

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE ZOOTECNIA



**PRODUCCIÓN DE ENSILADO DE EXCRETA PORCINA Y SU
INCLUSIÓN EN EL ALIMENTO DE CERDOS EN CRECIMIENTO**

Presentada por:

SAIRA LUISA CARRANZA RAMÍREZ

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO ZOOTECNISTA

LIMA PERÚ

2017

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE ZOOTECNIA
DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL

**“PRODUCCIÓN DE ENSILADO DE EXCRETA PORCINA Y SU
INCLUSIÓN EN EL ALIMENTO DE CERDOS EN CRECIMIENTO”.**

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

SAIRA LUISA CARRANZA RAMÍREZ

Sustentado y aprobado ante el siguiente jurado:

Ing. José Cadillo Castro

Presidente

Dra. Gladys Carrión Carrera

Miembro

Ing. Víctor Vergara Rubín

Miembro

Ing. Carmen Álvarez Sacio

Patrocinador

DEDICATORIA

A mi padre Emilio Carranza Mechán
por dar todas sus fuerzas para darnos
siempre lo mejor.

A mi madre Gianina Ramírez Coronel,
por educarnos, guiarnos e inculcarnos
la palabra de Dios.

A Jairo y Emilio los mejores
hermanos, siempre alentándome
y haciéndome reír con cada
ocurrencia.

AGRADECIMIENTOS

A Dios porque Él me trajo hasta aquí y me seguirá guiando por sus caminos, Él es mi roca fuerte, fortaleza mía, todo es posible si puedes creer.

A mi compañero de vida, Elmer Rojas Encina, quién dio todas sus fuerzas y tiempo para apoyarme en lograr esta meta, porque seguiremos luchando juntos de la mano de Dios por todo lo que se viene en adelante.

A la Ing. Carmen Álvarez Sacio por su tiempo, dedicación y paciencia para desarrollar el presente trabajo; por brindarme su apoyo constante durante mi etapa académica y en lo profesional.

Al Blgo. Juan Juscamaita por brindarme sus conocimientos, darme la confianza para realizar este trabajo.

Al Dr. Carlos Vilchez por sus consejos y orientación como profesional y amigo.

A mis amigos: Fabiola Caqui, Vanesa Quispe, Gabriela Abarca, Cristian Uculmana, Jorge Tay, por su amistad, tiempo y apoyo durante toda la realización de este trabajo.

Al Sr. Joel y Sr. Carlos, trabajadores de la Unidad Experimental de Cerdos, quienes estuvieron siempre dispuestos a ayudarme.

A María Alejandra Gil, estudiante de la carrera de biología, quien siempre estuvo dispuesta a toda labor que se realizó durante este trabajo.

A la familia Rojas Encina: Jovino Rojas, Arminda Encina, Eddy Rojas, Estela Rojas y Amparo Rojas; quienes a pesar de estar lejos siempre estuvieron pendientes de la realización de este trabajo, brindándome palabras de aliento.

INDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	REVISION DE LITERATURA	3
	2.1. ACTUALIDAD PORCICOLA	3
	2.1.1. Problemáticas	3
	2.1.2. Contaminación generada por las granjas porcinas	3
	2.2. MARCO LEGAL DE LA ACTIVIDAD PECUARIA	6
	2.2.1. Reglamento del Sistema Sanitario Porcino	6
	2.2.2. Ley General de Residuos Sólidos	7
	2.2.3. Reglamento de Manejo de los Residuos Sólidos del Sector Agrario	7
	2.2.4. Reglamento de la Ley de Inocuidad de los Alimentos	8
	2.2.5. Codex Alimentarius-Producción de alimentos de origen Animal	8
	2.3. EXCRETAS PORCINAS	9
	2.3.1. Descripción	9
	2.3.2. Composición nutricional de la excreta de cerdo	10
	2.3.3. Composición química de la excreta de cerdo	12
	2.3.4. Composición microbiológica de la excreta de cerdo	12
	2.4. FERMENTACIÓN LÁCTICA	13
	2.4.1. Fermentación Heteroláctica	14
	2.4.2. Fermentación Homoláctica	14
	2.5. BACTERIAS ACIDO LÁCTICAS	14
	2.5.1. Características	15
	2.5.2. <i>Lactobacillus</i>	16
	2.5.3. B- Lac	17
	2.6. ENSILADO DE EXCRETAS	18
	2.6.1. Generalidades	18
	2.6.2. Proceso de transformación de las excretas porcinas en	

	ensilado de cerdaza	20
	2.6.3. Uso de la excreta porcina en la alimentación de animales	21
III.	MATERIALES Y METODOS	23
	3.1. LUGAR Y DURACIÓN DE EJECUCIÓN	23
	3.2. PRIMERA ETAPA: PRODUCCIÓN DE ENSILADO DE EXCRETA PORCINA	23
	3.2.1. Insumos	23
	3.2.2. Materiales	23
	3.2.3. Proceso para la elaboración del ensilado de excreta porcina	24
	3.2.4. Tratamientos	25
	3.2.5. Parámetros evaluados	25
	3.2.6. Selección del mejor proceso	28
	3.3. SEGUNDA ETAPA: INCLUSIÓN DE ENSILADO DE EXCRETA PORCINA EN EL ALIMENTO DE CERDOS EN CRECIMIENTO	28
	3.3.1. Instalaciones y equipos	28
	3.3.2. Animales experimentales	29
	3.3.3. Producto evaluado	29
	3.3.4. Tratamientos	29
	3.3.5. Dietas Experimentales	29
	3.3.6. Parámetros de evaluación	32
	3.4. DISEÑO EXPERIMENTAL	33
	3.4.1. Primera Etapa: Producción de ensilado de Excreta Porcina	33
	3.4.2. Segunda Etapa: Inclusión del ensilado en el alimento de cerdos en crecimiento	33
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	34
	4.1. PRIMERA ETAPA: PRODUCCIÓN DE ENSILADO DE EXCRETA PORCINA	34
	4.1.1. Análisis del pH en los tratamientos de la excreta	34
	4.1.2. Análisis Microbiológicos	36
	4.1.3. Análisis Físico – químicos	39
	4.1.4. Análisis Proximal	41

4.2. SEGUNDA ETAPA: INCLUSIÓN DE ENSILADO DE EXCRETA PORCINA EN EL ALIMENTO DE CERDOS EN CRECIMIENTO	43
4.2.1. Peso y ganancia diaria de peso	43
4.2.2. Consumo de alimento	45
4.2.3. Conversión alimenticia	46
4.2.4. Retribución Económica	47
V. CONCLUSIONES	49
VI. RECOMENDACIONES	50
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51
VIII. ANEXOS	62

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Producción diaria de excreta según la etapa fisiológica del cerdo	5
Cuadro 2 Composición nutritiva de excretas porcinas en base a % de la M.S	11
Cuadro 3. Valor nutricional del ensilado de cerdaza, según tiempo de fermentación y tipo de excreta	19
Cuadro 4 Tratamientos para la elaboración del ensilado de excreta porcina	26
Cuadro 5. Valor nutritivo del ensilado de excreta porcina	30
Cuadro 6. Fórmula de las dietas experimentales en base fresca (%) y valor nutricional calculado en base seca	34
Cuadro 7. Variación de pH de los tratamientos evaluados	35
Cuadro 8. Análisis Microbiológicos del Ensilado de Excreta Porcina	37
Cuadro 9. Análisis Físico Químicos del Ensilado de Excreta Porcina	40
Cuadro 10. Composición nutricional del Ensilado de Excreta Porcina	42
Cuadro 11. Peso vivo y Ganancia diaria de peso vivo, consumo diario de alimento y conversión alimenticia de los cerdos en crecimiento por tratamiento.	44
Cuadro 12. Retribución económica del alimento de Crecimiento	48

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Flujograma para la elaboración del Ensilado de Excreta Porcina

27

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó teniendo como objetivo: producir ensilado de excreta porcina, determinar pH, sus características microbiológicas y fisicoquímicas, así como evaluar su inclusión en el alimento de cerdos en crecimiento, medido a través de ganancia diaria de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia y retribución económica del alimento. Se realizó en dos etapas: en la primera, se produjo ensilado de excreta porcina (EEP), los tratamientos consistieron en la combinación de diferentes niveles de bioprotector comercial (B) y melaza (M), 0%, 5%, 10% y 15%, completándose 100% con las excretas porcinas (E), teniendo así 16 tratamientos; estos fueron evaluados por 5 días, observándose el descenso de pH, estabilidad, valor nutritivo y menor costo de producción, con lo cual se seleccionó la combinación que fue incluida en el alimento de los cerdos (85E, 10M y 5B), quién al tercer día presentó valor de pH de 3.86 y al realizar el recuento de bacterias coliformes, Salmonella y Escherichia coli se encontró un valor < 3 para los tres tipos de bacterias; en el análisis fisicoquímicos se halló valores de 1.66% P, 3.45% K, 0.24% Na, 0.095% Cl y 124 ppm Cu; su valor nutricional en base fresca fue 5.89% proteína total y 4.10 Mcal/Kg Energía Metabolizable. En la segunda etapa, se evaluaron tres tratamientos que consistieron en la inclusión de 0, 4 y 8% de ensilado de excreta porcina en el alimento de cerdos en crecimiento. Se utilizaron 48 cerdos machos de 85 días de edad promedio. No se encontró diferencia estadística significativa ($P < 0.05$) para la ganancia diaria de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia entre los tres tratamientos. El tratamiento con inclusión de 8% de excreta porcina presentó mejor retribución económica (104.63%).

I. INTRODUCCIÓN

La crianza tecnificada de cerdos se ha incrementado a lo largo de los últimos años, así mismo ha tenido mejoras sustanciales en todas las áreas de la crianza. Este crecimiento de la crianza, sobre todo la intensiva en confinamiento, va acompañado de un incremento en la cantidad de residuos producidos, provocando un alto riesgo ambiental.

A nivel mundial, el principal problema que enfrentan las explotaciones porcinas es la generación de excretas; las mismas que al contener nutrientes, provenientes del alimento que no ha sido asimilado por el animal, contaminan el medio ambiente y pueden llegar a ser un principal obstáculo para el desarrollo de la porcicultura. Es de gran preocupación la contaminación que las excretas causan, por ello la porcicultura está buscando alternativas que favorezcan la reutilización de estas materias orgánicas.

Otro problema que enfrenta la producción porcina es la utilización de cereales como fuentes de proteína y energía en su alimentación, estos compiten con el consumo humano, además de presentar fluctuaciones de precios en el mercado, lo cual hace que el productor busque alternativas que contribuyan a enriquecer las fuentes de alimentación para cerdos en diferentes categorías.

El estiércol porcino tiene en su composición un gran contenido de materia orgánica, nitrógeno, fósforo, potasio, los cuales durante su descomposición contaminan el medio ambiente por la emisión de gases, contribuyendo al calentamiento global y contaminación del aire; sin embargo, esta composición nutricional puede ser de gran interés para la alimentación animal ya que puede complementar al uso de cereales. Por lo tanto, es vital planear estrategias de utilización de las excretas, buscando alternativas que permitan darles un valor agregado.

Por lo expuesto, el objetivo de la presente investigación fue producir ensilado de excreta porcina y determinar su variación de pH, características microbiológicas, físico químicas y valor nutricional, así como evaluar su inclusión en el alimento de cerdos en crecimiento en niveles de 4 y 8 %, a través de ganancia diaria de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia y retribución económica del alimento.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1 ACTUALIDAD PORCICOLA

2.1.1 Problemáticas

Uno de los principales problemas que enfrentan las granjas porcinas es el manejo de las excretas, por la gran cantidad que se produce y al ser retirado de los corrales diariamente genera la acumulación de éstas y al no ser llevados a procedimientos adecuados contaminan el medio ambiente (aire, agua y suelo).

Indistinto al tipo de crianza (tecnificadas o traspatio), la explotación de cerdos en confinamiento, se suma al daño y deterioro que actualmente tienen los recursos naturales, contaminación del suelo, aire y agua, esto debido a los gases que emiten las heces y la orina (residuos), generados en los procesos de producción, lo cual hace necesario poner en práctica acciones dirigidas a recuperar y manejar dichos residuos. (Mariscal, 2007). El impacto ambiental de los desechos porcinos incluye, además de los daños causados sobre los recursos, malos olores, ruidos y plagas de insectos que afectan a la población (Castiblanco, 2002).

2.1.2 Contaminación generada por las granjas porcinas

La contaminación ambiental generada por los animales existe y es consecuencia de las prácticas intensivas de explotación. Este problema gana importancia con el crecimiento de las unidades de producción y el aumento en la densidad de la población animal. Los desechos de las explotaciones pecuarias incluyen excretas fecales y urinarias, desperdicios de alimento y las aguas de lavado más las pérdidas involuntarias de ésta y otros materiales como pajas y aserrines usados como “cama” (Salazar y Cuarón, 1999).

La contaminación que una granja porcina puede causar en el medio son diversos y afectan tanto al productor como al entorno, alterando de forma directa el estatus sanitario de los animales y deteriorando el entorno a través de las emisiones de gases y olores asociados a la producción animal, acumulación de materia orgánica, polución de cauces de aguas, incrementos de insectos y roedores, etc. (FAO, 2008). Tradicionalmente el estiércol de cerdo ha sido devuelto a la tierra; sin embargo, en las zonas rurales ha sido rechazado debido a los problemas de olor durante su aplicación (Sosa, 2015).

