



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE  
HIDALGO**

**INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS Y  
FORESTALES**

**EFFECTO DE LA ACIDIFICACIÓN DEL ALIMENTO PREINICIADOR CON  
ENSILADO ÁCIDO DE PESCADO DIABLO SOBRE EL DESEMPEÑO  
PRODUCTIVO DE LECHONES**

**T E S I S**

**PARA OBTENER EL GRADO DE**

**MAESTRA EN PRODUCCION AGROPECUARIA CON OPCIÓN TERMINAL  
PECUARIA**

**QUE PRESENTA:**

**M.V.Z. BRENDA CÁRDENAS PÉREZ**

**DIRECTOR:**

**D. en C. Guillermo Salas Razo**

**CO-DIRECTOR:**

**D. en C. Mauricio Perea Peña**



**MORELIA, MICHOACÁN; ENERO DEL 2017.**



---

**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO**  
**INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS Y FORESTALES**

**PROGRAMA DE MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA CON OPCIÓN TERMINAL EN LAS ÁREAS: AGRICOLA, PECUARIA, FORESTAL, ACUICOLA Y AGRONEGOCIOS.**

**EFFECTO DE LA ACIDIFICACIÓN DEL ALIMENTO PREINICIADOR CON ENSILADO ÁCIDO DE PESCADO DIABLO SOBRE EL DESEMPEÑO PRODUCTIVO DE LECHONES**

PRESENTA:

**M.V.Z. BRENDA CÁRDENAS PÉREZ**

**T E S I S**

PARA OBTENER EL GRADO DE

**MAESTRA EN PRODUCCION AGROPECUARIA CON OPCIÓN TERMINAL EN EL ÁREA PECUARIA**

DIRECTOR:

**D. en C. GUILLERMO SALAS RAZO**

CO-DIRECTOR

**D. en C. MAURICIO PEREA PEÑA**

COMITÉ TUTORAL:

**M. en C. JUAN PABLO FLORES PADILLA**

**D. en C. ROGELIO GARCIDUEÑAS PIÑA**

**M. en C. JESÚS ANTONIO ROJO MARTÍNEZ**



## **DEDICATORIA**

### **A MIS PADRES**

**Por sus consejos, por su apoyo incondicional, por su ejemplo de dedicación y constancia, por aceptar cada una de mis decisiones.**

**Este logro es suyo, es el resultado de su esfuerzo, paciencia, amor, apoyo entre mil cosas más porque gracias a ustedes pude concluir este trabajo que significa más de lo que nadie puede imaginar para mí.**

**Gracias, los quiero mucho.**

### **A MIS HERMANOS**

**Gracias por confiar en mí, por apoyarme y por compartir conmigo los buenos y malos momentos. Tengo los hermanos más perfectos del mundo.**

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por proporcionarme el apoyo económico durante el período del proceso de formación de Maestría.

A la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, que mediante el Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales, me abrió nuevamente las puertas brindándome la oportunidad de poder continuar con mi formación profesional.

Al Señor Sabino Velázquez y a su esposa la Señora Celia Olvera, muchas gracias por permitirme realizar mi trabajo de campo en las instalaciones de su unidad de producción, pero más que eso gracias por aceptarme en su hogar, personas como ustedes se merecen lo mejor de la vida, tienen un corazón enorme lleno de nobleza, mi agradecimiento a ustedes será eterno.

Al Dr. Guillermo Salas Razo, gracias porque sin tener un antecedente académico de mí, me acepto como su alumna desde el primer momento en que me dirigí a usted, gracias por la confianza, la paciencia en las asesorías, por su orientación y apoyo como Director de tesis.

Al Dr. Mauricio Perea Peña gracias por las asesorías, por su orientación, aportaciones y apoyo brindado para la realización de esta tesis. Muchas gracias Doctor por facilitarme el lugar para la realización de mi trabajo de campo.

Al Dr. Rogelio Garcidueñas Piña, muchas gracias por su gran paciencia, por su guía, las observaciones realizadas a la tesis las cuales fueron de gran ayuda para poder llevar a cabo el trabajo.

Al M.C. Juan Pablo Flores Padilla por el apoyo brindado, por las sugerencias y comentarios realizados durante el proceso de formación de la maestría y en la redacción del trabajo de tesis.

Al M.C. Jesús Antonio Rojo Martínez, muchas gracias por las observaciones, comentarios, sugerencias realizadas en la ejecución y redacción de la tesis. Gracias por todo el apoyo que me brindaste en las visitas a campo, por tus consejos, tus aportaciones.

A cada uno de los que directa e indirectamente con sus consejos y palabras de apoyo estuvieron conmigo en este proceso, gracias porque me permitieron ser su amiga, gracias por su paciencia cuando les pedía que leyeran mis borradores y vieran mis presentaciones, por las múltiples desveladas. Gracias porque de entre todo lo satisfactorio que puedo llevarme de esta experiencia fue haberlos conocido a Ustedes y tener su amistad: Adilene, Iris, Laura, Nayeli, Ena, David, Jesús, Esteban y Ricardo...  
Gracias.

# INDICE

DEDICATORIA .....	III
AGRADECIMIENTOS.....	IV
INDICE .....	VI
INDICE DE CUADROS Y FIGURAS.....	VIII
RESUMEN .....	9
ABSTRACT.....	10
I. INTRODUCCIÓN .....	11
II. MARCO TEORICO.....	13
2.1 Importancia de la producción porcina en México .....	13
2.2 Alimentación en los sistemas de producción porcina.....	14
2.3 Generalidades de la etapa de destete temprano .....	15
2.4 Fisiología digestiva del lechón lactante y su desarrollo digestivo en la etapa de destete .....	17
2.5 Características de la alimentación durante la etapa de destete .....	19
2.6 Estrategias de alimentación para lechones en la etapa de destete .....	22
2.7 Uso de aditivos en la alimentación de cerdos .....	24
2.8 Acidificación de dietas en la alimentación de cerdos .....	25
2.9 Ensilados de pescado en la alimentación animal.....	27
2.10 Características del pez diablo ( <i>Pterygoplichthys spp</i> ).....	29
2.11 El ensilado ácido de pescado diablo en la alimentación animal .....	30
III. JUSTIFICACIÓN.....	34
IV. HIPÓTESIS.....	35
V. OBJETIVO GENERAL.....	35
VI. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	35
VII. MATERIAL Y MÉTODOS .....	36
7.1 Ensayo 1. Establecimiento del nivel de acidificación del alimento preiniciador con la mejor aceptabilidad por los lechones destetados .....	36
7.1.1 Localización .....	36
7.1.2 Animales y tratamientos.....	37
7.2 Ensayo 2: Efecto del alimento preiniciador acidificado sobre el consumo, la ganancia de peso, conversión alimenticia e incidencia de diarreas en lechones .....	38
VIII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	41

