.2	4.1	4.1
				Promedio	6.3	4.8	4.2	4.2	4.2	4.2	4.1
T14	80	15	5	6.2	4.5	4.2	4.1	4.1	4.0	4.0	4.0
				6.2	4.5	4.2	4.1	4.1	4.1	4.0	4.0
				6.2	4.4	4.2	4.1	4.0	4.0	4.0	4.0
				Promedio	6.2	4.5	4.2	4.1	4.1	4.0	4.0

**Anexo 17. Valores del porcentaje de acidez láctica de los tres tratamientos por cada repetición**

Tratamiento	Mezcla Base %	Melaza %	Garlac %	Acidez láctica (%)							
				Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 10	Día 15	Día 20
T10	85	10	5	0.68	1.98	2.79	3.15	3.38	3.38	3.38	3.38
				0.63	1.44	2.79	3.15	3.42	3.42	3.42	3.42
				0.68	1.98	2.79	3.15	3.38	3.38	3.38	3.38
				Promedio	0.66	1.80	2.79	3.15	3.39	3.39	3.39
T13	85	15	0	0.54	1.62	3.15	3.74	4.05	4.05	4.05	4.05
				0.54	2.34	3.11	3.38	3.60	3.60	4.05	4.05
				0.54	2.34	3.11	3.06	3.60	3.60	4.05	4.05
				Promedio	0.54	2.10	3.12	3.39	3.75	3.75	4.05
T14	80	15	5	0.68	2.48	3.06	3.96	4.10	4.28	4.28	4.28
				0.68	2.48	3.06	3.96	4.10	4.10	4.28	4.28
				0.68	2.97	3.06	3.96	4.28	4.28	4.28	4.28
				Promedio	0.68	2.64	3.06	3.96	4.16	4.22	4.28

**Anexo 18. Anova factorial tratamiento por tiempo para la variación de la acidez en la segunda etapa de la investigación**

Tabla de ANOVA: Acidez

Efecto	GL	SS	MS	F	P
Tratamiento	2	5.2620	2.6310	100.80	0.000000
Tiempo	7	84.1410	12.0201	460.54	0.000000
Interacción	14	1.5262	0.1090	4.18	0.000100
Error	48	1.2528	0.0261		
Total	71	92.1820			

Comparaciones Múltiples: método de Diferencias Mínima Significativa  
Grupos Homogéneos

Corrida	Día	Media	Subgrupo									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	
T13	1	0.540000	****									
T10	1	0.660000	****									
T14	1	0.675000	****									
T10	2	1.800000		****								
T13	2	2.100000			****							
T14	2	2.640000				****						
T10	3	2.790000				****						
T14	3	3.060000					****					
T13	3	3.120000					****					
T10	4	3.150000					****	****				
T13	4	3.390000						****				
T10	15	3.390000						****				
T10	20	3.390000						****				
T10	5	3.390000						****				
T10	10	3.390000						****				
T13	5	3.750000							****			
T13	10	3.750000							****			
T14	4	3.960000							****	****		
T13	15	4.050000								****	****	
T13	20	4.050000								****	****	
T14	5	4.155000								****	****	
T14	10	4.215000								****	****	
T14	20	4.275000									****	****
T14	15	4.275000										****

Prueba LSD. Grupos Homogéneos. Alpha = 0.05  
Error: MS = 0.02610, df = 48.000

**Anexo 19. Anova factorial tratamiento por tiempo para la variación del pH en la segunda etapa de la investigación**

Tabla de ANOVA: pH

Efecto	GL	SS	MS	F	P
Tratamiento	2	0.677	0.338	110.8	0.000000
Tiempo	7	33.143	4.735	1549.6	0.000000
Interacción	14	0.243	0.017	5.7	0.000003
Error	48	0.147	0.003		
Total	71	34.210			

Comparaciones Múltiples: método de Diferencias Mínima Significativa  
Grupos Homogéneos

Corrida	Día	Media	Subgrupo									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	
T14	15	4.000000	****									
T14	20	4.000000	****									
T14	10	4.033333	****	****								
T14	5	4.066667	****	****								
T13	20	4.100000		****	****							
T13	15	4.100000		****	****							
T14	4	4.100000		****	****							
T13	10	4.166667			****	****						
T13	5	4.166667			****	****						
T13	3	4.166667			****	****						
T13	4	4.200000				****						
T14	3	4.200000				****						
T10	10	4.300000					****					
T10	20	4.300000					****					
T10	15	4.300000					****					
T10	5	4.300000					****					
T10	4	4.300000					****					
T10	3	4.400000						****				
T14	2	4.466667						****				
T13	2	4.800000							****			
T10	2	4.866667							****			
T10	1	6.200000								****		
T14	1	6.200000								****		
T13	1	6.300000									****	