Los nutrientes como nitrógeno, fósforo y potasio; además los oligoelementos como óxido de zinc y sulfato de cobre provenientes de los estiércoles, aportan al medio ambiente materia orgánica, amoníaco, sustancias volátiles causantes de malos olores y agentes patógenos. En los ríos, la materia orgánica en descomposición puede reducir los niveles de oxígeno y causar la muerte por asfixia de los peces. Los excesos de nutrientes en el agua pueden contribuir a la eutrofización (Martínez *et al.*, 2003)

La toxicidad del estiércol de cerdo es tres veces menor que el estiércol de aves; sin embargo, existen una serie de bacterias que influyen como riesgo en el estiércol del cerdo. La producción de excreta (Cuadro 1) varía según la etapa fisiológica del cerdo (Mariscal, 2007).

Para Domínguez-Araujo *et al.* (2014), conocer la población animal en cada una de las etapas es de vital importancia, de esta forma se calcula el número de materia fecal a partir de cada animal, dependiendo de la etapa fisiológica en la que se encuentra, esto ayudará a planificar las metas y objetivos para el manejo de residuos.

Cuadro 1: Producción diaria de excreta según la etapa fisiológica del cerdo

	Estiércol	Est. + orina	Volumen	Volumen
	Kg/día	Kg/ día	l/día	m3/animal/mes
25 – 100 kg	2.3	4.9	7.0	0.25
Hembra	3.6	11.0	16.0	0.48
H. lactación	6.4	18.0	27.0	0.81
Semental	3.0	6.0	9.0	0.28
Lechón	0.35	0.95	1.4	0.05
Promedio	2.35	5.8	8.6	0.27

Fuente: Mariscal, 2007

Se han realizado varios cálculos para estimar la cantidad de excreta que se produce en una explotación porcina y así hacer el uso eficiente de esta. Según, Pérez Espejo (1992) menciona que, por cada 70 kg de peso vivo en granja, se producen entre 4 y 5 kg de excreta; por su parte Domínguez-Araujo *et al.* (2014) menciona que el promedio de producción de excretas en engorda, puede ser un décimo (10%) del peso vivo por día (sólido y líquido), lo que representa 1.36 kg de heces y 4.73 l de orina por día en promedio desde el destete hasta el peso al sacrificio.

2.2 MARCO LEGAL DE LA ACTIVIDAD PECUARIA

2.2.1 Reglamento del Sistema Sanitario Porcino

La aprobación del Reglamento del Sistema Sanitario Porcino tiene como objetivo regular las acciones y medidas sanitarias establecidas por el Servicio Nacional de Sanidad Agraria –SENASA con la finalidad de prevenir, controlar y erradicar las enfermedades del sector porcino.

En el Capítulo IV, del Manejo y Control Sanitario, artículo 26°, menciona que está prohibido alimentar a cerdos con residuos de alimentación humana, provenientes de establecimientos de salud, puertos y aeropuertos, así como con la mortalidad de las explotaciones avícolas y otras especies. Además establece que aquellos centros porcinos que deseen utilizar residuos alimenticios humanos o provenientes de restaurantes deberán estar registrados obligatoriamente en el SENASA; así mismo permite el uso de despojos comestibles provenientes del faenamiento de especies domésticas (bovino, ovino, caprinos, camélidos sudamericanos, porcinos y aves) en forma de harinas procesadas (El Peruano, 2010).

2.2.2 Ley General de Residuos Sólidos (Ley N°27314)

En el Perú, no se cuenta con una Legislación Ambiental relacionado a la actividad pecuaria que regule las emisiones de nitrógeno en suelo, aire y agua como sí lo tienen otros países (europeos y Estados Unidos); sin embargo, en los últimos años el Estado ha comenzado a tomar medidas para la protección del medio ambiente. Por esto promulgó en el 2002 la Ley N° 27314, Ley general de Residuos Sólidos (LGRS) y su Reglamento, Decreto Supremo N° 057-2004-PCM y el DS N° 016-2012-AG, Reglamento de Manejo de Residuos Sólidos del Sector Agrario. Estos establecen un marco institucional para la gestión y manejo de residuos sólidos.

En el primer artículo se establece los derechos, obligaciones, atribuciones y responsabilidades de la sociedad en la adecuada gestión y manejo de residuos sólidos, sanitarios y ambientales, con sujeción a los principios de minimización, prevención de riesgos y protección de la salud y bienestar de la persona humana.

En el capítulo III de Residuos Sólidos del ámbito de Gestión No Municipal, artículo 35, respecto a los residuos pecuarios, señala que el Ministerio de Agricultura, a través de sus órganos competentes establece los requisitos técnicos para el manejo de residuos sólidos generados por las instalaciones de crianza animal (El Peruano, 2012).

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

Con el fin de regularizar la gestión y manejo de residuos, a que se realice en forma sanitaria y ambientalmente adecuada, este Decreto modifica la Ley General de Residuos Sólidos, sujeta a principios de prevención y minimización de riesgos ambientales, protección de la salud, contribuyendo de esta manera al desarrollo sostenible del país.

En el Título III. Manejo de residuos agropecuarios, Capítulo VII pautas para la gestión de residuos sólidos, artículo 29° inciso 1, hace mención sobre el aprovechamiento de las deyecciones animales, los cuales pueden ser aprovechados en los cultivos agrícolas como abono orgánico, por lo cual los tratamientos usados en las deyecciones animales tiene como finalidad la transformación de éstas en producto orgánico estable (El Peruano, 2012).

2.2.4 Reglamento de la Ley de Inocuidad de los Alimentos

En el Perú no se encuentra un reglamento en el cual se restrinja el uso de ensilado de excretas como insumo en la alimentación animal; sin embargo, existe el reglamento de la Ley de Inocuidad de los Alimentos, el cual tiene por finalidad establecer normas y procedimientos que deben cumplir los alimentos destinados al consumo humano, esto en concordancia con los Principios Generales de Higiene de los Alimentos del Codex Alimentarius.

En el Capítulo II, de la Vigilancia y Control de la Inocuidad de los Alimentos, artículo 10°, resalta la importancia de la vigilancia sanitaria de la alimentación de los animales destinados a la producción de alimentos para el consumo humano, la vigilancia de contaminantes físico, químicos y biológicos (El Peruano, 2008).

2.2.5 Codex Alimentarius – Producción de alimentos de origen animal

El Codex Alimentarius consiste en un grupo de estándares internacionales de alimentos, teniendo como objetivo proteger la salud de los consumidores, garantizando la inocuidad de los alimentos.

El Codex Alimentarius respecto a la producción pecuaria, establece códigos de buenas prácticas para la producción de alimentos de origen animal, bajo los cuales debe registrarse el productor. Uno de los códigos de mayor importancia es sobre la buena alimentación animal. El Codex Alimentarius define a inocuidad alimentaria como garantía de que un alimento no causará daños al consumidor (FAO, 2009).

El código de buenas prácticas sobre la alimentación animal tiene por objetivo establecer un sistema de inocuidad para los piensos de los animales destinados al consumo humano que abarque toda la cadena alimentaria. Este código menciona en el inciso 4.5, riesgos para la salud relacionada a los piensos, que todos los ingredientes deben satisfacer unas normas mínimas de inocuidad, así como es esencial que los niveles de sustancias no deseables presentes en los alimentos sean bastantes bajos como para que su concentración en los alimentos destinados al consumo humano resulte constantemente inferior a los niveles que suscitan preocupación (FAO, 2009).

2.3 EXCRETAS PORCINA

2.3.1 Descripción

Domínguez-Araujo *et al* (2014), menciona que hay dos formas de cómo se pueden considerar a las excretas: como desecho de la alimentación de los animales, o como materia para reciclaje. El primero hace referencia a los alimentos que se proporciona a los animales, de los cuales el organismo toma los nutrientes necesarios, se le agregan elementos de la digestión no utilizados por el metabolismo y finalmente la mezcla de estos son expulsados fuera del organismo (Salazar - Gutiérrez, 2004). Para el segundo caso, tiene como origen las heces y orines recién expulsados, los cuales constituyen el alimento digerido, pero no utilizado por el organismo a esto se le suma desperdicios de cama. (Grundey, 1982)

La excreta de cerdo es el principal residuo generado por el sector porcino, está constituido por la mezcla de 55% excretas sólidas y 45% orinas (Peralta, 2005). Estas son vistas como el principal contaminante ambiental; sin embargo, mediante su procesamiento puede generar valiosos recursos, de tal forma que al reciclarse parte de sus nutrientes contribuyen a una porcicultura sostenible (Sosa, 2000).

La excreta de cerdo está constituida de heces, orina, microbios intestinales y metabolitos finales de la digestión (García, 2000). Además, Flachowsky *et al* (1985) menciona que las excretas de cerdo son ricas en proteína cruda (15 al 30%).

2.3.2 Composición nutricional de la excreta de cerdo

La composición nutricional de la excreta de cerdo es afectada principalmente por variación en la formulación de las dietas utilizadas. Castellanos *et al.* (2010) menciona otros factores como la edad del animal, cantidad y digestibilidad de los nutrimentos en la dieta, desperdicio de alimento y la forma de colección de las excretas.

Al ser clasificados los cerdos por edades productivas se ha encontrado que aquellas excretas provenientes de cerdos de pesos inferiores, inicio, crecimiento y engorde, presentan un mayor contenido de proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE), carbohidratos no estructurales y energía y un menor contenido de cenizas, calcio, fosforo, FDN y FDA, a contraste de los cerdos reproductores, gestantes y lactantes (Cuadro 2); esto debido a las diferencias en la composición de la dieta y a su vez a una menor utilización de los nutrientes que incluye la dieta (Castrillón *et al.* 2004).

Salazar – Gutiérrez (2004) menciona que las fracciones más importantes que se pueden encontrar en el contenido nutricional de las excretas son el extracto libre de nitrógeno (ELN), la proteína cruda (PC) y la fibra cruda (FC), esto debido a su posibilidad de reúso como nutrientes para el ganado y para el suelo. Müller (1984), reporta que el contenido de proteína en la excreta porcina es alto, variando entre 11 a 31% en base seca.

Cervantes (2014) destaca que el uso de las excretas de los animales en la realimentación, obedece principalmente a su elevado contenido mineral y de nitrógeno, el que representa su mayor riqueza, aunque cuentan con una pobre concentración de energía.

Cuadro 2: Composición nutritiva de excretas porcinas en base a % de la M.S

Etapa Productiva	Hd %	PC %	EE %	Cz %	FND %	FAD %	Calcio %	Fósforo %	Cu Mg/kg
Inicio	80.51	26.92	7.1	14.28	28.42	7.96	2.51	0.19	1160.5
Desarrollo	78.67	26.27	9.83	15.97	30.89	9.81	3.36	0.21	445.04
Engorde	78.55	23.38	6.47	16.44	37.04	11.35	2.96	0.22	427.64
Gestante	80.73	16.49	3.85	20.34	40.02	15.54	3.93	0.29	725.3
Lactante	72.52	15.8	8.64	20.08	30.65	11.79	5.01	0.27	920.6

Fuente: Camacho *et al.* (2000), citado por Castrillón *et al.*, (2004)

2.3.3 Composición química de excretas de cerdos

García (2000) menciona que las excretas porcinas contienen más del 90% de los minerales del alimento. Clanton *et al* (1991) resaltan que contienen nitrógeno, fósforo, potasio, sodio, calcio, magnesio, manganeso, hierro, zinc y cobre, entre otros elementos, los cuales son componentes que lo hacen útiles como alimento y fertilizante. Sin embargo, Mariscal (2007) menciona que la composición química de las excretas de cerdos es muy variable y depende básicamente de la etapa productiva del cerdo, así mismo menciona que la excreción anual de N, P y K varía desde 2.6, 0.9 y 1.7 Kg/año, respectivamente en lechones hasta 15, 5 y 10 kg/año respectivamente en cerdos en acabado. Avalos (2014), menciona que los elementos considerados de mayor contaminación, por su gran cantidad que se produce, son el fósforo y potasio.

La excreta porcina contiene altas concentraciones de Cu y Zn comparado con excretas de otras especies, ya que el Cu utilizado en la dieta tiene la finalidad de aumentar la ganancia y la conversión alimenticia del cerdo de engorde y el Zn se utiliza para contrarrestar el potencial de toxicidad de Cu (García, 2000).

2.3.4 Composición microbiológica de excretas de cerdos

Las excretas porcinas presentan en su composición una gran carga microbiológica y parasitaria muy elevada, además de microorganismos de la biota intestinal y algunos son catalogados como patógenos por su acción perjudicial en la salud humana y en las poblaciones animales. Entre las bacterias que son de especial importancia como riesgo bacterial en el estiércol de cerdo tenemos: *Salmonella*, *Mycobacterium*, *Brucella*, *Escherichia coli*, *Leptospira*, *Yersenia* y *Campilobacter*. Estas bacterias no siempre están presentes en la excreta del cerdo, pues son de mayor prevalencia en cerdos infectados (Castrillón *et al.*, 2004, Estrada *et al.*, 2011 y Oliva., *et al.*, 2004).

