

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**

**LA MOLINA**

**FACULTAD DE CIENCIAS**



**“PRODUCCIÓN A ESCALA PILOTO DE FERTILIZANTE ORGÁNICO  
ACELERADO POR FERMENTACIÓN LÁCTICA A PARTIR  
DE EXCRETAS DE CERDO Y VINAZA”**

Presentada por:

**JUANA ANGELA ANCCASI CASAVILCA**

Tesis para Optar el Título Profesional de:

**INGENIERA AMBIENTAL**

Lima – Perú

**2024**

---

La UNALM es la titular de los derechos patrimoniales de la presente investigación  
(Art. 24. Reglamento de Propiedad Intelectual)

# Tesis Juana

## INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>11</b> %	<b>11</b> %	<b>4</b> %	<b>0</b> %
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>repositorio.lamolina.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>2</b> %
<b>2</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>2</b> %
<b>3</b>	<b>#N/A. "Informe de Gestión Ambiental del Proyecto Recuperación de los Servicios de Regulación Hídrica en la Cabecera de la Cuenca del Río Pisco-IGA0020958", R.D.G. N° 186-2019-MINAGRI-DVDIAR-DGAAA, 2022</b> Publicación	<b>1</b> %
<b>4</b>	<b>purl.org</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1</b> %
<b>5</b>	<b>www.javeriana.edu.co</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1</b> %
<b>6</b>	<b>www.minem.gob.pe</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1</b> %
<b>7</b>	<b>repositorio.unal.edu.co</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1</b> %

**cdn.www.gob.pe**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**“PRODUCCIÓN A ESCALA PILOTO DE FERTILIZANTE ORGÁNICO  
ACELERADO POR FERMENTACIÓN LÁCTICA A PARTIR  
DE EXCRETAS DE CERDO Y VINAZA”**

Presentado por:

**JUANA ANGELA ANCCASI CASAVILCA**

Tesis para Optar el Título Profesional de:

**INGENIERA AMBIENTAL**

Sustentada y aprobada por el siguiente jurado:

---

Ing. Lawrence Enrique Quipuzco Ushñahua  
PRESIDENTE

---

Blgo. Roberto Raúl Ramos Chaupín  
MIEMBRO

---

Mg. Sc. José Manuel Cadillo Castro  
MIEMBRO

---

Blgo. Juan Gabriel Juscamaita Morales  
ASESOR

---

Ing. Carmen Hortencia Alvarez Sacio  
CO-ASESORA

## **DEDICATORIA**

*Este trabajo de investigación va dedicado a mi abuelito Edilberto Casavilca Mendoza, quien fue parte fundamental en mi desarrollo personal y con su ejemplo me dio grandes enseñanzas.*

*A mis padres porque siempre han estado apoyándome en todo, con sus diferentes formas de demostrarlo y hacerse presente.*

*Al cachito de tierra aislada que me demostró que se puede avanzar aún en situaciones adversas y mirar con optimismo el futuro.*

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi asesor, el profesor Juan Juscamaita, quien no solo me ha brindado todo su apoyo en la presente investigación sino hizo que me reconecte con la investigación y así generar soluciones eficientes para los diferentes problemas ambientales que tenemos en el país, además de brindarme consejos que han servido para mi desarrollo personal, académico y laboral, es a quien agradeceré siempre.

A mi co-asesora, la profesora Carmen Alvarez por todo su apoyo brindado y las facilidades para el desarrollo y redacción de la presente investigación.

A la Unidad de Proyección Social de la UNALM, en especial a los ingenieros Máximo, Ruth y al director Segundo Gamarra, por todo el apoyo brindado en la presente investigación y sin su colaboración no se hubiera podido concretar la presente investigación.

A la universidad, por brindarme los conocimientos académicos para mi desarrollo profesional y sobre todo en donde conocí grandes personas como alumnos, trabajadores y docentes que han aportado a mi desarrollo profesional y personal.

A mis padres Nelly y Elías, a quienes agradeceré toda mi vida. A mi madre por su sacrificio que se ve reflejado en cada acto de apoyo para poder conseguir las metas trazadas, y a mi padre que con su apoyo, preocupación y exigencias me hacen más fuerte.

A los molineros quienes conocí en el laboratorio, quienes me ayudaron en el desarrollo y redacción de la investigación, además fueron aliento y motivación para seguir investigando.

Y, por último, agradezco a la vida por ponerme a las personas indicadas en el momento exacto, ya que cada una llegó para apoyarme y acompañarme en diferentes etapas de mi vida creo que sin su compañía no podría ser quien soy.

*“Es preciso mostrarle a los alumnos, que el trabajo y la vida de ellos, son una parte del trabajo y de la vida del país” - Antón Makárenko*

# ÍNDICE GENERAL

RESUMEN .....	x
ABSTRACT .....	xi
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Generalidades.....	3
2.1.1. Marco Legal.....	3
2.1.2. Producción Porcina.....	5
2.2. Excretas porcinas .....	8
2.2.1. Composición de las excretas.....	8
2.2.2. Sistemas de crianza.....	9
2.2.3. Problemas ambientales de la crianza de cerdo .....	10
2.2.4. Valorización del estiércol porcino .....	11
2.3. Producción de vinaza .....	14
2.4. Tecnología para la valorización de los residuos orgánicos.....	15
2.4.1. Tecnologías biológicas aeróbicas .....	15
2.4.2. Tecnologías biológicas anaeróbicas .....	17
2.5. Fermentación láctica .....	18
2.5.1. Fermentación homoláctica.....	19
2.5.2. Fermentación heteroláctica.....	19
2.5.3. Bacterias ácido lácticas.....	19
2.6. Fertilizante orgánico .....	21
2.6.1. Fertilizante por fermentación láctica .....	21
2.6.2. Insumos empleados.....	24
2.7. Ensayo de fitotoxicidad en fertilizantes .....	25
III. MATERIALES Y METODOS .....	27
3.1. Lugar y periodo de ejecución.....	27
3.2. Materiales.....	27

3.2.1. Insumos.....	27
3.2.2. Materiales .....	27
3.2.3. Equipos .....	28
3.2.4. Reactivos .....	28
3.3. Metodología .....	29
3.3.1. Producción en escala piloto del fertilizante orgánico acelerado.....	29
3.3.2. Análisis y evaluación del pH y porcentaje de acidez láctica del proceso fermentativo.....	39
3.3.3. Evaluación de las características fisicoquímicas de las excretas de cerdo, vinaza y del fertilizante obtenido.....	41
3.3.4. Evaluación de la calidad del fertilizante orgánico acelerado en comparación con investigaciones donde emplean las tecnologías de compostaje, vermicultura y biodigestión.....	44
3.3.5. Análisis de fitotoxicidad .....	44
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	50
4.1. Producción del fertilizante orgánico acelerado .....	50
4.1.1. Evaluación de la producción del fertilizante orgánico acelerado .....	50
4.2. Análisis de pH y % de acidez total .....	51
4.2.1. Análisis de pH .....	51
4.2.2. Análisis del % de ácido láctico .....	54
4.2.3. Relación entre pH - % de ácido láctico .....	57
4.3. Análisis físico – químico del fertilizante orgánico acelerado .....	58
4.3.1. Análisis inicial de los insumos .....	58
4.3.2. Evaluación de las características físico química del fertilizante orgánico acelerado .....	61
4.4. Análisis microbiológico del fertilizante orgánico acelerado.....	66
4.4.1. Análisis .....	66
4.5. Ensayo de fitotoxicidad.....	68
V. CONCLUSIONES .....	73

VI. RECOMENDACIONES .....	74
VII. BIBLIOGRAFÍA .....	75
VIII. ANEXOS .....	86

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Producción Diaria de Excretas de cerdo según Categorías .....	8
Tabla 2: Investigaciones desarrolladas en la UNALM a base de fermentación láctica .....	22
Tabla 3: Distribución de los insumos a procesar .....	31
Tabla 4: Métodos de ensayos fisicoquímicos .....	41
Tabla 5: Método de ensayos microbiológicos .....	43
Tabla 6: Medición de pH de los insumos y la mezcla, en todas las repeticiones del ensayo.....	50
Tabla 7: Obtención del fertilizante orgánico acelerado, en kilogramos .....	50
Tabla 8: Eficiencia de la obtención del fertilizante orgánico acelerado en % .....	51
Tabla 9: Fertilizante orgánico acelerado en presentación líquido y sólido, en % .....	51
Tabla 10: Valores promedio de pH del fertilizante .....	52
Tabla 11. Valores promedio de pH por día .....	54
Tabla 12: Valores promedio del % de ácido láctico .....	55
Tabla 13. Valores promedio de % Ácido Láctico por día .....	57
Tabla 14: Características físico – químicas de las excretas frescas de cerdos de la Unidad Experimental en Cerdos de la Universidad Nacional Agraria La Molina .....	58
Tabla 15: Características físico químicas promedio de la vinaza.....	59
Tabla 16: Contenido nutricional de la melaza de caña .....	60
Tabla 17: Características físico – químicas y microbiológicas del Gar – Lac .....	61
Tabla 18: Análisis físico químico de los fertilizantes orgánicos acelerados líquido, resultantes de los cuatro Ensayos Piloto .....	62
Tabla 19: Comparación del fertilizante orgánico acelerado líquido con el Vásquez (2021) y Shirakawa (2016) .....	63
Tabla 20: Análisis físico químico de los fertilizantes sólidos orgánicos acelerados, resultantes de los cuatro Ensayos Piloto .....	64

Tabla 21. Comparación del fertilizante orgánico acelerado sólido con Moreno (2019) y Melendi <i>et al.</i> (2022) .....	65
Tabla 22: Análisis Microbiológico de las excretas de cerdo .....	66
Tabla 23: Análisis Microbiológico del fertilizante orgánico acelerado líquido en cada uno de los cuatro ensayos .....	67
Tabla 24: Resultados del Análisis Microbiológico de Shirakawa, Moreno, Vásquez y los de la presente investigación.....	68
Tabla 25: Datos de pH y C.E. de las concentraciones del fertilizante orgánico acelerado líquido .....	69
Tabla 26: Resultados del primer ensayo de fitotoxicidad del fertilizante orgánico acelerado .....	70
Tabla 27: Resultados del segundo ensayo de fitotoxicidad del fertilizante orgánico acelerado .....	70
Tabla 28: Resultados del tercer ensayo de fitotoxicidad del fertilizante orgánico acelerado .....	70
Tabla 29: Resultados promedio de los tres ensayos de fitotoxicidad del fertilizante orgánico acelerado .....	71

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cálculo de las estimaciones globales 2022, variaciones % respecto a 2021 con cifras en Millones de toneladas.....	6
Figura 2. Cálculo de las estimaciones por continentes 2022, variaciones % respecto a 2021 con cifras en Millones de toneladas.....	6
Figura 3. Consumo per cápita de cerdo del 2011 al 2021. ....	7
Figura 4. Utilización de recursos proteicos aportados a un cerdo. ....	9
Figura 5. Proceso de obtención de las vinazas de la caña de azúcar. ....	14
Figura 6. Fermentación homoláctica y heteroláctica. ....	19
Figura 7. Estructuras isoméricas del ácido láctico. ....	20
Figura 8. Vinaza almacenada.....	29
Figura 9. Recolección de las excretas de cerdo. ....	29
Figura 10. Melaza.....	30
Figura 11. Consorcio microbiano (Gar – Lac) .....	30
Figura 12. Diagrama de flujo de la obtención del fertilizante orgánico acelerado.....	32
Figura 13. Adición de las excretas frescas de cerdo.....	33
Figura 14. Adición de vinaza.....	33
Figura 15. Adición de melaza.....	34
Figura 16. Adición del Gar – Lac.....	34
Figura 17. Implementación interna del medio anaerobio, cubriendo la superficie de la mezcla con bolsa de polietilino.....	35
Figura 18. Implementación externa del medio anaerobio, se coloca la tapa metálica y se programa la temperatura a 40°C.....	35
Figura 19. Filtrado del fertilizante mediante el uso del colador metálico. ....	36
Figura 20. Prensado de la parte sólida del fertilizante.....	36
Figura 21. Almacenado del fertilizante orgánico acelerado líquido.....	37
Figura 22. Fertilizante orgánico acelerado sólido puesto al horno.....	37
Figura 23. Proceso de pelletización del fertilizante orgánico acelerado sólido.....	38

Figura 24. Fertilizante sólido orgánico acelerado en forma de pellet. ....	38
Figura 25. Medición de pH.....	39
Figura 26. Medición del porcentaje de acidez titulable.....	40
Figura 27. Muestras del fertilizante líquido orgánico acelerado enviados al LASPAF. ....	42
Figura 28. Muestras del fertilizante sólido orgánico acelerado en presentación de pellets.....	42
Figura 29. Muestras del fertilizante enviadas al Laboratorio de Ecología Microbiana y Biotecnología – Marino Tabuso. ....	43
Figura 30. Muestra de excreta fresca enviadas al Laboratorio de Ecología Microbiana y Biotecnología – Marino Tabusso. ....	44
Figura 31. Material esterilizado.....	45
Figura 32. Diluciones para utilizar en el análisis de fitotoxicidad. ....	45
Figura 33. Placas con fertilizante y semillas, al inicio del análisis de fitotoxicidad. ....	46
Figura 34. Dilución de 100/100.....	46
Figura 35. Dilución de 10/100.....	47
Figura 36. Dilución de 1/100.....	47
Figura 37. Dilución de 0.1/100.....	47
Figura 38. Dilución de 0.01/100.....	48
Figura 39. Dilución de 0.001/100.....	48
Figura 40. Esquema de la plántula de <i>L. sativa</i> al finalizar el periodo de exposición.....	49
Figura 41. Estadios por los que atraviesa la semilla de lechuga durante el ensayo de la germinación y elongación. Adaptado por López (2016). ....	49
Figura 42. Diagrama de Cajas de la Variación de pH desde el día 0. ....	52
Figura 43. Diagrama de Cajas de la Variación de pH desde el día 1. ....	53
Figura 44. Curva de la Variación de pH.....	54
Figura 45. Diagrama de Cajas de la Variación de % Ácido Láctico desde el día 0. ....	55
Figura 46. Diagrama de Cajas de la Variación de % Ácido Láctico desde el día 1. ....	56
Figura 47. Curva de la Variación del % de Ácido Láctico.....	57

Figura 48. Correlación de las variables pH y % Ácido Láctico .....	58
Figura 49. Porcentajes relativos de PGR, CRR e IG de las concentraciones .....	72

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Valores de pH obtenidos en los ensayos piloto .....	87
Anexo 2. Análisis estadístico para los valores de pH.....	88
Anexo 3. Valores de % de acidez láctica obtenidos en los ensayos piloto.....	90
Anexo 4. Análisis estadístico para los valores del porcentaje de ácido láctico.....	91
Anexo 5. Análisis fisicoquímico de las excretas frescas de cerdo .....	95
Anexo 6. Análisis fisicoquímico del fertilizante orgánico acelerado – líquido.....	96
Anexo 7. Análisis fisicoquímico del fertilizante orgánico acelerado – sólido .....	97
Anexo 8. Análisis Microbiológico de las excretas frescas .....	99
Anexo 9. Análisis Microbiológico del fertilizante orgánico acelerado .....	100
Anexo 10. Cálculo del Índice de Germinación.....	104
Anexo 11. Crecimiento radicular en los tres ensayos piloto .....	106

## RESUMEN

En la presente investigación se elaboró, a escala piloto, un fertilizante orgánico acelerado mediante el proceso de fermentación láctica, utilizando como fuente de materia orgánica, las excretas de cerdo y vinaza, como fuente de carbohidratos, la melaza y además se usó el consorcio microbiano Gar – Lac. Se realizaron cuatro ensayos piloto en un bioarreactor de acero inoxidable de 30 L, a temperatura constante promedio de 40 °C, por siete días en cada ensayo. La incorporación de los insumos fue: 80 % de materia orgánica (excretas de cerdo y vinaza), 10 % de melaza y 10 % de Gar – Lac. Todos los días del proceso de fermentación se evaluó el pH y el % de acidez láctica, se observó una disminución del pH, teniendo un pH inicial de 5.23 y al finalizar se obtuvo 3.24; mientras el % de acidez láctica fue en aumento, inició con 0.26 % y concluyó con 1.31%. En el fertilizante líquido orgánico acelerado se obtuvo las características fisicoquímicas de 44.40 g/L de M.O., 6870.47 mg/L de N total, 2190.10 mg/L de P total de y 8443.75 mg/L de K total, son valores superiores a los comparados y con respecto a los micronutrientes también se identifica la buena calidad del fertilizante. El fertilizante sólido orgánico acelerado se obtuvo a la M.O. de 85.25 %, N de 1.79 %, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> de 1.58 % y K<sub>2</sub>O de 2.10 % son valores parecidos a los resultados de las investigaciones comparadas; con los resultados de los análisis microbiológicos evidencian que el fertilizante obtenido es un producto inocuo sin microorganismos patógenos lo cual refuerza y aumenta su buena calidad. La eficiencia promedio en la producción en relación con el ingreso total de insumos y la salida total es de 81.6 %; y con la obtención de forma líquida se obtuvo una eficiencia de 92.09 % mientras la parte sólida fue de 7.91 %.

**Palabras clave:** Fertilizante orgánico, fermentación láctica, excretas de cerdo, vinaza, valorización, Gar – Lac.

## ABSTRACT

In the present investigation, an accelerated organic fertilizer was prepared on a pilot scale through the lactic fermentation process, using pig excreta and vinasse as a source of organic matter, molasses as a source of carbohydrates, and the microbial consortium was also used. Gar-Lac. Four pilot tests were carried out in a 30 L stainless steel bioreactor, at an average constant temperature of 40 °C, for seven days in each test. The incorporation of the inputs was: 80% organic matter (pork excreta and vinasse), 10% molasses and 10% Gar – Lac. Every day of the fermentation process, the pH and % lactic acidity were evaluated, a decrease in pH was observed, having an initial pH of 5.23 and at the end 3.24 was obtained; While the % of lactic acidity increased, it started with 0.26% and ended with 1.31%. In the accelerated liquid organic fertilizer, the physicochemical characteristics of 44.40 g/L of M.O., 6870.47 mg/L of total N, 2190.10 mg/L of total P and 8443.75 mg/L of total K were obtained, these are values higher than those compared. and with respect to micronutrients, the good quality of the fertilizer is also identified. The accelerated organic solid fertilizer was obtained at the M.O. of 85.25%, N of 1.79%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> of 1.58% and K<sub>2</sub>O of 2.10% are values similar to the results of the comparative investigations; The results of the microbiological analyzes show that the fertilizer obtained is a safe product without pathogenic microorganisms, which reinforces and increases its good quality. The average efficiency in production in relation to total input input and total output is 81.6%; and by obtaining the liquid form an efficiency of 92.09% was obtained while the solid part was 7.91%.

**Keywords:** Organic fertilizer, lactic fermentation, pig excreta, vinasse, recovery, Gar – Lac.

## I. INTRODUCCIÓN

La FAO, afirma que existe un incremento de la producción porcina, evidenciándose en las últimas estadísticas, donde en el 2021 se tuvo 10% de mayor producción con relación al 2020, y los países con mayor producción son China, Unión Europea, Brasil, Vietnam, Rusia y Reino Unido. (FAO 2021). Según la Comunidad Profesional Porcina 333 Latinoamérica (2021), menciona que los principales países productores de carne de cerdo en Latinoamérica son: Brasil, México, Chile, Colombia, Perú, Ecuador, Costa Rica, Paraguay y Panamá; además se tiene que durante el periodo 2010 - 2020 hubo un crecimiento en la producción del 45.9%, del 125.8% en la importación y 133.8% en la exportación y en el mismo rango de tiempo el Perú se posicionó en sexto lugar, con un aumento de producción del 54.84%.

Por lo tanto, la intensificación de la producción porcina y el consecuente incremento de la densidad de animales nos lleva a considerar los impactos ambientales. Teniendo al principal impacto relacionado a los purines; ya que su manejo establece la cantidad de nutrientes liberados al ambiente, por ello su correcto manejo puede significar una mejora en la fertilidad del suelo o en caso contrario puede acelerar la degradación del suelo y agua (FAO 2014). Desde el 2018, el Ministerio de Agricultura y Riego, promueve el consumo de carne porcina y se planteó como meta para el 2021 el consumo *per cápita* de 10 kg. ya que el Perú tenía el consumo más bajo de la región (6.5 Kg en promedio) MINAGRI (2018), por eso es evidente la necesidad de aminorar o eliminar la problemática de las excretas producidas durante el proceso de crianza.

El proceso industrial de la obtención del alcohol etílico tiene como uno de sus residuos a la vinaza, y tiene mayor impacto en el ambiente con incidencia directa e indirecta en la población. A consecuencia del crecimiento continuo de la demanda la generación de vinaza se volvió un problema crítico que necesita solución, Ibarra (2018).

En el Perú existen dos principales normas legislativas que se ha abordado para la investigación, la Ley N° 29196 Ley de Promoción de la Producción Orgánica o Ecológica y

el Decreto Supremo N° 016 – 2012 AG, Reglamento de Manejo de los Residuos Sólidos del Sector Agrario.

La presente investigación tiene por objetivos:

**Objetivo general:**

- Producir en escala piloto un fertilizante orgánico acelerado, líquido y sólido, por fermentación láctica a partir de excretas de cerdo de la UNALM y vinaza, empleando melaza como nutriente y el consorcio microbiano ácido láctico (GAR-LAC).

**Objetivos específicos:**

- Analizar y evaluar el pH y porcentaje de acidez láctica del proceso fermentativo.
- Evaluar las características fisicoquímicas y microbiológicas de las excretas de cerdo y del fertilizante obtenido.
- Evaluar la calidad del fertilizante orgánico acelerado en comparación con investigaciones donde emplean las tecnologías para el tratamiento de residuos orgánicos.
- Evaluar la fitotoxicidad del fertilizante orgánico acelerado líquido.

Con el desarrollo y cumplimiento de los objetivos, damos sustento a que la producción del fertilizante orgánico acelerado por fermentación láctica, teniendo como fuente orgánica a las excretas de cerdo y vinaza, es una solución eficiente para el manejo de excretas y vinaza emitida por la industria del alcohol.

## **II. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1. Generalidades**

#### 2.1.1. Marco Legal

##### 2.1.1.1. Ley de gestión integral de residuos sólidos – Decreto Legislativo N° 1278

Tiene por objetivo establecer derechos, obligaciones, atribuciones y responsabilidades de la sociedad en su conjunto, con la finalidad de propender hacia la maximización constante de la eficiencia en el uso de los materiales y asegurar una gestión y manejo de los residuos sólidos económica, sanitaria y ambientalmente adecuada, con sujeción a las obligaciones, principios y lineamientos de este Decreto Legislativo. Tiene como primera finalidad la prevención o minimización de la generación de residuos sólidos en origen, frente a cualquier otra alternativa. En segundo lugar, respecto de los residuos generados, se prefiere la recuperación y la valorización material y energética de los residuos, entre las cuales se cuenta la reutilización, reciclaje, compostaje, coprocesamiento, entre otras alternativas siempre que se garantice la protección de la salud y del medio ambiente.

##### 2.1.1.2. Reglamento de la Ley General de Residuos Sólidos – Decreto Supremo N° 014-2017-MINAM

Tiene por objetivo asegurar la maximización constante de la eficiencia en el uso de materiales, y regular la gestión y manejo de residuos sólidos, que comprende la minimización de la generación de residuos sólidos en la fuente, la valorización material y energética de los residuos sólidos, la adecuada disposición final de los mismos y la sostenibilidad de los servicios de limpieza pública.

##### 2.1.1.3. Ley General de Salud – Ley N° 26842

En su Artículo 103° plantea que la protección del ambiente es responsabilidad del Estado y de las personas naturales y jurídicas, los que tiene la obligación de mantenerlo dentro de los estándares para preservar la salud de la persona, establece la Autoridad de Salud competente. Y en el Artículo 104° indica que toda persona natural o jurídica está impedida de efectuar

descargas de desechos o sustancias contaminantes en el agua, el aire o el suelo sin haber adoptado las precauciones de depuración en la forma que señalan las normas sanitarias y de protección del ambiente.

#### 2.1.1.4. Reglamento de manejo de residuos sólidos del sector agrario – D.S. N° 016-2012-AG

Tiene por objetivo regular la gestión y manejo de los residuos sólidos generados en el Sector Agrario, en forma sanitaria y ambientalmente adecuada, con sujeción a los principios de prevención y minimización de riesgos ambientales, así como la protección de la salud y el bienestar de la persona humana, contribuyendo al desarrollo sostenible del país. Los objetivos específicos de este reglamento son: Asegurar el cumplimiento de las disposiciones legales para el manejo de residuos sólidos con la finalidad de prevenir riesgos sanitarios, proteger la calidad ambiental, la salud y bienestar de las personas, estableciendo las acciones necesarias para dar un adecuado tratamiento técnico a los residuos de las actividades de competencia del Sector Agrario. Regular la minimización de residuos, segregación en la fuente, reaprovechamiento, valorización, almacenamiento, recolección, comercialización, transporte, tratamiento, transferencia y disposición final de los residuos sólidos peligrosos y no peligrosos derivados de las actividades agropecuarias y agroindustriales. Y promover, regular e incentivar la participación de la inversión privada en las diversas etapas de la gestión de los residuos sólidos, promoviendo, en particular, el reaprovechamiento ecoeficiente de los recursos que puedan ser generados a partir de los residuos sólidos no peligrosos agropecuarios y agroindustriales.

#### 2.1.1.5. NORMA TÉCNICA PERUANA – NTP 201.207.2020. FERTILIZANTES. Compost para uso agrícola.

La presente Norma tiene por objetivo establecer los requisitos del compost a partir de residuos agrícolas, pecuarios, agroindustriales y forestales debidamente segregados. Y la norma en mención es aplicable a compost utilizado en la actividad agraria en la producción agrícola de cultivos transitorios y permanentes.

Los métodos de ensayo para comprobar el cumplimiento de los requisitos se indican en el subcapítulo 11 de esta norma. Y para certificar un lote de compost se debe presentar informes de resultados de laboratorios de los siguientes ensayos: coliformes fecales, *Salmonella spp*, humedad, relación carbono/nitrógeno, conductividad eléctrica, pH, metales pesados, huevos de helmintos.

#### 2.1.1.6. Reglamento Técnico para los Productos Orgánicos. Decreto Supremo N° 044-2006-AG

Tiene por objetivo definir y normar la producción, transformación, etiquetado, certificación y comercialización de los productos denominados orgánicos, ecológico, biológico, y productos orgánicos. En el artículo 11, Manejo de la fertilidad del suelo, en los incisos a) y b) mencionan al estiércol de animal y restos vegetales como insumos de abonamiento orgánico, en el inciso h) menciona que está permitido el uso de organismos benéficos siempre y cuando no sean Organismo Vivos Modificados; y en el artículo 23 menciona al Manejo de excrementos animales, donde se debe considerar los procesos de descomposición de las excretas para prevenir focos infecciosos.

#### 2.1.1.7. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo. Decreto Supremo 011-2017 MINAM

La presente normativa es un referente obligatorio para el diseño y aplicación de los instrumentos de gestión ambiental, con un Anexo, para el Uso del Suelo Agrícola, enfatizando en los metales pesado como Plomo (Pb), Cadmio (Cd) y Cromo (Cr).