Prueba LSD. Grupos Homogéneos. Alpha = 0.05  
Error: MS = 0.00306, df = 48.000

**Anexo 20. Valores de pH del tratamiento T14 por cada repetición**

Tratamiento	Mezcla Base %	Melaza %	Garlac %	pH							
				Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 10	Día 15	Día 20
T14	80	15	5	6.2	5.7	5.1	4.5	4.4	4.3	4.2	4.1
				6.2	5.7	5.1	4.5	4.4	4.3	4.1	4.1
				6.2	5.7	5.0	4.5	4.2	4.2	4.1	4.1
				Promedio	6.2	5.7	5.1	4.5	4.3	4.3	4.1

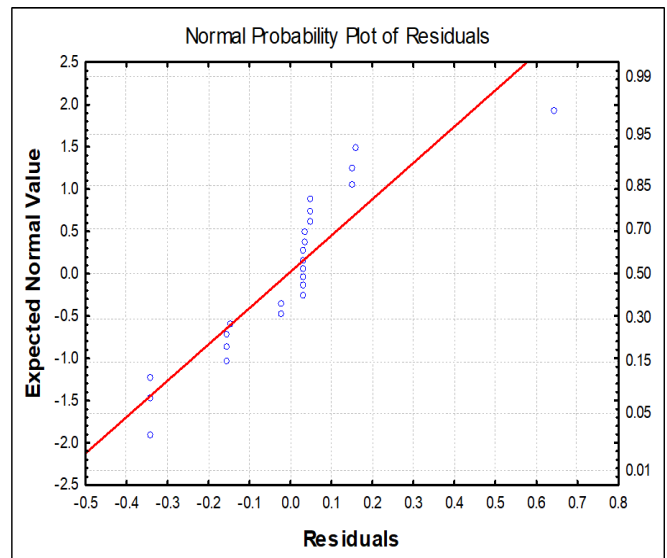
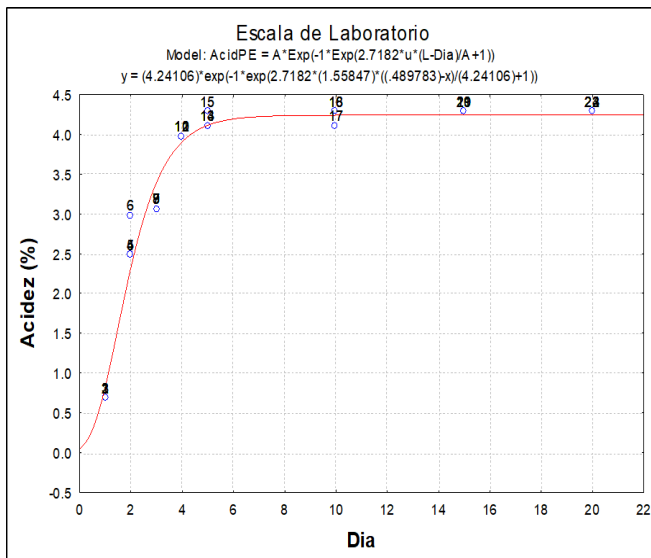
**Anexo 21. Valores de porcentaje de acidez láctica del tratamiento T14 por cada repetición**

Tratamiento	Mezcla Base %	Melaza %	Garlac %	Acidez láctica (%)							
				Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 10	Día 15	Día 20
T14	80	15	5	0.72	1.17	1.71	2.52	2.66	3.02	3.38	4.14
				0.72	1.22	1.71	2.52	2.66	3.02	3.60	4.14
				0.72	1.22	1.80	2.48	3.02	3.15	3.60	4.14
				Promedio	0.72	1.20	1.74	2.51	2.78	3.06	3.53

## Anexo 22. Ajuste a Modelo de Gompertz

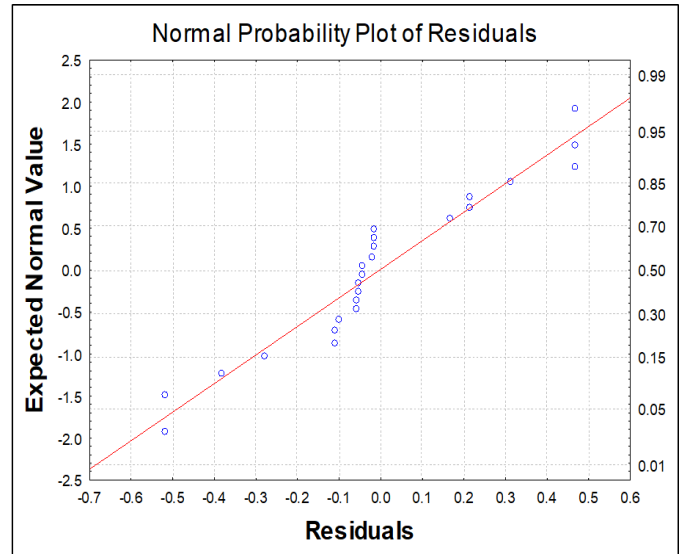
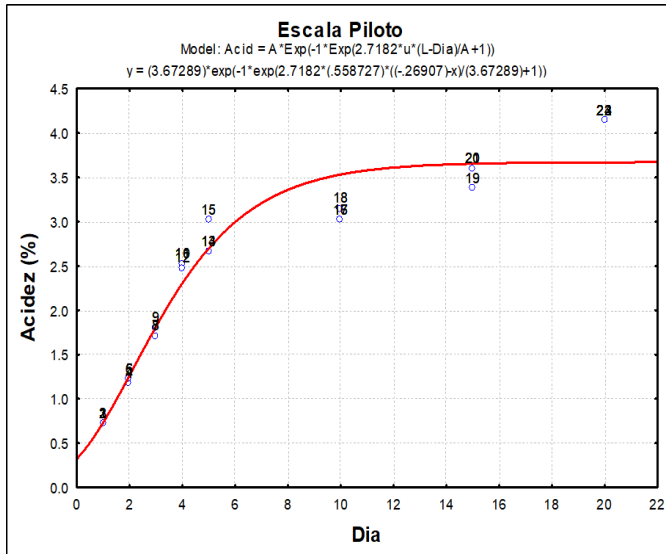
### Anexo 22.1 Modelo a escala de laboratorio