Según Cornejo (2011) y Noa (2013) la población microbiana de la excreta porcina está conformada principalmente por coliformes fecales, coliformes totales y *Staphylococcus*. Alcáino *et al* (1989), determinaron que en la porcina fresca es común encontrar huevos y larvas de Nemátodos como: *Choerostrongylais pudendotectus*, *Metastrongylus apri*, *Physocephalus sexalatus*, *Asearops strongylina*, *Ascaris suum*, *Oesophagostomum longicaudum*, *Trichuris suis*, y protozoos intestinales como: *Isospora suis* (*Balantidium coli* y diversas Coccidias del género *Eimeria*). Las excretas, como materiales de desecho, son fuentes potenciales de microorganismos patógenos que pueden provocar enfermedades en los animales que los consumen (Serrano *et al.*, 2008).

Los microorganismos patógenos como bacterias, protozoos, larvas, huevos, pupas de insectos, etc., presentes en las excretas porcinas, limitan su uso, debido a la contaminación que pueden provocar, por ello es importante realizar tratamientos que puedan eliminar estos agentes sin alterar el valor que posee la excreta (Peralta, 2005).

2.4 FERMENTACIÓN LÁCTICA

Se llama fermentación láctica al proceso celular donde se utiliza la glucosa para obtener energía y donde el producto de desecho es el ácido láctico (García *et al.*, 2008). Este ácido láctico obtenido como producto de la fermentación láctica es el responsable en la reducción de pH. La fermentación láctica se ha propuesto como alternativa para el tratamiento de desechos ya que ofrece ventaja de bajo costo de inversión (Cira *et al.*, 2002)

Según el tipo de productos de fermentación que generan a partir de los azúcares se le han dividido en dos subgrupos, el homofermentativo, producen ácido láctico como el único o principal producto y, heterofermentativo, producen otros compuestos como el etanol y CO₂ (Madigan *et al.*, 2004).

2.4.1 Fermentación heteroláctica

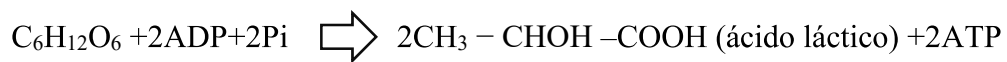
La fermentación heteroláctica produce a partir de glucosa cantidades equimolares de otros productos de fermentación como ácido acético, etanol y dióxido de carbono. La estequiometría heteroláctica a partir de glucosa es la siguiente (Serna - Cock y Rodríguez de Stouvenel, 2005).



En la fermentación heteroláctica el dióxido de carbono promueve un ambiente anaeróbico, reduce el pH y puede ayudar a destruir la integridad de la pared celular microbiana (Ramírez *et al.*, 2011)

2.4.2 Fermentación homoláctica

En el metabolismo homofermentativo, se produce principalmente ácido láctico y las bacterias utilizan las hexosas siguiendo la vía de Embden-Meyerhof, también llamada glucólisis. Las bacterias que tienen este tipo de metabolismo son *Lactobacillus delbruekii*, *Lactobacillus helveticus*, *Lactobacillus amylovorus* entre otros. La estequiometría clásica de la fermentación homoláctica es la siguiente (Serna - Cock y Rodríguez de Stouvenel, 2005).



La diferencia de que estas no usen la misma ruta que la heterofermentativa es debido a la presencia o ausencia de la enzima aldolasa, enzima clave en la glucólisis.

2.5 BACTERIAS ACIDO LÁCTICAS

Las bacterias ácido lácticas (BAL) son un grupo de microorganismos Gram positivos de forma bacilar o cocoide, que tienen la característica de producir ácido láctico y otros

compuestos como acetato, etanol, CO₂ y succinato a partir de carbohidratos fermentables (Deegan, 2006).

Estas bacterias están representadas por varios géneros con características morfológicas, fisiológicas y metabólicas en común. La mayoría de las BAL obtienen su energía únicamente de los azúcares y por su metabolismo biosintético limitado requieren de medios de cultivo ricos en azúcares como glucosa y lactosa, además de aminoácidos, vitaminas, purinas, pirimidinas y otros factores de crecimiento (Vázquez *et al.*, 2009). Están ampliamente distribuidas en la naturaleza y han sido aisladas de diversos alimentos, tierra, plantas verdes, así como también del tracto digestivo (Azadnia *et al.*, 2011). Ayudan a preservar los alimentos mediante la producción de bacteriocinas, ácido láctico y otros metabolitos (Guerrero *et al.*, 1995), además mejoran las características sensoriales como el sabor, olor, textura y aumentan su calidad nutritiva (Ramírez *et al.*, 2011)

El producto obtenido por la acción de las BAL es el ácido láctico, el cual es uno de los compuestos químicos de gran demanda a nivel mundial y esto es por su variada aplicabilidad en la industria alimentaria, química y farmacéutica; además este interés por la producción biotecnológica de ácido láctico ha ido incrementado debido a las nuevas tendencias ambientalistas ya que ofrece una alternativa contra la contaminación (Wee *et al.*, 2006; Araya - Cloutier *et al.*, 2010).

2.5.1 Características

Estas bacterias son ácidos tolerantes pudiendo crecer algunas en medios con pH tan bajo como 3.2 o tan altos como 9.6, pero la mayoría crece en condiciones con pH entre 4 y 4.5, permitiéndoles sobrevivir naturalmente en medios donde otras bacterias no aguantarían la aumentada actividad producida por ácidos orgánicos (Ramírez *et al.*, 2011).

Las bacterias ácido lácticas producen ácido láctico a partir de azúcares y carbohidratos sintetizados por las bacterias fototróficas y levaduras. Este ácido láctico es un

componente con propiedades bactericidas, un potente esterilizador, que actúa suprimiendo los microorganismos patógenos e incrementa la rápida descomposición de materia orgánica, logrando disminuir el nivel de acidez en el intestino reduciéndose la población de microorganismos que causan la descomposición de heces, a su vez disminuyéndose las sustancias generadoras del mal olor por lo que se logra mejorar las condiciones de crianza animal (Fundación Mokiti Okada, 1999, citado por Julca, 2000; FUNDASE, 2009; Rodríguez - Palenzuela, 2000; Rodríguez *et al.*, 2012).

Otra característica de estas bacterias es la preservación de alimentos, esto debido a que producen ácidos orgánicos y una gran variedad de sustancias antimicrobianas (Ramírez *et al.*, 2011). También, son útiles en procesos de biorremediación, entre las cuales se encuentran la fermentación de materia orgánica sin la liberación de malos olores y su capacidad de convertir los desechos tóxicos en sustancias no tóxicas (Cardona y García, 2008).

Los ácidos orgánicos que producen las bacterias ácido lácticas, ejercen sobre los microorganismos dos tipos de efecto: la primera está relacionada con el efecto antimicrobiano debido a la acidez, esto es a la bajada del pH extracelular; el segundo efecto antimicrobiano es debido a la forma no disociada (Rodríguez - Palenzuela, 2000).

Fioravanti *et al.*, (2005) considera a las bacterias ácido lácticas como Microorganismos Eficientes (EM), los cuales son catalizadores eficaces en el proceso de estabilización de los desechos; la intensa fermentación anaeróbica que estos generan inhiben los procesos de putrefacción, por lo tanto, eliminan la producción de los malos olores.

2.5.2 *Lactobacillus*

Los *Lactobacillus* son de morfología bacilar, variando en su longitud y grosor, la mayoría de las especies son homofermentadoras, aunque algunas son

heterofermentadoras (Madigan *et al.*, 2004). Estos producen varios compuestos como ácidos orgánicos, diacetilo, peróxido de hidrógeno y bacteriocinas o proteínas bactericidas durante la fermentación láctica (Ogunbanwo *et al.*, 2003).

Irala (2011) resalta el uso de Lactobacilos en la alimentación de monogástricos y terneros jóvenes, éstos crean un ambiente hostil para las bacterias patógenas mediante la reducción de pH (la producción de ácido láctico y peróxido de hidrogeno), además de la producción de bacteriocinas, inhibición de la enterotoxina y adhesión a la pared del tracto intestinal. Las bacteriocinas producidas poseen características microbianas, estas actúan destruyendo la integridad de la membrana citoplasmática dando como resultado la muerte celular (Torres, 2013).

La mayoría de las cepas de *Lactobacillus* son aerotolerantes, su crecimiento óptimo se logra alcanzar bajo condiciones microaerofílicas o anaeróbicas. La mayor parte de lactobacilos son mesófilos (30-40°C) con un límite superior de 40°C (Samaniego y Sosa, 2002).

Los *Lactobacillus* son generalmente más resistentes a condiciones ácidas que otras bacterias lácticas, siendo capaces de crecer hasta pH cuatro. Estas bacterias son siempre las responsables de terminar la inmensa mayoría de fermentaciones lácticas, donde la producción de ácido láctico genera un ambiente ácido, que inhibe el crecimiento de bacterias dañinas (Madigan *et al.*, 2004). Estos *Lactobacillus* integran el coctel de microorganismos eficientes (EM), las cuales, mediante la producción de ácido láctico, suprimen los microorganismos dañinos y ayudan a la descomposición de materiales como lignina y celulosa (Fioravanti *et al.*, 2005).

2.5.3 B-Lac

B-Lac es el Consorcio Microbiano Ácido Láctico desarrollado por el laboratorio de Biorremediación del Departamento de Biología de la UNALM el cual es elaborado principalmente en base a cepas seleccionadas de bacterias probióticas del género

Lactobacillus. Según los análisis microbiológicos, el B-Lac contiene alrededor de 10^8 UFC/ml de *Lactobacillus*, siendo el microorganismo de mayor concentración. Este líquido también contiene una cantidad apreciable de levaduras, que comúnmente se encuentran junto a las bacterias del ácido láctico y que no resultan perjudiciales (García, 2008)

Para obtener una adecuada fermentación láctica se requiere de los siguientes elementos; un medio ambiente anaeróbico, un sustrato adecuado para las BAL y una suficiente cantidad de bacterias para este tipo; de allí la necesidad de adicionar azúcares como la melaza a los ensilajes ya que estimulan el crecimiento de las BAL (Aldón, 2008).

2.6 ENSILADO DE EXCRETAS

2.6.1 Generalidades

El ensilaje es el proceso por el cual se fermentan los carbohidratos mediante el uso de bacterias productoras de ácido láctico en un medio anaeróbico (Meza del Águila, 2014). La producción de ácidos, el efecto tóxico de éstos y las condiciones anaeróbicas establecidas, hacen que se inhiba la actividad biológica de los microorganismos no deseados (Iñiguez y Varela 1999).

Por ello, el ensilaje de las excretas animales, solas o en combinación con otros ingredientes, ha demostrado que disminuye las pérdidas de nutrientes (Cuadro 3), destruye los patógenos dando como resultado un producto desodorizado, con mejor digestibilidad y palatabilidad (Chaudry *et al.*, 1996 citado por García, 2000). Bajo este principio, se han realizado evaluaciones con ensilar la excreta porcina, ya que es uno de los procesos más promisorios para la reutilización de los nutrimentos encontrados en las excretas de cerdo, pues conserva y modifica de manera positiva los nutrientes presentes en las excretas y reduce el riesgo de transmisión de microorganismos patógenos (Salazar y Cuarón 1999).

Cuadro 3: Valor nutricional del ensilado de cerdaza, según tiempo de fermentación y tipo de excreta

Componente	Tiempo de fermentación		Etapa del cerdo	
	12 días	18 días	Excretas destete	Excretas crecimiento
Humedad, %	59.6	59.1	77.8	77.8
Energía Metabolizable, Mcal/Kg	2.5	2.5	2.9	2.7
Proteína Cruda, %	23.7	24.2	20.6	27.1
Grasa cruda, %	6.8	6.6	11.9	13.3
Fibra Cruda, %	6.4	7.2	4.2	5.3
Cenizas, %	13.4	13.8	9.1	14.6
Calcio, %	2.6	2.8	1.5	2.5
Fosforo total, %	1.4	1.4	0.8	1.3

Fuente: Castellanos *et al.*, 2010

La importancia del ensilado de cerdaza es que es un ingrediente generado en la misma granja (Dominguez-Araujo *et al.*, 2010), el cual puede ser aprovechado en la alimentación del cerdo, teniendo en cuenta los principios de sostenibilidad (Lezcano *et al.*, 2004), además del alto riesgo de transmisión de agentes patógenos de las excretas, es importante que estas sean tratadas antes de ser usadas como materias primas en la alimentación animal (Martínez – Gamba *et al.*, 2001).

2.6.2 Proceso de transformación de las excretas porcinas en ensilado de cerdaza

Para la producción de un ensilado se requiere de un ambiente anaeróbico adecuado para el desarrollo de bacterias en las cuales los carbohidratos solubles de fácil fermentación (fuente de azúcares), producen ácido láctico provocando una disminución en el pH por debajo de 4.0, inhibiendo así toda actividad fermentativa y favoreciendo la conservación de las características nutritivas del material (Salazar y Cuarón 1999).

Mediante este proceso los residuos se convierten en una fuente viable y constante de alimento pudiendo ser utilizado en la alimentación de cerdos en crecimiento, desarrollo y finalización sin demérito de la productividad y la calidad de la canal (Galindo-Barboza *et al.*, 2013).

Ly (2013), señala que las excretas porcinas pueden procesarse de dos formas: uno es mediante el ensilado con henos de plantas no leguminosas que producen silajes de baja energía y otra es mediante ensilados con alimentos ricos en energía como granos húmedos, raíces de yuca u otro material rico en almidón, y la adición de 3 a 5% de melaza de caña de azúcar.