### 2.1.2. Producción Porcina

#### 2.1.2.1. Actualidad porcina

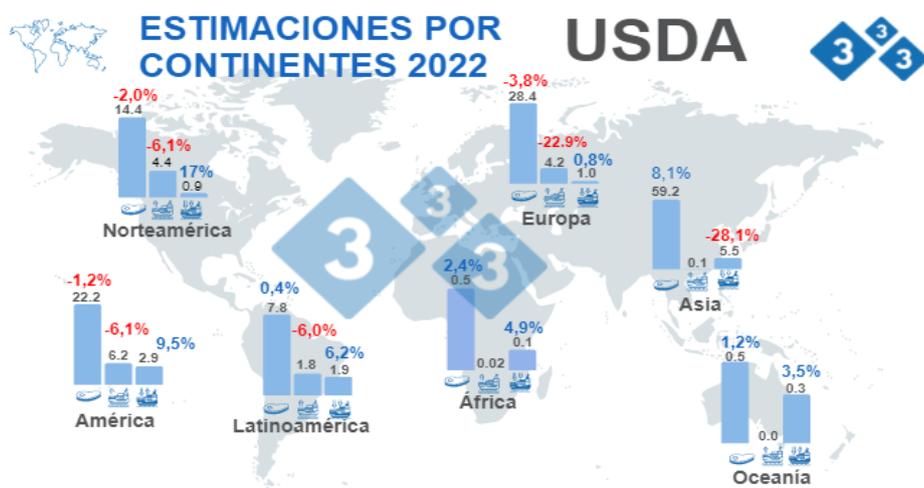
A nivel internacional, según la Revista Actualidad Porcina del año 2022, afirma que el sector porcicultor viene teniendo problemas por las constantes alzas de precios en los alimentos, a esto se suma la Peste Porcina Africana que afecta a los países de Asia y Europa desde el 2018, y en el 2020 se adiciona los efectos de la pandemia. Se tiene a China como el principal productor y con mayor consumo de carne porcina, por lo que establece en mayor medida el movimiento de la industrial mundial porcina (3tres3, 2021). El Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (2022), como se observa en la Figura 1, informa que la producción mundial de carne porcina es de 110.7 millones de toneladas (Mt), que representa un aumento de 2.9% con respecto al año anterior que fue de 107.6 Mt, y tiene relación con el aumento de la producción en China, lo cual equivale de 51.8 Mt que corresponde a un incremento del 9.1% en comparación del 2021, año en el cual se produjo 47.5 Mt; a nivel internacional el incremento será de 2.5% siendo Asia (3,5%) y Latinoamérica (3,4%).



**Figura 1.** Cálculo de las estimaciones globales 2022, variaciones % respecto a 2021 con cifras en Millones de toneladas.

**FUENTE:** Adaptado por FAS, USDA, 12 de julio de 2022 – Departamento de Economía e Inteligencia de Mercados 333 LATAM.

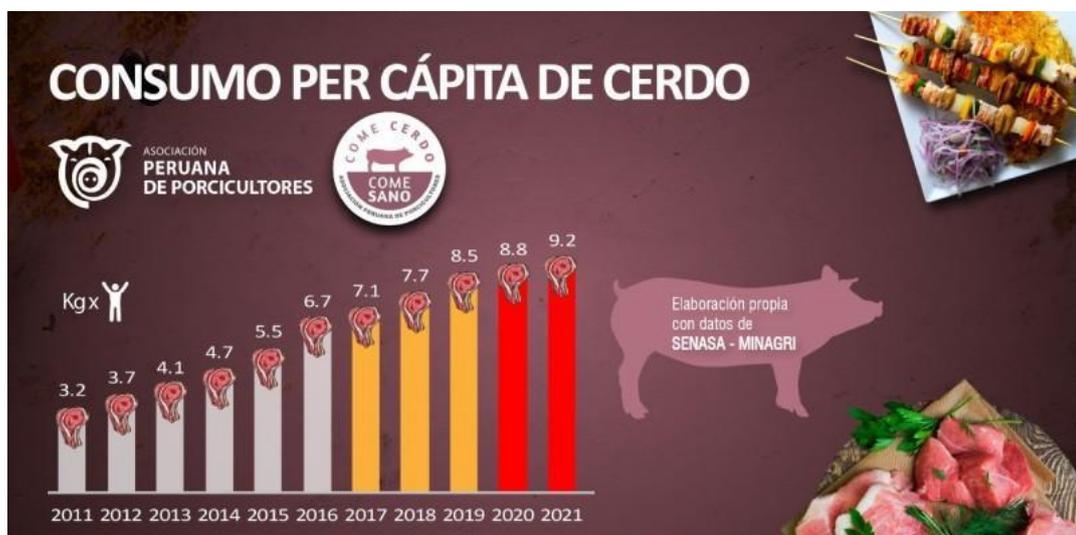
La tendencia mundial en la producción de Asia aumentó el 8.1%, equivalente a 59.2 Mt, en consecuencia, un aumento de la oferta interna principalmente de Vietnam y China. En el continente latinoamericano, se pronosticó un incremento de 0.4% en la producción y 6.2% en las importaciones, pero las exportaciones se reducirían un 6%. En América, se observó un decrecimiento del 1.2% en las exportaciones en relación con el 2021; además presentó una relación inversa entre la exportación, que aminora en 6.1%, e importación que aumenta en 9.5%. En Europa se dio un decrecimiento del 3.8% equivalente a 28.4 Mt; y un decrecimiento de las exportaciones en un 22.9% es decir de 4.2 Mt, como se observa en la Figura 2, (Revista Actualidad Porcina, 2022)



**Figura 2.** Cálculo de las estimaciones por continentes 2022, variaciones % respecto a 2021 con cifras en Millones de toneladas.

**FUENTE:** Adaptado por FAS, USDA, 12 de julio de 2022 – Departamento de Economía e Inteligencia de Mercados 333 LATAM.

Desde el 2010 hay un crecimiento sostenido en la producción nacional de cerdo, ese año el Perú firmó tratados de libre comercio, pero por la presencia de la Peste Porcina Clásica (PPC) no se concretó el comercio internacional, por ello SENASA implementó el Programa Nacional de Erradicación de la PPC, además el 2012 el MIDAGRI declaró el Día del Chicharrón de Cerdo peruano; lo que conllevó un aumento del consumo de carne porcina pasando de consumir 3.2 kilos en el 2011 a 9.2 kilos por persona en el 2021. Para el 2022 la producción de carne de cerdo alcanzó las 262 mil toneladas, lo que representó un incremento de entre 4.5% a 5% en relación con las 250 mil toneladas producidas en el 2021, como se puede observar en la Figura 3 (Alerta Económica, 2022).



**Figura 3.** Consumo per cápita de cerdo del 2011 al 2021.

**FUENTE:** Adaptado por la Asociación peruana de porcicultores.

En los últimos diez años la industria porcina ha tenido un sostenido crecimiento y es producto a la tecnificación y los programas que fomentan el consumo de carne porcina. Muchas empresas peruanas se están sumando a la producción de cerdo y se desarrollan en la costa y oriente del país por la disponibilidad de alimentos y mano de obra. Las empresas se encuentran en las zonas como Huara, Huacho y Huaral, La Libertad, Lima y en Arequipa se encuentra la segunda granja más grande del país. La demanda interna es cubierta por pequeños productores que consta de 600 mil pequeños productores para autoconsumo, y la industria intensiva está a cargo de alrededor de 140 empresas que producen el 80% de la carne de cerdo (PIC, 2021).

## 2.2. Excretas porcinas

El sector porcino tiene como principal residuo a las excretas, que están conformadas por la mezcla de excretas sólidas y orina en 55% y 45% respectivamente. Siendo su principal componente sólidos que flotan, que sedimentan y en suspensión. La producción y composición de las excretas es variable y depende de factores de manejo como la alimentación, clima local, tipo de agua de bebedero, sistema de alojamiento y frecuencia de limpieza (Chia – Fang, 2009 citado por López 2018).

La cantidad de excretas producida depende de la categoría en la que se encuentra el animal, en la Unidad Experimental de Cerdos de la UNALM se puede apreciar la producción diaria según categorías (Tabla 1).

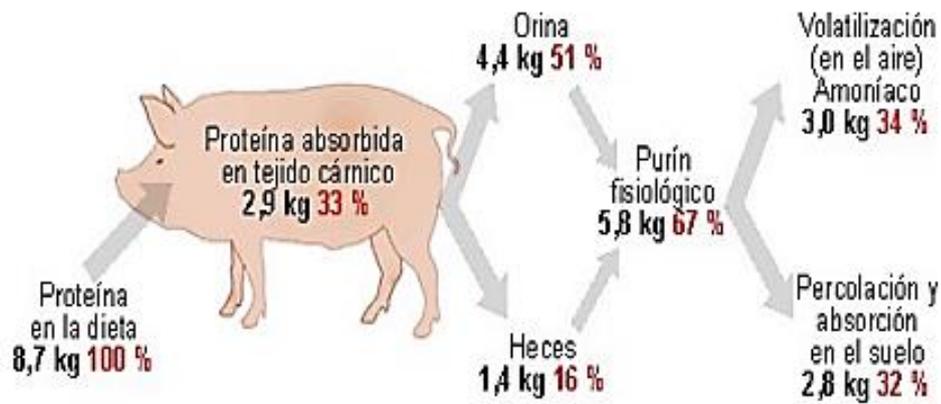
**Tabla 1:** Producción Diaria de Excretas de cerdo según Categorías

<b>Categoría</b>	<b>Nº Animales</b>	<b>Excretas (kg/animal/día)</b>	<b>Excretas totales/día</b>
Marrana gestante	43	1.22	52.46
Marrana lactante	10	2.48	24.8
Lechones lactantes	100	---	----
Lechones en recría	159	0.2	31.8
Gorritos crecimiento - acabado	140	0.67	93.8
Gorritas de reemplazo	4	1.39	5.56
Verracos	7	2.16	15.12
Total	463		223.54

Nota: población estabilizada de la Unidad Experimental de Cerdos de la UNALM. Adaptado por la UEC en el 2022.

### 2.2.1. Composición de las excretas

El cerdo sólo aprovecha un 33% de proteína que obtiene de su dieta diaria consumida. Del porcentaje no consumido, el nitrógeno se divide en: 16% disponible en las excretas y un 51% en la orina, y de este surge el amoníaco donde su volatilización depende del pH; además en la disposición de las excretas hay una pérdida de nitrógeno por escurrimiento o filtración (Figura 4) (Orrala, 2021).



**Figura 4.** Utilización de recursos proteicos aportados a un cerdo.  
**FUENTE:** Adaptado por Orrala (2021).

La composición de las excretas depende de varios factores como el alimento, el animal y manejo e instalaciones. El alimento influye conforme a su cantidad, composición, calidad y estado. El animal contribuye por su estado, hábitos alimenticios, edad, actividad productiva y etapa fisiológica. La influencia del manejo e instalaciones es principalmente por el tipo y condiciones (Ninabanda, 2012).

#### 2.2.2. Sistemas de crianza

En el Perú se da principalmente tres tipos de producción porcina: traspatio o extensivo, semi-intensivo e intensivo (Martínez, 2012).

- Producción en traspatio o extensivo: dirigida generalmente al autoconsumo, ubicada mayoritariamente en la sierra y selva.
- Producción semi-intensivo: los animales se hallan ubicados libremente en parcelas, en contacto con la tierra y protegidos por pequeñas construcciones móviles, que los amparan de las inclemencias climáticas, recibiendo un alimento que cubre sus requerimientos, independientemente de la presencia de pasturas. Este modelo abarca todas las etapas de reproducción - servicio, gestación, parto y lactación, y después del destete los lechones pueden ser ingresados a un sistema intensivo tradicional, o en otras parcelas específicas con otro tipo de instalaciones destinadas a tal fin. Brunori *et al.* (2009)
- Producción intensiva: En este sistema el ciclo productivo se realiza en su totalidad manteniendo a los porcinos en confinamiento, en instalaciones fijas adecuadas a cada etapa de desarrollo (Alvarado, 2018). Ubicada sobre todo en los departamentos de Lima, La Libertad, Lambayeque, Ica, San Martín y Arequipa; se caracteriza por alta

productividad y eficiencia. Abastece a las cadenas de supermercados, mercados distritales y principalmente a la industria de embutidos (Martínez, 2012).

### 2.2.3. Problemas ambientales de la crianza de cerdo

No solo se trata del deterioro del ambiente sino también una fuga de energía y nutrientes, que implica un desperdicio de recursos. Se podría afirmar que la contaminación es el resultado de un proceso ineficiente donde no se utiliza correctamente los recursos que posee o que se genera. Un contaminante, desde esta perspectiva, es un recurso en el lugar equivocado, por lo tanto, es necesario idear estrategias que permitan recuperar estos recursos (Cervantes *et al*, 2007).

La producción intensiva de cerdos, por lo general produce los siguientes problemas ambientales: contaminación de napas, volatilización de nitrógeno amoniacal, formas oxidables de Nitrógeno y generación de malos olores durante el manejo y disposición del estiércol y efluentes (El Productor Porcino, 2019).

#### 2.2.3.1. Contaminación atmosférica

Los principales contaminantes de la atmosfera a causa de la producción porcina son generados por el alojamiento de los cerdos, almacenamiento, procesado y aplicación de las excretas al campo (López, 2021):

- Amoniac (NH<sub>3</sub>)
- Metano (CH<sub>4</sub>)
- Óxido Nitroso (N<sub>2</sub>O)
- NOX (NO + NO<sub>2</sub>)
- Olores
- Polvo (aerosoles)

#### 2.2.3.2. Contaminación de suelos

Se da por la inadecuada disposición de los purines, que conlleva a efectos desfavorables sobre la calidad de suelos específicamente su degradación. Esto se debe a los componentes de los efluentes como la materia orgánica, nitrógeno, fosforo, potasio y metales pesados como el cobre y zinc principalmente; estos metales pesados están directamente relacionados con la alimentación de los cerdos; de igual manera se tiene el riesgo de la salinización a causa de altas concentraciones de sales solubles (López, 2021).

### 2.2.3.3. Contaminación de aguas

Las granjas porcinas tienen diferentes niveles de tecnificación y como los cerdos no absorben el 100% de todos los nutrientes consumidos, en las aguas residuales se excreta del 45 al 60% de nitrógeno (N), del 50 al 80% de Calcio (Ca) y fósforo (P), y de 70 a 95% de potasio (K), sodio (Na), magnesio (Mg), cobre (Cu), zinc (Zn), manganeso (Mg) y hierro (Fe) hacia los diferentes cuerpos receptores. Además, se tiene dos elementos con altas concentraciones, el nitrógeno (N) y el fósforo (P), que pueden contaminar el agua superficial y subterránea por los procesos de lixiviación o escorrentía superficial, incrementando la aparición de algas con la capacidad de producir toxinas y disminuir el oxígeno presente, produciéndose la mortalidad de diversos organismos nativos (Huamán, 2020).

A continuación, describe algunos componentes de los efluentes (López, 2021):

- Nitrógeno, en su forma de nitratos se da por exceso de abastecimiento de nitrógeno, estos nitratos contaminan las aguas superficiales y subterráneas.
- Fósforo, por aplicación excesiva de purines o estiércol puede provocar una excesiva concentración de fósforo lo que provocará la lixiviación en aguas de infiltración profundas; de igual manera hay probabilidad que se pierda en el medio ambiente.

### 2.2.4. Valorización del estiércol porcino

#### 2.2.4.1. Valoración de residuos

En el Decreto Legislativo N° 1278, Artículo 5 donde mencionan los principios de la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, inciso b) plantea que los residuos sólidos generados en las actividades productivas y de consumo constituyen un potencial recurso económico, que prioriza su valorización, considerando su utilidad en actividades de: reciclaje de sustancias inorgánicas y metales, generación de energía, producción de compost, fertilizantes u otras transformaciones biológicas, recuperación de componentes, tratamiento o recuperación de suelos, entre otras opciones que eviten su disposición final. En el artículo 7, conceptualiza la Valorización como una alternativa de gestión y manejo que debe priorizarse frente a la disposición final de los residuos; e incluye las actividades de reutilización, reciclaje, compostaje, valorización energética entre otras alternativas, y se realiza en infraestructura adecuada y autorizada para tal fin.

#### 2.2.4.2. Valorización de residuos sólidos

En el Decreto Legislativo N° 1278, Artículo 48, plantea que las formas de valorización de material constituyen operaciones de: reutilización, reciclado, compostaje, recuperación de aceites, bio-conversión, entre otras alternativas que, a través de procesos de transformación física, química, u otros, demuestren su viabilidad técnica, económica y ambiental. También plantean las operaciones de valorización energética, y son destinadas a emplear residuos con la finalidad de aprovechar su potencial energético, tales como: coprocesamiento, coincineración, generación de energía en base a procesos de biodegradación, biochar, entre otros.

Quiñones (2016), evaluó la calidad de un abono líquido producido vía fermentación homoláctica de heces de alpaca, mediante la calidad nutricional, características microbiológicas y fitotoxicidad del abono líquido producido a partir de las heces de alpaca, mediante fermentación homoláctica. El abono producido fue denominado Alpa-biol con características de pH de 3.83 y cuya dilución al 0.1% resultó óptimo para su uso en campo. Llegando a la conclusión que después de 5 días de proceso de fermentación de las heces de alpaca, lactosuero bovino, melaza y B-Lac en proporción 40:40:15:5, es la de más alta calidad nutricional.

Moreno (2019) evaluó la calidad de abonos orgánicos a partir del estiércol porcino y su efecto en el rendimiento del maíz chala, se estableció la calidad de abonos orgánicos en base al estiércol de porcino teniendo como fin la evaluación del rendimiento forrajero, valor nutricional de la planta, propiedades fisicoquímicas del suelo post cosecha y utilidad neta. La obtención de los abonos se dio mediante el proceso de fermentación homoláctica, teniendo cinco tratamientos, teniendo en cuenta al fertilizante químico de control; los resultados cuantitativos se trabajaron mediante análisis estadístico por diseño de bloques completamente al azar. Llegando a obtener dos abonos orgánicos: biol que es abono líquido y biosol que es abono sólido, que desde el segundo día se obtuvo valores de pH inferiores a 4.0; y coliformes totales, fecales y *E. coli* menores a 3 NMP/g en comparación al estiércol.

Shirakawa (2016) estimó el tratamiento de excretas de la granja de cerdos de la UNALM con ensilado como una opción de tratamiento previo a la biodigestión, ha trabajado a escala laboratorio y piloto con concentraciones de 3, 5 y 8% en la producción de biogás y biol. Se obtuvieron resultados, en la etapa laboratorio, donde las concentraciones de 3 y 8% emiten menos cantidad de biogás y metano en comparación con la concentración del 5%; y en la

etapa piloto se instaló 3 biodigestores de 60 litros de capacidad, donde se emitieron 45% de metano. Se concluyó que la óptima generación y composición de biogás se encuentra entre los 32 y 41 días, y según los ensayos de fitotoxicidad se deben hacer diluciones que no superen el 10% y una dilución óptima de 1%.

Martínez (2019) plantea que en los últimos años Chile se ha convertido en uno de los principales países de producción de porcino a nivel de Latinoamérica, por ello la generación de purines se ha convertido en un problema necesario a solucionar. En la actualidad se da usos convencionales como la aplicación del purín como abono, pero la gran producción de purines y su uso indiscriminado dan como resultado un gran impacto ambiental; y ante la necesidad de buscar soluciones, planteo como objetivo el identificar y evaluar los impactos ambientales que generan los purines, para elaborar diferentes propuestas de mejoramiento en el manejo de los residuos. Se concluyó que no hay impacto al ecosistema, pero si se detectó impacto ambiental odorífico en el área de influencia directa y se desarrolló 6 propuestas de mejora en la producción, y la valorización de los purines se basó en la transformación anaeróbica en un biodigestor.

Ninabanda (2012) plantea las mejores alternativas para el manejo de las excretas porcinas, comparando los resultados analizados de varios autores y entender el manejo de las excretas para menguar los olores desagradables y efectos dañinos que perjudican el medio ambiente. Se obtuvieron como conclusiones, la aplicación de tecnologías más limpias que implica mejorar la nutrición y absorción proteica del animal, y actualmente en Ecuador no cuenta la tecnología para soslayar la emisión excesiva de excretas, y que es indudable que el problema a nivel mundial en la crianza de porcinos es la generación de excretas.

Gutiérrez & Ochoa (2019) tienen por objetivo establecer la factibilidad del uso de cascarilla de arroz con excretas porcinas en un proceso de co-digestión, para la obtención de biogás. La metodología se basó en mantener las condiciones de temperatura mesofílica de 37°C empleando 6 biodigestores, analizando cada 15 días durante 2 meses mientras la medida del volumen del biogás fue diaria; en donde se evidenció que los factores con mayor influencia en el proceso fueron el pH, tiempo, calidad del inóculo, naturaleza del co-sustrato y elevados niveles de nitrógeno.

### 2.3. Producción de vinaza

En los procesos de fabricación de azúcar y alcohol, se generan vertidos de las diferentes etapas en cada uno de los procesos agroindustriales. El principal residuo generado en la obtención de alcohol es la vinaza, la cual se produce de la fermentación y destilación de las melazas, tiene un color característico marrón oscuro, con gran contenido de nutrientes como fósforo, nitrógeno, azufre y potasio; y es un peligro latente ya que por cada litro de alcohol obtenido se producen entre 9 a 14 litros de vinaza (Aqualimpia, s.f.).

Las vinazas provienen de la caña de azúcar y se obtienen de la fermentación y destilación de las melazas; son el principal residuo orgánico en la obtención de alcohol (Figura 5). Es un líquido de color de café con bajo pH, olor dulce y alto contenido de materia orgánica disuelta y en suspensión. Por cada litro de alcohol producido se obtienen de 12 a 15 litros de vinaza aproximadamente (Conadesuca, 2016).



**Figura 5.** Proceso de obtención de las vinazas de la caña de azúcar.  
FUENTE: Silva *et al.*, 2021.

La vinaza es un residuo líquido con altos contenidos de MO, N, K, Ca y Mg y bajos contenidos de P. El contenido de nutrientes presentes depende del cultivo de origen y ambiente (asociado al tipo de suelo, clima, variedad, etc.) y no contiene elementos tóxicos ni metales. Contiene sustancias inorgánicas solubles donde predomina el ion  $K^+$ , seguido por  $Ca^{+2}$ ,  $Mg^{+2}$  y  $SO_4^{-2}$ . El contenido de K es variable, observándose rangos entre 960 y 3100  $mg L^{-1}$ , para el Ca, los valores observados varían entre 0,53 y 3,16  $mg L^{-1}$ , Mg entre 0,48 y 162  $mg L^{-1}$  y  $SO_4$  entre 44 y 366  $mg L^{-1}$ . En cuanto al N y P, los rangos varían entre 0,60 y 1,34  $mg L^{-1}$  para N y para P entre 0,06 y 0,19  $mg L^{-1}$  (Takata, 2020).

A nivel mundial, la vinaza tiene múltiples usos como la fermentación aeróbica para la producción de proteínas unicelulares, producción de gas metano a partir de fermentación anaeróbica, concentración o evaporación para uso en raciones animales, producción de levaduras, medio de cultivo, incineración por su alto poder calorífico, como sustrato para compost y fertiirrigación de vinaza como biofertilizante (Takata, 2020).

La vinaza presenta, alta Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), que lo vuelve altamente contaminante. A pesar de ello, es un insumo apto para la agricultura por su alta concentración de potasio, elemento que favorece los procesos metabólicos del cultivo, que implica la obtención de resistencia en épocas de sequía, con el máximo aprovechamiento de agua, y contribuye a la resistencia de enfermedades criptogámicas (Martínez y Rivas, 2002).

Flores (2019) divide los métodos de tratamientos en dos: físico – químicos y biológicos. Entre los físico-químicos están considerados el cribado, desarenado, sedimentación, flotación, coagulación – floculación, filtros de vacío, centrifugación, intercambio iónico, ultrafiltración y osmosis inversa. Entre los biológicos, se subdividen en tratamientos aerobios, son los suspendidos y los de lecho fijo; y tratamiento anaerobio, que comprenden las lagunas, digestores, filtros y UASB.

## **2.4. Tecnología para la valorización de los residuos orgánicos**

### **2.4.1. Tecnologías biológicas aeróbicas**

#### **2.4.1.1. Tecnología In Vessel Composting (IVC)**

Es la tecnología de compostaje en un recipiente cerrado, ofrece varias ventajas a comparación del compostaje abierto, entre ellas menor tiempo de maduración y liberación de olores, además de tener mayor manejo de la temperatura del proceso. Consiste en el manejo de los residuos sólidos orgánicos mediante una digestión aeróbica por

microorganismos presentes en dichos residuos orgánicos; se da en dos etapas: la etapa de maduración inicial que consta de 7 a 14 días, y la siguiente es la de estabilización y puede darse fuera del recipiente. Además, se implementó variantes como un tambor rotatorio para generar una distribución homogénea de oxígeno y una temperatura uniforme. Asimismo, las condiciones del proceso se caracterizan por una temperatura promedio entre 60 a 65°C, humedad constante no menor del 30% sin generar lixiviados; si se cumplen las condiciones se asegura el tiempo de maduración dentro del recipiente, y la etapa de estabilización duraría unos 10 días. Otra condición por considerar y de suma importancia es la relación de Carbono – Nitrógeno y la más adecuada es de 30:1 (Guzmán y Rodríguez, 2018).

#### 2.4.1.2. Compostaje

Tecnología que se plantea como solución por su bajo costo, donde se transforma los residuos orgánicos para el ciclo de la cadena de producción primaria, y que permite mejorar las condiciones físico – químicas del suelo y aumenta la productividad de los cultivos. Para asegurar la eficiencia de este proceso, se instala una cubierta plástica para obtener condiciones óptimas de temperatura y mantener una humedad promedio para el correcto proceso de fermentación aerobia, se mantiene una distancia de 1 metro entre pilas por un tiempo promedio de 3 meses para obtener el producto final (Vargas *et al.*, 2019).

#### 2.4.1.3. Vermicompostaje

El desarrollo del vermicompostaje es la segunda revolución verde para la producción de fertilizantes orgánicos, alimentos sanos y además proteína de calidad para alimentación animal. Proceso tecnológico de bajo costo y eficiente, donde se realizan la bio-oxidación, degradación y estabilización de residuos orgánicos por el trabajo combinado de lombrices y microorganismos bajo condiciones aerobias y mesófilas, y se obtiene un producto estabilizado, homogéneo y de granulometría fina. El vermicompost obtenido se puede emplear en la restauración ecológica y fertilidad del suelo. Tecnología planteada como una solución eficiente a la necesidad de gestionar y tratar los residuos orgánicos generados por las diversas actividades económicas e industriales a nivel mundial, por sus efectos negativos de los impactos ambientales de dichos residuos, es cada vez más evidentes en los ecosistemas, animales y humanos (Villegas y Laines, 2017).

## 2.4.2. Tecnologías biológicas anaeróbicas

### 2.4.2.1. Digestión anaerobia

También llamada biometanización, proceso donde los microorganismos descomponen la materia orgánica sin presencia de oxígeno teniendo como producto final el biogás, biol o digestato y un sólido estabilizado. Su principal ventaja es producir energía y no solo consumir, donde se puede manejar residuos orgánicos con alto nivel de humedad (Gencat, 2009).

Aponte y Velez (2019) plantean que se dan tres fases fundamentales: sólida o hidrólisis, líquida o acetogénica y gaseosa o metanogénica.

Fase sólida o hidrólisis donde las proteínas, carbohidratos y lípidos son transformados en ácidos grasos, glucosa y aminoácidos por bacterias fermentativas. Esta fase consta de dos estadios, en la primera se da la solubilización de las partículas insolubles y la segunda, se da la descomposición de polímeros orgánicos a monómeros o dímeros.

Fase líquida o acetogénica, donde los azúcares formados en la primera fase son transformados en ácidos orgánicos, mediante la acción de las bacterias propiónicas, acidogénicas y las acetogénicas.