8.1 Nivel de acidificación del alimento preiniciador .....	41
8.2 Aceptabilidad del alimento preiniciador sustituido por ensilado ácido de pescado diablo .....	43
8.3 Composición química de los tratamientos .....	46
8.4 Consumo de alimento .....	48
8.5 Ganancia de peso .....	50
8.6 Conversión alimenticia .....	51
8.7 Incidencia de diarreas.....	52
IX. CONCLUSIÓN GENERAL .....	56
X. BIBLIOGRAFÍA.....	57
ANEXO.....	69

## INDICE DE CUADROS Y FIGURAS

Cuadro 1. Composición química del ensilado ácido de pescado diablo en base seca .....	31
Cuadro 2. Tratamientos utilizados para el establecimiento del nivel óptimo de acidificación en el alimento preiniciador .....	38
Cuadro 3. Tratamientos utilizados para determinar el aprovechamiento del alimento.....	39
Cuadro 4. pH del alimento y consumo de los lechones alimentados con los tres diferentes tratamientos .....	46
Cuadro 5. Composición nutricional del alimento para lechones destetados en base seca .....	47
Figura 1. pH del alimento preiniciador a diferentes niveles de adición de ensilado ácido de pescado diablo .....	42
Figura 2. a) Preiniciador con pH 5.0 (23% adición de EAPD). b) Preiniciador con pH 4.5 50% adición de EAPD).....	43
Figura 3. Porcentaje (%) de alimento rechazado en lechones destetados .....	44
Figura 4. Relación del consumo de alimento diario por lechón entre los tratamientos pH 5.8 (T1) y pH 5.0 (T2) .....	49
Figura 5. Porcentaje de diarreas observadas durante el periodo experimental en el que se ofrecieron los tratamientos a los lechones .....	53

## RESUMEN

El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto de la acidificación del alimento preiniciador con la adición de ensilado ácido de pescado diablo en el consumo de alimento, desempeño productivo e incidencia de diarreas en lechones destetados, el cual se dividió en dos ensayos: El primero consistió en acidificar el alimento preiniciador (pH 5.8) a pH 5.0 y 4.5, mediante la adición de 23% y 50% de ensilado ácido de pescado diablo y establecer el nivel recomendable de acuerdo a su aceptabilidad. Para ello se utilizaron 27 lechones de ambos sexos, de 21 días de edad con peso inicial de  $4.85 \pm 1.24$  kg., distribuidos en tres grupos, encontrándose que el consumo de alimento con pH 5.0 fue similar al del preiniciador solo (pH 5.8). El segundo ensayo consistió en evaluar el consumo de alimento, la ganancia de peso, la conversión alimenticia y la incidencia de diarreas con alimento a pH 5.0 acidificado con ensilado ácido de pescado diablo, para ello se utilizaron 54 lechones de ambos sexos, de 21 días de edad con un peso inicial de  $5.07 \pm 1.10$  kg divididos en 2 grupos con 6 repeticiones cada uno por tratamiento, no se detectaron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) en cuanto a consumo de alimento, ganancia de peso total, conversión alimenticia ni incidencia de diarreas entre tratamientos. Se concluye que el ensilado ácido de pescado diablo no perjudica en el desempeño productivo ni contribuye a disminuir la incidencia de diarreas en los lechones, por lo que representa una alternativa en la alimentación de los lechones en la etapa de destete.

**Palabras clave:** acidificación del alimento, consumo de alimento, ácidos orgánicos, pescado diablo, lechones.

## ABSTRACT

The aim of this work was to evaluate the effect of the acidification of the preinitiation food with the addition of acid silage devil fish in feed consumption, productive performance and incidence of diarrhea in weaned piglets, which was divided into two tests: The first consisted in acidify the food preinitiation (pH 5.8) to 5.0 and 4.5, by the addition of 23% and 50% of acid silage devil fish and establish the level recommended according its acceptability. For it used 27 piglets, both sexes, 21 days of age with initial weight of  $4.85 \pm 1.24$  kg, distributed in three groups, being found that the consumption of food with pH 5.0 was like that preinitiation (pH 5.8) only. The second was to evaluate the consumption of food, weight gain, feed conversion and the incidence of diarrhea with food at pH 5.0 acidified with silage acid devil fish, 54 piglets were used, both sexes, 21 days of age, from  $5.07 \pm 1.10$  kg divided in 2 groups with 6 replicates each per treatment, were not detected significant differences ( $p>0.05$ ) for feed intake, gain total weight, feed conversion and incidence of diarrhea among treatments. It is concluded that acid silage devil fish neither detriment the productive performance nor contributes to reduce the incidence of diarrhea in the piglets, however, represents an alternative in the feeding of the piglets in the stage of weaning.

## I. INTRODUCCIÓN

Uno de los principales problemas a los que se enfrenta el cerdo durante su vida productiva es la etapa de destete que ocurre generalmente entre la tercera y cuarta semana de edad afectando su desempeño productivo; los lechones sometidos a un destete temprano presentan un estrés multifactorial ocasionado por la separación de la madre, la interacción con cerdos de otras camadas, cambio de ambiente y cambio del alimento, asimismo, el lechón aún no cuenta con un sistema digestivo maduro, ya que produce niveles insuficientes de ácido clorhídrico, por lo que el cambio de alimentación altera la morfología intestinal, ocasionando atrofia de las vellosidades y criptas intestinales disminuyendo la digestión y absorción de los nutrientes del alimento y facilitando el crecimiento bacteriano, lo que puede desencadenar trastornos gastrointestinales como las diarreas (Suarez-Belloch y Latorre, 2014). Cuando esto ocurre, provoca retrasos en el crecimiento afectando económicamente la rentabilidad de la unidad de producción (Guerrero *et al.*, 2001).

Por lo anterior, es importante introducir en la dieta inicial de los lechones, alimentos de fácil digestión y con alto valor nutricional, puesto que reducirán el gasto energético del organismo y por consiguiente mejorarán el desempeño productivo del lechón (Vázquez, 2013). El empleo de acidificantes, con el objetivo de reducir la utilización antibióticos de manera indiscriminada en los sistemas de producción, han sido adicionados a la alimentación de los lechones destetados por su capacidad de reducir el pH gastrointestinal con el propósito de facilitar y disminuir los efectos negativos en la digestión del alimento y por lo tanto reducir significativamente la multiplicación de bacterias patógenas.

De acuerdo a lo anterior , la utilización del ensilado ácido de pescado diablo, como un recurso disponible representa una alternativa en la alimentación animal, comprobando su alto valor nutricional en cuanto a la cantidad y calidad de sus nutrientes ha sido aprovechado como fuente de proteína animal; adicionalmente, las características nutricionales del pescado diablo se mantienen por la adición del ácido fórmico el cual además de mantener su conservación también es empleado como acidificante por su función bactericida y bacteriostática. Por lo que se planteó el presente trabajo con el objetivo de evaluar el efecto de la acidificación del alimento preiniciador con la adición de ensilado ácido de pescado diablo en el consumo de alimento, desempeño productivo e incidencia de diarreas en lechones destetados.