Castellanos *et al.* (2010) recomienda tres formas de transformar las excretas porcinas en ensilado de cerdaza.: Una mezcla de 89.5% de excretas sólidas de cerdo (base húmeda,

procedentes de desarrollo-engorda) con 10% de sorgo o maíz molido y 0.5 de suero de leche (fuente de bacterias ácido lácticas). La segunda opción comprende la mezcla de 91.5% de excretas sólidas de cerdos, 8% de melaza y 0.5% suero de leche. La última opción consiste en mezclar 89.5% de excreta porcina, 7% de sorgo o maíz molido, 2% de melaza y 0.5% de suero de leche.

Es importante registrar los valores de temperatura y pH durante el tiempo de fermentación, en el día 0 y 12 según Aubert de la Parra *et al.* (2001); en el día 12 si es clima cálido o en el día 18 si el clima es templado (Castellanos *et al.*, 2010). Al término del tiempo de fermentación es necesario realizar un análisis bromatológico y microbiológico, para así asegurar la calidad del ensilado y posteriormente ser utilizado en la alimentación del animal (Iñiguez y Valera, 1999; Castellanos *et al.*, 2010; Estrada *et al.*, 2011; Ly *et al.*, 2013; Galindo-Barboza *et al.*, 2013).

2.6.3 Uso de la excreta porcina en la alimentación de animales

Estudios realizados con el uso de excretas porcinas en la alimentación ha demostrado que esta constituye una alternativa técnica y económicamente viable, para mitigar la contaminación ambiental que estas provocan (Carvajal, 2015). En el mundo ha sido usual alimentar los rumiantes con forrajes ensilados, pero su uso ha sido escaso en raciones comerciales para animales monogástricos como los cerdos (Machín, 2000).

Müller (1980), reportó éxitos en la alimentación de rumiantes al ensilar las excretas porcinas con harina de raíces de yuca, de igual manera Berget *et al.* (1981), empleó excretas ensiladas con heno de gramínea o granos de maíz molido en la alimentación de carneros.

Guzmán y Rivas (2004) evaluaron el desempeño productivo de conejos alimentados con 10, 20, 30, 40 y 100% de excreta porcino fermentada, reportando que no encontraron diferencia significativa en la ganancia de peso, entre la dieta control y las que incluyeron 10, 20 y 30% de excreta porcino fermentado como reemplazo de la proteína.

En lo referente a cerdos, los primeros estudios realizados con ensilado de cerdaza fueron por Harmon *et al.* (1975) y Fontenot *et al.* (1975), citados por Ly (2013), quienes ensilaron excretas porcinas con heno dirigidas a alimentar cerdas gestantes, reportando éxito cuando la proporción de ensilado de excreta y heno fue de 2:3. Posteriormente, Robles e Iñiguez (1990), citados por Ly (2013), hicieron hincapié en reciclar excretas porcinas en cerdos después de ser sometidas a un proceso de fermentación.

En Cuba, se realizaron estudios con lodos obtenidos de un digestor anaerobio, los cuales luego de ser tratados mediante fermentación anaerobia fueron utilizados en la alimentación de cerdos. El primer ensayo, realizado por Lezcano *et al.* (2004), consistió en evaluar la digestibilidad de los nutrientes al incluir lodo fermentado en la alimentación de cerdos en crecimiento, reportando que es posible alcanzar altas digestibilidades para los nutrientes comparado a una dieta control. El segundo ensayo consistió en la sustitución parcial de trigo y soya por lodos anaerobios porcinos en la alimentación de cerdos en crecimiento, donde se reportó que se puede sustituir hasta una inclusión del 10% del lodo fermentado porcino sin verse afectado los principales indicadores productivos y con mejoras en la conversión de la dieta (Lezcano *et al.*, 2005).

En México, evaluaron la inclusión de ensilado de cerdaza en cerdos en finalización, reportando que no existe deterioro en el comportamiento productivo del cerdo hasta una inclusión del 30% de ensilado de cerdaza en la dieta (Castellanos *et al.*, 2010)

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 LUGAR Y DURACIÓN DE EJECUCIÓN

La investigación se realizó en el Laboratorio de Biorremediación del Departamento de Biología de la Facultad de Ciencias y en la Unidad Experimental de Cerdos (UEC) del Programa de Investigación y Proyección Social en Cerdos de la Facultad de Zootecnia de la Universidad Nacional Agraria La Molina, entre los meses de marzo y julio del 2015.

3.2 PRIMERA ETAPA: PRODUCCIÓN DE ENSILADO DE EXCRETA PORCINA

3.2.1 Insumos

Excreta porcina

Provenientes de los corrales de cerdos en crecimiento de la Unidad Experimental en Cerdos (UEC) de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM).

Bioprotectores

B-Lac es el Consorcio Microbiano Ácido Láctico desarrollado por el laboratorio de Biorremediación del Departamento de Biología de la UNALM.

Melaza de Caña

Proveniente de la Unidad Experimental de Zootecnia de la UNALM

3.2.2 Materiales

- Agua destilada
- Baguetas
- Bolsas plásticas de ½ Kg.
- Bidón de plástico de 30 litros

- Guantes Látex
- Mascarillas
- Papel toalla
- Recipiente de 1 litro blancos
- Solución Buffer pH 4.01, Hanna Buffer solution HI 7004
- Solución Buffer pH 7.01, Hanna Buffer solution HI 7007
- Solución de calibración de pH-metro HI 7031
- Solución de almacenamiento de pH-metro HI 70300
- Potenciómetro, Hanna Instruments HI98128.

3.2.3 Proceso para la elaboración del ensilado de excreta porcina

Recolección de excretas

La recolección de excretas de la Unidad Experimental de Cerdos, se realizó de lunes a viernes a las 8 am de los corrales de cerdos en crecimiento, estas fueron colectadas en baldes de plástico de 20 litros y transportadas al Laboratorio de Biorremediación para su procesamiento.

Adición de melaza y B-Lac

Cada tratamiento se trabajó en base a 500 gramos de producto combinado, excreta, melaza y B-Lac.

Medición de pH

Una vez obtenido el producto homogenizado, se procedió a la lectura del pH inicial, esto con el uso de un potenciómetro, el cual fue previamente calibrado, luego lavado con agua destilada y secado con papel toalla entre cada medición para evitar la contaminación de los tratamientos.

Proceso fermentativo

Todos los tratamientos fueron sellados herméticamente con una bolsa de plástico cortado en forma de una lámina, de este modo se propició un medio anaeróbico. Los recipientes fueron tapados para que el proceso de degradación microbiana sea eficiente, por último, se colocó cada envase en la estufa a una temperatura de 40°C, estos fueron abiertos únicamente para el proceso de lectura de pH diario. El proceso fermentativo solo fue de 5 días.

3.2.4 Tratamientos

Los tratamientos consistieron en la combinación de excreta porcina, melaza y B-Lac, tal como se muestra en el Cuadro 4.

3.2.5 Parámetros evaluados

Medición de pH

Se realizó mediante medición directa, introduciendo el electrodo del potenciómetro en la muestra. La lectura válida era el valor que se mantuviera constante por 10 segundos. Previo a las evaluaciones el potenciómetro era calibrado con solución buffer de pH 4 y 7.

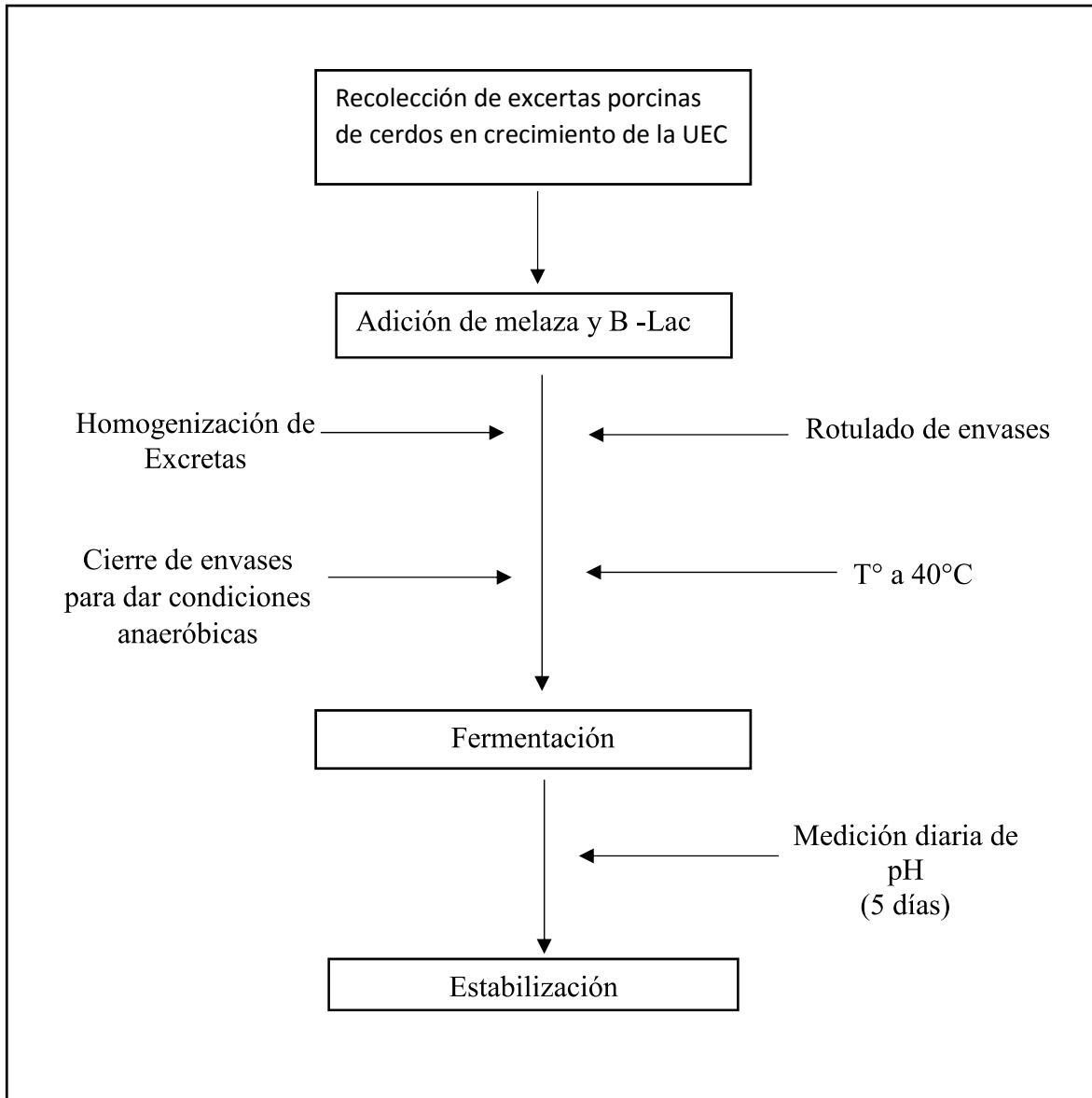
Análisis Microbiológico

El análisis microbiológico del tratamiento seleccionado fue realizado en el laboratorio de Ecología Microbiana Marino Tabusso, este incluyó la detección de Salmonella, enumeración de coliformes totales, coliformes fecales, aerobios mesófilos viables, recuento de levaduras, enumeración de *E.coli*.

Cuadro 4: Tratamientos para la elaboración del ensilado de excreta porcina

Tratamientos	al 100% en peso		
	Excreta	Melaza	B-Lac
T1	100%	0%	0%
T2	95%	5%	0%
T3	90%	10%	0%
T4	85%	15%	0%
T5	95%	0%	5%
T6	90%	5%	5%
T7	85%	10%	5%
T8	80%	15%	5%
T9	90%	0%	10%
T10	85%	5%	10%
T11	80%	10%	10%
T12	75%	15%	10%
T13	85%	0%	15%
T14	80%	5%	15%
T15	75%	10%	15%
T16	70%	15%	15%

Figura 1. Flujograma para la elaboración del Ensilado de Excreta Porcina.



Análisis Físico Químico

El análisis del tratamiento seleccionado se realizó en el Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes (LASPAF) de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria La Molina. El análisis comprendió materia orgánica, nivel de pH, humedad, sólidos totales, microminerales, sodio, cloro y potasio.

Análisis Proximal

El análisis proximal fue llevado a cabo en el Laboratorio de Evaluación Nutricional de Alimentos (LENA) de la Facultad de Zootecnia de la UNALM. Este análisis fue útil para tener conocimiento del contenido nutricional del producto evaluado (ensilado de excretas de cerdo).

3.2.6 Selección del mejor proceso

Para la selección del mejor tratamiento de la primera etapa se procedió a evaluar los valores de lectura de pH de todos los tratamientos, las cuales fueron determinadas mediante un potenciómetro. Los factores a tener en cuenta para la selección fueron: la velocidad de descenso del pH, la estabilidad en el tiempo y el de menor costo de elaboración.

3.3 SEGUNDA ETAPA: INCLUSIÓN DE ENSILADO DE EXCRETA PORCINA EN EL ALIMENTO DE CERDOS EN CRECIMIENTO.

3.3.1 Instalaciones y Equipo

Corrales

Se utilizaron 12 corrales del área de investigación, con piso de cemento y con muros de 1 metro de alto. Cada corral dispone de un comedero lineal y un bebedero tipo chupón adherido en la pared.