Fase gaseosa o metanogénica, los ácidos orgánicos formados en la fase anterior son empleados por las bacterias metanogénicas, se obtienen principalmente metano y gases ácidos como dióxido de carbono y sulfuro de hidrógeno; y todo bajo condiciones controladas de temperatura.

#### **a. Producción de biogás**

Proceso de digestión anaerobia, el metano producido es almacenado y utilizado como fuente de energía, y el residual (digestato) lo califican como abono orgánico rico en nutrientes que tiene como resultado beneficios para la agricultura y el medio ambiente (Barrera *et al.*, 2020)

El biogás es el producto de la combinación de metano y dióxido de carbono, resultado de la digestión anaerobia de la materia orgánica. Su producción está directamente relacionada con la carga orgánica de alimentación (COA), tiempo de retención hidráulica (TRH), relación de carbono y nitrógeno, tasa específica de crecimiento de microorganismos, pH, amonio, la temperatura y la mezcla en general. Tiene diferentes usos energéticos y es transformado en biometano, puede usarse como combustible de vehículos (Suárez *et al.*, 2018).

## **b. Biol**

Abono orgánico líquido, resultado de la digestión anaerobia de los residuos animales y vegetales. Las ventajas de este abono es la utilización de insumos que se encuentran en la localidad donde se va a desarrollar, su preparación es sencilla y tiene un bajo costo, su aplicación mejora el cultivo y previene enfermedades; pero el tiempo de preparación del biol es largo, de aproximadamente dos meses. Los factores que intervienen son: temperatura, la cual debe ser superior a los 50°C aproximadamente, la humedad óptima para una mayor eficiencia deberá estar entre los 50 a 60% del peso, la aireación de la mezcla es de 6 a 10% de oxígeno, el tamaño de las partículas, el pH que deberá oscilar entre 6.5 a 7 y la relación de carbono – nitrógeno deberá ser de 25-35 (Díaz, 2017).

### **2.4.2.2. Fermentación**

Proceso metabólico que realizan las levaduras y diversas bacterias donde se transforman compuestos orgánicos, principalmente azúcares, a otras sustancias orgánicas más simples como ácido láctico, etanol y ácido butírico. Es un proceso que ha sido utilizado hace miles de años y en las últimas décadas se ha desarrollado medicamentos, combustibles y diversos productos industriales (Puerta, 2013).

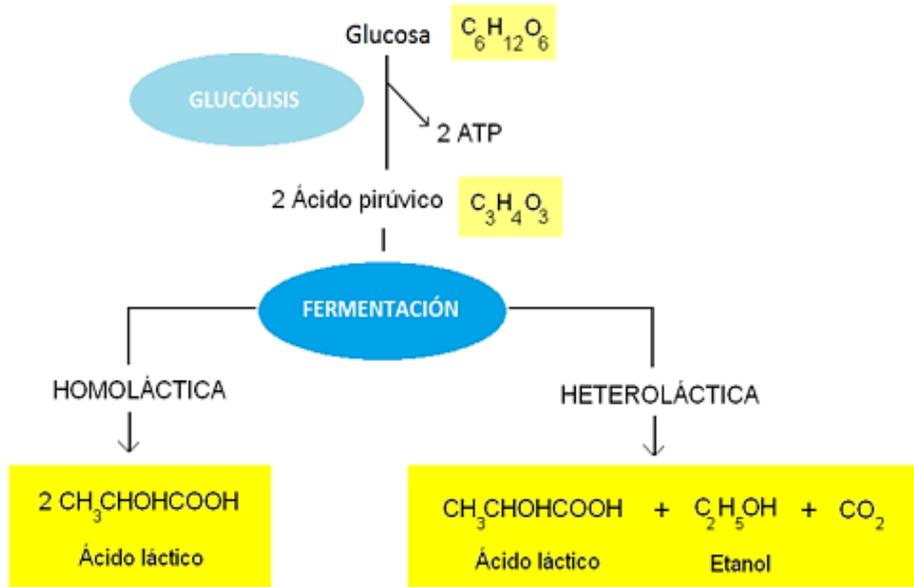
## **2.5. Fermentación láctica**

Se entiende por fermentación láctica al bioproceso llevado a cabo por Bacterias Ácido Lácticas (BAL) donde la energía celular se deriva de la fermentación de carbohidratos para producir ácido láctico principalmente. Para ello, llevan a cabo dos rutas metabólicas diferentes: fermentación homoláctica y heteroláctica. En la fermentación homoláctica se produce en su mayoría lactato a partir de la degradación de la glucosa siguiendo la vía glucolítica Emden-Meyerhof Parnas (EMP), mientras que la fermentación heteroláctica se caracteriza por producir cantidades aproximadamente equimolares de lactato, etanol/acetato, y dióxido de carbono a partir de glucosa por la vía 6-fosfogluconato/fosfoacetolasa (Mora, 2017).

Una fermentación con características benéficas inicia con cultivos iniciadores o starter. El starter consiste en una especie o combinaciones de especies microbianas que adicionadas a la matriz alimentaria produce un proceso fermentativo con baja producción de metabolitos indeseados, se expresa con el cambio de textura, color y *flavor* del producto final,

incrementando su capacidad de conservación y efectos benéficos para la salud del consumidor (Mora, 2017).

En la Figura 6, se representa el proceso de fermentación.



**Figura 6.** Fermentación homoláctica y heteroláctica.  
**FUENTE:** Adaptado por Niebla (2020)

### 2.5.1. Fermentación homoláctica

Proceso por el cual se produce la reducción del piruvato con apoyo de la enzima lactato deshidrogenasa, teniendo como producto final entre el 85 y 97% de ácido láctico o lactato. Los microorganismos que realizan esta fermentación son *Lactobacillus (delbrueckii, plantarum, bulgaricus, farciminis, gasseri, helveticus, jensenii, ruminis, shapeae, etc)*, *Lactococcus*, *Enterococcus*, *Streptococcus* y *Pediococcus* y también existen microorganismos estrictamente homolácticos (Arévalo, 2016).

### 2.5.2. Fermentación heteroláctica

Proceso fermentativo donde se obtienen varios productos finales entre ellos el ácido láctico (50% de la producción), dióxido de carbono, ácidos volátiles, ácido acético y otros compuestos. Los microorganismos más comunes son *L. lycopersici*, *L. mannitopoeus*, *L. acidphil-aerogenes*, *L. fermentum*, *L. fructosus*, *L. kéfir*, y *Leuconostoc* (Arévalo, 2016).

### 2.5.3. Bacterias ácido lácticas

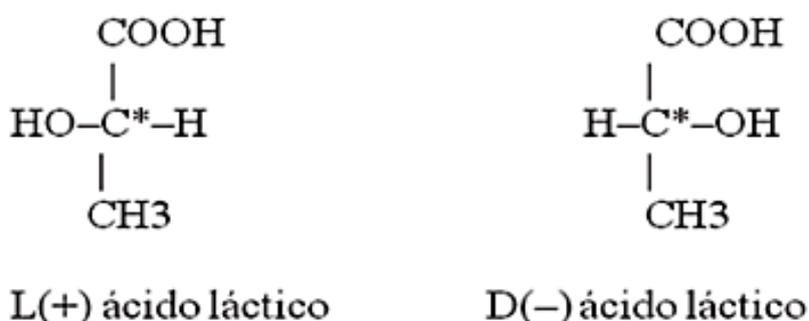
Se definen como una clase funcional que designa un grupo heterogéneo de bacterias Gram positivas, no patógenas, no toxigénicas, fermentadoras, caracterizadas por producir ácido

láctico a partir de carbohidratos. Otras características son: aerotolerantes, no forman esporas, no reducen el nitrato y no producen pigmentos (Crittenden, 2019).

Son un grupo de microorganismos que están presentes en varios medios ricos en nutrientes, es un grupo aproximado de 530 especies y subespecies, tienen forma de cocos o bastoncillos, gram positivo, catalasa negativa, no esporuladas y normalmente sin motilidad. Se clasifican en base a su morfología y fisiología en el uso de nutrientes, presión osmótica y condiciones atmosféricas para su crecimiento (Thamires *et al.*, 2021).

Las bacterias ácido-lácticas se caracterizan por generar un efecto inhibitorio a otros microorganismos y esta es la base para mantener la calidad y seguridad de gran variedad de productos alimenticios. Los principales factores que contribuyen a esta inhibición son: bajo pH y producción de bacteriocinas, etanol y diacetilo (Ramírez *et al.*, 2011).

Yurivilca (2023) menciona que una de sus principales funciones es el producir ácido láctico, que actúa como fuente esterilizadora porque inhibe a los microorganismos dañinos y promueve la rápida descomposición de la materia orgánica. Este mecanismo se basa en la disminución de pH del medio, aumentando la proporción de ácidos orgánicos en su forma no disociada ya que las bacterias ácido lácticas pueden desarrollarse a pH bajos. Las del género *Lactobacillus*, *Streptococcus* y *Enterococcus* son las más estudiadas, se emplean para la producción de ácido láctico y tienen las siguientes características: termófilas, con fermentación rápida y de sustratos baratos, necesidad mínima de nutrientes nitrogenados, que trabajen bien en pH bajos, baja producción de biomasa y mínima cantidad de subproductos. Son generalmente aerotolerantes y en la mayoría crecen mejor entre 5 y 10% de CO<sub>2</sub>. En la Figura 7, se presenta las estructuras isoméricas del ácido láctico.



**Figura 7.** Estructuras isoméricas del ácido láctico.  
**FUENTE:** Adaptado por Leiva, 2018.

## 2.6. Fertilizante orgánico

Producto que se obtiene de la degradación y mineralización de materiales orgánicos (estiércoles, desechos de la cocina, pastos incorporados al suelo en estado verde, etc.), que se utilizan en suelos agrícolas con el propósito de activar e incrementar la actividad microbiana de la tierra. Es rico en materia orgánica, energía y microorganismos, pero bajo en elementos inorgánicos. Las características físicas y químicas son muy variables, depende de los residuos orgánicos utilizados. Estos productos básicamente actúan en el suelo sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas (Moreno, 2019).

Villegas (2021) explica que toda fertilización orgánica del suelo procede de manera lenta e indirecta, además mejora la textura y estructura del suelo, incrementa la capacidad de retención de nutrientes, liberándolos a medida que necesita la planta. El fertilizante o abono orgánico es toda sustancia de origen vegetal, animal o mixto que se agrega al suelo para mejorar la fertilidad; contiene nutrientes, pero en concentración menor que los fertilizantes minerales.

### 2.6.1. Fertilizante por fermentación láctica

Herrera (2016) plantea que la obtención de fertilizante por fermentación láctica es una metodología no tradicional y de pocos años de investigación en la UNALM, dicho proceso fermentativo teniendo como insumos residuos sólidos agroindustriales y de otras industrias, da como resultado un fertilizante en estado sólido y líquido. El proceso fermentativo se emplea un consorcio microbiano, donde las bacterias aceleran la degradación del residuo orgánico para producir ácido láctico y a la par elimina agentes patógenos y otras bacterias.

Actualmente existen varias investigaciones realizadas dentro y fuera de la UNALM en base al proceso de fermentación láctica, para la obtención de fertilizantes o abonos líquidos y sólidos acelerados, cabe precisar que en algunas investigaciones lo llaman biol acelerado, aunque este sea un subproducto líquido de la obtención de biogás; y biosol al producto en estado sólido. En la Tabla 2, resumimos las investigaciones desarrolladas en la UNALM a base de fermentación láctica.

**Tabla 2:** Investigaciones desarrolladas en la UNALM a base de fermentación láctica

Proceso	Residuo utilizado	pH	C.E dS/m	M.O. g/L	N mg/L	P mg/L	K mg/L	Ca mg/L	Mg mg/L	Na mg/L	Zn mg/L	Cu mg/L	Mn mg/L	Fe mg/L	B mg/L	Fuentes		
Fermentación láctica	Efluente de Tarwi	Líqu.	3.29	18.80	67.16	1512	369.55	2687.50	619.25	415.75	157.50	1.07	0.63	0.85	14.05	2.63	Yurivilca (2023)	
	Malezas	Líqu.	3.46	27.20	86.10	2114	2114.06	4212.50	2488.75	875.00	757.50	20.25	0.68	8.23	30.65	2.68	Chihuan (2022)	
	Estiércol de porcino	Líqu.	4.00	20.1	108.28	4592	2931.57	5970.00	2235.00	1600.00	395.00	128.40	53.00	31.20	142.10	2.92	Moreno (2019)	
	Estiércol de vacuno	Líqu.	3.70	18.30	97.21	4508	671.69	5475.00	3160.00	755.00	655.00	27.05	5.60	11.50	33.85	5.79		
	y efluente de cervecería	Sól.	3.89	6.61	90.06	1.84	0.98	1.67	0.91	0.26	0.16	73	26	32	278	24		Leiva (2018)
	Excretas porcinas, sangre bovina y suero lácteo	Líqu.	3.70	22.60	185.88	10556	2270.16	7000.00	4885.00	1500.00	3750.00	273.50	19.40	44.85	168.75	3.89		López (2018)
	Fresa de descarte	Líqu.	3.64	8.55	32.40	630	120.18	2300.00	357.50	355.00	1150.00	1.50	1.50	1.98	2.68	1.81		Herrera (2017)
		Sól.	3.58	4.08	92.59	2.59	0.59	1.94	1.18	0.40	0.12	21	13	27	309	35		

Continuación ...

Estiércol de cuy	Líqu.	3.66		336.90	33824	2824.00	7350.00	1695.00	710.00	445.00	2.70	0.95	2.45	37.00	5.37	Zanabria (2017)
Heces de alpaca y lactosuero bovino	Líqu.	3.83	23.40	137.02	3696	658.10	8700.00	3335.00	12500.0	590.00	11.65	2.40	71.80	280.45	7.80	Quiñones (2016)
	Sól.	4.25	12.8	63.50 (1)	3.06 (1)	0.40 (1)	2.62 (1)	1.21 (1)	0.51 (1)	0.14 (1)	50 (2)	14 (2)	180 (2)	1454 (2)	55 (2)	
Excretas de vacuno y suero de quesería	Líqu.	3.72	18.5	87.48	3640	1165.32	4440.00	2695.00	855.00	970.00	36.25	5.90	17.20	152.30	2.49	Buchelli (2014)
	Sól.	3.90	12.5	66.64 (1)	3.45 (1)	0.87 (1)	1.99 (1)	1.08 (1)	0.45 (1)	0.27 (1)	126 (2)	26 (2)	42 (2)	679 (2)	17 (2)	
Papas de descarte	Líqu.	3.67	24.10	117.30	2688	275.52	5316.70	1316.70	750.00	450.00	4.12	1.53	3.48	38.80	6.01	Meza (2014)
	Sól.	3.98	9.95	74.83 (1)	0.81 (1)	0.22 (1)	3.51 (1)	0.53 (1)	0.25 (1)	0.07 (1)	15 (2)	13 (2)	24 (2)	1475 (2)	109 (2)	

(1) Resultados en % (2) resultados en ppm

En general la obtención del fertilizante orgánico acelerado a través de fermentación láctica se da con residuos orgánicos de la industria agropecuaria y puede adicionarse residuos orgánicos de otras industrias, además de los infaltables insumos: consorcio microbiano y melaza.

#### 2.6.2. Insumos empleados

Para la obtención de un fertilizante orgánico por fermentación láctica, se necesitan insumos ricos en materia orgánica, melaza y consorcio microbiano Gar – Lac.

##### 2.6.2.1. Melaza

También llamada miel, es un líquido denso y viscoso de color oscuro, producto final de la fabricación de la sacarosa procedente de la caña de azúcar, se utiliza en alimentos concentrados para animales y como suplemento alimenticio para el hombre (Leeson y Summers, 2000).

Residuo del proceso final de las mieles, actualmente es utilizado como alimento para el ganado o como sustrato en la producción de etanol de las bebidas alcohólicas. También conocida como miel final, es el residuo de la fabricación de azúcar, se obtiene por la separación consecutivas de mieles que se realiza luego de la evaporación de la meladura y la subsiguiente cristalización. Por una tonelada de caña molida se produce 0.03 toneladas de melaza, y por cada tonelada de azúcar comercial se produce 0.24 toneladas de melaza. Actualmente, es utilizada como suplemento nutricional para los animales y como fuente de carbono (Barrillas, 2021).

##### 2.6.2.2. Consorcio microbiano Gar-Lac

Cajahuanca y Miranda (2022), mencionan que son microorganismos benéficos, compuesto por bacterias probióticas del género *Lactobacillus*, la mayoría son homofermentativas, además de ser un producto microbiológicamente seguro, tiene un pH ácido de 3.5 inhibe la presencia de mohos, coliformes fecales y totales, al igual que la producción de ácidos orgánicos como bacteriocinas y peróxido de hidrogeno evitan el crecimiento de microorganismos patógenos; y la presencia de levaduras no es perjudicial ya que son esenciales para fermentar varios cuerpos orgánicos como azúcares, generando sustratos útiles para las bacterias ácido lácticas. Además, contiene bacterias mesófilas con la capacidad de desarrollarse en ambientes con pH ácido y un rango de temperatura óptima de 25 a 35°C, pero con un rango de 5 a 45 °C. Con respecto a su alimentación son rigurosas y

se desarrollan en ambientes ricos en vitaminas y fuentes de carbono, y uno de dichos alimentos es la melaza de caña. El uso del consorcio microbiano Garlac para la producción de biofertilizantes transforma las excretas de los animales, principalmente de la industria agropecuaria, en productos inocuos porque activa y desarrolla el proceso de fermentación.

## 2.7. Ensayo de fitotoxicidad en fertilizantes

Se conoce productos orgánicos con efectos fitotóxicos, estos efectos se manifiestan con la inhibición en la etapa de la germinación de semillas, crecimiento de raíces y otros rasgos de la plántula. El ensayo de fitotoxicidad con semillas de lechuga, *Lactuca sativa*, permite evaluar los efectos fitotóxicos de diversas sustancias orgánicas e inorgánicas en base a la germinación de las semillas y desarrollo de las plántulas en los primeros cinco días de crecimiento, siendo la principal ventaja su aplicación en una gran amplitud de muestras. Para el desarrollo del ensayo normalmente se utilizan semillas de lechuga ya que son excelentes como material biológico y han sido recomendadas por la USEPA y FDA, además se conoce su característica de fácil y rápida germinación (Herrera, 2017).

La evaluación del riesgo ambiental, tiene como herramienta al desarrollo de los bioensayos con plantas para obtener información de la toxicidad de alguna sustancia que pueda producir un daño en el sistema biológico, en su estructura o función e incluso producir la muerte. Es recomendable, realizar el bioensayo con semillas ya que permiten cuantificar el crecimiento de la raíz, la germinación y la elongación de la radícula. En el ensayo con semillas de *Lactuca sativa*, se evalúa los efectos fitotóxicos de un compuesto puro o de una mezcla, durante los primeros días del proceso de germinación y desarrollo de la plántula (Yurivilca, 2023).

En el Índice de Germinación se debe considerar los resultados obtenidos de semillas germinadas y del crecimiento de radícula de las plántulas de cada tratamiento, los cuales se reemplazarán en las siguientes ecuaciones (Varnero *et al.*, 2007):

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

$$PGR = \frac{\text{Número de semillas germinadas en la muestra}}{\text{Número de semillas germinadas en el control}} \times 100$$

$$CRR = \frac{\text{Elongación de radículas en la muestra}}{\text{Elongación de radículas en el control}} \times 100$$

IG: índice de germinación

PGR: porcentaje de germinación relativo

CRR: crecimiento de radícula relativo

Para Zucconi, citado por Varnero *et al* (2007) plantea la siguiente interpretación del índice de germinación (IG)

$IG \geq 80\%$	No hay sustancias fitotóxicas o están en muy baja concentración (baja fitotoxicidad)
$50\% \leq IG \leq 80\%$	Presencia moderada de sustancias fitotóxicas (moderada fitotoxicidad)
$IG \leq 50\%$	Fuerte presencia de sustancias fitotóxicas (alta fitotoxicidad)

## **III. MATERIALES Y METODOS**

### **3.1. Lugar y periodo de ejecución**

La presente investigación se llevó a cabo en el Laboratorio de Biotecnología Ambiental – Biorremediación “Luis Basto Acosta” de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Agraria La Molina, durante los meses de abril y julio del 2022.

### **3.2. Materiales**

#### 3.2.1. Insumos

- Excretas porcinas frescas, de la Unidad Experimental en Cerdos de la UNALM
- Vinaza proveniente de la empresa COAZUCAR de la Corporación Azucarera del Perú S.A.
- Consorcio Microbiano (Gar-Lac) de QOLLKA FER S.A.C.
- Melaza
- Semilla de lechuga Tropicana (*Lactuca sativa*)

#### 3.2.2. Materiales

- Bureta volumétrica
- Probeta de 100 ml y 50 ml
- Vasos Beaker (100 ml)
- Matraz volumétrico 50 ml
- Soporte universal
- Pipeta volumétrica
- Jeringas de 10, 5, 2 y 1 ml
- Embudos de plástico y metal
- Balde de 20L, 10L y 5L
- Tela
- Jarras de 1L
- Agua destilada

- Papel toalla y tissue
- Bandeja metálica
- Bolsas de plástico
- Pinzas
- Placas Petri
- Hojas milimétricas
- Tubo de ensayo
- Guantes
- Mandil
- Papel filtro

### 3.2.3. Equipos

- Biorreactor de acero inoxidable
- Balanza electrónica, de capacidad de 20 Kg - Marca HENKEL
- Balanza electrónica de precisión, de capacidad de 200 mg
- Horno eléctrico
- Prensa manual MQP120 de potencia de 20 Ton
- Potenciómetro marca Hanna Instruments modelo HI 8424
- Conductímetro marca Hanna Instruments
- Agitador y barra magnéticos
- Peletizadora
- Autoclave de capacidad de 30 L

### 3.2.4. Reactivos

- Solución de hidróxido de sodio 0.1 N, 2 L
- Solución buffer de pH 7.01 Hanna Instruments HI 7007
- Solución buffer de pH 4.01 Hanna Instruments HI 7007

### 3.3. Metodología

#### 3.3.1. Producción en escala piloto del fertilizante orgánico acelerado.

##### 3.3.1.1. Recolección de insumos

- a. La vinaza, fue recolectada de la empresa COAZUCAR de la Corporación Azucarera del Perú S.A, almacenado en un cilindro de plástico de 80 litros (Figura 8).



**Figura 8.** Vinaza almacenada

- b. Las excretas de cerdo se recolectaron de la Unidad Experimental en Cerdos de la Universidad Nacional Agraria La Molina para cada repetición (Figura 9).



**Figura 9.** Recolección de las excretas de cerdo.

- c. La melaza fue abastecida por la tienda para alimentos “El Comedero”, almacenada en baldes de 20 L (Figura 10).



**Figura 10.** Melaza

- d. El consorcio microbiano (Gar-Lac) fue abastecido por la empresa QOLLKA FER S.A.C. en la presentación como se ve en la Figura 11.



**Figura 11.** Consorcio microbiano (Gar – Lac)

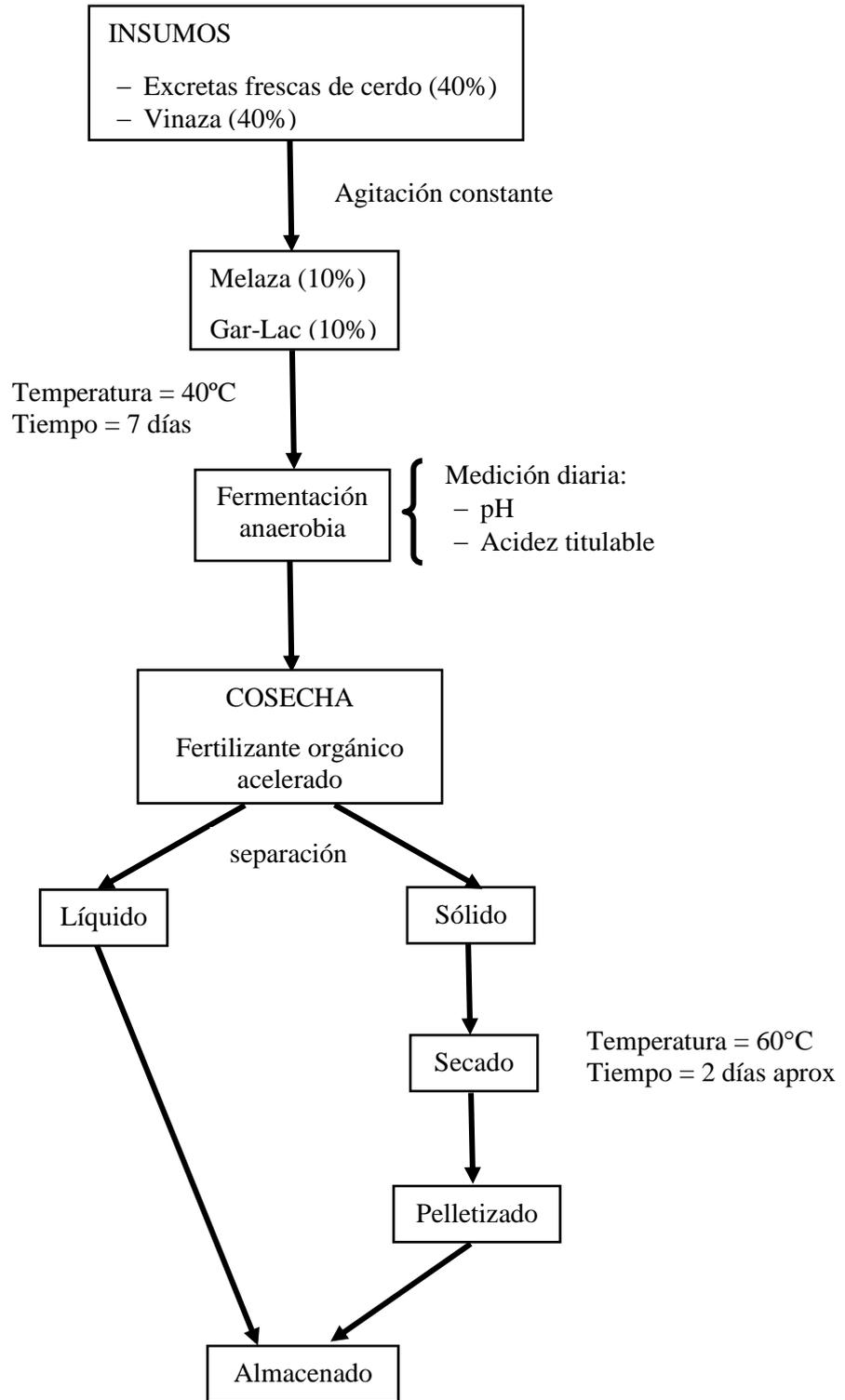
### 3.3.1.2. Procedimiento

La producción del fertilizante orgánico acelerado a escala piloto se realizó en un biorreactor de capacidad de 30 kg, en donde se mezclaron los insumos de acuerdo con la distribución que se presenta en la Tabla 3.

**Tabla 3:** Distribución de los insumos a procesar

<b>Insumos</b>	<b>Proporción (%)</b>	<b>Peso (Kg)</b>
Excretas frescas de cerdo	40	10
Vinaza	40	10
Melaza	10	2.5
Consortio microbiano (Gar-Lac)	10	2.5
Total	100	25

En la Figura 12 se describe el diagrama de flujo del proceso de obtención del fertilizante orgánico acelerado.



**Figura 12.** Diagrama de flujo de la obtención del fertilizante orgánico acelerado.

Cada repetición se basó en:

1. Pesar los insumos:
  - 10 kg de excretas frescas de cerdo
  - 10 kg de vinaza
  - 2.5 kg de melaza
  - 2.5 kg de Gar – Lac
2. Se adicionan los insumos en el siguiente orden:
  - Excretas frescas (Figura 13).