## II. MARCO TEORICO

### 2.1 Importancia de la producción porcina en México

La producción porcina es una actividad relacionada con el desempeño de la economía del país, en México existen tres sistemas de producción diferenciados por su nivel tecnológico de la siguiente manera: tecnificado, semitecnificado y el sistema de traspatio, donde su mayor relevancia radica en ser una fuente de abasto de carne en zonas en donde los canales comerciales no operan (Mariscal, 2007; Cruz, 2012). Como cualquier sistema de producción pecuaria, la producción porcina genera productos de valor económico y alimenticio para el ser humano por lo que la importancia de la producción porcina radica en la generación de bienes de consumo además de que extensas áreas agrícolas son dedicadas a la producción de insumos para la alimentación porcina, sorgo, maíz y otros forrajes a menor escala como la soya. Además, genera una compleja cadena de producción, transformación, industrialización y comercialización de productos.

Sin embargo, por ser un sistema intensivo, la demanda por incrementar la eficiencia productiva y económica sigue siendo una exigencia para este tipo de explotaciones, ante los altos costos de los insumos y de infraestructura (Quintero, 2010). En este sentido la alimentación representa el factor más importante de los costos de producción, alrededor del 65%, debido a ello la optimización en el uso de los recursos alimenticios se establece como una prioridad ya que repercutirá directamente en la granja.

## 2.2 Alimentación en los sistemas de producción porcina

La alimentación representa el factor más importante de los costos de producción, alrededor del 70 al 80% (Caballero, 2010), debido a ello la optimización en el uso de los recursos alimenticios se establece como una prioridad ya que repercutirá directamente en la granja, por lo que además de incluir dietas alternativas se requiere del conocimiento del consumo de alimento, tasas de crecimiento y composición de la canal (Schinckel *et al.*, 2012).

Los ingredientes utilizados para la formulación de alimentos tienen diversas características fisicoquímicas, nutricionales, nivel de inclusión, entre otras (García *et al.*, 2012). Una de las finalidades de la nutrición de los cerdos en desarrollo y producción es llevar una alimentación balanceada, con nutrientes de alta calidad. Sin embargo, no es suficiente que una dieta cumpla con las necesidades nutricionales, sino que al elegir los ingredientes para la elaboración de la dieta se debe valorar la biodisponibilidad y digestibilidad de los nutrientes, así como los niveles a utilizar en cada etapa de producción con la finalidad de concluir positivamente un ciclo de vida (García *et al.*, 2012).

De acuerdo a lo anterior, la productividad moderna depende de un manejo eficiente de alimentos (Vallejos, 2014). Tema importante en la nutrición animal moderna es promover y mantener la salud gastrointestinal para asegurar la productividad total, la capacidad del intestino para digerir y absorber los nutrientes es la base para alcanzar buenos resultados; pero cuando se rompe el equilibrio intestinal, se facilita la colonización de agentes patógenos promoviendo la presencia de enfermedades.

### **2.3 Generalidades de la etapa de destete temprano**

La rentabilidad de la producción porcina está determinada principalmente por el éxito o fracaso de la transición de la leche de la madre a dietas secas o sólidas sin que ocurra una reducción del crecimiento o presencia de enfermedades (Alle, 1999) generalizando la práctica de destete, que junto con otras técnicas de manejo permiten una producción más organizada (Reis de Souza y Mariscal, 1997; Kim *et al.*, 2005), reflejada en más lechones destetados por hembra al año.

En condiciones naturales el destete se realiza mediante una adaptación progresiva de un menor consumo de leche y mayores cantidades de alimento sólido; sin embargo, a escala mundial el incremento de la productividad en la porcicultura se ha basado en la generalización de la práctica del destete, que junto con otras técnicas de manejo permiten una producción más organizada; por lo que se realiza de manera más temprana entre la tercera y cuarta semana de edad (Mota *et al.*, 2014).

Moberg y Mench (2000) definen al destete como un estímulo causante de estrés el cual rompe la homeostasis del organismo con efectos perjudiciales en el metabolismo, provocando alteraciones en el comportamiento y cambios fisiológicos. Las alteraciones generadas en la etapa de destete no se presentan en ninguna otra y debido al cambio abrupto en la alimentación los animales se someten a un severo estrés nutrimental (Reis de Souza *et al.*, 2012), ambiental y social que resulta en una baja tasa de crecimiento (Kim *et al.*, 2005) lo que genera que sea una de las etapas con más alto costo de alimentación.

Por lo tanto, el destete es, de acuerdo a diversos autores, la etapa más crítica en la vida productiva del cerdo, dado por la separación abrupta de la madre, repercutiendo en su bienestar, disminución del consumo de alimento, retraso en su crecimiento y pérdida de la ganancia diaria de peso (Mota *et al.*, 2014) que entre otros factores contribuyen a la atrofia intestinal.

En los lechones, la secreción ácida del estómago no alcanza niveles apreciables hasta 3 o 4 semanas después del destete (Castillo, 2006; De la Torre *et al.*, 2008). Con un cambio abrupto en la alimentación los lechones destetados, con un sistema digestivo inmaduro, al pasar de una dieta líquida de leche a dietas solidas como maíz o harina de soya llegan a mostrar signos de malnutrición caracterizado por desórdenes digestivos debido a gran cantidad de material no digerido que llega al intestino dando lugar a la proliferación de microorganismos patógenos, produciendo alteraciones y trastornos gastroentéricos; por lo tanto, la atrofia de las vellosidades intestinales puede llegar a producir signos como la diarrea (Kim *et al.*, 2005).

Las diarreas constituyen un problema importante, las cuales además suelen ser provocadas por *Escherichia coli*, que produce heces acuosas y amarillentas; los lechones son más susceptibles durante el primer y cuarto día de vida, a las tres semanas y al momento del destete (Pérez, 2009). Por tal motivo es necesario mantener la integridad de la mucosa intestinal, la cual depende del recambio y de la renovación de sus células (Reis de Souza *et al.*, 2005).

## **2.4 Fisiología digestiva del lechón lactante y su desarrollo digestivo en la etapa de destete**

De acuerdo con Reis de Souza *et al.* (2012) durante la vida fetal, el cerdo pasa por tres fases de desarrollo: en la primera, se da un período de proliferación, crecimiento y morfogénesis; en la segunda, se presenta la diferenciación de las células epiteliales; y, en la tercera, la maduración funcional.