Balanzas

Para pesar el alimento se utilizó balanza digital de 30 Kg como capacidad máxima con 5 gramos de aproximación. Para el pesado de los animales se utilizó la balanza Berkel de capacidad de 400 kilos y 500 g. de aproximación.

3.3.2 Animales experimentales

Para esta evaluación se utilizaron 48 cerdos machos de cruce Materno Yorkshire x Landrace en la etapa de crecimiento, 85 días de edad promedio, los cuales fueron distribuidos al azar en tres tratamientos con cuatro repeticiones.

3.3.3 Producto Evaluado

Se utilizó un ensilado de excreta porcina proveniente de una combinación de 85% de excreta porcina, 5% de B-Lac y 10% de melaza, siendo éste un producto inocuo. El valor nutritivo del ensilado de excreta porcina se muestra en el cuadro 5.

3.3.4 Tratamientos

Los tratamientos consistieron en diferentes niveles de inclusión de excretas porcinas fermentadas en el alimento de cerdos en crecimiento, tal como se detalla a continuación:

T1: Dieta basal sin inclusión de ensilado de excretas porcinas

T2: Dieta basal con inclusión de 4% de ensilado excretas porcinas

T3: Dieta basal con inclusión de 8% de ensilado excretas porcinas

3.3.5 Dietas Experimentales

Las dietas experimentales formuladas fueron isoproteicas e isocalóricas. En el cuadro 6 se presenta las fórmulas en base fresca y el análisis nutricional calculado en base seca.

Cuadro 5: Valor nutritivo del ensilado de excreta porcina.

Análisis	BASE FRESCA	BASE SECA
Humedad %	71.12	-
Materia seca %	28.88	100
Proteína total (Nx6.25) %	5.89	20.39
Grasa %	2.54	8.80
Fibra Cruda	1.97	6.82
Ceniza	5.42	18.77
ELN %	13.06	45.22
Fósforo disponible%	1.66	5.75
Calcio %	2.53	8.76
Energía Metabolizable (Mcal/Kg)	1.2	4.10

Cuadro 6: Fórmula de las dietas en base fresca (%) y valor nutricional calculado en base seca.

Ingredientes	T1	T2	T3
Maiz	64.00	62.41	60.30
Torta de Soya	23.48	22.41	21.30
Afrecho	4.35	4.30	4.82
Aceite de soya extra	3.00	2.66	2.43
Carbonato Ca	1.20	1.14	1.08
Fosfato dicálcico	1.65	1.25	0.87
Sal	0.60	0.59	0.52
Premezcla¹	1.33	1.32	1.31
Bicarbonato Na	0.40	0.39	0.38
EPF²	0.00	4.00	8.00
TOTAL	100.00	100.00	100.00

Valor nutricional de las dietas experimentales (En base seca)			
Materia Seca (%)	100.00	100.0	100.00
Proteína (%)	20.17	20.17	20.17
Energía Metablizable (%)	3.73	3.73	3.73
Lisina (%)	1.43	1.43	1.43
Metionina (%)	0.54	0.54	0.54
Fosf. disp. (%)	0.47	0.47	0.47
Calcio (%)	0.99	0.99	0.99

¹Premezcla: DL-Metionina, Lisina, Premiz, Allzyme vegpro, Doxi Plus, Alquerfed antitox, colina, sulfato cobre, oxido zinc.

²EPF= Excreta Porcino Fermentada

3.3.6 Parámetros de evaluación

Pesos y Ganancia diaria de peso

Los cerdos fueron pesados semanalmente, durante los 30 días que duró el experimento, de acuerdo al tratamiento y corral que pertenecen.

La ganancia diaria de peso para cada tratamiento se calculó mediante diferencia del peso final e inicial dividiendo entre el número de días de la etapa.

Consumo de alimento

Fue evaluado semanalmente, por diferencia entre el alimento suministrado durante la semana menos el residuo en la semana.

Conversión alimenticia

Se obtuvo la conversión alimenticia de cada tratamiento mediante la siguiente relación

$$CA = \frac{\text{Consumo de alimento promedio}}{\text{Ganancia de peso promedio}}$$

3.4 DISEÑO EXPERIMENTAL

3.4.1 Primera Etapa: Producción de Ensilado de Excreta Porcina

Se utilizó el diseño completamente al azar con 16 tratamientos y tres repeticiones. Los análisis de varianza de los datos registrados se llevaron a cabo utilizando el programa Statistical Analysis System. La comparación de medias se realizó a través de la prueba de Duncan.

El modelo aditivo lineal:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + e_{ij}$$

Y_{ij} = Variable respuesta

μ = media general

t_i = efecto del i.ésimo tratamiento

e_{ij} = efecto del error experimental

3.4.2 Segunda Etapa: Inclusión del ensilado en el alimento de cerdos en crecimiento

Se utilizó el diseño de bloques completamente al azar con tres tratamientos y cuatro repeticiones; tomando como bloque cada repetición en el tiempo. Los análisis de varianza de los datos registrados se llevaron a cabo utilizando el programa Statistical Analysis System. La comparación de medias se realizó a través de la prueba de Duncan.

El modelo aditivo lineal:

$$Y_{ij} = \mu + t_j + \beta_i + e_{ij}$$

Y_{ij} = Valor de la observación

μ = media general

t_j = efecto del j.ésimo tratamiento

β_i = efecto del i-ésimo bloque

e_{ij} = efecto del error

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 PRIMERA ETAPA: PRODUCCIÓN DE ENSILADO DE EXCRETA PORCINA

4.1.1 Análisis del pH en los tratamientos de la excreta

Los niveles de pH desde el día 0 hasta el día 5 de evaluación se presentan en el Cuadro 7. En el día 0 se puede observar que todos los tratamientos comienzan con diferentes medidas de pH, siendo el tratamiento control (T1) el que presenta el mayor valor de pH (5.79), el cual contiene únicamente excretas sólidas porcinas de la UEC.

Al día 3 de evaluación se observó un descenso del pH menos de 4 en los tratamientos T7, T8, T11, T12, T15 y T16; esto coincide con lo reportado por Estrada *et al.* (2011) quienes registraron valores de pH fluctuantes entre 3,74 y 3,97 a partir del día 3 en ensilados de excreta porcina con melaza e inóculo de lactobacilos. Además, Salazar y Cuarón (1999) mencionan que conforme avanza el proceso de fermentación el nivel de pH disminuye, debido a las condiciones anaeróbicas y de temperatura las cuales favorecen al desarrollo de las bacterias lácticas.

Al término de la evaluación (día 5) se observó que los tratamientos T7, T8, T11, T12, T15 y T16 continuaron con la tendencia en el descenso del pH, siendo importante esta disminución de pH debido a que a este nivel se inhibe la presencia de microorganismo (Madigan *et al.*, 2004). Este medio ácido generado por el ácido láctico, es uno de los primeros efectos antimicrobianos que caracterizan a los *Lactobacillus*, debido a que todos los microorganismos tiene un pH óptimo de crecimiento (pH extracelular), el cual al alterarse tiene un efecto drástico sobre la proliferación de los microorganismos (Rodríguez–Palenzuela, 2000).

Cuadro 7: Variación de pH de los tratamientos evaluados

Tratamiento	Día 0	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5
T1 (100E/0M/0B)	5.79 ^a	5.84	5.74	5.62	5.63	5.68 ^{ab}
T2 (95E/5M/0B)	5.00 ^{cd}	5.19	5.20	4.78	4.73	4.72 ^d
T3 (90E/10M/0B)	4.82 ^d	4.77	4.71	4.65	4.64	4.67 ^d
T4 (85E/15M/0B)	4.93 ^{cd}	4.85	4.75	4.68	4.64	4.60 ^d
T5 (95E/0M/5B)	5.64 ^{ab}	5.41	5.45	5.09	5.84	5.55 ^{bc}
T6 (90E/5M/5B)	4.95 ^{cd}	4.74	4.71	4.56	4.65	4.63 ^d
T7 (85E/10M/5B)	4.94 ^{cd}	4.34	4.26	3.86	3.70	3.68 ^{gf}
T8 (80E/15M/5B)	4.98 ^{cd}	4.28	4.18	3.64	3.51	3.50 ^h
T9 (90E/0M/10B)	5.69 ^{ab}	5.44	5.53	5.55	5.41	5.41 ^c
T10 (85E/5M/10B)	5.12 ^{cd}	4.82	4.71	4.41	4.84	4.72 ^d
T11 (80E/10M/10B)	5.20 ^{bcd}	4.17	4.14	3.61	3.58	3.56 ^{gh}
T12 (75E/15M/10B)	5.40 ^{abc}	4.17	4.05	3.53	3.42	3.43 ^h
T13 (85E/0M/15B)	5.67 ^{ab}	5.53	5.59	5.48	5.72	5.79 ^a
T14 (80E/5M/15B)	5.44 ^{abc}	4.75	4.75	4.39	4.32	4.34 ^e
T15 (75E/10M/15B)	5.45 ^{abc}	4.21	4.15	3.80	3.79	3.75 ^f
T16 (70E/15M/15B)	5.43 ^{abc}	4.16	3.93	3.51	3.52	3.49 ^h

a,b,c,d,e,f,g,h letras iguales en una misma columna indican que no existen diferencias estadísticas significativas

E: % de inclusión de excreta porcina

M: % de inclusión de melaza

B: % de inclusión del B-Lac

Fuente: Elaboración propia

Los tratamientos que registraron mayores descenso de pH fueron: T7 (85%E, 10%M y 5%B); T8 (80%E, 15%M, 5%B); T11 (80%E, 10%M, 10%B); T12 (75%E, 15%M, 10%B); T15 (75%E, 10%M, 15%B) y T16 (70%E, 15%M, 15%B).

A partir de los resultados obtenidos, se determinó el mejor tratamiento teniendo en cuenta como criterio el seguido por Peña (2008), quien menciona que el pH debe ser menor que 4.5 como requisito indispensable, no debe presentar mal olor y estabilidad del producto en el tiempo.

Estos tratamientos aparte de presentar los valores de pH más bajos al día 5 son los que presentaron también un rápido descenso de pH en especial el tratamiento T7 (10%M,5%B) el cual a pesar de ser el que presentó menor concentración de melaza y B-Lac obtuvo las características mencionadas por Peña (2008). Este resultado coincide con lo reportado por Toledo-Pérez (2007), citado por Spanoponulos *et al* (2010), quien establece que se requiere mínimo 10% de melaza para la elaboración de un ensilado.

De acuerdo a estas evaluaciones se optó por seleccionar el T7, el cual será empleado para la segunda parte experimental de la tesis por presentar eficiencia en el descenso de pH, estabilidad en el tiempo, mayor cantidad de excreta y menor costo de producción.

4.1.2 Análisis Microbiológicos

El análisis microbiológico realizado al tratamiento seleccionado (T7) se presenta en el cuadro 8, observándose que al día 5 de fermentación, con un pH menor a 4, no presenta carga bacteriana patógena; demostrándose de esta manera la capacidad del B-Lac (bacterias ácido lácticas), a pesar de ser mínimo nivel de inclusión, de eliminar e inhibir el crecimiento de microorganismo no deseados.

Cuadro 8: Análisis microbiológicos del ensilado de excreta porcina

Análisis	Descripción
Enumeración de coliformes totales (NMP/g)	< 3
Enumeración de coliformes fecales (NMP/g)	< 3
Enumeración de <i>Escheria coli</i> (NMP/g)	< 3
Recuento de levaduras (UFC/g)	40 x 10
Recuento de aerobios mesófilos viables (UFC/g)	52 x 10 ³
Recuento de <i>Lactobacillus sp</i> (UFC/g)	22 x 10 ²
Detección de <i>Salmonella sp.</i> en 25g	Ausencia

Fuente: Laboratorio de Ecología Microbiana Marino Tabusso-UNALM

Lo observado coincide con los reportes de Fioravanti *et al.* (2005) quienes sostienen que los *Lactobacillus spp.*, producen ácido láctico, el cual es un compuesto esterilizante fuerte que suprime microorganismos dañinos. Ogunbanwo *et al.* (2003) resaltan que la fermentación anaeróbica se da en un proceso de ajuste ecológico, donde los microorganismos entran en competencia por los nutrientes, siendo unos dominantes y otros disminuyen en su número o desaparecen, esto debido a la producción de sustancias antimicrobianas como algunos ácidos orgánicos, las bacteriocinas y el peróxido de hidrógeno

Los análisis realizados al producto obtenido de la excreta con 5 días de tratamiento (T7) registró un valor < 3 NMP/g para coliformes totales, fecales y *E.coli.*, este valor es indicador de ausencia de este agente según la International Commission on Microbiological Specifications for Food (2000). Esto podría deberse a la acción de las BAL, ya que debido a su metabolismo producen ácido láctico ocasionando así una reducción en el pH generando un ambiente ácido poco propicio para la replicación de bacterias Gram positivas y Gram negativas (Vásquez *et al.*,2009). Lo anterior se asemeja a lo registrado por Berger *et al.* (1981) y Estrada *et al.* (2011), quienes evidenciaron ausencia total de Coliformes a consecuencia del proceso de fermentación durante el ensilaje. Fioravanti *et al.* (2005) y Aubert *et al* (2001) también reportaron que a un pH ácido se elimina la presencia de *E. Coli.*

Para bacterias del género *Salmonella spp.* se registró ausencia en el tratamiento (T7), este resultado coincide con lo reportado por Estrada *et al.* (2011) quienes confirmaron que la Salmonella no sobrevive expuesta a un pH de 4.0 por más de 24 horas. Otras investigaciones han comprobado que organismos como: *Salmonellas*, *Eschericha coli*, *Yersenia spp.*, *Listeria spp.*, *Clostridium*, virus de *Aujeszky's* son destruidos durante el proceso de fermentación de las excretas de cerdos. (Martínez – Gamba *et al.*, 2001; Serrano *et al.*, 2008). Esto debido a que los ácidos orgánicos ejercen su efecto antimicrobiano a través de su forma no disociada, el cual le permite atravesar fácilmente la membrana plasmática de los microorganismos y una vez dentro, el ácido orgánico puede disociar, afectando directamente al pH intracelular microbiano

(Rodríguez – Palenzuela, 2000). Con estos resultados microbiológicos, según FAO (2009), bajo el reglamento del CODEX ALIMENTARIUS, la muestra puede ser considerada inocua.