**Figura 13.** Adición de las excretas frescas de cerdo

- Vinaza, y la mezcla se homogeniza (Figura 14).



**Figura 14.** Adición de vinaza

- Melaza y se homogeniza toda la mezcla (Figura 15).



**Figura 15.** Adición de melaza

- Consorcio microb}iano Gar – Lac (Figura 16).



**Figura 16.** Adición del Gar – Lac

Se procede a generar el medio anaerobio, cubriendo la superficie interna del biorreactor (Figuras 17 y 18). Además, el biorreactor se configura a una temperatura de 40°C promedio.



**Figura 17.** Implementación interna del medio anaerobio, cubriendo la superficie de la mezcla con bolsa de polietilino



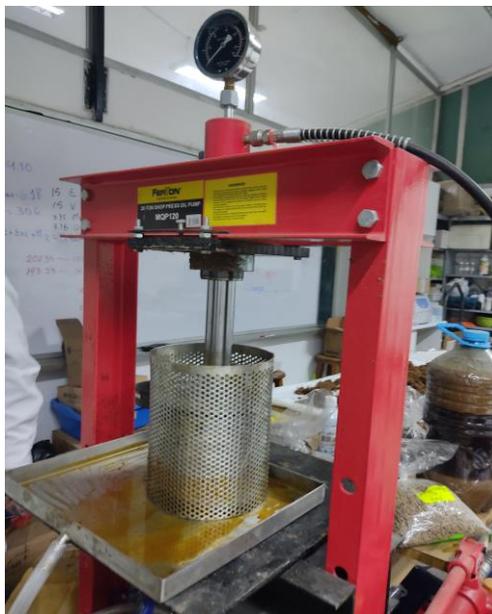
**Figura 18.** Implementación externa del medio anaerobio, se coloca la tapa metálica y se programa la temperatura a 40°C.

Durante los siguiente siete días da seguimiento al proceso mediante la medición del pH y porcentaje de ácido láctico. Al completar los días se procesa el fertilizante de la siguiente manera:

- Separación del fertilizante en sólido y líquido (Figuras 19 y 20).



**Figura 19.** Filtrado del fertilizante mediante el uso del colador metálico.



**Figura 20.** Prensado de la parte sólida del fertilizante.

- Almacenado del fertilizante orgánico acelerado líquido, en envases correctamente cerrados (Figura 21).



**Figura 21.** Almacenado del fertilizante orgánico acelerado líquido

- El fertilizante orgánico acelerado sólido, se dispone en bandejas y es secado en el horno a una temperatura de 60°C (Figura 22).



**Figura 22.** Fertilizante orgánico acelerado sólido puesto al horno

- Al tener el fertilizante orgánico acelerado sólido seco, es transformado a pellets (Figura 23 y 24).



**Figura 23.** Proceso de pelletización del fertilizante orgánico acelerado sólido



**Figura 24.** Fertilizante sólido orgánico acelerado en forma de pellet.

### 3.3.2. Análisis y evaluación del pH y porcentaje de acidez láctica del proceso fermentativo.

Desde el día cero hasta el día siete, se tomaron los valores de pH y de acidez titulable.

#### 3.3.2.1. Medición de pH

- Se usó el potenciómetro de marca HANNA Instruments modelo HI HI8424.
- Se calibró con dos buffers, de 4.01 y 7.01.
- Se midió el pH a los insumos antes del tratamiento.
- Se midió el pH desde el primer 0 al día 7 del ensayo a una temperatura promedio de 40°C, las mediciones se dieron por inmersión del electrodo en la muestra (Figura 25).



**Figura 25.** Medición de pH

#### 3.3.2.2. Medición del porcentaje de ácido láctico

- Se realizó mediante el Método Estandarizado 942.15 (AOAC 2007)
- Procedimiento:
  - Pesar 5g de muestra del fertilizante
  - Diluir la muestra en agua destilada hasta llegar a 50 mL.
  - Homogenizar la mezcla.
  - Tomar una alícuota de 20 mL
  - Titular con NaOH de 0.1N hasta obtener valores en un rango de  $8.1 \pm 0.2$  de pH.
  - Para el cálculo final usar la siguiente fórmula:

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

Donde:

G: Gasto de NaOH (mL)

N: Normalidad de NaOH

m: Masa de la muestra (g)

f: Factor de conversión por ácido láctico equivalente a 0.09

La medición del % de ácido láctico se realizó como se muestra en la Figura 26.



**Figura 26.** Medición del porcentaje de acidez titulable.

### 3.3.2.3. Análisis estadístico

El análisis estadístico se basa en el análisis de los datos obtenidos de pH y % de acidez total.

- Se analizó planteando la hipótesis de normalidad con una significación del 95% de acuerdo con la prueba de Shapiro Wilk.
- Se produjo los Diagramas de cajas y la Curva de variación de datos
- Se corrieron los datos en el Programa Estadístico R 4.2.1.Ink
- De acuerdo con el resultado se realizó la prueba de Correlación de Pearson en el análisis de datos por día y la prueba de Correlación de Spearman al analizar los promedios por día.

3.3.3. Evaluación de las características fisicoquímicas de las excretas de cerdo, vinaza y del fertilizante obtenido.

#### 3.3.3.1. Análisis físico-químicos

Se realizó en el Laboratorio de Análisis de suelos, plantas, aguas y fertilizantes de la UNALM, donde se determinó las características fisicoquímicas (pH, conductividad eléctrica, materia orgánica disuelta y sólidos totales), macronutrientes (N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O), micronutrientes (Fe, Cu, Zn, Mn y B) y metales pesados (Cr, Pb y Cd); este análisis se realizó para cada uno de los fertilizantes orgánicos acelerados obtenidos en cada ensayo, donde se obtuvo en forma líquida y sólida, este último se puso a la estufa para secarlo y de ahí se hizo pellets. Los métodos empleados se presentan en la Tabla 4.

**Tabla 4:** Métodos de ensayos fisicoquímicos

<b>Parámetro físico químico</b>	<b>Método</b>
pH	Potenciometría. Determinación en pasta saturada.
Conductividad eléctrica	Medición indirecta del contenido de sales solubles en el extracto acuoso obtenido de la pasta saturada.
Sólidos totales	Gravimetría, diferencia de peso.
Materia orgánica	Walkley y Black o Dicromato de Potasio
Nitrógeno	Kjeldahl
Fósforo	Azul de molibdeno. Método alternativo: Amarillo del Vanadato Molibdato.
Potasio, calcio, magnesio y sodio	Espectrofotometría de absorción atómica.
Hierro, cobre, zinc y manganeso	Espectrofotometría de absorción atómica.
Boro	Colorimétrico, empleando la curcumina disuelta en ácido acético glacial.
Pb, Cd y Cr	Digestión vía húmeda

**FUENTE:** Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Agua y Fertilizantes (LASPAF)

En las Figuras 27 y 28, se presenta las muestras enviadas al Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Agua y Fertilizantes (LASPAF).



**Figura 27.** Muestras del fertilizante líquido orgánico acelerado enviados al LASPAF.



**Figura 28.** Muestras del fertilizante sólido orgánico acelerado en presentación de pellets.

### 3.3.3.2. Análisis microbiológico

Se realizó en el Laboratorio de Ecología Microbiana y Biotecnología – Marino Tabusso, donde se determinó el recuento de aerobios mesófilos, enumeración de coliformes totales, fecales y *E. coli*, recuento de bacterias ácido lácticas y recuento de hongos y levaduras, esto se realizó para las excretas frescas y el fertilizante orgánico acelerado líquido. El método de análisis empleado se presenta en la Tabla 5.

**Tabla 5:** Método de ensayos microbiológicos

Análisis Microbiológico	Método
Enumeración de coliformes totales (NMP/g)	International Commission on Microbiological Specifications for Foods. 1983. 2da Ed. Vol 1 Part II, (Trad. 1988) Reimp. 2000. Editorial Acribia.
Enumeración de coliformes fecales (NMP/g)	
Enumeración de <i>E. coli</i> (NMP/g)	
Recuento de Mohos y levaduras (UFC/g)	
Recuento de aerobios mesófilos (UFC/g)	
Recuento de bacterias ácido lácticas (UFC/g)	

**FUENTE:** Laboratorio de Ecología Microbiana y Biotecnología – Marino Tabusso

En las Figuras 29 y 30, se presenta las muestras del fertilizante líquido orgánico acelerado al Laboratorio de Ecología Microbiana y Biotecnología – Marino Tabusso.



**Figura 29.** Muestras del fertilizante enviadas al Laboratorio de Ecología Microbiana y Biotecnología – Marino Tabusso.



**Figura 30.** Muestra de excreta fresca enviadas al Laboratorio de Ecología Microbiana y Biotecnología – Marino Tabusso.

3.3.4. Evaluación de la calidad del fertilizante orgánico acelerado en comparación con investigaciones donde emplean las tecnologías de compostaje, vermicultura y biodigestión.

Los resultados fueron comparados con las investigaciones de Shirakawa (2016), Moreno (2019), Ortiz (2020), Vásquez (2021) y Melendi, Chile & Fernández (2022).

3.3.5. Análisis de fitotoxicidad

Evaluar la fitotoxicidad del fertilizante orgánico acelerado líquido. Para el análisis de fitotoxicidad, se utilizó semillas de lechuga Tropicana (*Lactuca sativa*) de rápido crecimiento. Para evaluar los efectos fitotóxicos del fertilizante en sus diluciones (100/100, 10/100, 1/100, 0.1/100 y 0.01/100) y compararlos con una muestra control (agua de riego); y el tiempo de germinación será de 120 horas, siguiendo la metodología especificada por Sobrero y Ronco (2004).

El material utilizado fue esterilizado debidamente en un equipo de Autoclave por 20 minutos a una presión de 20 bar llegando a una temperatura de 120°C (Figura 31).

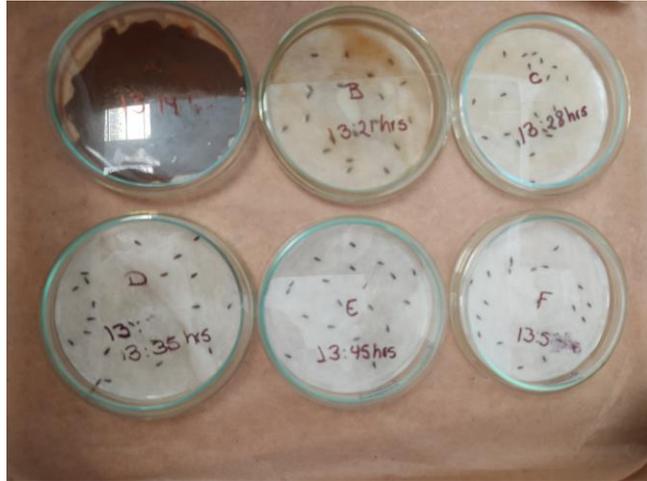


**Figura 31.** Material esterilizado

1. Colocar en todas las placas Petri papel filtro y señalarlas los datos de: dilución, fecha y hora de inicio del ensayo.
2. Verter un aproximado de 5 ml de la dilución en cada placa, evitando se produzcan bolas de aire.
3. Colocar las semillas, distribuidas homogéneamente en todo el espacio de la placa Petri (Figura 32 y 33).



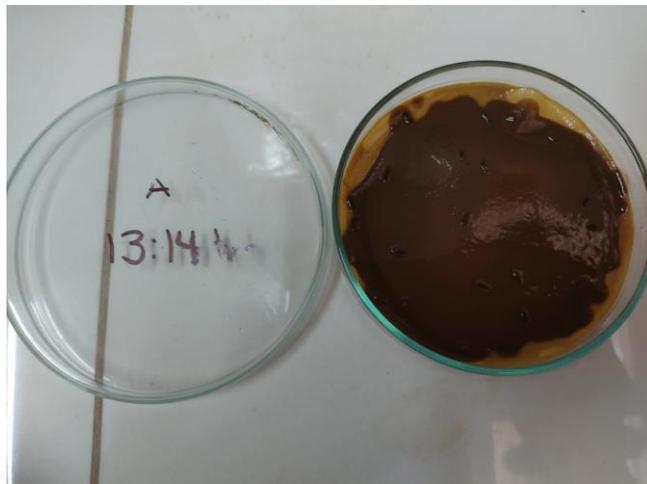
**Figura 32.** Diluciones para utilizar en el análisis de fitotoxicidad.



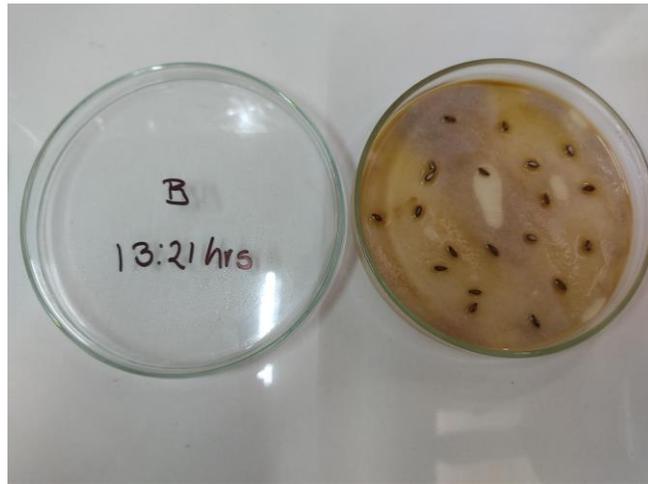
**Figura 33.** Placas con fertilizante y semillas, al inicio del análisis de fitotoxicidad.

4. Para evitar contaminación y pérdida de humedad se coloca en una caja con tapa.
5. Realizar tres repeticiones de todas las diluciones.
6. Evaluar los resultados, al terminar el tiempo de 120 horas.

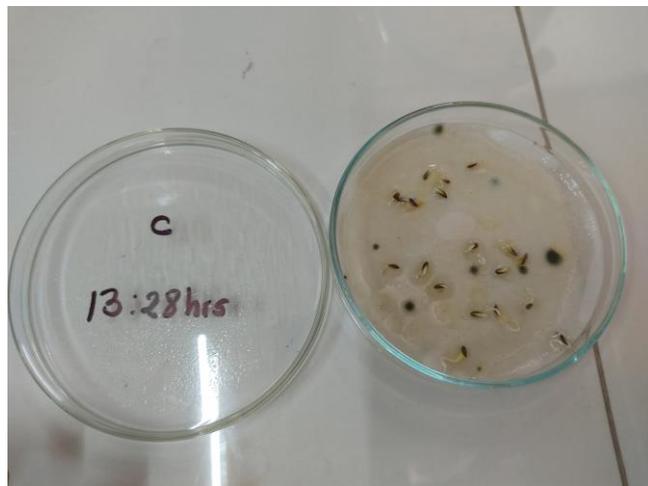
Al finalizar el tiempo del análisis, se observan las placas con las semillas de la siguiente manera (Figura 34, 35, 36, 37, 38 y 39)



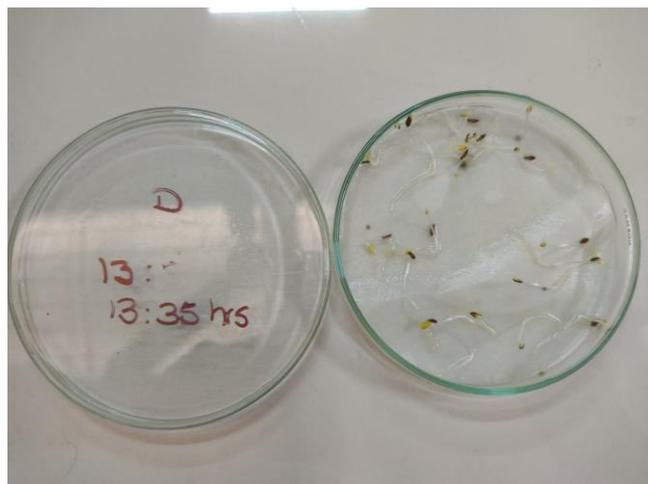
**Figura 34.** Dilución de 100/100



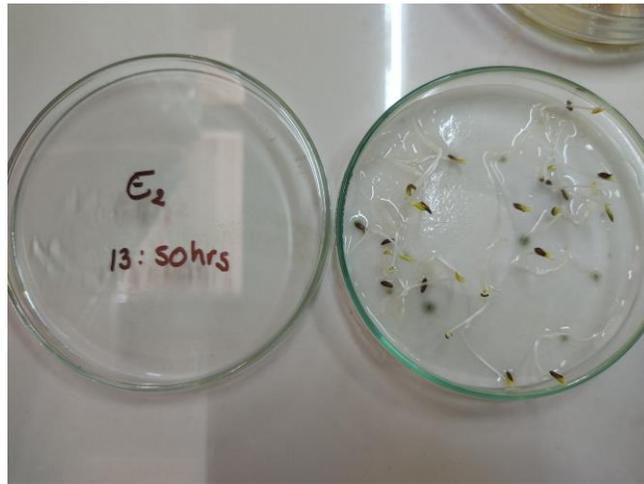
**Figura 35.** Dilución de 10/100



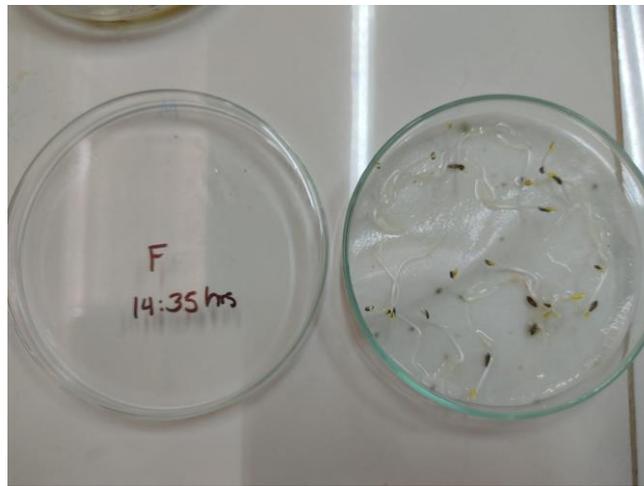
**Figura 36.** Dilución de 1/100



**Figura 37.** Dilución de 0.1/100



**Figura 38.** Dilución de 0.01/100



**Figura 39.** Dilución de 0.001/100.

#### 7. Cálculo de resultados del análisis de fitotoxicidad

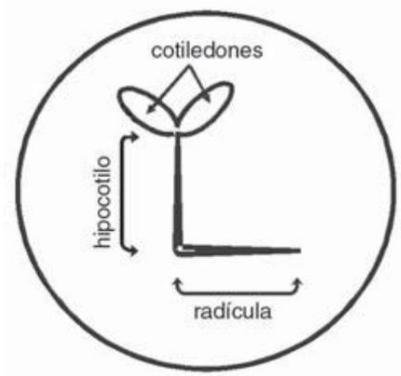
- Cálculo del efecto del fertilizante en la germinación se da mediante el Porcentaje de Germinación Relativo (PGR)

$$PGR = \frac{\text{Número de semillas germinadas en la muestra}}{\text{Número de semillas germinadas en el control}} \times 100$$

- Cálculo del efecto del fertilizante en la elongación de la radícula se da mediante el Crecimiento de Radícula Relativo (CRR)

$$CRR = \frac{\text{Elongación de radículas en la muestra}}{\text{Elongación de radículas en el control}} \times 100$$

En las Figuras 40 y 41 se muestra los distintos estadios de germinación y elongación de la semilla de lechuga.



**Figura 40.** Esquema de la plántula de *L. sativa* al finalizar el periodo de exposición. Adaptado por López (2016).



**Figura 41.** Estadios por los que atraviesa la semilla de lechuga durante el ensayo de la germinación y elongación. Adaptado por López (2016).

– Cálculo del Índice de Germinación:

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

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Producción del fertilizante orgánico acelerado

#### 4.1.1. Evaluación de la producción del fertilizante orgánico acelerado

El porcentaje de humedad de las excretas frescas de cerdo es de 76.37, se tiene un aporte de sólidos de 2.36 kg y líquidos de 7.64 kg. En la Tabla 6, se presenta el pH de los insumos y la mezcla en todas las repeticiones del ensayo, se midió el pH de las excretas frescas de cerdo, vinaza, consorcio microbiano y la mezcla, en cada una de las repeticiones. Se identifica que el pH de las excretas frescas es mayor a 6 y el de la vinaza y consorcio microbiano es de alrededor de 4 y 3 aproximadamente, teniendo el pH de la mezcla en cada una de las repeticiones del ensayo piloto de la siguiente manera: EP1 = 5.20, EP2 = 5.26, EP3 = 5.25 y EP4 = 5.19.

**Tabla 6:** Medición de pH de los insumos y la mezcla, en todas las repeticiones del ensayo

	<b>EP1</b>	<b>EP2</b>	<b>EP3</b>	<b>EP4</b>
Excretas frescas de cerdo	6.18	6.56	6.45	6.12
Vinaza	4.32	4.31	4.32	4.33
Melaza	4.10	4.05	4.10	4.07
Consorcio microbiano (Gar-Lac)	3.06	3.05	3.03	3.04
Mezcla	5.20	5.26	5.25	5.19

El fertilizante orgánico acelerado obtenido tanto en estado sólido y líquido medido en kilogramos en las cuatro repeticiones del ensayo piloto (Tabla 7).

**Tabla 7:** Obtención del fertilizante orgánico acelerado, en kilogramos

<b>Estado</b>	<b>EP1</b>	<b>EP2</b>	<b>EP3</b>	<b>EP4</b>
Sólido	3.5	3.7	3.3	2.3
Líquido	18.6	17.7	18.3	20.6
Total	22.1	21.4	21.6	22.9

El peso total ingresado al biorreactor (25kg) y el peso de salida en cada repetición del ensayo piloto: EP1 = 22.1 kg, EP2 = 21.4 kg, EP3 = 21.6 kg y EP4 = 22.9 kg; y la eficiencia en promedio es de 88% considerando que hay merma por cada día donde se analiza el pH y el porcentaje de acidez total, las pérdidas en el trasvase del fertilizante al retirarlo del biorreactor y almacenarlo, y además tomando en cuenta la evaporación (Tabla 8).

**Tabla 8:** Eficiencia de la obtención del fertilizante orgánico acelerado en %

	<b>EP1</b>	<b>EP2</b>	<b>EP3</b>	<b>EP4</b>
Ingreso (kg)	25.0	25.0	25.0	25.0
Salida (kg)	22.1	21.4	21.7	22.9
Eficiencia (%)	88.2	85.6	86.6	91.6

En la Tabla 9, se observa que la obtención del fertilizante en forma líquida es casi total (85.4 % promedio) del fertilizante obtenido mientras que en forma sólida (14.6 % en promedio) del total de fertilizante obtenido.

**Tabla 9:** Fertilizante orgánico acelerado en presentación líquido y sólido, en %

<b>Estado</b>	<b>E1</b>	<b>E2</b>	<b>E3</b>	<b>E4</b>
Sólido (%)	15.7	17.4	15.3	10
Líquido (%)	84.3	82.6	84.7	90

Ortiz (2020) obtuvo un rendimiento del proceso con un mínimo de 45.4% y un máximo de 60.1%, dichos porcentajes son menores a los obtenidos en la presente investigación donde la eficiencia mínima es de 85.6 % y la máxima es de 91.6 %.

## **4.2. Análisis de pH y % de acidez total**

### **4.2.1. Análisis de pH**

Desde el día 0 se dio la activación de la fermentación y con el burbujeo observado se infiere que se inició la actividad microbiana.

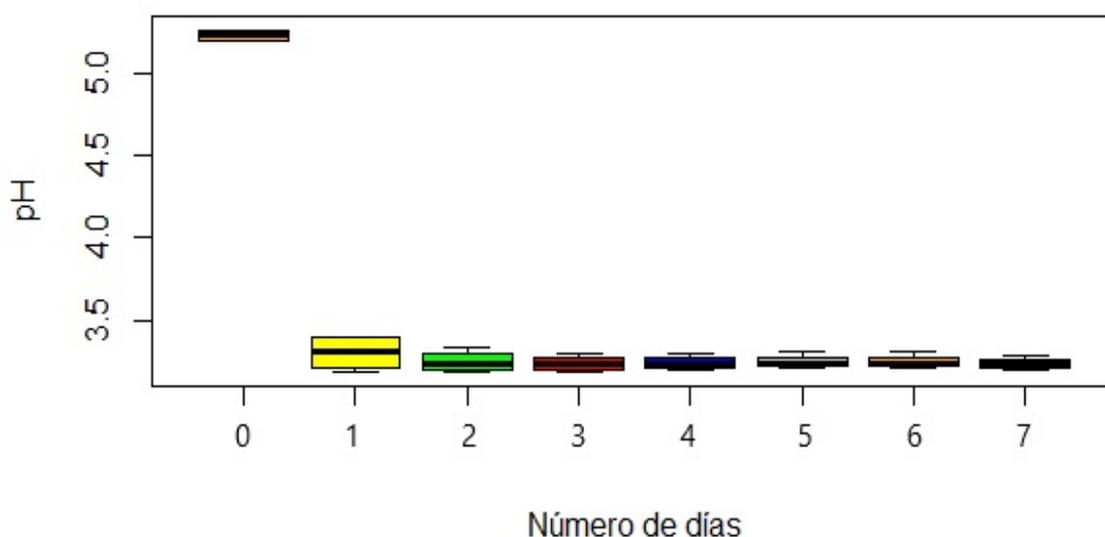
En la Tabla 10, se presenta el valor promedio del pH inicial es de 5.23 y desde el día siguiente se tiene lecturas de pH menores a cuatro con un pH promedio de 3.31 y los días consecutivos se obtuvo un pH promedio de 3.25, 3.24, 3.25, 3.25, 3.25 y el último día se obtuvo un pH promedio 3.24.

En todas las repeticiones del Ensayo Piloto (EP), el pH a las 24 horas de haber iniciado la fermentación descendió a valores menores de 3.5 y esto se da por acción de las bacterias ácido lácticas, que teniendo las condiciones óptimas como: el medio anaerobio, la melaza como sustrato y las cepas de *Lactobacillus*, realizan la degradación de los carbohidratos de la materia orgánica desde el inicio; así como lo menciona Quiñones (2016). Las variaciones de pH en la presente investigación son similares a las encontradas por Buchelli (2014), Quiñones (2016), Herrera (2017), Leiva (2018), López (2018), Moreno (2019), Chihuan (2022) y Yurivilca (2023).