Una vez que los lechones nacen consumen calostro, lo cual aporta inmunoglobulinas y sustancias estimulantes del crecimiento de bacterias acidificantes, puesto que el pH del calostro es de 6.0; además, debido a que los lechones quedan expuestos a los microorganismos del ambiente que los rodea, el contacto con la cerda en ese momento le permite indirectamente introducir bacterias que colonizaran su aparato digestivo, las bacterias crearan mediante interacciones una población relativamente estable y compleja que representará la flora intestinal normal, que se verá afectada en caso de un cambio en el ambiente o alimentación, como el destete (Pluske *et al.*, 2003).

Durante la lactancia el lechón esta morfológicamente adaptado para aprovechar todos los nutrientes proporcionados por la leche materna (Pavez *et al.*, 2014), la acidez del estómago del cerdo al nacimiento está entre pH 6.0 y 5.0 (Morilla, 1991) bajando por el estímulo de las bacterias acidificantes de la leche, conjuntamente, el epitelio gastrointestinal no es solo un importante tejido de absorción para los nutrientes sino una barrera física para prevenir la invasión de patógenos, antígenos y toxinas entre el organismo y el ambiente luminal (Zhu *et al.*, 2015). En este momento, el lechón produce bajas cantidades de amilasa, lipasa y bicarbonato a nivel de glándulas

salivales lo que se mantiene luego del destete. Además, la secreción de ácido clorhídrico es baja debido a la proliferación de *Lactobacillus* quienes generan ácido láctico, que disminuye el pH estomacal, secreción que aumentará con el consumo eventual de alimento sólido (Pavez *et al.*, 2014).

Al momento del destete ocurren cambios importantes en el aparato digestivo, tanto el estómago como la mucosa gástrica aumentan en peso, el intestino delgado muestra un crecimiento de 84-98% aunque disminuye conforme avanza la edad del cerdo; los lechones destetados cuentan con un sistema digestivo inmaduro, hasta las 12 semanas de edad, y una reducción en la actividad enzimática necesaria para la digestión de alimentos sólidos (Reis de Souza *et al.*, 2012) ya que las vellosidades intestinales disminuyen su altura (Pavez *et al.*, 2014), ocasionando una atrofia de las mismas (Reis de Souza *et al.*, 2005).

La atrofia intestinal puede deberse a varios factores entre ellos la falta del sustrato lactosa que ocasiona una baja producción de lactasa, la dieta, microorganismos y alimentos poco digestibles en la dieta posdestete. Alrededor de la tercera semana de edad el cerdo inicia el consumo de alimento sólido, el cambio abrupto de alimentación de una dieta láctea, conformado principalmente por almidón y proteínas de origen vegetal está asociado a la inflamación de la mucosa provocando una disfunción en la barrera intestinal, debido a esto la capacidad de adaptación del lechón repercutirá tanto en su bienestar como en los parámetros productivos durante su desarrollo.

Lo anterior genera cambios morfológicos y funcionales en el tracto gastrointestinal, por ejemplo, el equilibrio que debe existir entre la altura de las vellosidades y la profundidad de las criptas. Al alterarse dicho equilibrio se dificulta la digestión y absorción de los

nutrientes, impidiéndole al lechón cubrir sus requerimientos de proteína y energía, proceso que ocurre principalmente en la primera semana posdestete (Reis de Souza *et al.*, 2012) primeramente por el bajo consumo de alimento lo que tiene un efecto directo sobre las vellosidades, mucosa y criptas intestinales dando lugar a un retraso en su crecimiento y por consecuencia perdida en la ganancia diaria de peso (Mota *et al.*, 2014) aunando a esto, la secreción de ácido clorhídrico (HCl) es baja hasta la tercera o cuarta semana posdestete, con una producción de ácido clorhídrico a los dos meses de edad que permite alcanzar un pH de 2 aproximadamente, diferenciándose del pH alcanzado en el estómago en cerdos adultos que oscila entre 1.5 y 2.5.

El pH gástrico alto reduce la actividad de pepsinógeno que es responsable del inicio de la digestión de la proteína en el estómago, es decir, para que el pepsinógeno se active en pepsina es necesario la producción adecuada de ácido clorhídrico en el estómago, aproximadamente a pH 3.5-4.6 (Durán, 1990); si hay una menor digestibilidad de la proteína se puede dar una proliferación de bacterias patógenas tales como *E. coli*.

## **2.5 Características de la alimentación durante la etapa de destete**

Cuando los lechones se destetan, el consumo de alimento disminuye drásticamente durante al menos 3 días, lo que provoca la atrofia del intestino, debido a esto, el alimento ofrecido en el destete debe facilitar la recuperación del intestino, por lo que es importante que los lechones consuman alimento tan pronto como ocurra el destete para mejorar la morfología intestinal (Alle, 1999).

El lechón es un animal que demanda energía para los procesos fisiológicos relacionados con su desarrollo corporal y la maduración de su sistema inmunológico (Reis de Souza *et al.*, 2010). En la etapa de lactancia, la alimentación de los lechones se basa únicamente en la leche materna, aunque, desde la primera semana de edad puede acercarse alimento sólido al lechón con la finalidad de incitar al consumo, práctica que tendrá influencia en el consumo de alimento durante la etapa de destete (Torrallardona *et al.*, 2012).

El destete temprano expone al lechón a un estrés nutricional, ambiental y social que usualmente se manifiesta por una baja tasa de crecimiento y alta mortalidad (Kim *et al.*, 2005). Es importante señalar que es en esta etapa donde la alimentación influenciará el comportamiento productivo del cerdo en la etapa de finalización por lo que la alimentación tiene que basarse en la calidad de los nutrientes de la dieta, energía, fibra, humedad, proteína, minerales y vitaminas y tener una alta digestibilidad. Por lo cual los alimentos utilizados en esta etapa son necesarios para el buen desarrollo, crecimiento y mantenimiento de las funciones metabólicas y fisiológicas de los lechones; además influyen en la composición microbiana y en la morfología de la mucosa intestinal en cerdos recién destetados obteniendo una mejora en la respuesta productiva del lechón (Pavez *et al.*, 2014).

Hasta los 21 días de edad las demandas nutricionales del lechón se ven satisfechas con la leche materna, y es a partir de este momento cuando comienza a disminuir la producción láctea; por lo que es importante acostumbrar al lechón a consumir alimento sólido y estimular en el aparato digestivo la producción de enzimas que actúan sobre nutrientes diferentes a los aportados por la leche. Para realizar destetes más tempranos

ha sido necesario identificar las necesidades nutricionales de los lechones y formular alimentos acordes a sus necesidades, denominados preiniciadores (De la Torre *et al.*, 2008).

Las dietas o alimentos posdestete pretenden disminuir el tiempo en que el intestino permanece en un estado atrofiado y alcanzar el estado de recuperación rápidamente (Alle, 1999). Los alimentos preiniciadores se ofrecen durante la lactancia para estimular el consumo de alimento sólido en los lechones, entre el día 10 y 14 de edad, en donde poco a poco el consumo va incrementando. Después del destete, la composición del alimento iniciador tiene un papel importante en los cambios morfofisiológicos del sistema digestivo. El proceso de peletizado provee beneficios físicos y nutricionales debido a que hay menor desperdicio en el alimento que hacen que el animal tenga una mejor disponibilidad de los nutrientes (Caballero, 2010) además de que da uniformidad por lo que se disminuye la selectividad del alimento.