4.1.3 Análisis Físico-químicos

Se realizó el análisis físico químico al tratamiento en selección (T7), el cual contenía 85% de Excreta porcina, 10% melaza y 5% B-Lac. Los valores de minerales presentes en el ensilado se muestran en el cuadro 9, siendo el contenido de minerales trazas: Hierro (Fe), Cobre (Cu), Zinc (Zn) en el ensilado de 1157 ppm, 124 ppm y 5505 ppm respectivamente.

Estrada *et al.* (2013) reportó que al mezclar 40% de excreta porcina, melaza e inóculo de bacterias ácido lácticas, el contenido de Cu fue 151.33ppm, además afirmó que a mayor inclusión de excreta porcina en el ensilaje el nivel de minerales mejora; esto no coincide con lo registrado en el T7 donde el valor de Cu es menor (124ppm) con una mezcla de 85% de excreta porcina; esto se debe a que el contenido de minerales en la excreta puede variar según el método de procesamiento, formulación de las dietas utilizadas, la etapa productiva, el ambiente y el manejo de los cerdos (Castrillón *et al.*, 2004).

Los resultados del análisis de macrominerales fueron reportados en forma de compuestos: anhídrido fosfórico, óxido de potasio, óxido de calcio, óxido de magnesio. Los valores de fósforo (P), potasio (K), sodio (Na), cloro (Cl) presentes en el ensilado fueron de 1.66 %, 3.45%, 0.24% y 0.095%, respectivamente.

Los niveles de minerales que se obtuvieron en el ensilado de excreta porcina (T7) son mayores a los presentados en la excreta de cerdo sin tratamiento; esto se le puede atribuir a lo mencionado por Salazar-Gutiérrez *et al.* (2004), donde los nutrientes pueden ser preservados al ser sometida la excreta a procesos biológicos y microbiológicos (ensilaje).

Cuadro 9: Análisis físico químicos del ensilado de excreta porcina. (Base fresca)

Micro minerales	Ppm	Macrominerales (Compuesto)	%	Macrominerales (Elemento)	%
Fe	1157	P₂O₅	3.83	P	1.66
Cu	124	K₂O	4.16	K	3.45
Zn	5505	CaO	3.54	Cl	0.095
Mn	167	MgO	1.34	Na	0.24

Fuente: Laboratorio de Análisis de suelos, plantas, aguas y fertilizantes - UNALM

4.1.4 Análisis Proximal

En el cuadro 10 se presenta el análisis proximal del tratamiento (T7) en base fresca y base seca. En base seca (%MS) observamos un valor de 28.88 %, lo cual es el adecuado para un buen ensilaje según lo reportado por García (2000), quien menciona que no debe exceder el 30% de la materia seca. Estudios realizados por Macdonald *et al* (1991), citados por Avalos (2014), hacen mención que algunas enzimas producen pérdidas en la materia seca y en el valor energético del ensilaje, al reducir la disponibilidad de carbohidratos solubles.

En el tratamiento T7 se observa que la proteína fue de 20.39% (base seca), esto no coincide con lo reportado por Salazar *et al* (1994), citado por Galindo-Barboza *et al.*, (2013), quienes registraron valores de 27.1% de proteína cruda en ensilado de cerdaza provenientes de excretas de cerdos en crecimiento. Según Campabadal (2003) la proteína es el nutriente que más varía en la composición de la cerdaza, debido principalmente a pérdidas por la volatilización del nitrógeno.

El resultado observado en el tratamiento (T7) de grasa y fibra cruda, en base seca, fue de 6.82% y 18.77% respectivamente; esto no coincide con lo reportado por Salazar *et al* (1994), citado por Galindo-Barboza *et al.* (2013), quienes registraron valores de 13.3% de grasa cruda y 5.3% fibra cruda. Esto se debe a lo mencionado por Castellanos *et al* (2010) quien sugiere que es importante considerar que todos los factores que modifiquen la composición química de las excretas como son; edad del animal, cantidad y digestibilidad de los nutrimentos en la dieta ofrecida a los cerdos, desperdicio de alimento, forma de colección de las excretas y los factores ambientales, entre otros, ocasionarán variaciones en la composición química del ensilado de cerdaza.

Cuadro 10: Composición nutricional del ensilado de excreta porcina

Análisis	Base fresca	Base seca
Humedad %	71.12	-
Materia seca %	28.88	100
Proteína total (Nx6.25) %	5.89	20.39
Grasa %	2.54	8.80
Fibra Cruda	1.97	6.82
Ceniza	5.42	18.77
ELN %	13.06	45.22
Energía Metabolizable EM*	1.20	4.10

ELN = Extracto Libre de Nitrógeno

Fuente: Laboratorio de Evaluación Nutricional de Alimentos-UNALM

El alto contenido de cenizas se debe al tipo de alimentación que se les da a los cerdos, ya que sus dietas son ricas en minerales. Según Castellanos *et al.* (2010) se puede describir al ensilado de cerdaza como un ingrediente rico en proteína, calcio y fósforo, principalmente.

Galindo-Barboza *et al* (2013) afirma que el proceso de ensilado conserva y modifica de manera positiva los nutrimentos presentes en la excreta, además de reducir el riesgo de transmisión de microorganismos patógenos por lo tanto puede ser utilizado en la alimentación animal.

4.2 SEGUNDA ETAPA: INCLUSIÓN DE ENSILADO DE EXCRETA PORCINA EN EL ALIMENTO DE CERDOS EN CRECIMIENTO

4.2.1 Peso y ganancia diaria de peso

Los pesos iniciales de los cerdos durante la fase de crecimiento se detallan en el Cuadro 11. El peso inicial se registró a los 85 días de edad, el cual fue similar para todos los tratamientos, no encontrándose diferencia estadística significativa ($P > 0,05$) entre ellos.

Los pesos finales (PF) y la ganancia diaria de peso (GDP) se detallan en el Cuadro 11, observándose que no existe diferencia estadística significativa ($P > 0.05$) entre los tratamientos pero numéricamente se observa que a mayor inclusión de ensilado de excreta porcina, el peso final aumenta. Estos resultados coinciden con lo reportado por Lezcano *et al.* (2005) quienes no encontraron diferencias en el peso final de cerdos en crecimiento alimentados con una dieta control, 10% y 20% de inclusión de lodo fermentado porcino en la dieta.

Cuadro 11: Parámetros del comportamiento productivo de los cerdos en crecimiento por tratamiento.

Parámetros	T1 (0%EEP*)	T2 (4% EEP)	T3 (8% EEP)
Peso Inicial	37.06 ^a	37.31 ^a	37.19 ^a
Peso Final	61.40 ^a	61.68 ^a	61.80 ^a
Ganancia diaria de peso (GDP)	0.868 ^a	0.870 ^a	0.880 ^a
Consumo promedio/día (Kg)	2.05 ^a	2.05 ^a	2.12 ^a
Consumo promedio total (Kg)	57.26	57.47	59.22
Conversión Alimenticia	2.36 ^a	2.36 ^a	2.40 ^a

a,b letras iguales en una misma fila indican que no existen diferencias significativas entre los tratamientos

($\alpha = 0.05$) a la prueba de Duncan

*EEP = Ensilado de Excreta Porcina

Para la ganancia diaria de peso no se encontró diferencias significativas ($P>0.05$) entre los tratamientos T1, T2 y T3, pero se observa una tendencia ligeramente mayor de ganancia de peso en los animales del T3 (0.880).

Estos resultados no coinciden con lo reportado por Robles e Iñiguez (1990), citados por Ly (2013), quienes encontraron diferencia estadística significativa en la ganancia diaria de peso entre los tratamientos al incluir diferentes niveles de excretas porcinas ensiladas con sorgo, en la dieta de cerdos en crecimiento.

Los resultados obtenidos coinciden con el estudio realizado por Lezcano *et al.* (2005), quienes reportaron que no encontraron diferencia en la ganancia diaria de peso entre el tratamiento control (dieta convencional) y el tratamiento con 10% de inclusión de lodo fermentado porcino; sin embargo, este indicador empeoró cuando los cerdos fueron alimentados con la dieta de 20% y 30% de lodo fermentado.

La ganancia promedio de peso en esta etapa obtenida (0.868 - 0880 Kg/d) es mejor que la sugerida por Cuarón (2003) para esta etapa (0.780 kg/d). Según Estrada *et al.* (2013), esto podría deberse a que el proceso de ensilaje mejora la digestibilidad de los nutrientes y especialmente si se incorporan aditivos microbianos como las bacterias ácido lácticas (BAL), que promueven el crecimiento de microorganismos benéficos e inhiben los indeseables.

4.2.2 Consumo de alimento

El consumo diario de alimento se detalla en el cuadro 11, no encontrándose diferencias estadísticas significativas ($P>0.05$) entre los tres tratamientos, reportándose un consumo promedio diario de 2.05 Kg, 2.05 Kg y 2.12 Kg. para T1, T2 y T3, respectivamente.

Estos resultados coinciden con lo reportado por Lezcano et al. (2005) quienes no encontraron diferencia estadística significativa en el consumo de alimento entre los tratamientos 0%, 10% y 20% de inclusión de lodo fermentado porcinos en la dieta de cerdos en crecimiento y con Salazar *et al* (2007), citado por Castellanos *et al* (2010), al comparar una dieta control y otra con 24 % de ensilado de cerdaza.. En la prueba realizada por Robles e Iñiguez (1990), citados por Ly (2003), hallaron que el consumo de alimento tendió a crecer cuadráticamente cuando se elevó en la dieta el nivel de inclusión de las excretas porcinas ensiladas.

Se puede observar que el consumo de alimento de los cerdos en los tres tratamientos está por encima de los reportado por Cuarón (2003) para esta etapa, el cual indica es alrededor de 1800 g por día, además el tratamiento con mayor inclusión de excreta en la dieta obtuvo el mayor valor; esto puede deberse al mayor contenido de humedad que según Bundy (1992), propicia una mayor ingestión de alimento y la presencia de melaza mejora las propiedades organolépticas.

Avalos (2014), resalta que ensilar la cerdaza puede traer beneficios tales como el estímulo del consumo, esto debido a que la fermentación láctica altera algunas de las características sensoriales, favoreciendo en el olor y sabor de las excretas, haciéndolas más apetecibles para el ganado.

4.2.3 Conversión alimenticia

Los resultados de la conversión alimenticia se presentan en el Cuadro 11. No se encontraron diferencias significativas ($P>0.05$) entre los tres tratamientos, siendo los valores obtenidos de 2.36, 2.36 y 2.40 para T1, T2 y T3, respectivamente; coincidiendo con lo reportado por Robles e Iñiguez (1990), citados por Ly (2003), quienes indican que la conversión alimenticia aumentaba linealmente conforme aumentaba la proporción del ensilado en la dieta.

También coinciden con lo reportado por Lezcano *et al.* (2005), quienes reportaron que la conversión alimenticia no obtuvo diferencia entre los tratamientos con 0% y 10% de lodo fermentado porcino en la dieta; sin embargo, empeoró cuando la inclusión de lodo fermentado fue aumentando en la dieta (20% y 30%).

Los valores obtenidos en los tres tratamientos están dentro de lo adecuado para esta etapa, la cual debe ser menor a 2.5, esto debido a que el mayor costo para producir un gorrino para el camal se produce en esta etapa (Cadillo, 2008). Estos resultados favorables podrían deberse a lo que mencionan Freitag *et al* (1998), citados por Lezcano *et al.* (2004), quienes refieren que los ácidos acéticos, propiónico y láctico incrementan la digestibilidad de la proteína, la energía y los minerales, acompañados de una acción provechosa en la población microbiana del tracto gastrointestinal.

4.2.4 Retribución Económica

En el cuadro 12 se presenta la retribución económica del alimento en la fase de Crecimiento, observándose que los tratamientos que incluyeron ensilado de excreta porcina tuvieron una relación económica mayor que el control siendo estas 102.89% y 104.63% para T2 y T3, respectivamente.