**Tabla 10:** Valores promedio de pH del fertilizante

	Día 0	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7
EP1	5.20	3.40	3.27	3.25	3.24	3.24	3.24	3.24
EP2	5.26	3.40	3.34	3.30	3.31	3.31	3.31	3.29
EP3	5.25	3.23	3.19	3.22	3.23	3.23	3.22	3.23
EP4	5.19	3.19	3.20	3.19	3.20	3.21	3.23	3.20

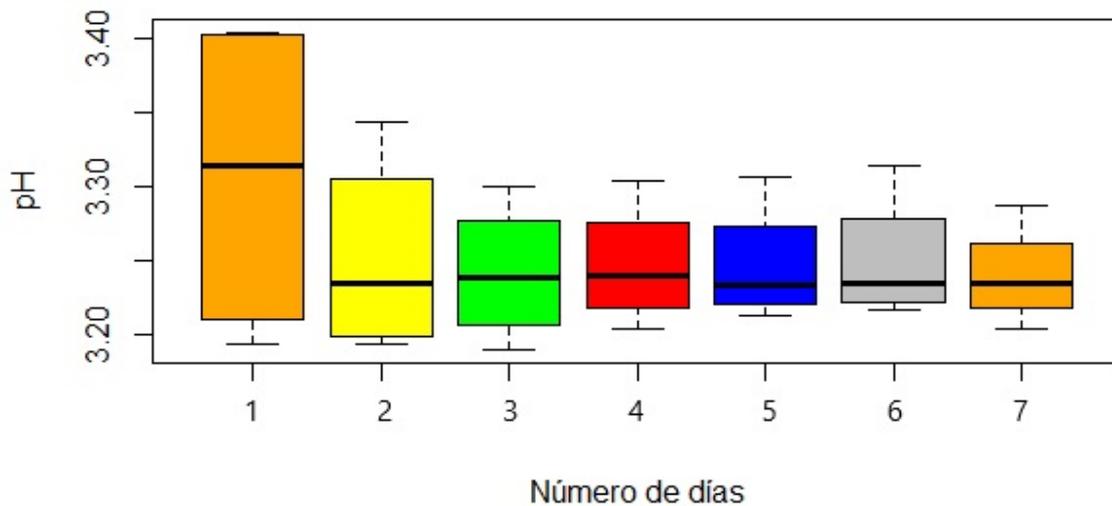
En la Figura 42 y Anexo 2, se observa que los resultados del Día 0 tienen un promedio de 5.226, el 25% de los resultados son menores o iguales a 5.20 mientras el 75% a 5.254 unidades de pH y una mediana de 5.228; además se identifica que los siguientes días los valores de pH disminuyen abruptamente hasta valores menores a 4.



**Figura 42.** Diagrama de Cajas de la Variación de pH desde el día 0.

Por cuestiones de mejor visualización se obtiene a la Figura 43 y considerando el Anexo 2, el Día 1 se tiene un promedio de 3.306, el 25% de los resultados están dentro de 3.218 mientras el 75% dentro del 3.401 y la mediana es de 3.313 unidades de pH; el Día 2 tiene un

promedio de 3.252, el 25% de valores está dentro de 3.201 y el 75% dentro de 3.286 y se tiene una mediana de 3.313; en el Día 3 se obtiene un promedio de 3.242, con valores menores o iguales a 3.215 que representan el 25% mientras el 75% está dentro del 3.265 y una mediana de 3.238 unidades de pH; para el Día 4 tiene una media de 3.247 con un 25% de los resultados menores o iguales 3.226 y el 75% el de 3.261, y con una mediana de 3.240; Día 5 los valores de la media es de 3.247, mediana 3.233, un primer cuartil de 3.223 mientras que el tercer cuartil es 3.257; Día 6 se tiene una media de 3.250, una mediana de 3.235, el primer cuartil a 3.224 y el tercer cuartil 3.261; y por último el Día 7 se obtuvo una media de 3.240, mediana de 3.235, un primer cuartil a 3.226 y un tercer cuartil a 3.249 unidades de pH.



**Figura 43.** Diagrama de Cajas de la Variación de pH desde el día 1.

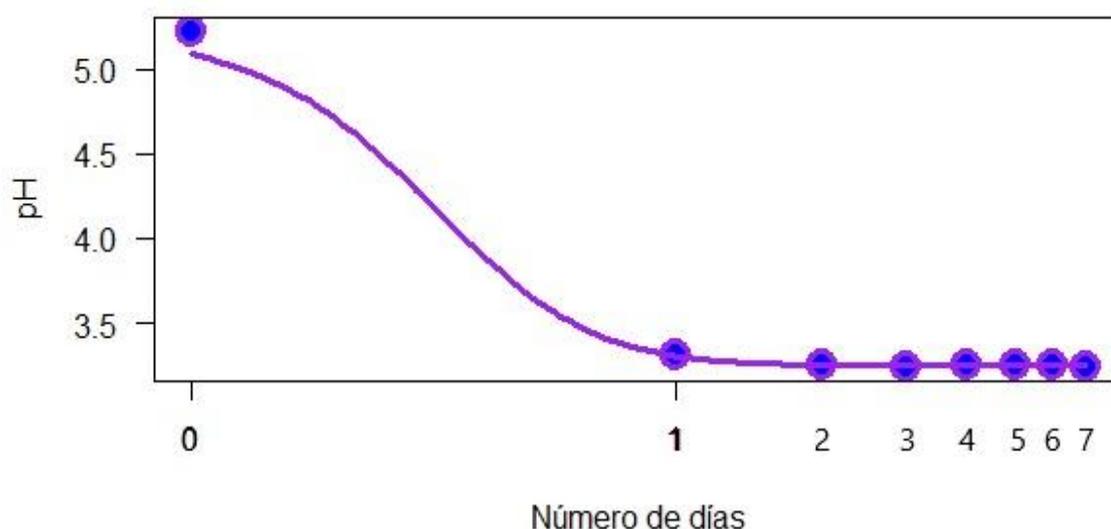
Se realizó la prueba estadística de Normalidad Shapiro – Wilk utilizando el programa RStudio versión 4. 2. 1., para cada día en los cuatro Ensayos Piloto con relación al pH, donde se obtuvo los resultados de p-valor para el Día0 = 0.1895, Día1 = 0.1094, Día2 = 0.4243, Día3 = 0.9694, Día4 = 0.7515, Día5 = 0.2401, Día6 = 0.1915 y Día7 = 0.6219, dichos resultados son mayores al 0.05; en un intervalo de confianza del 95% se acepta la hipótesis de distribución normal para todos los siete días. Y si se analiza la totalidad de los datos se obtuvo el p-valor de 1.901e-06 que es menor a 0.05 por lo tanto se puede negar la hipótesis de distribución normal y afirmar que los valores de pH obtenidos no siguen una distribución normal.

En la Tabla 11, se presenta los valores promedio de cada día del proceso fermentativo del fertilizante.

**Tabla 11:** Valores promedio de pH por día

DÍA	PH
0	5.23
1	3.31
2	3.25
3	3.24
4	3.25
5	3.25
6	3.25
7	3.24

Estos resultados se pueden corroborar en la Figura 44, donde se grafica de Variación de pH durante los siete días que duró cada Ensayo Piloto.



**Figura 44.** Curva de la Variación de pH

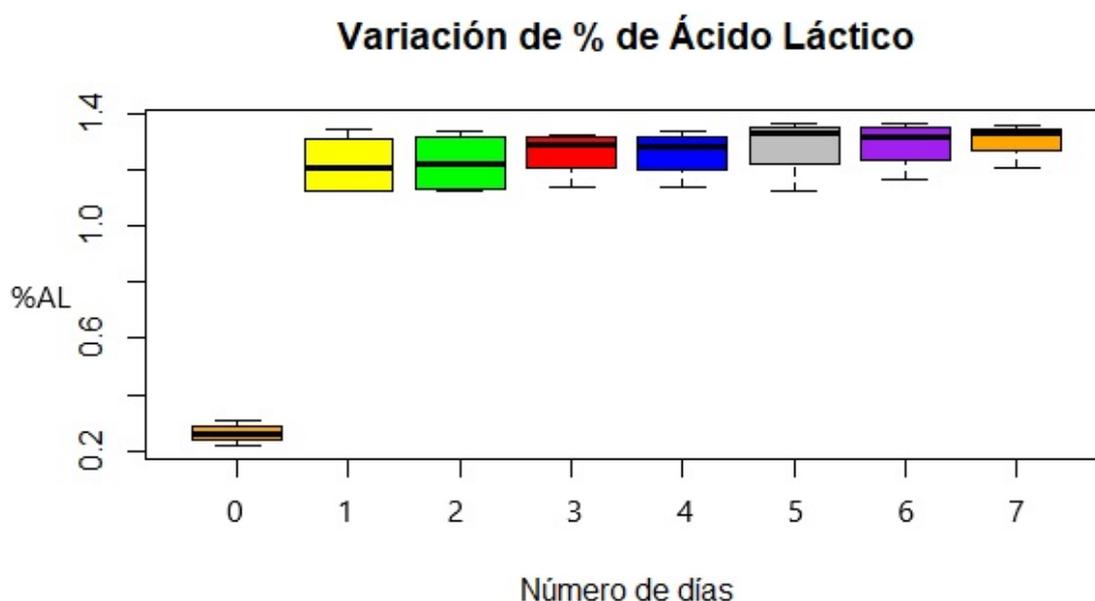
#### 4.2.2. Análisis del % de ácido láctico

De acuerdo con la Tabla 12, el valor promedio inicial del porcentaje de acidez total en todas las repeticiones del Ensayo Piloto es de 0.26 %, y este valor se asumirá en términos de Ácido Láctico. Los valores promedio en los días consecutivos fueron en ascenso de 1.22 %, 1.23 %, 1.26 %, 1.26 %, 1.29 %, 1.30 % y teniendo como resultado final 1.31 %. Estos resultados en constante ascenso, evidencian que el proceso de fermentación es homoláctica donde no se produce CO<sub>2</sub> ni alcohol, y se inhibe la producción de otros microorganismos salvo las BAL; así mismo como lo indica Quiñones (2016) y Yurivilca (2023).

**Tabla 12:** Valores promedio del % de ácido láctico

	Día 0	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7
EP1	0.31	1.28	1.30	1.31	1.30	1.34	1.33	1.33
EP2	0.22	1.13	1.14	1.27	1.27	1.32	1.31	1.33
EP3	0.27	1.34	1.34	1.32	1.34	1.37	1.37	1.36
EP4	0.25	1.12	1.12	1.14	1.14	1.12	1.17	1.21

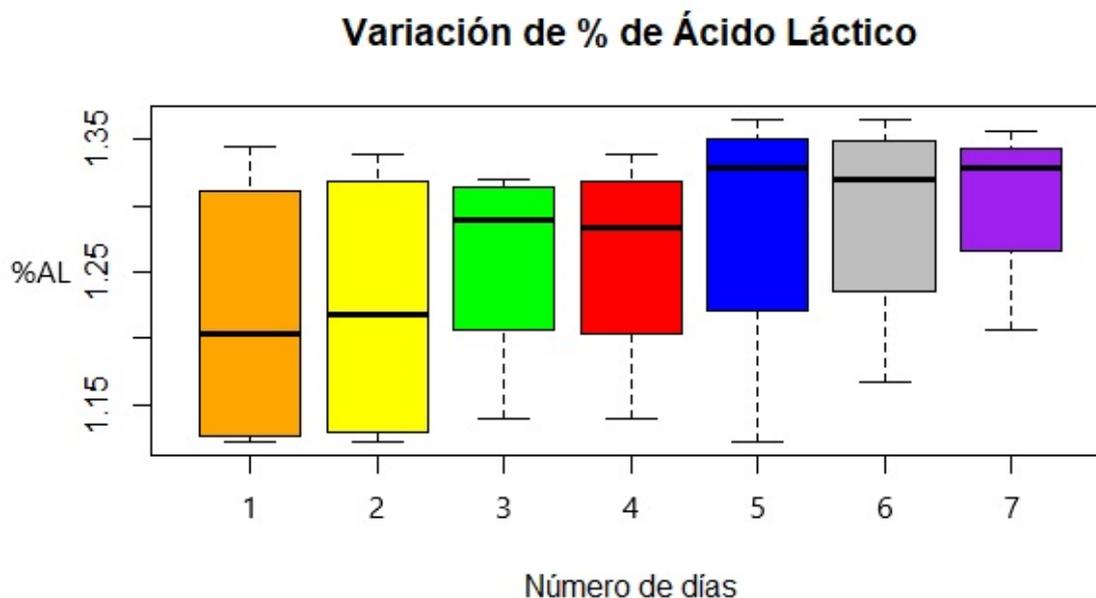
Se observa los resultados del Día 0 un promedio de 0.2627%, el primer cuartil de 0.2437% mientras el tercer cuartil de 1.294% y una mediana de 0.2610%; además se observa que los siguientes días los porcentajes de ácido láctico se incrementa abruptamente hasta valores mayores a 1 (Figura 45 y Anexo 4)



**Figura 45.** Diagrama de Cajas de la Variación de % Ácido Láctico desde el día 0.

El Día 1 se tiene un promedio de 1.218%, el 25% de los resultados están dentro del 1.129% de ácido láctico mientras el 75% dentro del 1.294 % y la mediana es de 1.204; el Día 2 tiene un promedio de 1.224%, el 25% de valores está dentro del 1.133% de resultados y el 75% dentro del 1.310% ácido láctico y se tiene una mediana de 1.218%; en el Día 3 se obtiene un promedio de 1.260%, con valores menores o iguales a 1.239% que representan el 25% mientras el 75% está dentro del 1.310% de ácido láctico y una mediana de 1.289%; para el Día 4 tiene una media de 1.261%, con un primer cuartil de 1.234% y el tercer cuartil de 1.338%, y con una mediana de 1.283; Día 5 los valores de la media es de 1.286%, mediana 1.328%, un primer cuartil de 1.270% mientras que el tercer cuartil es 1.344%; Día 6 se tiene una media de 1.293%, una mediana de 1.319%, el primer cuartil a 1.270% y el tercer cuartil

1.341%; y por último el Día 7 se obtuvo una media de 1.304%, mediana de 1.328%, un primer cuartil a 1.296% y un tercer cuartil a 1.336% de ácido láctico (Figura 46 y Anexo 4).



**Figura 46.** Diagrama de Cajas de la Variación de % Ácido Láctico desde el día 1.

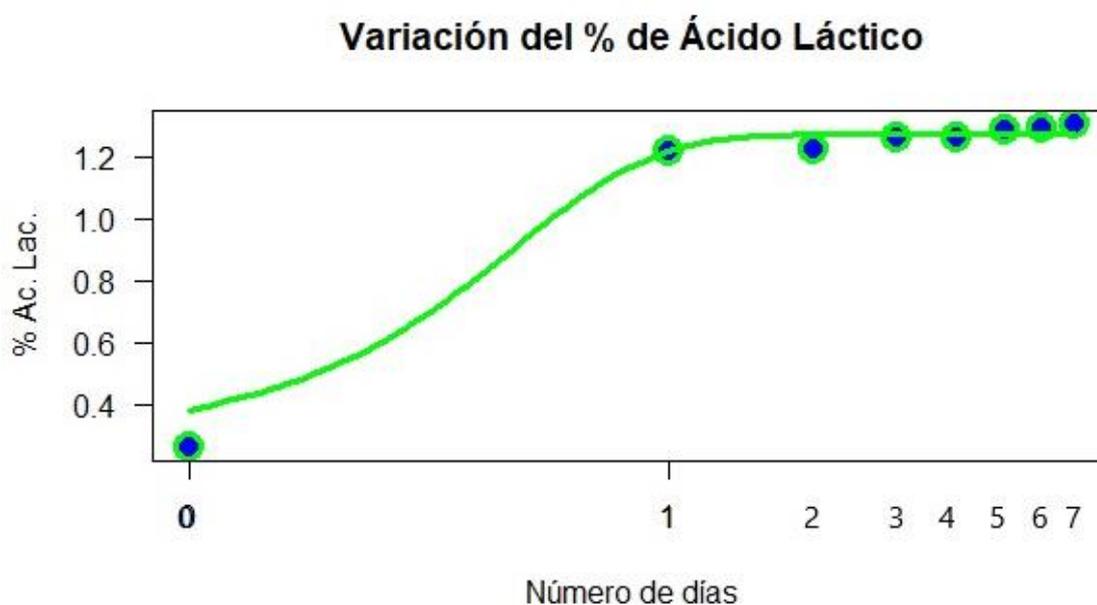
Al realizar la prueba estadística de Normalidad Shapiro – Wilk utilizando el programa RStudio versión 4. 2. 1. (Anexo 4), para cada día en las cuatro repeticiones del Ensayo Piloto en relación con el porcentaje de Ácido Láctico. Donde obtuvimos los resultados de p-valor para el Día 0 = 0.9831, Día 1 = 0.2817, Día 2 = 0.192, Día 3 = 0.1549, Día 4 = 0.4736, Día 5 = 0.07366, Día 6 = 0.2909 y Día 7 = 0.09582, y como dichos resultados son mayores al 0.05 se puede afirmar que a un intervalo de confianza del 95% se acepta la hipótesis de distribución normal para todos los siete días.

Si analizamos el promedio del % de ácido láctico en los siete días de análisis (Tabla 13), se obtiene el p-valor de 1.034e-05 menor a 0.05 por lo tanto se puede negar la hipótesis de distribución normal y se afirma que los valores del porcentaje de ácido láctico obtenidos no siguen una distribución normal.

**Tabla 13.** Valores promedio de % Ácido Láctico por día

DÍA	AL
0	0.26
1	1.22
2	1.22
3	1.26
4	1.26
5	1.29
6	1.29
7	1.30

Estos resultados se corroboran con la Figura 47, grafica de Variación del % de Ácido Láctico durante los siete días que duró cada Ensayo Piloto.



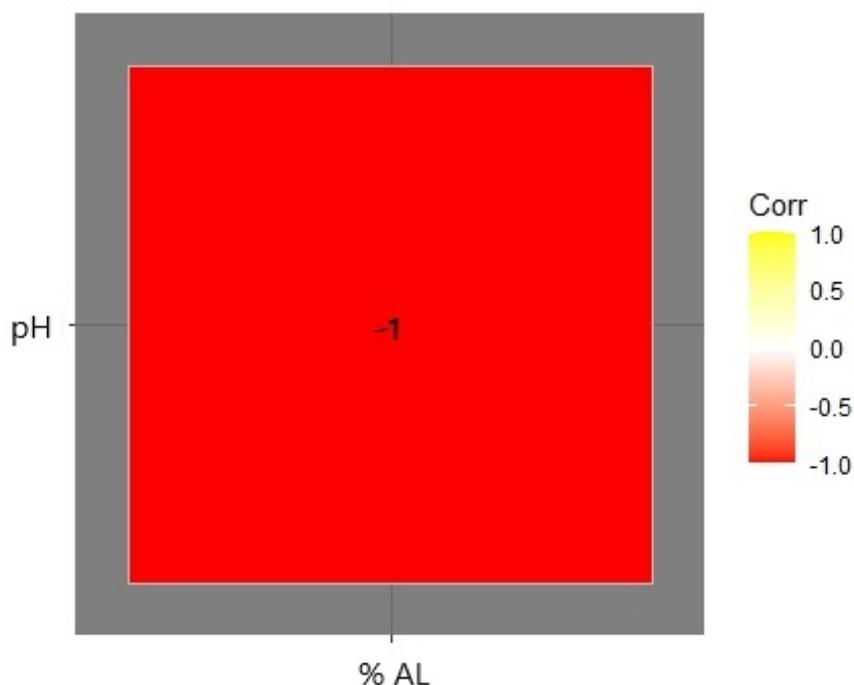
**Figura 47.** Curva de la Variación del % de Ácido Láctico

#### 4.2.3. Relación entre pH - % de ácido láctico

De acuerdo con los valores en las Tablas 11 y 13 se identifica la relación inversamente proporcional entre el pH y el % de ácido láctico y éstas se visualizan en las figuras 44 y 47.

Los datos que no tienen relación normal se trataron mediante la Correlación de Spearman donde se identifica que la correlación es de -1 (Figura 48) es una correlación negativa grande y perfecta como lo menciona Martínez (2009). Se puede afirmar que a medida que avanzan los días, el comportamiento de pH va aminorando mientras que el del % de ácido láctico va

en aumento; y en relación con Rho el resultado es de -0.7784571 por lo que se puede afirmar que las variables pH y % ácido láctico no son independientes lo que reafirma la relación entre dichas variables.



**Figura 48.** Correlación de las variables pH y % Ácido Láctico

### 4.3. Análisis físico – químico del fertilizante orgánico acelerado

#### 4.3.1. Análisis inicial de los insumos

La obtención del fertilizante mediante fermentación láctica se dio por intervención de las excretas de cerdos, vinaza, melaza y el consorcio microbiano Gar – Lac. En la Tabla 14, se resume las características físico – químicas de las excretas frescas de cerdo.

**Tabla 14:** Características físico – químicas de las excretas frescas de cerdos de la Unidad Experimental en Cerdos de la UNALM

Parámetro	Unidades	Excretas
pH	---	6.09
C.E.	dS/m	13.86
M.O.	%	80.04
N	%	3.37
P2O5	%	4.89
K2O	%	1.48
CaO	%	5.17

Continuación ...

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Excretas</b>
MgO	%	1.58
Hd	%	76.37
Na	%	0.60
Fe	Ppm	628.00
Cu	Ppm	198.00
Zn	Ppm	6975.00
Mn	Ppm	283.00
B	Ppm	16.00
Pb	Ppm	11.90
Cd	Ppm	1.45
Cr	Ppm	15.88

**FUENTE:** Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Agua y Fertilizantes (LASPAF)

En la Tabla 15, se resume las características físico – químicas de la vinaza.

**Tabla 15:** Características físico químicas promedio de la vinaza

<b>Parámetros</b>	<b>U/M</b>	<b>Promedio</b>
Temperatura	°C	98.40
pH	U	4.15
C.E.	mS/m	1623.29
Densidad	g/cm <sup>3</sup>	1016.70
Índice de Refracción	u	1340.85
% Cenizas	%	0.81
Sólidos Totales (ST)	mg/L	45238.75
Sólidos Totales Fijos (STF)	mg/L	8058.75
Sólidos Totales Volátiles (STV)	mg/L	37193.75
Viscosidad	cP	1.14
DQO	g/L	52.89
Nitrógeno total	%	0.68

**FUENTE:** Ariza, D., Rincón, M., Paz, C. & Gutiérrez, D. (2019). Evaluación de producción de biogás y reducción de carga orgánica de vinazas mediante digestión anaerobia

En la Tabla 16, se resume las características físico – químicas de la melaza de caña.

**Tabla 16:** Contenido nutricional de la melaza de caña

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

**FUENTE:** Adaptado por Yurivilca E. (2023)

En la Tabla 17, se resume las características físico – químicas del Gar – Lac.

**Tabla 17:** Características físico – químicas y microbiológicas del Gar – Lac

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Gar - Lac</b>
pH		3.40
C.E.	dS/m	12.90
Sólidos Totales	g/L	39.00
M.O. en Solución	g/L	28.71
N Total	mg/L	1239.00
P Total	mg/L	32.71
K Total	mg/L	2597.50
Ca Total	mg/L	585.00
Mg Total	mg/L	333.50
Na Total	mg/L	177.50
Ácido Húmico	%(p/v)	0.20
Ácido Fúlvico	%(p/v)	1.51
Humina	%(p/v)	0.05
Fe Total	mg/L	5.93
Cu Total	mg/L	0.38
Zn Total	mg/L	1.18
Mn Total	mg/L	0.68
B Total	mg/L	1.32
N. Bacterias Ácido Lácticas	UFC/mL	11x1000000
N. Coliformes Fecales	NMP/mL	<3
N. de Mohos	UFC/mL	<10 Estimado
N. de Levaduras	UFC/mL	56x1000
N. de Aerobios Mesófilos	UFC/mL	80x1000

**FUENTE:** Qollkafer 2018

#### 4.3.2. Evaluación de las características físico química del fertilizante orgánico acelerado

##### 4.3.2.1. Fertilizante orgánico acelerado líquido

De acuerdo con los resultados del laboratorio, como figura en la Tabla 18, se observa que el pH inicial de las excretas frescas es 6.07 que es casi neutro, que al ser procesado y convertido en fertilizante orgánico acelerado líquido el pH es de 3.76 en promedio, es un descenso que confirma la participación de las BAL, *Lactobacillus*.

**Tabla 18:** Análisis físico químico de los fertilizantes orgánicos acelerados líquido, resultantes de los cuatro Ensayos Piloto

Parámetro	Unidad	EP1	EP2	EP3	EP4	Promedio
pH	---	3.75	3.86	3.76	3.65	3.76
C.E.	dS/m	30.62	30.95	32.45	30.62	31.16
Sólidos Totales	g/L	172.78	180.30	176.42	158.68	172.05
M.O. en Solución	g/L	46.40	47.62	43.70	39.86	44.40
N Total	mg/L	6942.12	7042.87	7173.63	6323.27	6870.47
P Total	mg/L	2424.34	2474.18	2224.99	1636.89	2190.10
K Total	mg/L	8525.00	8900.00	8800.00	7550.00	8443.75
Ca Total	mg/L	5685.00	6535.00	5582.00	3995.00	5449.25
Mg Total	mg/L	2350.00	2300.00	2125.00	1650.00	2106.25
Na Total	mg/L	805.00	935.00	955.00	720.00	853.75
Pb Total	mg/L	1.62	1.69	1.33	0.55	1.30
Cd Total	mg/L	0.34	0.30	0.32	0.28	0.31
Cr Total	mg/L	2.43	1.63	1.33	1.59	1.75
Fe Total	mg/L	161.75	130.00	79.38	63.60	108.68
Cu Total	mg/L	26.00	22.50	21.00	17.00	21.63
Zn Total	mg/L	912.50	845.00	590.00	635.00	745.63
Mn Total	mg/L	49.00	43.00	52.00	22.80	41.70
B Total	mg/L	3.17	2.75	3.43	2.94	3.07

**FUENTE:** Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Agua y Fertilizantes (LASPAF) 2022

La Conductividad Eléctrica es medida en unidades de dS/m, en las excretas frescas se tienen 13.86 dS/m como se muestra en el Anexo 5 y el fertilizante orgánico acelerado líquido se tiene 31.16 dS/m en promedio se observa en el Anexo 6, siendo mayor al valor de 16 dS/m y por ello es considerado muy salino al igual como lo menciona Quiñones (2016). Se debe tener en cuenta que la aplicación del fertilizante se realiza previa dilución en agua.

Sólidos totales se tiene 172.05 mg/L en promedio, valor es superior (136.92 mg/L) pero en relación con la M.O. (44.40 mg/L) es menor (108.28 mg/L) a los resultados obtenidos por Moreno (2019).

En macronutrientes, en especial al nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) se tuvo en promedio 6870.47 mg/L, 2190.10 mg/L y 8443.75 mg/L respectivamente, los valores de N y K fueron mayores mientras el valor de P fue menor a los resultados obtenidos por Moreno

(2019). Los otros parámetros como calcio (Ca), magnesio (Mg) y sodio (Na) los valores promedio 5449.25 mg/L, 2106.25 mg/L y 853.75 mg/L son mayores al de Moreno (2019).

En micronutrientes, los valores promedio: 108.68 mg/L de Fe, 21.63 mg/L de Cu, 745.63 mg/L de Zn, 41.70 mg/L de Mn y 3.07 mg/L de B son mayores al Moreno (2019).

**Tabla 19:** Comparación del fertilizante orgánico acelerado líquido con el Vásquez (2021) y Shirakawa (2016)

Parámetro	Unidad	Fertilizante orgánico acelerado líquido	Vásquez, 2021	Shirakawa, 2016
pH	---	3.76	6.14	5.74
C.E.	dS/m	31.16	17.00	15.70
Sólidos Totales	g/L	172.05	88.82	36.94
M.O. en Solución	g/L	44.40	61.44	21.76
N Total	mg/L	6870.47	1138.67	1421.00
P Total	mg/L	2190.10	843.41	545.16
K Total	mg/L	8443.75	1682.00	1250.00
Ca Total	mg/L	5449.25	1976.00	2840.00
Mg Total	mg/L	2106.25	462.00	384.00
Na Total	mg/L	853.75	916.00	367.00
Pb Total	mg/L	1.30	---	---
Cd Total	mg/L	0.31	---	---
Cr Total	mg/L	1.75	---	---
Fe Total	mg/L	108.68	---	46.80
Cu Total	mg/L	21.63	---	8.00
Zn Total	mg/L	745.63	---	243.90
Mn Total	mg/L	41.70	---	7.34
B Total	mg/L	3.07	---	2.01
Tiempo	días	7	84	63

Al comparar el fertilizante orgánico acelerado líquido obtenido en la presente investigación con Vásquez (2021), y por Shirakawa (2016) resumido en la Tabla 19. Los valores de pH son mayores, pero están dentro de los valores obtenidos en los bioles. Con respecto a la Conductividad Eléctrica, los valores están por encima de 16 dS/m, se puede afirmar que son salinos. Los Sólidos Totales presentan mayores resultados. La Materia Orgánica es mayor que el de Shirakawa (2016) pero menor que el de Vásquez (2021). Y los macronutrientes y micronutrientes del fertilizante orgánico acelerado líquido obtenido tiene valores mayores.