Las líneas comerciales de alimento para cerdos suelen ser ricos en carbohidratos, grasas y proteínas de origen vegetal; que son necesarias para que se dé el proceso de adaptación digestiva (Aguilera *et al.*, 2006); sin embargo, pueden ocasionar problemas digestivos en los lechones, por lo que se recomienda utilizarlos desde temprana edad para ayudar en la maduración del aparato digestivo.

El lechón tiene una gran capacidad para depositar proteínas por lo que se deben usar dietas con altos niveles de aminoácidos. Regularmente los alimentos para cerdos contienen como fuente de proteína vegetal la harina de soya la cual debe ser utilizada en proporciones que no afecten la salud del lechón, debido a que puede provocar una reacción antígeno-anticuerpo producido por las proteínas de origen vegetal. En otros

trabajos se encontró que la harina de soya causaba atrofia de las vellosidades e hiperplasia de las criptas la primera semana después del destete con respecto a concentrados con proteína láctea (Li *et al.*, 1990).

La harina de pescado es la otra fuente de proteína empleada, sin embargo, su procesamiento, las alteraciones y contaminaciones, la fuente de la que provenga tiene una variación en su composición nutricional. La harina de carne y hueso, aunque se considera fuente de proteína, se utiliza más como fuente de calcio y fósforo. La influencia directa que provoca la cantidad, fuente y digestibilidad de la proteína sobre la morfología intestinal determinaran la disponibilidad de aminoácidos y péptidos. Las proteínas de origen animal son recomendadas por su valor nutritivo y alta digestibilidad, así como por la ausencia de factores anti nutricionales; aunque tienen un costo elevado. Además, se debe proporcionar una fuente de energía altamente digestible como la Lactosa presente en los sueros de queso y leche en polvo principalmente (Vázquez, 2013).

## **2.6 Estrategias de alimentación para lechones en la etapa de destete**

Una de las acciones para mejorar el comportamiento productivo del lechón lactante, básicamente ha sido acercar a la jaula de maternidad comederos con alimento sólido que coadyuva al desarrollo del tracto gastrointestinal con la finalidad de aprovechar la leche materna y mejorar la respuesta al destete (Pavez *et al.*, 2014). El potencial de crecimiento de los lechones es alto inmediatamente después del destete, pero el

limitado consumo de alimento y su inmadurez digestiva impide muchas veces que se alcance ese potencial en la práctica (Alle,1999).

Durante el destete la disminución en la ganancia de peso, el bajo consumo y las alteraciones intestinales llegan a provocar enfermedades diarreicas relacionadas con una limitada capacidad del sistema digestivo para digerir y absorber las dietas iniciadoras (Reis de Souza *et al.*, 2012); parte de las estrategias empleadas para superar los problemas del destete es la utilización de dosis profilácticas de antibióticos en las dietas para los lechones destetados, utilizados a niveles subterapéuticos debido a la protección que ofrecen frente a ciertas enfermedades (Figuroa *et al.*, 2006).

Los antibióticos han sido utilizados por más de 50 años exitosamente como parte de las estrategias nutricionales en la alimentación de animales de producción (Close, 2000). Su uso está asociado a la prevención de desórdenes gastrointestinales; aunque el mayor beneficio es la reducción de la población microbiana patógena en el tracto gastrointestinal, mejorando el comportamiento nutricional del animal, lo que resulta en una mejor absorción de nutrientes. Sin embargo, con el tiempo los microorganismos pueden volverse resistentes al antibiótico y su utilización resulta contraproducente (Figuroa *et al.*, 2006); se ha demostrado un incremento en la resistencia de patógenos además de causar problemas residuales en productos animales (Close, 2000; Figuroa *et al.*, 2006) por lo que para retirar el uso de antibióticos se hizo necesaria la búsqueda de nuevas alternativas de aditivos para la alimentación animal que mejoren su desempeño.

## 2.7 Uso de aditivos en la alimentación de cerdos

Los aditivos para la alimentación animal se definen como un producto incluido en la formulación a un nivel bajo de inclusión cuyo propósito es incrementar la calidad nutricional del alimento, el bienestar o la salud del animal (Ravindran, 2010). El uso de antibióticos como promotores de crecimiento ha sido un tema para debate en animales de producción y en industrias alimenticias (Lückstädt, 2008), debido a que el uso de antibióticos en la alimentación animal puede posiblemente producir inmunidad a estos contra bacterias patógenas en animales y humanos (Lückstädt, 2008).

El estrés que ocurre en el destete tiene un efecto sobre todos los sistemas del organismo, por lo tanto, el uso de compuestos diferentes a los antibióticos puede mejorar la producción de cerdos, al reducir problemas gastrointestinales y evitar la reducción de la capacidad digestiva del lechón y, por tanto, un mejor aprovechamiento del alimento. Los prebióticos, probióticos, enzimas y acidificantes han sido referidos como los más comunes y útiles aditivos alimenticios en lugar de los antibióticos; esto ha sido reportado en varios estudios por sus efectos benéficos (Ravindran, 2010) no solo en la salud general de los animales sino también en la tasa de crecimiento y eficiencia alimentaria (Kim *et al.*, 2005).

Se ha observado que la administración oral de bacterias probióticas tiene un efecto sobre el sistema inmunológico del intestino, lo que aumenta las posibilidades para mayor competencia por receptores y por sitios de adhesión de la mucosa intestinal, mayor inhibición del crecimiento de algunas especies de enteropatógenos, aumento de la competencia por nutrientes con otra flora intestinal, mayor prevención de

transposición bacteriana, y aumento de la secreción de mucina protectora del intestino (Figueroa *et al.*, 2006).

Los prebióticos son sustancias parcialmente digestibles que se encuentran en los alimentos. Los oligosacáridos no digestibles en general y los fructooligosacáridos en particular son prebióticos conocidos como estimulantes del crecimiento de bifidobacterias y lactobacilos, los cuales después de un corto periodo de ingestión del prebiótico predominan en el intestino (Roberfroid, 2000) ofreciendo un sustrato para las bacterias y por tanto generación de ácidos grasos volátiles lo que tendrá efecto trófico en el intestino delgado (Frankel *et al.*, 1994).