Parámetro	Estimate	SE	t-value	Sig	Lo Conf L	Up Conf L
A	4.241058	0.063624	66.65858	0.000000	4.108745	4.373370
u	1.558465	0.122848	12.68612	0.000000	1.302989	1.813942
L	0.489783	0.114088	4.29304	0.000322	0.252525	0.727042



## Anexo 22.2 Modelo a escala piloto

Parámetro	Estimate	SE	t-value	Sig	Lo Conf L	Up Conf L
A	3.672886	0.106353	34.53501	0.000000	3.45171	3.894058
u	0.558727	0.067565	8.26944	0.000000	0.41822	0.699237
L	-0.269070	0.386537	-0.69610	0.493997	-1.07292	0.534778



### Anexo 22.3. Diseño factorial para la comparación entre fermentación láctica a escala laboratorio y piloto

Tabla de ANOVA: Acidez

Efecto	GL	SS	MS	F	P
Tratamiento	1	10.8015	10.8015	996.25	0.000000
Tiempo	7	58.4172	8.3453	769.71	0.000000
Interacción	7	3.8298	0.5471	50.46	0.000000
Error	32	0.3470	0.0108		
Total	47	73.3955			

Comparación de Medias de Acidez:

Corrida	Día	Media	Subgrupo									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Laboratorio	1	0.675000	****									
Piloto	1	0.720000	****									
Piloto	2	1.200000		****								
Piloto	3	1.740000			****							
Piloto	4	2.505000				****						
Laboratorio	2	2.640000				****	****					
Piloto	5	2.775000					****					
Piloto	10	3.060000						****				
Laboratorio	3	3.060000							****			
Piloto	15	3.525000								****		
Laboratorio	4	3.960000									****	
Piloto	20	4.140000										****
Laboratorio	5	4.155000										****
Laboratorio	10	4.215000										****
Laboratorio	20	4.275000										****

Prueba LSD. Grupos Homogéneos. Alpha = 0.05

Error: MS = 0.01084, df = 32.000

Tabla de ANOVA: pH

<b>Efecto</b>	<b>GL</b>	<b>SS</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Tratamiento	1	2.210	2.210	1060.9	0.00
Tiempo	7	22.385	3.198	1535.0	0.00
Interacción	7	1.768	0.253	121.2	0.00
Error	32	0.067	0.002		
Total	47	26.430			

Comparación de Medias de pH:

<b>Corrida</b>	<b>Día</b>	<b>Media</b>	<b>Subgrupo</b>								
			<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	
Laboratorio	20	4.000000	****								
Laboratorio	15	4.000000	****								
Laboratorio	10	4.033333	****	****							
Laboratorio	5	4.066667	****	****							
Laboratorio	4	4.100000		****							
Laboratorio	3	4.200000			****						
Piloto	20	4.200000			****						
Piloto	15	4.233333			****						
Piloto	10	4.266667			****	****					
Piloto	5	4.333333				****					
Laboratorio	2	4.466667					****				
Piloto	4	4.500000					****				
Piloto	3	5.066667						****			
Piloto	2	5.700000							****		
Laboratorio	1	6.200000									****

Prueba LSD. Grupos Homogéneos. Alpha = 0.05

Error: MS = 0.00208, df = 32.000

## Anexo 23. Panel fotográfico

### Anexo 23.1. Recolección del estiércol porcino



## Anexo 23.2. Preparación de la Mezcla base



**Anexo 23.3. Preparación de las muestras para la elaboración del ALOA a escala laboratorio**



**Anexo 23.4. Medición del pH y porcentaje de acidez láctica a las muestras a escala laboratorio**



## Anexo 23.5. Determinación del mejor tratamiento



## Anexo 23.6. Elaboración del ALOA a escala piloto



Anexo 23.7. Medición del pH y porcentaje de acidez láctica a las muestras a escala piloto