Se determina que los valores del fertilizante orgánico acelerado líquido tiene mejores valores de nutrientes, además se desarrolla en un periodo de 7 días mientras que Vásquez (2021) es 84 días y para Shirakawa (2016) 63 días.

El fertilizante orgánico líquido acelerado es más eficiente y de mejor calidad que los comparados.

#### 4.3.2.2. Fertilizante orgánico acelerado sólido

De acuerdo con los resultados de laboratorio como figura en la Tabla 20. Los valores de pH (4.30, 4.46, 4.14, 4.08) fueron mayores que los obtenidos en el fertilizante orgánico acelerado líquido. La Conductividad Eléctrica, en promedio es de 16.26 dS/m, menor al obtenido en la parte líquida.

**Tabla 20:** Análisis físico químico de los fertilizantes sólidos orgánicos acelerados, resultantes de los cuatro Ensayos Piloto

Parámetro	Unidad	EP1	EP2	EP3	EP4	Promedio
pH	---	4.30	4.46	4.14	4.08	4.25
C.E.	dS/m	14.79	17.76	17.68	14.82	16.26
M.O.	%	87.08	84.25	84.18	85.48	85.25
N	%	1.74	1.77	1.95	1.68	1.79
P2O5	%	1.65	1.77	1.72	1.18	1.58
K2O	%	2.02	2.14	2.29	1.93	2.10
CaO	%	2.07	2.43	2.05	1.67	2.06
MgO	%	0.67	0.79	0.78	0.64	0.72
Hd	%	0.36	0.40	0.49	0.20	0.36
Na	%	0.15	0.22	0.21	0.17	0.19
Fe	ppm	1325.00	369.00	245.00	206.00	536.25
Cu	ppm	49.00	50.00	49.00	51.00	49.75
Zn	ppm	1875.00	2125.00	1550.00	1950.00	1875.00
Mn	ppm	107.00	111.00	112.00	73.00	100.75
B	ppm	12.00	11.00	13.00	6.00	10.50
Pb	ppm	6.85	5.15	4.18	4.95	5.28
Cd	ppm	0.85	0.83	0.83	0.80	0.83
Cr	ppm	3.93	4.43	4.10	3.70	4.04

**FUENTE:** Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Agua y Fertilizantes (LASPAF)

Al comparar con Moreno (2019). El valor de pH (4.25) es similar (4.16), la C.E. (16.26

dS/m) es mayor (12.50 dS/m), se interpreta que en la conjunción de excretas frescas y vinaza se obtiene mayor presencia de sales en el producto. Los micro y macronutrientes presentas resultados similares o menores, se debe a que las excretas de cerdo representan el 40% del total mientras que en Moreno (2019) representan el 80% del total. Al comparar con Melendi *et al.* (2022), la M.O. presente (85.25%) es mayor (49.2%), N que se obtuvo (1.79%) menor (2.44%), P (1.58%) es mayor (1.39%), K (2.10%) es mayor (0.12%), esto se debe a la presencia de la vinaza, Ca (2.06%) es menor (2.29%) y Mg (0.72%) es menor (2.46%). Las diferencias más evidentes se dan en la M.O. y K, lo que confirma que el fertilizante orgánico acelerado sólido es mejor (Tabla 21).

**Tabla 21.** Comparación del fertilizante orgánico acelerado sólido con Moreno (2019) y Melendi *et al.* (2022)

Parámetro	Unidad	Fertilizante orgánico acelerado sólido	Moreno (2019)	Melendi <i>et al.</i> (2022)
pH	---	4.25	4.16	---
C.E.	dS/m	16.26	12.50	---
M.O.	%	85.25	88.30	85.5
N	%	1.79	1.76	1.79
P2O5	%	1.58	2.29	1.58
K2O	%	2.10	2.54	2.10
CaO	%	2.06	1.40	2.29
MgO	%	0.72	0.86	2.46
Hd	%	0.36	74.98	---
Na	%	0.19	0.16	---
Fe	ppm	536.25	735	---
Cu	ppm	49.75	300	---
Zn	ppm	1875.00	---	---
Mn	ppm	100.75	114	---
B	ppm	10.50	137	---
Pb	ppm	5.28	---	---
Cd	ppm	0.83	---	---
Cr	ppm	4.04	---	---

De acuerdo al Decreto Supremo N° 011 – 2017 – MINAM Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo, en la clasificación de uso de Suelo Agrícola dispone para los parámetros de Pb (70 mg/kg), Cd (1.4 mg/kg) y Cr (no aplica), se observa que el fertilizante obtenido

agrega los valores de Pb (5.28 ppm), Cd (0.83 ppm) y Cr (4.04 ppm) y si es aplicado en un suelo no contaminado, no perjudicaría al suelo ni su producción.

El Decreto Supremo N° 044 – 2006 -AG Reglamento Técnico para los Productos Orgánicos, en el Anexo 1 se identifica que tanto las excretas de cerdo como la vinaza están dentro de los productos permitidos para la fertilización del suelo, aunque en el caso de la vinaza un programa de certificación debe establecer condiciones y procedimiento para su uso.

Al comparar las concentraciones obtenidas del fertilizante orgánico acelerado Pb (5.28 ppm), Cd (0.83 ppm) y Cr (4.04 ppm); se puede categorizar como un fertilizante de Clase A de acuerdo con el ítem 5: Límite máximo de metales pesados del Anexo V en los Criterios Aplicables a los Productos Fertilizantes Elaborados con Residuos y otros Componentes Orgánicos del Real Decreto 506/2013 sobre productos fertilizantes.

#### 4.4. Análisis microbiológico del fertilizante orgánico acelerado

En el siguiente apartado se analizará la composición de las excretas, fertilizante orgánico acelerado líquido en comparación con otros equivalentes.

##### 4.4.1. Análisis

La recolección de las excretas frescas se realizó procurando que sea de la categoría marrana lactante, porque son las que reportan mayor producción de excretas. Y de acuerdo con la Tabla 22, el resultado de 240 NMP/g de enumeración de coliformes totales evidencia que en esta categoría se tiene bastante cuidado sanitario de las marranas. Con respecto a las coliformes fecales y *E. coli* se encuentra en el rango límite superior de medida, se evidencia la presencia de patógenos. Los valores en UFC de Mohos y levaduras, aerobios mesófilos y bacterias ácido lácticas son altos.

**Tabla 22:** Análisis Microbiológico de las excretas de cerdo

Análisis Microbiológico	Unidad	Excretas
Enumeración de coliformes totales	NMP/g	240
Enumeración de coliformes fecales	NMP/g	11x10 <sup>2</sup>
Enumeración de <i>E. coli</i>	NMP/g	11x10 <sup>2</sup>
Recuento de Mohos y levaduras	UFC/g	1x10 <sup>6</sup>
Recuento de aerobios mesófilos	UFC/g	98x10 <sup>7</sup>
Recuento de bacterias ácido lácticas	UFC/g	15x10 <sup>8</sup>

\*NMP: Número más probable

\*UFC: Unidad formadora de colonias

**FUENTE:** Laboratorio de Ecología Microbiana y Biotecnología – Marino Tabusso

En la Tabla 23, los valores de la carga de coliformes totales, coliformes fecales y *E. coli*, en el fertilizante orgánico acelerado líquido fueron  $< 3$  que indica la ausencia de dichos microorganismos y eso es gracias a la acción de las BAL en la fermentación homoláctica, que origina la producción de ácido láctico como principal producto y esto conlleva a la reducción de pH, y dicho medio ácido no permite la reproducción de bacterias gram positiva y negativa; en consecuencia no se producen olores normalmente relaciones a las excretas en putrefacción, como lo menciona Moreno (2019). El recuento de Mohos y levaduras es cero, se corrobora que durante la producción del fertilizante por fermentación láctica no se observó capas de mohos y levaduras. Los aerobios mesófilos viables, el valor inicial en las excretas de cerdo ( $98 \times 10^7$ ) son mucho mayores que en los fertilizantes orgánicos acelerados líquidos obtenidos ( $18 \times 10^3$ ,  $17 \times 10^3$ ,  $15 \times 10^3$  y  $17 \times 10^3$ ). En promedio se obtuvo  $61 \times 10^2$  UFC/ml de bacterias ácido lácticas, teniendo el mayor resultado en el último ensayo piloto con el valor de  $11 \times 10^3$ .

**Tabla 23:** Análisis Microbiológico del fertilizante orgánico acelerado líquido en cada uno de los cuatro ensayos

<b>Análisis Microbiológico</b>	<b>Unidad</b>	<b>EP1</b>	<b>EP2</b>	<b>EP3</b>	<b>EP4</b>	<b>Promedio</b>
Enumeración de coliformes totales	NMP/ml	$< 3$	$< 3$	$< 3$	$< 3$	$< 3$
Enumeración de coliformes fecales	NMP/ml	$< 3$	$< 3$	$< 3$	$< 3$	$< 3$
Enumeración de <i>E. coli</i>	NMP/mg	$< 3$	$< 3$	$< 3$	$< 3$	$< 3$
Recuento de Mohos y levaduras	UFC/ml	0	0	0	0	0
Recuento de aerobios mesófilos	UFC/ml	$18 \times 10^3$	$17 \times 10^3$	$15 \times 10^3$	$17 \times 10^3$	$16.75 \times 10^3$
Recuento de bacterias ácido lácticas	UFC/ml	$57 \times 10^2$	$3 \times 10^3$	$47 \times 10^2$	$11 \times 10^3$	$61 \times 10^2$

\*NMP: Número más probable

\*UFC: Unidad formadora de colonias

FUENTE: Laboratorio de Ecología Microbiana y Biotecnología – Marino Tabusso

De acuerdo con la Tabla 24, se observa que en todas las investigaciones que se llegó a la inocuidad de los fertilizantes, se puede afirmar que no se encuentran coliformes totales, coliformes fecales, de *Escherichia coli* y mohos y levaduras. En el caso de los aerobios

mesófilos viables y *Lactobacillus sp* los valores obtenidos en la presente investigación superan por más del doble a los valores obtenidos por Moreno.

**Tabla 24:** Resultados del Análisis Microbiológico de Shirakawa, Moreno, Vásquez y los de la presente investigación

Análisis Microbiológico	Unidad	Shirakawa (2016)	Moreno (2019)	Vásquez (2021)	Fertilizante orgánico acelerado de excretas de cerdo
Recuento de aerobios mesófilos viables	UFC/ml		83x10 <sup>2</sup>		16.75x10 <sup>3</sup>
Recuento de mohos y levaduras	UFC/ml		< 10		0
Recuento de <i>Lactobacillus sp</i>	UFC/ml		27x10 <sup>2</sup>		61x10 <sup>2</sup>
Enumeración de coliformes totales	NMP/ml	< 3	< 3		< 3
Enumeración de coliformes fecales	NMP/ml	< 3	< 3	< 3	< 3
Enumeración de <i>Escherichia coli</i>	NMP/mg		< 3	< 3	< 3

\*NMP: Número más probable

\*UFC: Unidad formadora de colonias

#### 4.5. Ensayo de fitotoxicidad

Se utilizó las semillas de lechuga Tropicana (*Lactuca sativa*) de rápido crecimiento, para todas las concentraciones (100/100, 10/100, 1/100, 0.1/100, 0.01/100) y el Blanco o muestra control se da con agua destilada y esterilizada mediante autoclavado.

En los valores de la Tabla 25, se observa que a mayor concentración del fertilizante orgánico acelerado líquido se obtiene menores valores de pH y en contraposición la C.E. es alta a medida que aumenta la concentración. Con relación al pH se tiene valores ácidos en la muestra pura y los tratamientos D1 y D2, ligeramente ácido el tratamiento D3 y el tratamiento D4 tiene un pH cercano al neutro. Al analizar la C.E. vemos que la muestra pura tiene un valor muy alto (31.20 mS/cm), mientras en las diluciones se tiene C.E. menores, teniendo al tratamiento D1 con valor de 5.96 mS/cm, al tratamiento D2 con un valor de 1.04 mS/cm, y las dos últimas diluciones del tratamiento D3 y D4 presentan C.E. similares con

valores de 0.32 mS/cm y 0.25 mS/cm respectivamente, estas son las más apropiadas para su uso.

**Tabla 25:** Datos de pH y C.E. de las concentraciones del fertilizante orgánico acelerado líquido

<b>Tratamiento</b>	<b>Concentración (v/v)</b>	<b>pH</b>	<b>C.E (mS/cm)</b>
Puro	100/100	4.12	31.20
D1	10/100	4.20	5.96
D2	1/100	4.30	1.04
D3	0.1/100	6.10	0.32
D4	0.01/100	7.26	0.25
Blanco	0/100	7.56	0.27

Como se repitió el análisis tres veces, en las Tablas 26, 27 y 28 se presentarán los datos promedio.

El tratamiento Puro y D1 en las tres repeticiones del ensayo, no presentan semillas germinadas por lo que se observa que a altas concentraciones (puro y en dilución 10/100) del fertilizante orgánico acelerado se halla efectos fitotóxicos en las semillas de lechuga. En los tratamientos en menor dilución como D2 (1/100), D3 (0.1/100) y D4 (0.01/100) si hay germinación de todas las semillas.

En el tratamiento D2, se observa que en el primer ensayo se obtuvo menores resultados de la elongación de radículas en relación con el segundo y tercer ensayo. En el tratamiento D3, se observa que en el primer ensayo se obtiene mayor valor y que en el segundo y tercer ensayo se obtuvo valores casi similares de la elongación de radículas. Con respecto al tratamiento D4, el valor de la elongación de radículas es menor, pero va en aumento en el segundo y tercer ensayo.

**Tabla 26:** Resultados del primer ensayo de fitotoxicidad del fertilizante orgánico acelerado

Tratamiento	Concentración (v/v)	Número de semillas germinadas (promedio)	Elongación de radículas (promedio en mm)	PGR (%)	CRR (%)	IG (%)
Blanco	0/100	20	39.8	---	---	---
Puro	100/100	0	0	0	0	0
D1	10/100	0	0	0	0	0
D2	1/100	20	8.60	100	21.61	21.61
D3	0.1/100	20	32.8	100	82.41	82.41
D4	0.01/100	20	39.4	100	98.99	98.99

**Tabla 27:** Resultados del segundo ensayo de fitotoxicidad del fertilizante orgánico acelerado

Tratamiento	Concentración (v/v)	Número de semillas germinadas (promedio)	Elongación de radículas (promedio en mm)	PGR (%)	CRR (%)	IG (%)
Blanco	0/100	20	37.7	---	---	---
Puro	100/100	0	0	0	0	0
D1	10/100	0	0	0	0	0
D2	1/100	20	10.3	100	27.32	27.32
D3	0.1/100	20	28.5	100	75.60	75.60
D4	0.01/100	20	40.7	100	107.96	107.96

**Tabla 28:** Resultados del tercer ensayo de fitotoxicidad del fertilizante orgánico acelerado

Tratamiento	Concentración (v/v)	Número de semillas germinadas (promedio)	Elongación de radículas (promedio en mm)	PGR (%)	CRR (%)	IG (%)
Blanco	0/100	20	33.4	---	---	---
Puro	100/100	0	0	0	0	0
D1	10/100	0	0	0	0	0
D2	1/100	20	11.0	100	32.93	32.93
D3	0.1/100	20	28.7	100	85.93	85.93
D4	0.01/100	20	43.0	100	128.74	128.74

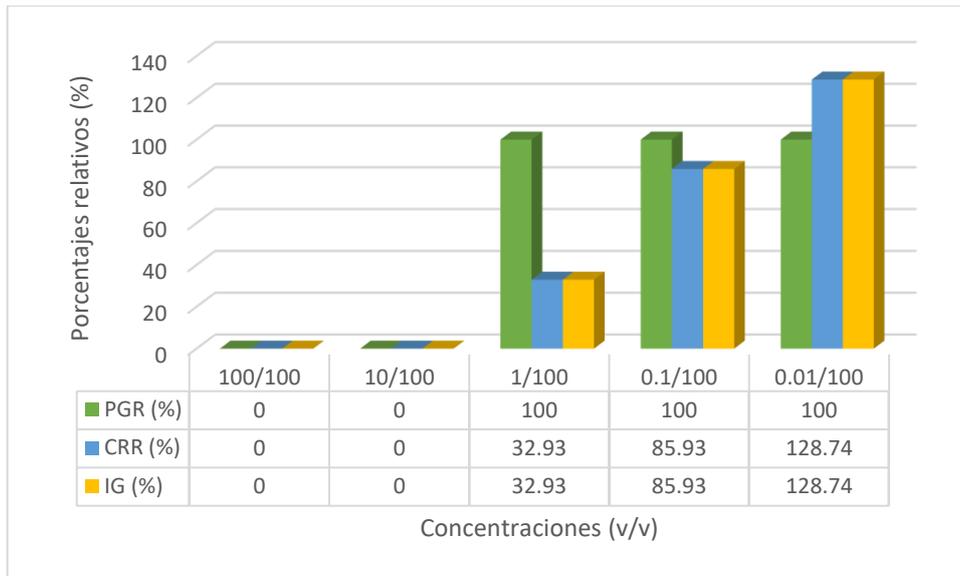
De acuerdo con los resultados de la Tabla 29, el PGR en todos los tratamientos donde hubo germinación (D2, D3 y D4) fue del 100% en los tres ensayos en consecuencia los resultados del CRR fue determinado por la elongación de las radículas y esta a su vez es igual al IG ya que el número de semillas germinadas fueron totales.

El tratamiento D2 con un 27.29 % de IG presenta alta fitotoxicidad a pesar de que todas las semillas germinaron, por lo que se vio afectado el crecimiento y desarrollo de las semillas. En los tratamientos D3 (presenta un 81.31% de IG) y D4 (presenta un 111.90% de IG), estos valores evidencian que no hay sustancias fitotóxicas en dichos tratamientos, en consecuencia, se puede afirmar que hay baja fitotoxicidad. El tratamiento D3 obtuvo resultados parecidos al blanco mientras el tratamiento D4 obtuvo resultados mayores al blanco y se afirma que la concentración del fertilizante es más eficiente y benéfico para el desarrollo de la semilla, considerando a Zucconi citado por Varnero *et al* (2007).

**Tabla 29:** Resultados promedio de los tres ensayos de fitotoxicidad del fertilizante orgánico acelerado

Tratamiento	Concentración (v/v)	Número de semillas germinadas (promedio)	Elongación de radículas (promedio en mm)	PGR (%)	CRR (%)	IG (%)
Puro	100/100	0	0	0	0	0
D1	10/100	0	0	0	0	0
D2	1/100	20	1.00	100	27.29	27.29
D3	0.1/100	20	3.00	100	81.31	81.31
D4	0.01/100	20	4.10	100	111.90	111.90

Los resultados del PGR, CRR y IG en porcentajes, son plasmados de forma gráfica en la Figura 49, se confirma que la dosis optima es la de 0.01/100 seguida de 0.1/100 y 1/100, y la de 100/100 y 10/100 son concentraciones letales para la semilla.



**Figura 49.** Porcentajes relativos de PGR, CRR e IG de las concentraciones

## V. CONCLUSIONES

1. Se produjo a escala piloto el fertilizante orgánico acelerado, líquido y sólido, mediante el proceso de fermentación láctica de las excretas de cerdo de la Unidad Experimental en Cerdos de la Universidad Nacional Agraria La Molina y vinaza, empleando melaza como nutriente y un consorcio microbiano ácido láctico (GAR-LAC).
2. Los valores de pH estuvieron en descenso desde el día 0 hasta día 7 y el porcentaje de acidez láctica, en cambio tuvo un comportamiento ascendente, donde se tuvo valores en ascenso desde el día 0 hasta el día 7. La relación entre el pH y el porcentaje de acidez láctica es inversamente proporcional.
3. Las características físico – químicas de las excretas de cerdo presentan macro y micronutrientes presentan valores dispares mientras en el fertilizante orgánico acelerado son homogéneos. Los resultados del análisis microbiológico en las excretas de cerdo evidencian que no son aptos para manipulación directa en cambio el fertilizante orgánico acelerado es inocuo y son aptos para su uso en la agricultura.
4. El fertilizante orgánico acelerado obtenido tanto en su presentación líquida o sólida, es de excelente calidad y ofrece una solución eficiente para el manejo de las excretas de cerdo y vinaza.
5. Conforme al ensayo de fitotoxicidad en la lechuga Tropicana (*Lactuca sativa*), la concentración de 0.01/100 es la dosis óptima para el desarrollo de la semilla.

## **VI. RECOMENDACIONES**

Se recomienda a la UNALM implemente un área de producción de fertilizante orgánico acelerado, para el manejo de las excretas de la Unidad Experimental en Cerdos.

Se recomienda trabajar con equipos como separador de sólidos para maximizar la obtención del fertilizante orgánico acelerado.

Para el uso del fertilizante en grandes extensiones de terreno, debe realizarse una experimentación a escalas pequeñas como almácigos, macetas o parcelas en diferentes cultivos ya sea hortícolas y forestales.

## VII. BIBLIOGRAFÍA

- Actualidad Porcina. (2022). Perspectivas y efectos que enfrentará la porcicultura de la Región en 2022 (2022). Revista de Actualidad Porcina, número 6 página 44. Edición 66 año 11 – 2022. Recuperado de <https://actualidadporcina.com/revistavirtual/?fbclid=IwAR3dePCfX-F8M6GW2fyC7f4V0Y717DNWH1Jdbuf8jQffKSLDVnIfbPSgswc>
- Agencia Agraria de noticias (19 de mayo 2022). Consumo per cápita de cerdo en Perú crecería entre 4.5% y 5% este año. Agraria.pe. Recuperado de <https://agraria.pe/noticias/consumo-per-capita-de-cerdo-en-peru-creceria-entre-4-5-y-5-e-27992>
- Alcocer, J. (2018). Plan de manejo ambiental para la Unidad de Investigación Porcina Experimental Tunshi (Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo). Recuperado de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/8784>
- Alvarado, W. (2018). Caracterización de la crianza de cerdos de traspatio en la provincia de Chachapoyas, Amazonas, Perú (Tesis de maestría, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas). Recuperado de <https://repositorio.untrm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14077/1936/Alvarado%20Chuqui%20Wigoberto.pdf?sequence=5&isAllowed=y>
- Aponte Diaz, I. F., & Velez Contreras, J. S. (2019). Evaluación técnica y financiera del uso de un biorreactor anaerobio para el tratamiento de los residuos sólidos orgánicos generados en campo Rubiales como modelo de estandarización (Bachelor's thesis, Fundación Universidad de América). Recuperado de <http://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/7444/1/1016084787-2019-1-IP.pdf>
- Arévalo Illescas, A. P. (2016). Fermentación Láctica de la cáscara de camarón con *Lactobacillus delbrueckii* para obtención de quitina (Bachelor's thesis, Quito, 2016.). Recuperado de <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/16841>

- Ariza Calvo, D., Rincón Ravelo, M., Paz Cadavid, C. A., & Gutiérrez-Montero, D. J. (2019). Evaluación de producción de biogás y reducción de carga orgánica de vinazas mediante digestión anaerobia. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 21(2), 118-130. Recuperado de <http://scielo.sld.cu/pdf/ind/v31n2/2224-5421-ind-31-02-246.pdf>
- Barrera, E.; Odales, L.; Carabeo, A.; Alba, Y.; Hermida, F. (2020). Recopilación de aspectos teóricos sobre las tecnologías de producción de biogás a escala rural. ISSN: 2224-6185, 40(2). Recuperado de <http://scielo.sld.cu/pdf/rtq/v40n2/2224-6185-rtq-40-02-303.pdf>
- Bautista, V. (2016). Evaluación de la generación de biogás a partir de excretas porcinas en la granja agroinporc y diseño de un biodigestor. (Tesis de grado, Escuela Politécnica Nacional de Quito)
- Barillas Figueroa, A. S. (2021). Cinética de reacción para la síntesis fermentativa de ácido láctico usando melaza de caña de azúcar mediante la utilización de *Lactobacillus leichmannii*. (Tesis de grado, Universidad del Valle de Guatemala). Recuperado de <https://repositorio.uvg.edu.gt/handle/123456789/4088>
- Brunori, J., Soto, R., & Romasti, L. (2009). Proyecto Regional: Producción sustentable de carne porcina en Córdoba. INTA Marcos Juárez, Córdoba. INTA, Córdoba - España. 45 p.
- Cajahuanca Basualdo, R. L., & Miranda Miranda, N. (2022). 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 de grado, Universidad Peruana Unión). Recuperado de <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/5881>
- Calvet Sanz, S., Calafat Marzal, M. C., Estellés Barber, F., Gallego Salguero, Á. C., Sanchís Jiménez, E. M., & Moral Rodríguez, B. (2021). Diagnóstico de la situación ambiental de la ganadería en la Comunitat Valenciana: distribución de la producción de estiércoles y generación de emisiones atmosféricas. *Universitat Politècnica de València*. Recuperada de <http://hdl.handle.net/10251/163015>
- Cervantes, F., Saldívar-Cabrales, J., & Yescas, J. (2007). Estrategias para el aprovechamiento de desechos porcinos en la agricultura. *Revista Latinoamérica de Recursos Naturales*, 3 (1): 3-12. Recuperado de

- <https://www.itson.mx/publicaciones/rlrn/Documents/v3-n1-1-estrategias-para-el-aprovechamiento-de-desechos.pdf>
- Cervantes, I. (2018). Uso de excretas porcinas como ingrediente alimenticio en la dieta de otras especies. Recuperado de <https://bmeditores.mx/porcicultura/uso-de-excretas-porcinas-como-ingrediente-alimenticio-en-la-dieta-de-otras-especies/>
- Cervantes, F. J. (2007). Estrategias para el aprovechamiento de desechos porcinos en la agricultura. *Revista latinoamericana de recursos naturales*, 3(1), 3-12. Recuperado de <https://www.itson.mx/publicaciones/rlrn/Documents/v3-n1-1-estrategias-para-el-aprovechamiento-de-desechos.pdf>
- Chihuan Dominguez, E. B. (2022). Elaboración y evaluación de un abono líquido procedente de la fermentación láctica de malezas. (Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria La Molina). Recuperado de <https://hdl.handle.net/20.500.12996/5328>
- CONADESUCA (2016). Vinazas: Alternativas de uso. Recuperado de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/171932/Nota\\_Informativa\\_Septiembre\\_Vinazas.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/171932/Nota_Informativa_Septiembre_Vinazas.pdf)
- Concha, L. (2017). Diseño de un Plan de Administración Ambiental para la granja porcina Generación Moya (Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo). Recuperado de <http://dspace.espech.edu.ec/handle/123456789/7156>
- Crittenden, R. (2009). Incorporating probiotics into foods, U: Handbook of Probiotics and Prebiotics, II izdanje, Lee, Y.K. i Salminen, S.
- Crittenden R. Incorporating probiotics into foods. Lee YK, Salminen S (eds) Handbook of probiotics and prebiotics, 2nd ed. 2009, NJ. p. 58-75.
- Departamento de Economía e Inteligencia de Mercados 333 Latinoamérica (29 de julio 2022). Actualización de las proyecciones mundiales para el sector porcicultor según USDA. 3tres3.com. Recuperado de [https://www.3tres3.com/latam/ultima-hora/actualizacion-de-las-proyecciones-mundiales-sector-porcicultor\\_14261/](https://www.3tres3.com/latam/ultima-hora/actualizacion-de-las-proyecciones-mundiales-sector-porcicultor_14261/)
- Díaz, S. (2017). Elaboración de abono orgánico (biol) para su utilización en la producción de alfalfa (Medicago Sativa V. Vicus) en Cajamarca (Tesis de grado, Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo). Recuperado de <http://65.111.187.205/bitstream/handle/UPAGU/215/Tesis%20Final.pdf?sequence=5&isAllowed=y>

- El productor PORCINO (18 de julio 2019). Granjas porcinas, estiércol y medioambiente. Recuperado de <https://elproductorporcino.com/blog/articulos/granjas-porcinas-estiercol-y-medioambiente>
- Escobar Carvajal, M. Y. (2022). Manejo de la porcinaza sólida a través del compostaje para el control de olores ofensivos y moscas en la explotación porcícola el Diamante ubicada en la vereda el Salvia, municipio de Motavita, Boyacá. (Tesis de maestría, Fundación Universitaria Los Libertadores). Recuperado de <http://hdl.handle.net/11371/4767>
- Espejo, C., & García, R. (marzo de 2020). Congreso Internacional sobre Desertificación. Tratamiento de purines de ganado porcino en España para minimizar la contaminación de suelos y su impacto ambiental. Llevado a cabo en el Congreso Internacional sobre Desertificación de la Universidad de Murcia, España.
- Estrategias Urbanas Y Territoriales S.L. (2021). Impacto ambiental de las granjas porcinas. Ayuntamiento De Daimiel. Recuperada de <https://www.daimiel.es/sites/default/files/2021-05/Informe%20de%20impacto%20ambiental.pdf>
- Fajardo, E. & Sarmiento, S. (2007). Evaluación de melaza de caña como sustrato para la producción de *Saccharomyces cerevisiae* (Tesis de grado, Pontificia Universidad Javeriana).
- FAO (2014). Cerdos y el medio ambiente. Recuperado de <https://www.fao.org/ag/againfo/themes/es/pigs/Environment.html>
- FAO (2021). Meat Market Review. Emerging trends and Outlook. Recuperado de [https://www.3tres3.com/3tres3\\_common/art/3tres3/47445/fitxers/cb7886en.pdf](https://www.3tres3.com/3tres3_common/art/3tres3/47445/fitxers/cb7886en.pdf)
- Flores, C. (2019). Impactos ambientales ocasionados por la empresa maple etanol s.a. y propuesta de un plan de mitigación (Tesis de grado, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo). Recuperado de <https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/8317/BC-4717%20FLORES%20ESCOBAR.PDF?sequence=1&isAllowed=y>
- Fuentes, G. (2020). Manejo de las excretas de cerdos y las alternativas de mitigación al impacto ambiental (Tesis de grado, Universidad Técnica de Babahoyo).