## **2.8 Acidificación de dietas en la alimentación de cerdos**

Otra de las alternativas y con la finalidad de reducir el impacto que ocasiona el destete en la salud y crecimiento del lechón, ha sido la utilización de ácidos orgánicos como aditivos acidificantes en el alimento (Pérez *et al.*, 2013). La utilización de dietas que incorporan aditivos son una alternativa para optimizar la respuesta del animal, debido a que presentan menos problemas gastrointestinales o previenen la proliferación de bacterias patógenas (Reis de Souza *et al.*, 2012); pero la efectividad es variable dependiendo de la composición de las dietas, su capacidad buffer y las secuelas en la digestibilidad de los nutrientes (Gerritsen *et al.*, 2010).

Los ácidos orgánicos son compuestos oxigenados que se forman al sustituir en un carbono primario dos hidrógenos por un oxígeno unidos mediante doble enlace y el tercer hidrógeno por un grupo OH. Tienen carácter polar lo que permite la formación de

puentes de hidrogeno entre la molécula de ácido carboxílico y la molécula de agua. Para que la utilización de un ácido orgánico como conservador sea permitida, es necesario demostrar previamente un efecto beneficioso directo o indirecto para el consumidor; es decir, de mantener el valor nutritivo y mejorar la conservación del producto, así como, disminuir el costo para el consumidor (Von der Becke, 1999). Debido a esto, existen diferentes estudios que han mostrado la capacidad de los ácidos orgánicos y sus sales como una alternativa al uso de los antibióticos, como aditivos no nutricionales que se pueden incluir en la formulación de las dietas por sus propiedades fisiológicas y químicas (Castillo *et al.*, 2014).

Los ácidos orgánicos más utilizados en la alimentación de cerdos son los de cadena corta; ácidos débiles de origen natural que son fáciles de metabolizar resultando benéfico para los lechones destetados, compensando la escasez transitoria en la producción de HCl y la composición de la microbiota intestinal (Cervantes *et al.*, 2015); es decir, mejoran el proceso digestivo en el estómago, disminuyendo el tiempo de retención del alimento y aumentando la ingestión, pueden inhibir el crecimiento de determinados microorganismos ya que reducen el pH del tracto digestivo dando como consecuencia una mejora en el crecimiento y la eficacia alimenticia.

Ácidos orgánicos como acético, butírico, cítrico, fórmico, láctico, málico, propiónico y sórbico han mostrado mejorar la salud y crecimiento, en aves de corral y animales de producción, en aparato digestivo y metabolismo incrementando la disponibilidad de nutrientes e inhibiendo el crecimiento de bacterias patógenas (Castillo *et al.*, 2014). Uno de los inconvenientes para su uso es cuando se utilizan en dosis elevadas debido al efecto negativo de la palatabilidad de los alimentos y disminuir su consumo.

El efecto del ácido fórmico sobre el desempeño del crecimiento y la conversión alimenticia en cerdos se conoce actualmente, teniendo como principal modo de acción su efecto antimicrobiano, además que al reducir el pH del estómago optimiza la actividad de la pepsina, aumentando la digestibilidad del nitrógeno, fósforo y algunos minerales (Lara, 2014). Los acidificantes al tener influencia positiva en la producción pecuaria, al limitar la proliferación bacteriana y a la acidez en si misma del pH extracelular, debido a su forma no disociada, lo que le permite atravesar la membrana celular bacteriana interfiriendo así con la síntesis de ADN y el metabolismo en general (Delgado *et al.*, 2006), van a tener un efecto no solo en el alimento sino también en el estómago al reducir el pH, incrementar la actividad de enzimas, mejorar la digestibilidad de ciertos nutrientes, disminuir la acción de microorganismos Gramnegativos, y disminuir las diarreas pre y posdestete (Delgado *et al.*, 2006). Otro de los usos que tienen los ácidos orgánicos es el de acidificar y conservar alimentos destinados para animales, que se añaden para influir en las características del alimento, así como en el rendimiento productivo que darán a los animales en su salud (Ravindran, 2010). Dichos ácidos orgánicos han sido utilizados en la conservación de las características nutricionales de residuos pesqueros permitiendo así obtener un producto que puede ser utilizado en la alimentación animal.

## **2.9 Ensilados de pescado en la alimentación animal**

Aproximadamente el 30% de las capturas pesqueras son desechadas o subaprovechadas por las industrias transformadoras, estos residuos incluyen partes del

ejemplar como cabeza, cola, vísceras y huesos y ejemplares que no son comercialmente aceptados. Además, actualmente existe la problemática de obtener proteínas a bajo costo para la producción de alimentos concentrados para animales, haciéndose necesaria la búsqueda de fuentes alternativas (Belli, 2009).

Al no ser aceptados comercialmente, estos subproductos representan una problemática ambiental al no existir un mercado, pero algunos subproductos se utilizan también para la elaboración de harina y aceites, sin embargo, una alternativa viable por ser económico y no requerir de alta tecnología es la producción de ensilados por ser un proceso de fácil elaboración sin exigir una alta inversión (Fernández *et al.*, 2008; Fraga, 2011).

Fernández *et al.* (2008) definen al ensilado de pescado como un producto semilíquido pastoso, elaborado a partir de pescado entero o residuos del mismo en medio ácido, cuya composición varía de acuerdo a la especie y parte no utilizable (Toledo y Llanes, 2007). El descenso del pH se obtiene por la acción de ácidos o por fermentación microbiana, lo que da lugar a los ensilados químicos y biológicos respectivamente, inhibiendo el desarrollo de bacterias patógenas conservando el producto por un tiempo prolongado y a temperatura ambiente (Goddard, 2005; Fernández *et al.*, 2008).

Como se mencionó anteriormente, el ensilado químico se obtiene a partir de la adición de ácidos orgánicos e inorgánicos con la consecuente disminución del pH (Toledo y Llanes, 2006; Toledo *et al.*, 2007). El ensilado de pescado ha sido usado en la dieta de porcinos, bovinos, aves y peces (Mattos *et al.*, 2003). El ensilado de pescado puede alcanzar valores de pH de 4 activando las enzimas propias del pescado produciendo

una autólisis, inhibiendo así el desarrollo de bacterias de deterioro y patógenas por lo que es microbiológicamente seguro (Belli, 2009).

Además, el ensilado puede ser mezclado con alimentos secos, ya sea utilizándolo como ingrediente en la formulación o como aditivo diario en la alimentación animal. Lo que se ha demostrado en trabajos realizados en rumiantes y no rumiantes sin afectar la salud ni el desempeño productivo de los animales luego de un periodo de adaptación (Belli, 2009).