Cuadro 12: Retribución económica del alimento por tratamientos

RUBRO	TRATAMIENTOS		
	T1 CONTROL	T2 4% EEP	T3 8% EEP
INGRESOS			
Ganancia de peso total (Kg)	24.33	24.37	24.62
Precio/ Kg. PV (S/.)	7	7	7
Ingreso Bruto Animal (S/. / Kg)	170.31	170.59	172.34
EGRESOS			
Consumo/animal total (Kg)	57.26	57.47	59.22
Costo/Kg (S/.)	1.62	1.58	1.54
Gasto alimento (Consumo*costo)	92.76	90.80	91.20
RETRIBUCIÓN ECONÓMICA			
Ingreso – Egreso	77.55	79.79	81.14
Relación Económica (%)	100.00	102.89	104.63

Precio por kg de peso vivo: s/. 7.00 (septiembre 2016)

EEP= Ensilado de Excreta Porcina

V. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en las que se realizó la presente investigación se llegó a las siguientes conclusiones:

1. El ensilado de excreta porcina proveniente de la combinación: 85% de excretas, 10% de melaza y 5% de B-Lac (T7) fue seleccionado para su inclusión en el alimento de cerdos en crecimiento, por ser el de menor costo de producción y mayor valor nutritivo.
2. La inclusión de ensilado de excreta porcina (T7) en el alimento a un nivel de 4 y 8% no afectó el peso final, la ganancia diaria de peso, consumo diario de alimento y la conversión alimenticia.
3. La retribución económica del alimento fue mayor para la dieta con 8% de inclusión de ensilado de excreta porcina.

VI. RECOMENDACIONES

En base a los resultados obtenidos se plantean las siguientes recomendaciones:

1. Producir ensilado de excreta porcina en la proporción de 85 % de excreta, 10 % de melaza y 5 % de B-Lac.
2. Usar el ensilado de excreta porcina (85 % de excreta, 10 % de melaza y 5 % de B-Lac) a un nivel de inclusión de 8 % en el alimento de cerdos en crecimiento.
3. Evaluar un estudio comparativo de la eficiencia del proceso de fermentación de las excretas porcinas a temperatura ambiente.
4. Realizar evaluaciones con niveles de inclusión de excreta porcina fermentada en el alimento de cerdos en acabado y su efecto en el comportamiento productivo.
5. Realizar estudios sobre la calidad de carcasa de cerdos alimentados con niveles de inclusión de ensilado de excreta porcina en el alimento.
6. Efectuar estudios sobre digestibilidad de los nutrientes del ensilado de excreta porcina incluida en el alimento de cerdos en crecimiento y acabado.
7. Realizar estudios adicionales sobre la eliminación de virus.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alcaíno, N., Laval, E., Gor-T., Pinochet, L., Díaz, L. 1989. Isosporiosis y Criptosporidiosis en cerdos de criaderos industriales de la región metropolitana de Chile. Art. Med. Vet. 21:131-135.

Aldón, D. 2008. Estrategia Ambiental de aprovechamiento de la macroalga *Ulva Lactuca* (lechuga del mar) a través del proceso de ensilaje. Tesis Ingeniero Ambiental Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. 29-31p.

Araya-Cloutier, C.; Rojas Garbanzo, C.; Velázquez Carrillo, C. 2010. Síntesis de Ácido láctico, a través del hidrólisis enzimática simultánea a la fermentación de un medio a base de un desecho de piña (*Ananas cosmus*), para su uso como materia prima en la elaboración de ácido poliláctico. Rev. Iberoamericana de Polímeros. 11(7):407-416.

Aubert, I; Martínez, J.; Borbolla, G. 2001. Efecto del ensilaje y la biodegradación con larva de mosca sobre las características nutricionales y bacterianas de la excreta de cerdo. Revista Veterinaria de la Universidad Nacional Autónoma de Mexico. Mexico, D.F. 32(4).

Avalos, A. 2014. Evaluación de tres (3) formas para la fermentación de cerdaza (cerdaza; cerdaza con melaza; cerdaza con forraje y melaza). Trabajo de graduación para obtener el grado de licenciado Zootecnista. Universidad San Carlos de Guatemala. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Guatemala.

Azadnia, P., Zamani, MH., Shah Ahmad Ghasemi, A. Khalegh Babaki, M. Karimi Jashni y Tarof, N. 2011. Isolation and Identification of Thermophilic Lactobacilli from Traditional Yoghurts of Tribes of Kazerun. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 10: 774-776

Berger, J.; Fontenot, J.P.; Kornegay, E.; Y Webb, K.E. 1981. Feeding swine waste. I. Fermentation characteristics of swine waste ensiled with ground hay or ground corn grain. *J. Anim. Sci*, 52:1388-1403.

Bundy, C. 1992. Producción porcina. Tercera Edición. México, Editorial Continental. 420 p

Cadillo, J. 2008. Producción de Porcinos. Primera Edición. Editorial Juan Gutemberg. Lima. Perú.

Campabadal, C. 2003. Utilización de cerdaza en la alimentación de ganado de carne. Una alternativa para evitar la contaminación ambiental. Centro de investigaciones en nutrición animal. Universidad de Costa Rica.

Cardona, J. García, L. 2008. Evaluación del efecto de los microorganismos eficaces sobre la calidad de un agua residual doméstica. Facultad de Ciencias, Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá

Carvajal, J. 2015. Uso de fermentado anaerobio de excretas porcinas sobre los parámetros productivos y económico de novillas añojas. *Revista AFP*. 4(2):73-78p.

Castellanos, A; Salazar, G.; Hernandez, P.; Domínguez, G.; Barrera, G. 2010. Uso de ensilado de cerdaza en la alimentación animal. Instituto Nacional de Investigación Forestales, Agrícolas y Pecuarias. INIFAP. Folleto para productores, núm 2.

Castiblanco, T. 2002. El reciclaje de excretas porcinas como alternativa para la alimentación en cerdos. Publicado en la revista Porcicultura Colombiana N°77. Enero-Febrero. Bogotá. Colombia. 9-12p.

Castrillón, O.; Jiménez, RA; Bedoya, O. 2004 Porquinaza en la alimentación animal. Rev. La Sallista de Investigación 1(1):72-76.

Cervantes, I. 2014. Uso de excretas porcinas como Ingrediente Alimenticio en la Dieta de Otras Especies y como Fertilizante para Praderas. Revista Los Porcicultores y su Entorno. 1(98).

Cira, L.; Huerta, S.; Shirai, K. 2002. Fermentación láctica de cabezas de camarón en un reactor de fermentación solida. Revista Mexicana de Ingenieria Quimica. 1:45-48p.

Clanton, C., Nichols, D., Moser, R., Rames, D. 1991. Swine manure characterization as affected by environmental temperature, dietary level intake, and dietary fat addition. *Transactions of the ASAE*. 34(5):2164-2170.

Cornejo, 2011. Efecto de un bioprotector comercial en la reducción de pH y carga microbiana putrefactiva en efluentes porcinos. Tesis de Ingeniero Zootecnista. Universidad Nacional Agraria La Molina. Perú. Lima.

Cuarón, J. 2003. Optimización de la nutrición de los cerdos en la etapa de crecimiento y acabado. Memorias del III Congreso de Porcicultura. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima. Perú.

Deegan, LH. 2006. Bacteriocins: Biological tools for bio-preservation and shelf-life extension. *Int Dairy*; 16 (9): 1058-1071

Domínguez-Araujo, G., Galindo, A., Salazar, G., Barrera, G., Sánchez, F. 2014. Las excretas porcinas como materia prima para procesos de reciclaje utilizados en actividades agropecuarias. INIFAP. Folleto Técnico N°6

El Peruano. 2008. Normas Legales 385293. Consultado el 14 de diciembre del 2016
Disponibile en http://www.senasa.gob.pe/senacontent/uploads/jer/SECCION_NOR_AGROA/D.S.%20034-2008-AG%20Reglamento%20de%20la%20Ley%20de%20INOCUIDAD.pdf

EL Peruano, 2010. Normas Legales 416711. Consultado el 12 de diciembre del 2016
Disponibile en http://www.senasa.gob.pe/senacontent/uploads/jer/NOR_GEN_ENF_POR/RSSPORCINO%20%20publicado%20en%20El%20Peruano.pdf

EL Peruano. 2012. Normas Legales 478539. Consultado el 26 de octubre del 2016.
Disponibile en http://www.peru.gob.pe/normas/docs/ds_16_2012_ag.pdf.

Estrada, A.; Aranda, E.; Pichard, G; Henao, F. 2011. Efecto de la fermentación en estado sólido de la porcínaza sobre la persistencia de patógenos en el ensilaje. *Boletín científico*. 15(2):71-80p.

Estrada, A.; Aranda, E.; Pichard, G; Henao, F. 2013. Ensilaje de caña de azúcar integral enriquecido con porcinoza fresca. Orinoquia, Colombia. 17(1):38-49p.

FAO 2008. Políticas Pecuarias la Contaminación por la Producción Pecuaria Industrial. Consultado el 15 abril 2015. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/012/i0680s/i0660s04.pdf>

FAO. 2009. Codex Alimentarius. Producción de alimentos de origen animal. Segunda Edición. Organización Mundial de la Salud.

Fioravanti, M., Vega, N., Hernández, C., Okumoto, S., Yeomans, J. 2004. Eficiencia de los microorganismos eficientes (EM) sobre la estabilidad de lodos séptico para el uso agrícola. Revista Tierra Tropical. Costa Rica. 69-76p

Flachowsky, G., Ayalew, T., Negesse, T. y Banjaw, K (1985). Feeding poultry litter to grazing boran zebu bulls and ogaden in Ethiopia. Arch Tierernahr. 35. 7:507-5014

FUNDASE, 2009. Microorganismos Efectivos. Disponible en: <http://www.fundase.com/home.php?c=39>

Galindo-Barboza, A., Domínguez, G., Salazar, G., Arteaga, R., Martínez, M., Sánchez, F., Sánchez, R. 2013. Ensilado de cerdaza, una oportunidad para el manejo de manejo de bioseguridad y microbismo en granjas porcina. INIFAP. Folleto Técnico N°4

García, C., Arrázola, G., Durango, A. 2010. Producción de ácido Láctico por Vía biotecnológica. Rev. Fuente. 2(7):23p.

García, A 2000. Calidad Alimentaria de la Mezcla de Estiércol de cerdo y Esquilmos Agrícolas Deshidratada al Sol, para Bovinos de Engorda. Tesis M.Sc. Colima, Mexico, U de Colima.

García, L. 2008. Uso de bacterias Probióticas en el Ensilado de Residuos de Pescado. Tesis de Biólogo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima. Perú.

Guerrero, I, Mendiola, E, Prado, A. 1995. Inoculation of lactic acid bacteria on meat surfaces as a means of decontamination in semitropical conditions. Meat Sci.; (40): 397-411.

Guzmán, C. Rivas, C. 2004. Valoración del desempeño nutricional en conejos alimentados con excretas de porcino fermentados y sus posibles implicaciones sobre la morfo fisiología del tracto gastrointestinal. Alimentación, nutrición y producción en monogástricos. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, 18(4):345-346p

Grundey, K. 1982. El tratamiento de los residuos agrícolas y ganaderos. Ediciones GEA. Barcelona. 278-280p.

Iñiguez, G.; Varela, J. 1999. Composteo y ensilaje de excretas porcinas. Biotecnología. 4(2).

Irala, A. 2011. Uso de aditivos en alimentación del ganado bovino. Consultado el 30 de 2015. Disponible en http://www.produccion_animal.com.ar/informacion_tecnica/invernada_promotores_crecimiento/36-aditivos.1

Julca, P. 2000. Uso de probiótico como una alternativa para reducir la producción de amoníaco en heces de cerdos en recría. Tesis de Ingeniero Zootecnista. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima. Perú.

Lezcano, P., Gonzales, R., Acháng, J. 2004 Balance de nutrientes en cerdos alimentados con lodo fermentado. Revista cubana de Ciencia Agrícola. 35(4).

Lezcano, P.; Gonzales, R.; Acháng, J. 2005. Sustitución parcial de trigo y soya por lodos anaerobio porcinos para la alimentación de cerdos en crecimiento y ceba. Revista Cubana de Ciencia Agrícola. 39(2):199-203p.

Ly, J. 2013. Uso de excretas en sistemas integrados de producción animal. Instituto de Investigaciones Porcinas. 11: 73-74

Machín, D. 2000. El uso potencial de ensilaje para la producción animal en la zona tropical, especialmente como una opción para los pequeños campesinos. Memorias de la conferencia Electrónica de la FAO sobre el ensilaje en los trópicos. Disponible en: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/005/x8486S/x8486s00.pdf>

Madigan, M.; Martinko, J.; Parker, J. 2004 Brock Biología de los microorganismos Madrid, Prentice Hall. 1096p.

Mariscal, G. 2007. Tecnología disponible para reducir el potencial contaminante de las excretas de granjas porcícolas. In INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias), FAO 2003. Opciones para el Manejo de Efluentes de Granjas Porcicola de la Zona Centro de México. Cap. 7.

Martínez – Gamba, R., Pradal – Roa, P., Castrejón, F., Herradora, M., Galván, E., Mercado E. 2001. Persistence of *Escherichia Coli*, *Salmonella choleraesuis*, *Aujeszky's Disease* virus and Blue Eye Disease virus in ensilages based on the solid fraction of pig faeces.

Martínez, J., Barrera, J., Bartomeu, O., 2003. El legado medio ambiental de la intensificación ganadera. Desafíos sectoriales y barreras existentes para la adopción de tecnologías limpias. Publicado en la Revista Ediproc. N°58. Enero. Barcelona. España. 42-49p.

Meza del Águila, L. 2014. Elaboración de abono líquido mediante fermentación homoláctica de papa de descarte utilizando el consorcio microbiano ácido láctico B-Lac. Tesis de Biólogo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.