Recuperado de <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/8472/E-UTB-FACIAG-MVZ-000021.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Freire, T. T., Silva, A. L. T. e ., Ferreira, B. K. O. ., & Santos, T. M. dos . (2021). Lactic acid bacteria its characteristics and importance: review. *Research, Society and Development*, 10(11), e513101119964. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i11.19964>

Gena (19 de mayo 2021). Asoporci: Nuestra industria mantiene un crecimiento sostenido y se prepara para la exportación. PIC PERÚ. Recuperado de <https://www.picperu.com/blog/asoporci-nuestra-industria-mantiene-un-crecimiento-sostenido-y-se-prepara-para-la-exportacion/>

Gencat (09 de setiembre de 2009). Digestión anaerobia. Recuperado de [https://residus.gencat.cat/es/ambits\\_dactuacio/valoritzacio\\_reciclatge/instal\\_lacions\\_de\\_gestio/tractament\\_biologic/digestio\\_anaerobia/](https://residus.gencat.cat/es/ambits_dactuacio/valoritzacio_reciclatge/instal_lacions_de_gestio/tractament_biologic/digestio_anaerobia/)

German ProfeEC. (2008). Estudio sobre el valor fertilizante de los productos del proceso “Fermentación Anaeróbica” para producción de biogás. Recuperado de [http://www.german-profec.com/cms/upload/Reports/Estudio%20sobre%20el%20Valor%20Fertilizante%20de%20los%20Productos%20del%20Proceso%20Fermentacion%20Anaerobica%20para%20Produccion%20de%20Biogas\\_ntz.pdf](http://www.german-profec.com/cms/upload/Reports/Estudio%20sobre%20el%20Valor%20Fertilizante%20de%20los%20Productos%20del%20Proceso%20Fermentacion%20Anaerobica%20para%20Produccion%20de%20Biogas_ntz.pdf)

Guzmán, M.; Rodríguez, C. (2018). San Pedro de Valencia: renovación urbana, saneamiento ambiental y emprendimientos turísticos (Tesis de grado, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente). Recuperado de <https://rei.iteso.mx/bitstream/handle/11117/7843/RPAP2E05V1805%20Biodigestores.pdf?sequence=2>

Herrera, R. (2017). “Elaboración de un abono líquido a partir de residuos de fresa (*Fragaria x ananassa*) por fermentación láctica”. (Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria La Molina)

Huamán, C. (2020). Evaluación de la eficiencia de remoción de contaminantes mediante filtros de residuos orgánicos en aguas residuales de granjas porcinas (Tesis doctoral, Universidad Nacional del Centro del Perú). Recuperado de <https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/7844/TESIS%20CARLOS%20E.H.C.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Ibarra-Camacho, R., León-Duarte, L., & Osoria-Leyva, A. (2019). Caracterización físico-química de vinazas de destilerías. *Revista Cubana de Química*, 31(2), 246-257. Recuperado de <https://www.redalyc.org/journal/4435/443559859007/html/>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). (2013). Resultados Definitivos IV Censo Nacional Agropecuario 2012. Recuperado de <http://proyectos.inei.gob.pe/web/documentospublicos/resultadosfinalesivcenagro.pdf>
- Lee, Y. K., & Salminen, S. (2009). *Handbook of probiotics and prebiotics*. John Wiley & Sons.
- Lopez, A. (2021). Impacto Ambiental de la producción porcina en el mundo (Tesis de grado, Universidad Nacional de Piura). Recuperado de <http://repositorio.unp.edu.pe/handle/20.500.12676/3122>
- Maíz y Soya (2022). Perspectivas y efectos que enfrentará la porcicultura de la Región en 2022. Recuperado de <https://www.maizsoya.com/lector.php?id=20200896&tabla=articulos>
- Martinez, B. (2019). Evaluación de Impactos Ambientales en la Industria Porcina y propuestas de mejora en el manejo de purines. Estudio de caso. (Tesis de grado, Universidad de Chile)
- Martinez, J. (2012). Porcicultura en el Perú: Análisis Situacional 2011. Atahuampa PIC SA Perú. Recuperado de [https://www.agrobanco.com.pe/pdf\\_cpc/SIT\\_PORCICULTURA\\_2012.pdf](https://www.agrobanco.com.pe/pdf_cpc/SIT_PORCICULTURA_2012.pdf)
- Martínez, I. C., & Rivas, A. M. (2002). Viabilidad económica de la vinaza como alternativa en desarrollo y aprovechamiento agroindustrial para el Valle del Cauca. (Tesis de grado, Corporación Universitaria Autónoma De Occidente). Recuperada de <https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/5601/TEC02017.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Martínez, R. (2009). El coeficiente de correlación de los rangos de Spearman caracterización. *Revista Habanera de Ciencias Médicas*, 8(2) Recuperado de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1729-519X2009000200017&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1729-519X2009000200017&lng=es&tlng=es).

- Melendi Cruz, D., Chile Bocourt, A., & Fernández Hernández, V. (2022). Sistema de vermicultura para la biotransformación de los desechos sólidos (excretas) de la explotación intensiva del porcino de cría soroa: Sistema de vermicultura para la biotransformación de los desechos sólidos (excretas) de la explotación intensiva del porcino de cría soroa. *Investigación Y Ciencia Aplicada a La Ingeniería*, 5(29), 40–52. Recuperado de <http://ojs.incaing.com.mx/index.php/ediciones/article/view/107>
- Ninabanda, J. J. (2012). Alternativas de manejo de las excretas porcinas (Bachelor's thesis, Escuela Superior Politecnica de Chimborazo). Recuperado de <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/2109/1/17T1107.pdf>
- MINAGRI (2008). Ley N° 29196 Ley de Promoción de la Producción Orgánica o Ecológica. Recuperado de [https://www.agropuno.gob.pe/files/documentos/normatividad/prodorganica/Ley\\_29196.pdf](https://www.agropuno.gob.pe/files/documentos/normatividad/prodorganica/Ley_29196.pdf)
- MINAGRI (2012). Reglamento de Manejo de los Residuos Sólidos del Sector Agrario D.S. N° 016–2012 AG. Recuperado de <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-reglamento-manejo-residuos-solidos-sector-agrario>
- MINAGRI (2016). Se busca duplicar el consumo de carne de cerdo al año 2021. Recuperado de <https://www.midagri.gob.pe/portal/noticias-anteriores/notas-2016/15464-se-busca-duplicar-el-consumo-de-carne-de-cerdo-al-ano-2021#:~:text=%2D%20Durante%20la%20ceremonia%20por%20el,5.5%20kilogramos%20por%20persona%20al>
- MINAGRI (2018). Al 2021 se espera incrementar a 10 kilos el consumo per cápita de consumo de cerdo. Recuperado de <https://www.midagri.gob.pe/portal/noticias-anteriores/notas-2018/21413-al-2021se-espera-incrementar-a-10-kilos-el-consumo-per-capita-de-carne-cerdo>
- Ministerio de Economía y Finanzas. Glosario de Presupuesto Público. Recuperado de <https://www.mef.gob.pe/es/glosario-sp-5902>.
- Mora, W. I. (2017). Aplicación de fermentación láctica en el desarrollo de productos para la generación de valor en polen apícola (Tesis de magister, Universidad Nacional de Colombia). Recuperado de <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/62433/1024527620.2017%20sin%20restricci%C3%B3n.pdf?sequence=1>

- Moreno, L.A. (2019). Calidad de abonos orgánicos a partir del estiércol porcino y su efecto en el rendimiento del maíz chala. (Tesis de magister, Universidad Nacional Agraria La Molina). Recuperado de <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/3942>
- Mora, W. (2017). Aplicación de fermentación láctica en el desarrollo de productos para la generación de valor en polen apícola (Tesis de magister, Universidad Nacional de Colombia). Recuperado de <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/62433>
- Niebla, A. (julio, 2020). “Microbiología de las hortalizas fermentadas y beneficios de la fermentación”. Trabajo final del Máster en Seguridad y Calidad de los Alimentos. Recuperado de <http://riull.ull.es/xmlui/handle/915/23243>
- Ninabanda, J. (2012). Alternativas de manejo de las excretas porcinas. (Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo). Recuperado de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2109/1/17T1107.pdf>
- Olascoaga, L. (2007). Biorremediación de suelos contaminados con aceite lubricante residual utilizando excretas de vacunos y porcinos. (Tesis de grado, Ing. Zootecnista, Lima Perú, UNALM).
- Orihuela, P. (2021). Beneficios de la implementación de un programa de alimentación en lechones del Parque Porcino Saracoto, Lurigancho – Chosica (Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria La Molina). Recuperada de <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4674/orihuela-santos-priscila-tereza.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Orrala, K. (2021). Manejo de excretas de origen porcino en la comuna San Pedro, parroquia Manglaralto Provincia de Santa Elena. (Tesis de grado, Universidad Estatal Península de Santa Elena)
- Ortiz, L. (2020). Efecto del tipo de estiércol y frecuencia de aireación (volteo) en el comportamiento del proceso de compostaje (Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria La Molina). Recuperado de <https://hdl.handle.net/20.500.12996/4430>
- Portal Económico de Maximixe (07 de junio 2022). Producción nacional de carne de cerdo alcanzaría las 262 toneladas este año. Alert@Económica. Recuperado de <https://alertaeconomica.com/produccion-nacional-de-carne-de-cerdo-alcanzaria-las-262-mil-toneladas-este-ano/>

- Puerta, G. I. (2013). Fundamentos del proceso de fermentación en el beneficio del café. Manizales: CENICAFE, 2010. 12 p. (Avances Técnicos No. 402). Recuperado de <http://hdl.handle.net/10778/345>
- Ramirez, J. C., Rosas Ulloa, P., Velazquez, M. Y., Ulloa, J. A., & Arce, F. (2011). Bacterias lácticas: Importancia en alimentos y sus efectos en la salud. CONACYT. Revista Fuente Año 2, No. 7. Recuperado de <http://fuente.uan.edu.mx/publicaciones/03-07/1.pdf>
- Real Decreto 506/2013 – Sobre productos fertilizantes, de 28 de junio, sobre productos fertilizantes. Ministerio de la Presidencia. Publicado el miércoles 10 de julio de 2013. Recuperado de <https://faolex.fao.org/docs/pdf/spa125696.pdf>
- Real Decreto N° 999/2017 - Modifica el Real Decreto N° 506/2013, sobre productos fertilizantes. Ministerio de la Presidencia y para las Administraciones Territoriales. Publicado el miércoles 6 de diciembre de 2017. Recuperado de <https://faolex.fao.org/docs/pdf/spa177300.pdf>
- Reyna, A. (2020). Propuesta de factibilidad para la producción y comercialización de un fertilizante orgánico a partir de la vinaza en la región Lambayeque (Tesis de maestría, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas). Recuperada de [https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/659075/Reyna\\_D\\_A.pdf?sequence=11&isAllowed=y](https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/659075/Reyna_D_A.pdf?sequence=11&isAllowed=y)
- Rincón Matheo, A. R. (2016). Diagnóstico y evaluación de tecnologías para el tratamiento de porquinaza en las granjas. Universidad de La Salle, 41.
- Ruvalcaba-Gómez, J. M., Arteaga-Garibay, R. I., Domínguez-Araujo, G., Galindo-Barboza, A. J., Salazar-Gutiérrez, G., Martínez-Peña, M. D., & Delgado-Macuil, R. J. (2019). Uso de bacterias ácido lácticas para descontaminación de estiércol porcino mediante ensilaje experimental. Revista internacional de contaminación ambiental, 35(1), 247-257. Recuperado de <https://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v35n1/0188-4999-rica-35-01-247.pdf>
- Sánchez, C. S. (2023). Tratamientos físico-químico-biológicos para optimizar la valorización energética de residuos orgánicos (Tesis doctoral, Universidad de Extremadura). Recuperada de [https://dehesa.unex.es:8443/bitstream/10662/16873/1/TDUEX\\_2023\\_Sanchez\\_Sanchez.pdf](https://dehesa.unex.es:8443/bitstream/10662/16873/1/TDUEX_2023_Sanchez_Sanchez.pdf)

- Shirakawa, A. (2016). Evaluación del método de ensilado de excretas de cerdo en la generación de biogás y biol mediante biodigestores (Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria La Molina). Recuperado de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/3114/P06-S4-T.pdf?sequence=3>
- Silva, A. F. R., Brasil, Y. L., Koch, K., & Amaral, M. C. S. (2021). Resource recovery from sugarcane vinasse by anaerobic digestion – A review. *Journal of Environmental Management*, Volume 295, 113137.
- Soto, J. (2 de junio de 2021). ¿Cómo dañan las granjas porcícolas al planeta?. Recuperado de <https://www.greenpeace.org/mexico/blog/10344/como-danan-las-granjas-porcicolas-al-planeta/>
- Suárez-Chernov, V. D., López-Díaz, I., & Álvarez-González, M. (2019). Estimación de la producción de biogás a partir de un modelo de simulación de procesos. *Centro Azúcar*, 46(1), 73-85. Recuperado de <http://scielo.sld.cu/pdf/caz/v46n1/2223-4861-caz-46-01-73.pdf>
- Takata, V. (2020). Aplicación de vinaza al suelo (Tesis de posgrado, Universidad de la República de Uruguay). Recuperada de <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/32565/1/TakataVirginia.pdf>
- Temoche, V. (2018). Caracterización de los sistemas de producción porcina y lineamientos de una propuesta de desarrollo en el distrito de El Alto (Tesis de grado, Universidad Nacional de Piura). Recuperada de <https://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/UNP/1590/ZOO-TEM-SOC-2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- 3tres3.com (2021). Evolución de la porcicultura en Latinoamérica entre 2010 y 2020. Recuperado de [https://www.3tres3.com/articulos/evolucion-de-la-porcicultura-en-latinoamerica-entre-2010-y-2020\\_47020/](https://www.3tres3.com/articulos/evolucion-de-la-porcicultura-en-latinoamerica-entre-2010-y-2020_47020/)
- Vásquez, K. (2021). Generación de biogas y biol a partir de la co-digestión de aguas mieles procedentes del café y purín de porcino (Tesis de grado, Universidad Científica del Sur). Recuperado de <https://hdl.handle.net/20.500.12805/2966>

- Vargas-Pineda, O. I., Trujillo-González, J. M., & Torres-Mora, M. A. (2019). El compostaje, una alternativa para el aprovechamiento de residuos orgánicos en las centrales de abastecimiento. *Orinoquia*, 23(2), 123-129. Recuperado de <https://doi.org/10.22579/20112629.575>
- Varnero, M. T., Rojas, C., & Orellana, R. (2007). Índices de fitotoxicidad en residuos orgánicos durante el compostaje. *Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal*, 7(1), 28-37. Recuperado de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/rcsuelo/v7n1/art03.pdf>.
- Vicari, M. (2012). Efluentes en Producción Porcina en Argentina: Generación, Impacto Ambiental y Posibles Tratamientos (Tesis de grado, Pontificia Universidad Católica Argentina). Recuperada de <https://repositorio.uca.edu.ar/bitstream/123456789/319/1/doc.pdf>
- Villegas, L. (2021). Evaluación del impacto de la aplicación de porcínaza en el suelo como fertilizante nitrogenado de cultivos de café (Tesis de magister, Universidad Nacional de Colombia). Recuperado de <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/80474>
- Villegas, V. M., & Laines, J. R. (2017). Vermicompostaje: I avances y estrategias en el tratamiento de residuos sólidos orgánicos. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 8(2), 393-406. Recuperada de <https://doi.org/10.29312/remexca.v8i2.59>
- Walpole, R. E., Myers, R. H., & Myers, S. L. (1999). *Probabilidad y estadística para ingenieros*. Pearson Educación.
- Yurivilca, E. (2023). Elaboración de biofertilizante a partir del efluente de Tarwi (*Lupinus mutabilis*) proveniente del proceso de desamargado mediante fermentación láctica (Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria La Molina). Recuperado de <https://hdl.handle.net/20.500.12996/5603>

## **VIII. ANEXOS**

**Anexo 1.** Valores de pH obtenidos en los ensayos piloto

<b>ENSAYO PILOTO</b>		<b>DIA 0</b>	<b>DIA 1</b>	<b>DIA 2</b>	<b>DIA 3</b>	<b>DIA 4</b>	<b>DIA 5</b>	<b>DIA 6</b>	<b>DIA 7</b>
<b>EP1</b>	R1	5.20	3.40	3.25	3.25	3.25	3.24	3.25	3.23
	R2	5.21	3.40	3.27	3.25	3.24	3.24	3.24	3.24
	R3	5.20	3.41	3.28	3.26	3.25	3.24	3.24	3.24
<b>EP2</b>	R1	5.24	3.40	3.34	3.29	3.31	3.30	3.32	3.29
	R2	5.27	3.39	3.35	3.31	3.30	3.31	3.31	3.28
	R3	5.26	3.41	3.34	3.30	3.30	3.31	3.31	3.29
<b>EP3</b>	R1	5.26	3.22	3.19	3.22	3.24	3.22	3.21	3.23
	R2	5.25	3.23	3.19	3.23	3.23	3.23	3.22	3.24
	R3	5.25	3.23	3.20	3.22	3.23	3.23	3.22	3.23
<b>EP4</b>	R1	5.20	3.20	3.21	3.20	3.20	3.21	3.23	3.21
	R2	5.18	3.19	3.20	3.18	3.21	3.21	3.22	3.20
	R3	5.19	3.19	3.20	3.19	3.20	3.22	3.23	3.20

## Anexo 2. Análisis estadístico para los valores de pH

```
>/normalidad.xisx ,  
+ sheet = "PHp")  
> view(pHf)  
> summary(pHf)
```

DIA	DIA0	DIA1	DIA2	DIA3
Length:4	Min. :5.190	Min. :3.193	Min. :3.193	Min. :3.190
Class :character	1st Qu.:5.200	1st Qu.:3.218	1st Qu.:3.201	1st Qu.:3.215
Mode :character	Median :5.228	Median :3.313	Median :3.235	Median :3.238
	Mean :5.226	Mean :3.306	Mean :3.252	Mean :3.242
	3rd Qu.:5.254	3rd Qu.:3.401	3rd Qu.:3.286	3rd Qu.:3.265
	Max. :5.257	Max. :3.403	Max. :3.343	Max. :3.300

DIA4	DIA5	DIA6	DIA7
Min. :3.203	Min. :3.213	Min. :3.217	Min. :3.203
1st Qu.:3.226	1st Qu.:3.223	1st Qu.:3.224	1st Qu.:3.226
Median :3.240	Median :3.233	Median :3.235	Median :3.235
Mean :3.247	Mean :3.247	Mean :3.250	Mean :3.240
3rd Qu.:3.261	3rd Qu.:3.257	3rd Qu.:3.261	3rd Qu.:3.249
Max. :3.303	Max. :3.307	Max. :3.313	Max. :3.287

## Prueba de Normalidad Shapiro – Wilk

### Hipótesis:

Ho: Los valores de pH provienen de una distribución normal.

Hi: Los valores de pH no provienen de una distribución normal.

### Condición:

Un valor de  $p > 0.05$  significa que la hipótesis nula es cierta

Un valor de  $p < 0.05$  significa que la hipótesis nula es falsa

Análisis de los datos por día

```
> shapiro.test(pHf$DIA0)
```

```
shapiro-wilk normality test
```

```
data: pHf$DIA0  
W = 0.83796, p-value = 0.1895
```

```
> shapiro.test(pHf$DIA1)
```

```
shapiro-wilk normality test
```

```
data: pHf$DIA1  
W = 0.8039, p-value = 0.1094
```

```
> shapiro.test(pHf$DIA2)
```

```
shapiro-wilk normality test
```

```
data: pHf$DIA2  
W = 0.89864, p-value = 0.4243
```

```
> shapiro.test(pHf$DIA3)

      shapiro-wilk normality test
```

```
data:  pHf$DIA3
w = 0.99239, p-value = 0.9694
```

```
> shapiro.test(pHf$DIA4)

      shapiro-wilk normality test
```

```
data:  pHf$DIA4
w = 0.95565, p-value = 0.7515
```

```
> shapiro.test(pHf$DIA5)

      shapiro-wilk normality test
```

```
data:  pHf$DIA5
w = 0.85422, p-value = 0.2401
```

```
> shapiro.test(pHf$DIA6)

      shapiro-wilk normality test
```

```
data:  pHf$DIA6
w = 0.83867, p-value = 0.1915
```

```
> shapiro.test(pHf$DIA7)

      shapiro-wilk normality test
```

```
data:  pHf$DIA7
w = 0.93463, p-value = 0.6219
```

Análisis de los promedios de pH total por día

```
> view(pearson_PH_AL)
> summary(pearson_PH_AL)
  ...1          PH          AL
Length:8      Min.   :3.240   Min.   :0.2627
Class :character 1st Qu.:3.245   1st Qu.:1.2228
Mode  :character Median :3.248   Median :1.2603
                Mean  :3.501   Mean  :1.1386
                3rd Qu.:3.265   3rd Qu.:1.2876
                Max.  :5.226   Max.   :1.3044
```

```
> shapiro.test(pearson_PH_AL$PH)

      shapiro-wilk normality test
```

```
data:  pearson_PH_AL$PH
w = 0.43946, p-value = 1.901e-06
```

**Anexo 3.** Valores de % de acidez láctica obtenidos en los ensayos piloto

<b>ENSAYO PILOTO</b>		<b>DIA 0</b>	<b>DIA 1</b>	<b>DIA 2</b>	<b>DIA 3</b>	<b>DIA 4</b>	<b>DIA 5</b>	<b>DIA 6</b>	<b>DIA 7</b>
<b>EP1</b>	R1	0.32	1.26	1.32	1.32	1.32	1.33	1.33	1.30
	R2	0.30	1.29	1.28	1.29	1.30	1.34	1.35	1.36
	R3	0.31	1.28	1.30	1.31	1.28	1.34	1.32	1.32
<b>EP2</b>	R1	0.20	1.13	1.14	1.26	1.24	1.31	1.33	1.35
	R2	0.23	1.12	1.13	1.27	1.26	1.31	1.31	1.33
	R3	0.23	1.15	1.14	1.29	1.30	1.33	1.27	1.31
<b>EP3</b>	R1	0.25	1.31	1.28	1.28	1.36	1.36	1.35	1.31
	R2	0.29	1.35	1.39	1.31	1.32	1.39	1.36	1.42
	R3	0.27	1.37	1.35	1.37	1.33	1.35	1.39	1.33
<b>EP4</b>	R1	0.27	1.10	1.13	1.11	1.13	1.15	1.17	1.18
	R2	0.26	1.12	1.12	1.14	1.12	1.10	1.16	1.19
	R3	0.23	1.15	1.12	1.17	1.17	1.12	1.17	1.25

**Anexo 4.** Análisis estadístico para los valores del porcentaje de ácido láctico

> summary(ALf)

DIA0	DIA1	DIA2	DIA3	DIA4
Min. :0.2190	Min. :1.122	Min. :1.122	Min. :1.140	Min. :1.140
1st Qu.:0.2437	1st Qu.:1.129	1st Qu.:1.133	1st Qu.:1.239	1st Qu.:1.234
Median :0.2610	Median :1.204	Median :1.218	Median :1.289	Median :1.283
Mean :0.2627	Mean :1.218	Mean :1.224	Mean :1.260	Mean :1.261
3rd Qu.:0.2800	3rd Qu.:1.294	3rd Qu.:1.310	3rd Qu.:1.310	3rd Qu.:1.310
Max. :0.3100	Max. :1.344	Max. :1.338	Max. :1.320	Max. :1.338

DIA5	DIA6	DIA7
Min. :1.122	Min. :1.167	Min. :1.206
1st Qu.:1.270	1st Qu.:1.270	1st Qu.:1.296
Median :1.328	Median :1.319	Median :1.328
Mean :1.286	Mean :1.293	Mean :1.304
3rd Qu.:1.344	3rd Qu.:1.341	3rd Qu.:1.336
Max. :1.365	Max. :1.365	Max. :1.356

**Prueba de Normalidad Shapiro – Wilk**

**Hipótesis:**

Ho: Los valores del porcentaje de ácido láctico provienen de una distribución normal.

Hi: Los valores del porcentaje de ácido láctico no provienen de una distribución normal.