## **2.10 Características del pez diablo (*Pterygoplichthys spp*)**

El pez diablo (*Pterygoplichthys spp*), perteneciente a la familia *Loricariidae*, también denominado pez armado o pleco, originario de Sudamérica (Orinoco y Amazonas), Panamá y Costa Rica (Sandoval *et al.*, 2012), se introdujo incidental o accidentalmente en embalses de agua en México, uno de ellos el embalse Adolfo López Mateos, conocido como Presa de Infiernillo localizada en los límites del estado de Michoacán y Guerrero (Mendoza *et al.*, 2009), actualmente este pez se ha extendido a diferentes estados de la República Mexicana (Wakida y Amador, 2011; Castillo *et al.*, 2014). A partir del efecto negativo causado por su nulo valor comercial al no ser aprovechado por los pescadores de estos embalses se realizaron diferentes trabajos concluyendo que representaba un desperdicio de proteína animal (Martínez *et al.*, 2010) y que su uso representa una alternativa sustentable planteándose la idea de utilizarlo como un recurso en la alimentación animal, teniendo en cuenta que contiene un 48.33 % de

proteína, 13.04 % de lípidos, 31.72 % de cenizas y 6.89 % de extractos libre de nitrógeno (Pimentel, 2012).

Con la finalidad de mantener las características nutricionales del pescado diablo en la alimentación animal, se planteó conservarlo mediante la técnica de ensilado ácido a través de la adición de un ácido orgánico, como el fórmico, que permitirá mantenerlo en un medio ácido que no dará lugar a la proliferación de bacterias patógenas por un largo periodo de tiempo.

### **2.11 El ensilado ácido de pescado diablo en la alimentación animal**

Uno de los retos actuales es evaluar el uso de nuevas materias primas o alimentos alternativos, debido principalmente a la demanda existente por alimentos de origen animal y al efecto que se tendrá sobre el sector agrícola. Lo anterior es aplicable para el pez diablo al ser un recurso disponible y poco aprovechado comercialmente. Acorde a esto el valor nutricional de un ingrediente es determinado por su contenido de nutrientes disponibles, en especial por su aporte de aminoácidos y energía (Echeverri *et al.*, 2012).

Pimentel (2012) realizaron un perfil de aminoácidos al pescado diablo y al ensilado ácido de pescado diablo, mostrando que cuenta con una proteína de calidad al contener todos los aminoácidos esenciales entre ellos metionina y cistina, que son limitantes en las dietas para cerdos, igualmente el ensilado ácido de pescado diablo, aporta 50.18 % de proteína y 4058.39 cal/g de energía bruta (Ornelas *et al.*, 2011) que lo convierte en un insumo energético (Cuadro 1), de este modo, a partir de su alto valor nutritivo se

pueden formular alimentos balanceados para satisfacer los requerimientos nutricionales de diferentes especies animales y las dietas elaboradas con su inclusión pueden evaluarse en términos de su valor nutricional, conversión alimenticia, ganancia de peso, digestibilidad, etc. (Bernal *et al.*, 2013).

**Cuadro 1. Composición química del ensilado ácido de pescado diablo en base seca**

<b>Proteína</b>	<b>Fibra Cruda</b>	<b>Cenizas</b>	<b>Extracto etéreo</b>	<b>E.L.N.</b>
<b>50.18</b>	<b>0.10</b>	<b>23.34</b>	<b>21.80</b>	<b>4.58</b>

Fuente: Ornelas, 2011.

El ensilado ácido de pescado diablo para la alimentación animal se dirige hacia una práctica sustentable. Sin embargo, éste no representa un alimento balanceado, por tanto, debe ser parte de la dieta y no solo fuente única nutritiva. Al elaborar ensilados de pescado con ácido fórmico, el producto conserva la calidad nutritiva del pescado fresco, lo que significa que es una excelente opción para uso animal y una excelente alternativa de utilización del recurso (Martínez *et al.*, 2010).

Con respecto al aporte del 23.34 % de minerales, el ensilado ácido de pescado diablo representa una fuente valiosa de calcio y fósforo, así como también de hierro y cobre (FAO, 1998) ya que por lo general los peces de agua dulce contienen estos minerales en su organismo. Los estudios experimentales referidos a la nutrición animal de las dietas donde se ha incluido el ensilado como ingrediente han establecido solo el uso de este insumo en dietas para rumiantes, peces, aves y cerdos.

Ornelas (2011) realizó un trabajo en rumiantes, primero, se utilizaron dietas de hasta 18% de ensilado ácido de pescado diablo en bovinos de engorda, sin embargo, la mayor eficiencia en cuanto a ganancia de peso y conversión alimenticia fue para 12% de inclusión. Para el caso de los ovinos un nivel de inclusión del 15% mostro un menor consumo sin afectar la ganancia de peso. Resultando en una alternativa como suplemento de proteína.

Ornelas y Salas (2010), indicaron que la sustitución de una fuente de proteína con ensilado ácido de pescado diablo en la dieta de cerdos en crecimiento y finalización no afectaba la ganancia de peso y conversión alimenticia. Las dietas utilizadas contenían 14-15, 28-30 y 42-45 % de sustitución de harina de pescado por ensilado ácido; en este trabajo se observó que el mayor consumo, ganancia de peso y conversión alimenticia de alimento fue en la sustitución de 28-30 % y que el más bajo consumo se obtuvo en las dietas suplementadas con 42-45% de ensilado.

Pese a que el ensilado ácido de pescado diablo ha demostrado ser una alternativa en la alimentación animal, aún existe poca información sobre el uso en otras especies animales o en diferentes etapas de producción de las especies donde ya ha sido utilizado. Si bien la utilización en cerdos es en donde mayor inclusión se ha utilizado, se

desconoce el efecto de la característica ácida propia del ensilado y si fue lo que determino que una inclusión alta afectará el consumo de alimento. Igualmente, su característica ácida puede ser aprovechada en los lechones destetados, no obstante, no existe información referente al uso del ensilado ácido de pescado diablo en esta etapa productiva en cerdos.

### III. JUSTIFICACIÓN

El destete como una de las etapas críticas en la vida productiva del cerdo se manifiesta con un estrés ocasionado entre otros factores por el cambio de la dieta y la inmadurez digestiva y fisiológica del lechón, dada principalmente por la baja producción de ácido clorhídrico, lo que no permite tener la actividad enzimática necesaria para el aprovechamiento del alimento ofrecido en las primeras semanas posdestete, así mismo el bajo consumo de alimento provoca una atrofia de las vellosidades intestinales como consecuencia aumenta la incidencia de diarreas que da lugar a la presencia de bacterias patógenas oportunistas y baja ganancia de peso.

La utilización de ácidos orgánicos e ingredientes de fácil digestión tienen impacto sobre el pH del estómago y bacterias patógenas del intestino coadyuvando en la salud y aprovechamiento de nutrientes en lechones. El uso del ensilado ácido de pescado diablo en la alimentación de cerdos en crecimiento y finalización ha demostrado ser una fuente alterna de proteína; aunque, su característica ácida puede representar una alternativa como acidificante y por consiguiente reducir el efecto negativo que ocurre en el lechón en la etapa de destete, sin embargo, se desconoce si su uso en la alimentación de lechones destetados permitirá mejorar el desempeño productivo y disminuir la incidencia de diarreas.

#### **IV. HIPÓTESIS**

El ensilado ácido de pescado diablo disminuye el pH del alimento preiniciador, incrementa el desempeño productivo y reduce la incidencia de diarreas en los lechones.