Müller, Z. 1984. Feed from animal wastes: feeding manual. FAO. Animal Production and Health paper. No 28. 213p.

Noa, L. 2013. Uso de complejo enzimático y bioprotector comercial sobre la estabilidad y transformación de excretas porcinas. Tesis de Ingeniero Zootecnista. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima. Perú.

Ogunbanwo, S., Sanni, A., Onilude, A. 2003. Characterization of bactericin produced by *Lactobacillus plantarum* F1 and *Lactobacillus brevis* OG1. J. Biotechnol, 2:21-29.

Oliva, M., Elasco, D., Ballinas, E., Salvador, M., Gutiérrez, F., 2004.- Estudios de eliminación de microorganismos patógenos de residuales porcinos en un biorreactor con tiempo de retención corto. Rev. Comp. Prod. Porcina, 2

Peña, N. 2008. Utilización de Residuos de Pota para la obtención de un Fertilizante Orgánico Líquido. Tesis Ingeniero Pesquero. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.

Peralta, J. 2005. Recomendaciones técnicas para la gestión ambiental en el manejo de purines de la explotación porcina. Colección de Libros INIA (Instituto de Investigación Agropecuarias) N° 18, 206 p.

Pérez-Espejo R. 1992. Porcicultura y contaminación del agua en La Piedad, Michoacán. Mexico. Rev. Int. Contam Ambient.; 17:5-13.

Ramírez, R., Rosa, P; Velázquez, M; Ulloa, J.; Arce, F. 2011. Bacterias lácticas: Importancia en alimentos y sus efectos en la salud. Revista Universidad Autónoma de Nayarit. No 7.

Rodríguez – Palenzuela, P. 2000. Los ácidos orgánicos como agentes antimicrobianos. XVI Curso de Especialización FEDNA. Departamento de Biotecnología. Universidad Politécnica de Madrid. España. 155-167p.

Rodríguez, I; Salazar, M; Villalobos, E. 2012. *Lactobacillus spp.* del tracto intestinal de *Gallus gallus* con potencial probiotico. Revista Científica de la Facultad de Ciencias Biológicas. 32(2):62-72.

Salazar G., Cuarón I. 1999. Uso de los desechos de origen animal en México. Querétaro-México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y pecuarias. Folleto Técnico. No. 1.

Salazar – Gutiérrez, G. 2004. Compendio de tecnologías para el manejo y utilización de excretas en granjas porcícolas. Cap 7. FAO

Samaniego, L., Sosa M. 2002. *Lactobacillus spp.*: Importantes promotores de actividad probiótica antimicrobiana y bioconservadora. Centro de Estudios Biotecnológicos. Facultad de Agronomía. Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”. Matanzas, Cuba.

Serna-Cock. L; Rodríguez de Stouvenel, A. 2005. Producción Biotecnológica de Ácido Láctico: Estado del Arte Biotechnological production of lactic acid: State of the art producción biotecnológica de ácido láctico: Estado do arte. Ciencia y Tecnología Alimentaria.5 (1):54-65.

Serrano, E., Castrejón, F., Herradura, M., Ramírez, A., Angeles, S., Buntix, S. 2008. Fungal survival in ensiled swine faces. Bioresource Technology. 99:3850-3854.

Sosa, R. 2000. Tratamiento y uso de recursos producidos con excretas porcinas. Instituto de investigaciones Porcinas. Consultado el 10 de abril 2015. Disponi <http://www.sian.info.ve/porcinos/publicaciones/producercdos/articulo7.htm>

Sosa, J. 2015. Actualización en manejo de excretas de origen porcino. Tesis de M Veterinario Zootecnista. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreón, Co México.

Spanopoulos, M.; Ponce, J.; Barba, G.; Ruelas, J.; Tiznado, M.; Hernandez, C.; Shirai, K. 2010. Producción de ensilados biológicos a partir de desechos de pescado; del ahumado de atún aleta amarilla y del fileteado de tilapia, para la alimentación de especies acuícolas. Revista mexicana de Ingeniería Química. 9(2):167-178p.

Torres, V. 2013. Evaluación in vitro del efecto bactericida de cepas nativas de *Lactobacillus sp.* contra *Salmonella sp.*, *Salmonella typhi* y *Escherichia coli*. Tesis de Química de alimentos. Universidad Central de Ecuador. Facultad de Ciencias Químicas. Quito, Ecuador.

Vásquez, M., Suarez, H., Zapata, S., 2009. Utilización de sustancias antimicrobianas producidas por bacterias ácido lácticas en la conservación de la carne. Revista Chilena de Nutrición 36(1):64-71.

Wee, J., Kim, j., Ryu, H. 2006. Biotechnological Production of Lactic Acid and its recent applications. Food Technol. 44(2):163-172.

ANEXOS

ANEXO I. Niveles de pH de los tratamientos de excreta porcinas con B-Lac y melaza

REPETICION		DIA 0	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5
T1	100E/0M/0B	5.84	5.89	5.78	5.60	5.68	5.67
T1		5.77	5.73	5.75	5.62	5.62	5.65
T1		5.76	5.89	5.70	5.63	5.58	5.72
PROMEDIO		5.79	5.84	5.74	5.62	5.63	5.68
T2	95E/5M/0B	5.11	5.21	5.26	4.81	4.75	4.69
T2		4.99	5.24	5.25	4.82	4.76	4.67
T2		4.90	5.11	5.10	4.71	4.68	4.80
PROMEDIO		5.00	5.19	5.20	4.78	4.73	4.72
T3	90E/10M/0B	4.76	4.73	4.68	4.60	4.60	4.65
T3		4.87	4.78	4.75	4.71	4.68	4.70
T3		4.83	4.80	4.69	4.65	4.65	4.66
PROMEDIO		4.82	4.77	4.71	4.65	4.64	4.67
T4	85E/15M/0B	4.83	4.75	4.70	4.75	4.61	4.60
T4		4.96	4.85	4.75	4.60	4.60	4.53
T4		5.00	4.95	4.80	4.70	4.71	4.69
PROMEDIO		4.93	4.85	4.75	4.68	4.64	4.61
T5	95/0M/5B	5.66	5.35	5.45	5.37	5.74	5.58
T5		5.73	5.52	5.59	5.39	5.90	5.50
T5		5.53	5.35	5.32	4.50	5.88	5.57
PROMEDIO		5.64	5.41	5.45	5.09	5.84	5.55
T6	90E/5M/5B	4.90	4.81	4.71	4.63	4.65	4.69
T6		4.96	4.70	4.72	4.55	4.74	4.63
T6		4.98	4.70	4.70	4.51	4.56	4.57
PROMEDIO		4.95	4.74	4.71	4.56	4.65	4.63
T7	85E/10M/5B	4.63	4.26	4.16	3.81	3.70	3.70
T7		5.10	4.41	4.36	3.94	3.69	3.65
T7		5.10	4.35	4.25	3.84	3.70	3.70
PROMEDIO		4.94	4.34	4.26	3.86	3.70	3.68
T8	80E/15M/5B	4.70	4.52	4.15	3.62	3.46	3.45
T8		5.09	4.12	4.22	3.64	3.56	3.55
T8		5.16	4.20	4.18	3.66	3.51	3.50
PROMEDIO		4.98	4.28	4.18	3.64	3.51	3.50
T9	90E/0M/10B	5.53	5.37	5.40	5.45	5.49	5.45
T9		5.71	5.33	5.50	5.39	5.44	5.41
T9		5.83	5.63	5.70	5.81	5.31	5.36
PROMEDIO		5.69	5.44	5.53	5.55	5.41	5.41
T10	85E/5M/10B	4.89	4.97	4.81	4.48	4.84	4.75
T10		5.22	4.67	4.57	4.36	4.87	4.63
T10		5.24	4.81	4.76	4.38	4.81	4.78

PROMEDIO		5.12	4.82	4.71	4.41	4.84	4.72
T11	80E/10M/10B	4.81	4.04	4.01	3.44	3.34	3.30
T11		5.41	4.24	4.18	3.67	3.68	3.68
T11		5.38	4.22	4.23	3.73	3.72	3.70
PROMEDIO		5.20	4.17	4.14	3.61	3.58	3.56
T12	75E/15M/10B	4.90	4.06	4.01	3.46	3.40	3.43
T12		5.62	4.18	4.07	3.54	3.50	3.50
12T		5.67	4.26	4.07	3.60	3.36	3.37
PROMEDIO		5.40	4.17	4.05	3.53	3.42	3.43
T13	85E/0M/15B	5.51	5.47	5.54	5.22	5.70	5.64
T13		5.74	5.58	5.69	5.60	5.77	5.87
T13		5.77	5.55	5.54	5.63	5.70	5.85
PROMEDIO		5.67	5.53	5.59	5.48	5.72	5.79
T14	80E/5M/15B	4.95	4.77	4.72	4.27	4.22	4.21
T14		5.66	4.75	4.77	4.45	4.35	4.39
T14		5.70	4.72	4.77	4.45	4.40	4.41
PROMEDIO		5.44	4.75	4.75	4.39	4.32	4.34
T15	75E/10M/15B	4.89	4.05	3.93	3.55	3.57	3.56
T15		5.70	4.28	4.30	3.93	3.90	3.89
T15		5.76	4.31	4.23	3.92	3.91	3.81
PROMEDIO		5.45	4.21	4.15	3.80	3.79	3.75
T16	70E/15M/15B	4.96	3.97	3.82	3.40	3.41	3.40
T16		5.65	4.27	4.00	3.57	3.57	3.52
T16		5.67	4.25	3.96	3.57	3.58	3.56
PROMEDIO		5.43	4.16	3.93	3.51	3.52	3.49

ANEXO II. Peso inicial, final y ganancia diaria de peso de los cerdos en crecimiento de los tres tratamientos en cada uno de los cuatro bloques

PARAMETRO	TRATAMIENTOS		
	T1 0% EEP	T2 4% EEP	T3 8% EEP
PESO INICIAL			
Bloque 1	36.8	36.9	37.00
Bloque 2	37.25	37.00	37.25
Bloque 3	39.75	39.63	39.75
Bloque 4	34.5	34.75	34.75
PROMEDIO	37.08	37.32	37.29
PESO FINAL			
Bloque 1	64.50	65.13	65.50
Bloque 2	61.50	59.13	59.25
Bloque 3	63.25	64.75	64.75
Bloque 4	56.38	57.75	57.75
PROMEDIO	61.41	61.69	61.81
GANANCIA DIARIA DE PESO (kg/día)			
Bloque 1	0.99	1.01	1.02
Bloque 2	0.87	0.79	0.79
Bloque 3	0.84	0.90	0.89
Bloque 4	0.89	0.79	0.82
PROMEDIO	0.869	0.870	0.879

ANEXO III. Consumo de alimento y conversión alimenticia de los cerdos en crecimiento de los tres tratamientos en cada uno de los cuatro bloques

Parámetros	TRATAMIENTOS		
	T1 0% EEP	T2 4% EEP	T3 8% EEP
CONSUMO PROMEDIO DE ALIMENTO (Kg/día)			
Bloque 1	2.21	2.17	2.25
Bloque 2	2.01	1.91	2.01
Bloque 3	2.14	2.22	2.22
Bloque 4	1.82	1.91	1.98
PROMEDIO	2.05	2.05	2.12
CONVERSION ALIMENTICIA			
Bloque 1	2.23	2.15	2.21
Bloque 2	2.32	2.42	2.56
Bloque 3	2.55	2.47	2.49
Bloque 4	2.33	2.43	2.41
PROMEDIO	2.35	2.36	2.40

ANEXO IV. Análisis de varianza del peso inicial de los cerdos de los tres tratamientos

FUENTE	GL	SC	CM	F.CAL	PR > F	Significación
Bloque	3	33.69322500	11.23107500	81.59		
Tratamiento	2	0.12031667	0.06015833	0.44	0.6650	n. s.
Error	6	0.82595000	0.13765833			
Total	11					

ANEXO V. Análisis de varianza del peso final de los cerdos de los tres tratamientos

FUENTE	GL	SC	CM	F.CAL	PR > F	Significación
Bloque	3	120.3319333	40.1106444	37.13		
Tratamiento	2	0.3451167	0.1725583	0.16	0.8559	n. s.
Error	6	6.4820167	1.0803361			
Total	11					

ANEXO VI. Análisis de varianza de la ganancia diaria de peso de los cerdos en los tres tratamientos

FUENTE	GL	SC	CM	F.CAL	PR > F	Significación
Bloque	3	0.08062500	0.02687500	21.64		
Tratamiento	2	0.00021667	0.00010833	0.09	0.9176	n. s.
Error	6	0.08829167	0.00124167			
Total	11					

ANEXO VII. Análisis de la varianza del consumo promedio de alimento de los cerdos de los tres tratamientos

FUENTE	GL	SC	CM	F.CAL	PR > F	Significación
Bloque	3	0.21389167	0.07129722	29.17		
Tratamiento	2	0.01181667	0.00590833	2.33	0.1778	n. s
Error	6	0.01518333	0.00253056			
Total	11					

ANEXO VIII. Análisis de la varianza de la conversión alimenticia de los cerdos de los tres tratamientos

FUENTE	GL	SC	CM	F.CAL	PR > F	Significación
Bloque	3	0.15529167	0.05176389	9.32		
Tratamiento	2	0.00826667	0.00413333	0.74	0.5145	n. s.
Error	6	0.03333333	0.00555556			
Total	11					