**Condición:**

Un valor de  $p > 0.05$  significa que la hipótesis nula es cierta

Un valor de  $p < 0.05$  significa que la hipótesis nula es falsa

```
> shapiro.test(Alf$DIA0)

      Shapiro-Wilk normality test

data:  Alf$DIA0
W = 0.99539, p-value = 0.9831

> shapiro.test(Alf$DIA1)

      Shapiro-Wilk normality test

data:  Alf$DIA1
W = 0.86585, p-value = 0.2817

> shapiro.test(Alf$DIA2)

      Shapiro-Wilk normality test

data:  Alf$DIA2
W = 0.83881, p-value = 0.192

> shapiro.test(Alf$DIA3)

      Shapiro-Wilk normality test

data:  Alf$DIA3
W = 0.82492, p-value = 0.1549

> shapiro.test(Alf$DIA4)

      Shapiro-Wilk normality test

data:  Alf$DIA4
W = 0.90832, p-value = 0.4736

> shapiro.test(Alf$DIA5)

      Shapiro-Wilk normality test

data:  Alf$DIA5
W = 0.78199, p-value = 0.07366

> shapiro.test(Alf$DIA6)

      Shapiro-Wilk normality test

data:  Alf$DIA6
W = 0.86825, p-value = 0.2909

> shapiro.test(Alf$DIA7)

      Shapiro-Wilk normality test

data:  Alf$DIA7
W = 0.79634, p-value = 0.09582
```

Análisis de los promedios del % de ácido láctico total por día

```
> view(pearson_PH_AL)
> summary(pearson_PH_AL)
  ...1          PH          AL
Length:8      Min.   :3.240   Min.   :0.2627
Class :character 1st Qu.:3.245   1st Qu.:1.2228
Mode  :character Median :3.248   Median :1.2603
              Mean  :3.501   Mean  :1.1386
              3rd Qu.:3.265   3rd Qu.:1.2876
              Max.   :5.226   Max.   :1.3044

> shapiro.test(pearson_PH_AL$AL)

      Shapiro-Wilk normality test

data:  pearson_PH_AL$AL
W = 0.50002, p-value = 1.034e-05
```

**Análisis estadístico de la relación entre pH y Ácido Láctico**

```
> pearson_PH_AL
# A tibble: 8 × 3
  ...1    PH    AL
  <chr> <dbl> <dbl>
1 DIA0  5.23  0.263
2 DIA1  3.31  1.22
3 DIA2  3.25  1.22
4 DIA3  3.24  1.26
5 DIA4  3.25  1.26
6 DIA5  3.25  1.29
7 DIA6  3.25  1.29
8 DIA7  3.24  1.30
```

**Test de Correlación de Pearson**

**Hipótesis:**

Ho: Las variables pH y % ácido láctico son independientes.

H1: Las variables pH y % ácido láctico no son independientes.

Sig de Trabajo =  $\alpha$ ; donde  $\alpha \in (0 < \alpha < 1)$

**Condición:**

$p < \alpha$ : Se rechaza Ho

$p > \alpha$ : Se acepta Ho

```

> #prueba no parametrica
> library(ggplot2)
> library(ggcorrplot)
> cor.test(pearson_PH_AL$PH, pearson_PH_AL$AL, method = "spearman")

```

spearman's rank correlation rho

```

data: pearson_PH_AL$PH and pearson_PH_AL$AL
S = 149.39, p-value = 0.02287
alternative hypothesis: true rho is not equal to 0
sample estimates:
      rho
-0.7784571

```

```

> cor(sp, method = "spearman")

```

```

      PH      AL
PH  1.0000000 -0.7784571
AL -0.7784571  1.0000000

```

```

> plou <- cor(sp)

```

```

> plou

```

```

      PH      AL
PH  1.0000000 -0.9975354
AL -0.9975354  1.0000000

```

```

> ggcorrplot(plou, hc.order = TRUE,

```

```

+   type = "lower",

```

```

+   lab = TRUE,

```

```

+   lab_size = 3,

```

```

+   method = "square",

```

```

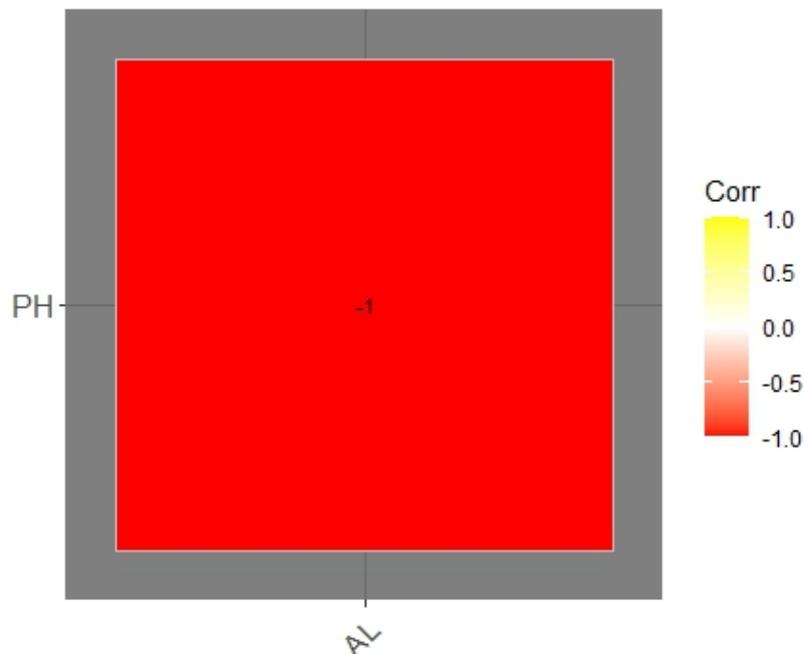
+   colors = c("Red1", "white", "yellow"),

```

```

+   ggtheme = theme_dark)

```



**Anexo 5. Análisis fisicoquímico de las excretas frescas de cerdo**



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



**INFORME DE ANALISIS DE MATERIA ORGANICA**

SOLICITANTE : PROYECCION SOCIAL  
 PROCEDENCIA : LIMA/ LIMA/ LA MOLINA  
 MUESTRA DE : EXCRETA DE CERDO  
 REFERENCIA : H.R. 77598  
 FECHA : 06/09/2022

Nº LAB	CLAVES	pH	C.E. dS/m	M.O. %	N %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	K <sub>2</sub> O %
511		8.09	13.86	80.04	3.37	4.89	1.48

Nº LAB	CLAVES	CaO %	MgO %	Hd %	Na %
511		5.17	1.58	78.37	0.60

Nº LAB	CLAVES	Fe ppm	Cu ppm	Zn ppm	Mn ppm	B ppm
511		628	198	6975	283	16

Nº LAB	CLAVES	Pb ppm	Cd ppm	Cr ppm
511		11.90	1.45	15.88

M.O. por oxidación.



*Dr. Constantino Calderón Mendoza*  
 Jefe de Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM  
 Telf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622  
 Celular: 946 - 606 - 254  
 e-mail: lab.suelo@lamolina.edu.pe

Anexo 6. Análisis fisicoquímico del fertilizante orgánico acelerado – líquido



**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 : PROYECCION SOCIAL  
 PROCEDENCIA : LIMA/ LIMA/ LA MOLINA  
 MUESTRA DE : BIOFERTILIZANTE  
 REFERENCIA : H.R. 77487  
 FECHA : 23/08/2022

N° LAB	CLAVES	pH	C.E. dS/m	Sólidos Totales g/L	M.O. en Solución g/L	N Total mg/L	P Total mg/L	K Total mg/L
435	1	3.75	30.62	172.78	46.40	6942.12	2424.34	8525.00
436	2	3.86	30.95	180.30	47.62	7042.87	2474.18	8900.00
437	3	3.76	32.45	176.42	43.70	7173.63	2224.98	8800.00
438	4	3.65	30.62	156.68	39.86	6323.27	1636.89	7550.00

N° LAB	CLAVES	Ca Total mg/L	Mg Total mg/L	Na Total mg/L	Pb Total mg/L	Cd Total mg/L	Cr Total mg/L
435	1	5685.00	2350.00	805.00	1.62	0.34	2.43
436	2	6535.00	2300.00	935.00	1.69	0.30	1.63
437	3	5585.00	2125.00	955.00	1.33	0.32	1.33
438	4	3995.00	1650.00	720.00	0.55	0.28	1.59

LAB	CLAVES	Fe Total mg/L	Cu Total mg/L	Zn Total mg/L	Mn Total mg/L	B Total mg/L
435	1	161.76	26.00	912.50	49.00	3.17
436	2	130.00	22.50	845.00	43.00	2.75
437	3	79.38	21.00	590.00	52.00	3.43
438	4	63.60	17.00	636.00	22.80	2.94



Dr. Constantino Calderón Mendoza  
 Jefe de Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM  
 Telf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622  
 Celular: 986-505-254  
 e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe

**Anexo 7. Análisis fisicoquímico del fertilizante orgánico acelerado – sólido**



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



**INFORME DE ANALISIS DE MATERIA ORGANICA**

SOLICITANTE : PROYECCION SOCIAL  
 PROCEDENCIA : LIMA/ LIMA/ LA MOLINA  
 MUESTRA DE : PELLETS  
 REFERENCIA : H.R. 77488  
 FECHA : 31/08/2022

N° LAB	CLAVES	pH	C.E. dS/m	M.O. %	N %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	K <sub>2</sub> O %
439	P-1	4.30	14.79	87.08	1.74	1.65	2.02
440	P-2	4.46	17.78	84.25	1.77	1.77	2.14

N° LAB	CLAVES	CaO %	MgO %	Hid %	Na %
439	P-1	2.07	0.67	0.36	0.15
440	P-2	2.43	0.79	0.40	0.22

N° LAB	CLAVES	Fe ppm	Cu ppm	Zn ppm	Mn ppm	B ppm
439	P-1	1325	49	1875	107	12
440	P-2	369	50	2125	111	11

N° LAB	CLAVES	Pb ppm	Cd ppm	Cr ppm
439	P-1	8.85	0.85	3.93
440	P-2	5.15	0.83	4.43

M.O. por oxidación.



*Dr. Constantino Calderón Mendoza*  
**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: lab\_suelo@lamolina.edu.pe



## INFORME DE ANALISIS DE MATERIA ORGANICA

SOLICITANTE : PROYECCION SOCIAL  
PROCEDENCIA : LIMA/ LIMA/ LA MOLINA  
MUESTRA DE : PELLETS  
REFERENCIA : H.R. 77488  
FECHA : 31/08/2022

Nº LAB	CLAVES	pH	C.E. dS/m	M.O. %	N %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	K <sub>2</sub> O %
441	P-3	4.14	17.68	84.18	1.95	1.72	2.29
442	P-4	4.08	14.82	85.48	1.68	1.18	1.93

Nº LAB	CLAVES	CaO %	MgO %	Hd %	Na %
441	P-3	2.05	0.78	0.49	0.21
442	P-4	1.67	0.64	0.20	0.17

Nº LAB	CLAVES	Fe ppm	Cu ppm	Zn ppm	Mn ppm	B ppm
441	P-3	245	49	1550	112	13
442	P-4	206	51	1950	73	6

Nº LAB	CLAVES	Pb ppm	Cd ppm	Cr ppm
441	P-3	4.18	0.83	4.10
442	P-4	4.95	0.80	3.70

M.O. por oxidación.



*Dr. Constantino Calderón Mendoza*  
Jefe de Laboratorio

## Anexo 8. Análisis Microbiológico de las excretas frescas



### UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA LABORATORIO DE ECOLOGÍA MICROBIANA Y BIOTECNOLOGÍA



#### INFORME DE ENSAYO N° 2209200- LMT

**SOLICITANTE:** Dirección de Extensión y Proyección Social

**DESCRIPCIÓN DEL OBJETO ENSAYADO**

**MUESTRA** : M.I.

PROCEDENCIA : Excretas de cerdo  
TIPO DE ENVASE : Frasco de plástico  
CANTIDAD DE MUESTRA : 01 muestra x 01 und. x 500 gr aprox.  
ESTADO Y CONDICIÓN : En buen estado y cerrado  
FECHA DE MUESTREO : 2022 -08-16  
FECHA DE RECEPCIÓN : 2022 -08-16  
FECHA DE INICIO DE ENSAYO : 2022 -08-18  
FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO : 2022 -09-02

#### RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA

Análisis Microbiológico	Muestra 2209200
<sup>1</sup> Enumeración de coliformes totales (NMP/g)	240
<sup>1</sup> Enumeración de coliformes fecales (NMP/g)	11x10 <sup>2</sup>
<sup>1</sup> Enumeración de E. coli (NMP/g)	11x10 <sup>2</sup>
<sup>1</sup> Recuento de Mohos y levaduras (UFC/g)	1x10 <sup>6</sup>
<sup>1</sup> Recuento de aerobios mesófilos (UFC/g)	98x10 <sup>7</sup>
<sup>1</sup> Recuento de bacterias ácido lácticas (UFC/g)	15x10 <sup>8</sup>

#### Métodos:

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

#### Observaciones:

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

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

Validez del documento:

Este documento tiene validez sólo para la muestra descrita.

La Molina, 10 de septiembre de 2022

  
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](mailto:lmt@lamolina.edu.pe)

## Anexo 9. Análisis Microbiológico del fertilizante orgánico acelerado



### UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA LABORATORIO DE ECOLOGIA MICROBIANA Y BIOTECNOLOGIA



#### INFORME DE ENSAYO N° 2209188 - LMT

SOLICITANTE : Dirección de Extensión y Proyección Social

DESCRIPCIÓN DEL OBJETO ENSAYADO

MUESTRA : Fertilizante orgánico M1

PROCEDENCIA : Excreta de Cerdo-VI  
TIPO DE ENVASE : Botella de plástico  
CANTIDAD DE MUESTRA : 01 muestra x 01 und. x 500 ml. aprox.  
ESTADO Y CONDICIÓN : En buen estado y cerrado  
FECHA DE MUESTREO : 2022 - 07-08  
FECHA DE RECEPCIÓN : 2022 - 08-03  
FECHA DE INICIO DE ENSAYO : 2022 - 08-07  
FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO : 2021 - 08-12

#### RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA

Análisis Microbiológico	Muestra 2209188
<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 E. coli (NMP/ml)	< 3
<sup>1</sup> Recuento de Mohos y levaduras (UFC/ml)	0
<sup>1</sup> Recuento de aerobios mesófilos (UFC/ml)	18x10 <sup>3</sup>
<sup>1</sup> Recuento de bacterias ácido lácticas (UFC/ml)	57x10 <sup>2</sup>

#### Métodos:

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

#### Observaciones:

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

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

Validez del documento:

Este documento tiene validez sólo para la muestra descrita.

La Molina, 09 de septiembre de 2022

DRA. DORIS ZÚNIGA DÁVILA

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

Teléfono: 6147800 anexo 274  
E-mail: [imt@lamolina.edu.pe](mailto:imt@lamolina.edu.pe)

Av. La Molina s/n La Molina, Código Postal 15024 - Lima - Perú  
☐ (511) 614-7800 anexo 274 - E-mail: [imt@lamolina.edu.pe](mailto:imt@lamolina.edu.pe)



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
**LABORATORIO DE ECOLOGIA MICROBIANA Y BIOTECNOLOGIA**



**INFORME DE ENSAYO N° 2209189 - LMT**

**SOLICITANTE** : Dirección de Extensión y Proyección Social  
**DESCRIPCIÓN DEL OBJETO ENSAYADO**  
**MUESTRA** : Fertilizante orgánico M2

**PROCEDENCIA** : Excreta de Cerdo-VI  
**TIPO DE ENVASE** : Botella de plástico  
**CANTIDAD DE MUESTRA** : 01 muestra x 01 und. x 500 ml. aprox.  
**ESTADO Y CONDICIÓN** : En buen estado y cerrado  
**FECHA DE MUESTREO** : 2022 - 07-16  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 2022 - 08-03  
**FECHA DE INICIO DE ENSAYO** : 2022 - 08-07  
**FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO** : 2021 - 08-12

**RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA**

Análisis Microbiológico	Muestra 2209189
<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 E. coli (NMP/ml)	< 3
<sup>1</sup> Recuento de Mohos y levaduras (UFC/ml)	0
<sup>1</sup> Recuento de aerobios mesófilos (UFC/ml)	17x10 <sup>3</sup>
<sup>1</sup> Recuento de bacterias ácido lácticas (UFC/ml)	3x10 <sup>3</sup>

**Métodos:**

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

**Observaciones:**

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

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

Validez del documento:

Este documento tiene validez sólo para la muestra descrita.

La Molina, 09 de septiembre de 2022

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: [imt@lamolina.edu.pe](mailto:imt@lamolina.edu.pe)



Av. La Molina s/n La Molina, Código Postal 15024 - Lima - Perú  
☐ (511) 614-7800 anexo 274 - E-mail: [imt@lamolina.edu.pe](mailto:imt@lamolina.edu.pe)





**INFORME DE ENSAYO N° 2209190 - LMT**

**SOLICITANTE** : Dirección de Extensión y Proyección Social

**DESCRIPCIÓN DEL OBJETO ENSAYADO**

**MUESTRA** : Fertilizante orgánico M3

**PROCEDENCIA** : Excreta de Cerdo-VI  
**TIPO DE ENVASE** : Botella de plástico  
**CANTIDAD DE MUESTRA** : 01 muestra x 01 und. x 500 ml. aprox.  
**ESTADO Y CONDICIÓN** : En buen estado y cerrado  
**FECHA DE MUESTREO** : 2022 - 07-24  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 2022 - 08-03  
**FECHA DE INICIO DE ENSAYO** : 2022 - 08-07  
**FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO** : 2021 - 08-12

**RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA**

Análisis Microbiológico	Muestra 2209190
<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 E. coli (NMP/ml)	< 3
<sup>1</sup> Recuento de Mohos y levaduras (UFC/ml)	0
<sup>1</sup> Recuento de aerobios mesófilos (UFC/ml)	15x10 <sup>3</sup>
<sup>1</sup> Recuento de bacterias ácido lácticas (UFC/ml)	47x10 <sup>2</sup>

**Métodos:**

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

**Observaciones:**

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

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

Validez del documento:

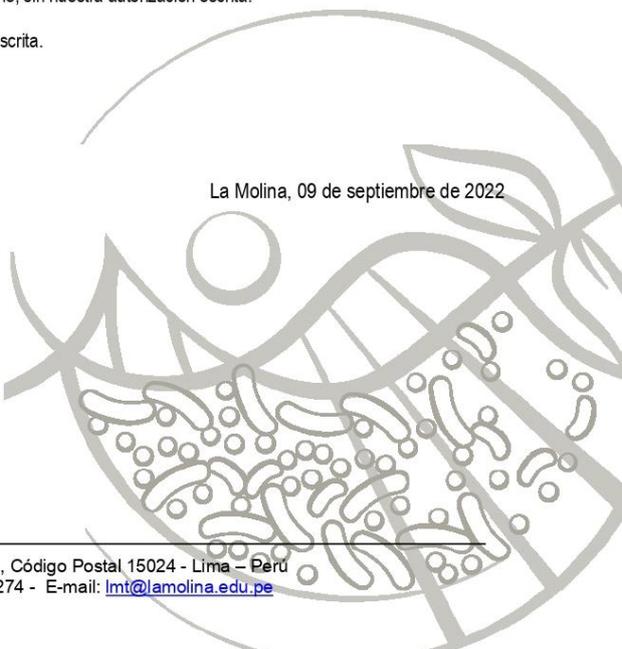
Este documento tiene validez sólo para la muestra descrita.

La Molina, 09 de septiembre de 2022

  
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](mailto:lmt@lamolina.edu.pe)





**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
**LABORATORIO DE ECOLOGÍA MICROBIANA Y BIOTECNOLOGÍA**



**INFORME DE ENSAYO N° 2209191 - LMT**

**SOLICITANTE** : Dirección de Extensión y Proyección Social

**DESCRIPCIÓN DEL OBJETO ENSAYADO**

**MUESTRA** : Fertilizante orgánico M4

**PROCEDENCIA** : Excreta de Cerdo-VI  
**TIPO DE ENVASE** : Botella de plástico  
**CANTIDAD DE MUESTRA** : 01 muestra x 01 und. x 500 ml. aprox.  
**ESTADO Y CONDICIÓN** : En buen estado y cerrado  
**FECHA DE MUESTREO** : 2022 - 01-08  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 2022 - 08-03  
**FECHA DE INICIO DE ENSAYO** : 2022 - 08-07  
**FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO** : 2021 - 08-12

**RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA**

Análisis Microbiológico	Muestra 2209191
<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 E. coli (NMP/ml)	< 3
<sup>1</sup> Recuento de Mohos y levaduras (UFC/ml)	0
<sup>1</sup> Recuento de aerobios mesófilos (UFC/ml)	17x10 <sup>3</sup>
<sup>1</sup> Recuento de bacterias ácido lácticas (UFC/ml)	11x10 <sup>3</sup>

**Métodos:**

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

**Observaciones:**

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

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

Validez del documento:

Este documento tiene validez sólo para la muestra descrita.

La Molina, 09 de septiembre de 2022

DRA. DORIS ZÚÑIGA DÁVILA

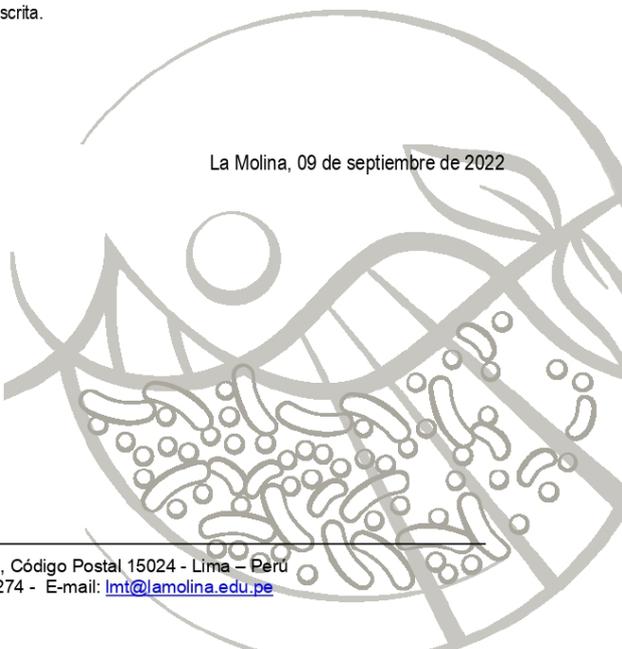
Jefe del Laboratorio de Ecología Microbiana  
y Biotecnología "Marino Tabusso"  
Universidad Nacional Agraria La Molina

Teléfono: 6147800 anexo 274

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



Av. La Molina s/n La Molina, Código Postal 15024 - Lima - Perú  
☐ (511) 614-7800 anexo 274 - E-mail: [imt@lamolina.edu.pe](mailto:imt@lamolina.edu.pe)



**Anexo 10.** Cálculo del Índice de Germinación

## Primer Ensayo Piloto

<b>Tratamiento</b>	<b>Concentración (v/v)</b>	<b>Número de semillas germinadas (promedio)</b>	<b>Elongación de radículas (promedio en mm)</b>	<b>PGR (%)</b>	<b>CRR (%)</b>	<b>IG (%)</b>
Blanco	0/100	20	3.98			
Puro	100/100	0	0	0	0	0
D1	10/100	0	0	0	0	0
D2	1/100	20	0.86	100	21.61	21.61
D3	0.1/100	20	3.28	100	82.41	82.41
D4	0.01/100	20	3.94	100	98.99	98.99

## Segundo Ensayo Piloto

<b>Tratamiento</b>	<b>Concentración (v/v)</b>	<b>Número de semillas germinadas (promedio)</b>	<b>Elongación de radículas (promedio en mm)</b>	<b>PGR (%)</b>	<b>CRR (%)</b>	<b>IG (%)</b>
Blanco	0/100	20	3.77			
Puro	100/100	0	0	0	0	0
D1	10/100	0	0	0	0	0
D2	1/100	20	1.03	100	27.32	27.32
D3	0.1/100	20	2.85	100	75.60	75.60
D4	0.01/100	20	4.07	100	107.96	107.96

Tercer Ensayo Piloto

<b>Tratamiento</b>	<b>Concentración (v/v)</b>	<b>Número de semillas germinadas (promedio)</b>	<b>Elongación de radículas (promedio en mm)</b>	<b>PGR (%)</b>	<b>CRR (%)</b>	<b>IG (%)</b>
Blanco	0/100	20	3.34			
Puro	100/100	0	0	0	0	0
D1	10/100	0	0	0	0	0
D2	1/100	20	1.10	100	32.93	32.93
D3	0.1/100	20	2.87	100	85.93	85.93
D4	0.01/100	20	4.30	100	128.74	128.74

**Anexo 11.** Crecimiento radicular en los tres ensayos piloto

N°	100/100			10/100			1/100			0.1/100			0.01/100			BLANCO		
	R1	R2	R3															
1	0	0	0	0	0	0	1.10	1.20	1.80	3.50	3.40	3.20	4.30	3.40	4.30	2.70	3.80	3.20
2	0	0	0	0	0	0	2.30	1.10	1.30	3.10	3.10	2.70	3.60	3.50	4.30	4.80	3.40	4.00
3	0	0	0	0	0	0	0.80	1.00	1.00	3.10	4.10	2.90	4.10	4.00	4.60	3.70	3.50	4.40
4	0	0	0	0	0	0	1.00	1.10	1.00	3.20	2.60	3.20	5.30	3.60	4.00	3.80	4.00	3.20
5	0	0	0	0	0	0	1.40	1.00	0.50	3.80	3.20	2.90	3.90	4.40	4.50	3.70	4.30	2.70
6	0	0	0	0	0	0	0.80	0.70	1.30	3.20	2.50	2.70	4.20	5.70	3.30	4.20	3.30	2.60
7	0	0	0	0	0	0	0.70	1.00	1.00	3.80	3.60	3.00	3.50	3.60	3.50	4.30	3.90	4.00
8	0	0	0	0	0	0	0.70	0.60	1.10	3.70	3.60	3.40	4.50	3.80	4.30	3.80	3.30	2.50
9	0	0	0	0	0	0	0.80	1.20	1.20	2.80	3.40	3.20	3.80	3.50	3.50	3.50	4.50	3.30
10	0	0	0	0	0	0	2.00	1.50	0.50	2.90	3.70	3.60	3.00	5.20	4.80	4.20	3.20	4.10
11	0	0	0	0	0	0	0.40	1.10	1.70	3.60	2.90	2.50	3.50	3.80	4.00	4.10	3.50	4.50
12	0	0	0	0	0	0	0.60	1.20	0.30	2.90	2.90	2.50	4.10	4.60	5.30	3.50	4.20	4.00
13	0	0	0	0	0	0	0.60	1.00	0.80	3.40	2.80	3.20	4.50	3.60	4.60	4.50	4.80	3.60
14	0	0	0	0	0	0	0.25	1.20	1.60	2.80	1.40	2.80	3.30	3.40	4.50	3.90	4.60	2.70
15	0	0	0	0	0	0	0.65	0.80	1.00	4.20	2.30	3.40	4.50	5.90	3.80	3.80	3.70	3.30
16	0	0	0	0	0	0	0.20	1.30	1.80	3.40	2.20	3.20	3.00	3.80	4.80	4.60	3.60	3.30
17	0	0	0	0	0	0	1.00	1.00	0.90	2.50	2.70	2.00	4.00	4.30	4.80	3.90	3.70	3.00
18	0	0	0	0	0	0	0.60	1.00	1.70	3.40	1.90	2.30	3.00	3.50	3.50	4.20	3.90	2.30
19	0	0	0	0	0	0	0.25	0.80	0.40	3.10	2.50	2.20	4.20	3.60	4.80	4.50	3.20	2.70
20	0	0	0	0	0	0	1.00	0.70	1.10	3.10	2.20	2.40	4.40	4.20	4.70	3.90	3.00	3.30
<b>Promedios</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.86	1.03	1.10	3.28	2.85	2.87	3.94	4.07	4.30	3.98	3.77	3.34
<b>PROMEDIO TOTAL</b>	<b>0.00</b>			<b>0.00</b>			<b>0.99</b>			<b>3.00</b>			<b>4.10</b>			<b>3.70</b>		