#### **V. OBJETIVO GENERAL**

Evaluar el efecto de la acidificación del alimento preiniciador con la adición de ensilado ácido de pescado diablo sobre el consumo del alimento, desempeño productivo e incidencia de diarreas en lechones destetados.

#### **VI. OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Establecer el nivel de acidificación con ensilado ácido de pescado diablo en el alimento preiniciador y su aceptabilidad en lechones destetados.
- Evaluar el alimento preiniciador acidificado con ensilado ácido de pescado diablo sobre el consumo, la ganancia de peso y la conversión alimenticia en la etapa de destete.
- Determinar la incidencia de diarreas en los lechones destetados, alimentados con ensilado ácido de pescado diablo en el preiniciador.

## **VII. MATERIAL Y MÉTODOS**

Para cumplir con los objetivos de este trabajo, se realizaron dos ensayos:

### **7.1 Ensayo 1. Establecimiento del nivel de acidificación del alimento preiniciador con la mejor aceptabilidad por los lechones destetados**

Se pesaron 10 gramos de alimento preiniciador y 10 gramos de ensilado ácido de pescado diablo a los cuales se les determinó el pH de acuerdo al método descrito en la Norma Mexicana NMX-Y-031-SCFI-2006, posteriormente se realizaron adiciones de 1gr, 3gr, 5gr, 7gr, 10gr y 15gr que correspondieron al 10%, 23%, 33%, 40%, 50% y 60% de sustitución de ensilado ácido de pescado diablo al preiniciador, procediendo de igual manera a la toma de lectura del pH de las muestras con la finalidad de identificar el nivel de adición que permitió alcanzar la máxima acidificación y el máximo nivel que podía utilizarse en el preiniciador. Por lo tanto, se seleccionó el alimento preiniciador y dos niveles de adición: 23% (pH 5.0) y 50% (pH 4.5), los cuales se ofrecieron a los lechones para determinar el consumo del alimento.

#### **7.1.1 Localización**

El trabajo se realizó en una unidad de producción porcina con actividad comercial, ubicada en el municipio de Salvador Escalante, en la cabecera municipal de Santa Clara del Cobre, perteneciente al estado de Michoacán, México. Localizado en el centro del Estado, en las coordenadas 19°24' de latitud norte y 101°38' de longitud oeste, a una altura de 2,280 metros sobre el nivel del mar. Limita al norte con Pátzcuaro al este

con Huiramba y Tacámbaro, al sur con Ario de Rosales, y al oeste con Zitácuaro, Taretan y Tingambato. Su distancia a la capital del Estado es de 79 km.

### **7.1.2 Animales y tratamientos**

Se utilizaron 3 camadas de lechones destetados a los 21 días de edad, de ambos sexos, con pesos iniciales de  $4.85 \pm 1.24$  kg, identificados mediante tatuaje y alojados en jaulas de destete, correspondiendo cada una a diferente tratamiento (Cuadro 2), equipadas con comederos de tolva y bebederos de chupón que permitían tener el agua a libre acceso. El período experimental tuvo una duración de 19 días, durante este tiempo los lechones tuvieron a disponibilidad el alimento que requerían sin que el comedero quedará vacío en ningún momento, el balance del consumo se realizó semanalmente; igualmente los lechones fueron pesados semanalmente de manera individual; con la finalidad de determinar el nivel de acidificación con mejor aceptación del alimento con ensilado ácido de pescado diablo.

Los resultados obtenidos se analizaron mediante estadística descriptiva, determinando medias y desviación estándar para ganancia de peso y media para consumo de alimento, considerando el nivel recomendable de adición de ensilado ácido de pescado diablo a aquel que presento menor rechazo.

**Cuadro 2. Tratamientos utilizados para el establecimiento del nivel óptimo de acidificación en el alimento preiniciador**

<b>Tratamiento</b>	<b>Número de lechones</b>	<b>Sustitución de EAPD* (%)</b>	<b>pH</b>
<b>1</b>	<b>8</b>	<b>0</b>	<b>5.8</b>
<b>2</b>	<b>10</b>	<b>23</b>	<b>5.0</b>
<b>3</b>	<b>9</b>	<b>50</b>	<b>4.5</b>

\*EAPD= Ensilado ácido de pescado diablo.

### **7.2 Ensayo 2: Efecto del alimento preiniciador acidificado sobre el consumo, la ganancia de peso, conversión alimenticia e incidencia de diarreas en lechones**

Para este ensayo se utilizó el alimento preiniciador como el tratamiento con 0% de sustitución de ensilado ácido de pescado diablo (pH 5.8) y el 23% de sustitución de ensilado ácido de pescado diablo al preiniciador (pH 5.0), realizándoseles un análisis bromatológico mediante las técnicas descritas por la AOAC (1990) para determinar el aporte nutricional del alimento. Para la evaluación de consumo, ganancia de peso, conversión alimenticia e incidencia de diarreas, se utilizaron 54 lechones de ambos sexos, destetados a los 21 días de edad con un peso inicial de  $5.07 \pm 1.10$  kg identificados mediante tatuaje numerado. Los lechones fueron distribuidos en 2 tratamientos (Cuadro 3) mediante un diseño aleatorio estratificado, conformando 6 grupos para cada tratamiento, de acuerdo al peso y disponibilidad de lechones; el período experimental finalizó cuando los lechones cumplieron 40 días de edad. El

alimento y agua fueron ofrecidos a libre acceso. Para evaluar el consumo de alimento se pesó tanto la cantidad de alimento ofrecida como el sobrante, el cual se tomó al día siguiente de ofrecido el alimento; la ganancia de peso, como la diferencia del peso final menos el peso inicial de los lechones y la conversión alimenticia como el consumo total de alimento sobre la ganancia de peso.

Los resultados obtenidos se analizaron mediante estadística descriptiva, la diferencia entre medias se estableció mediante prueba estadística no paramétrica U de Mann Whitney para pesos iniciales, finales, ganancia de peso, consumo y conversión alimenticia.

**Cuadro 3. Tratamientos utilizados para determinar el aprovechamiento del alimento**

<b>Tratamiento</b>	<b>Sustitución de EAPD* (%)</b>	<b>pH</b>
<b>1</b>	<b>0</b>	<b>5.8</b>
<b>2</b>	<b>23</b>	<b>5.0</b>

\*EAPD= Ensilado ácido de pescado diablo.

**Incidencia de diarreas**

Para la determinación de incidencia de diarreas se consideró mediante observación aquellas heces con pérdida de consistencia, es decir, heces semisólidas o líquidas presentes en cada lechón diariamente fueron consideradas como diarrea. Para esta

variable se realizaron dos pruebas, una prueba porcentual y Chi cuadrada, que fue usada para comprobar la significancia de las diferencias entre tratamientos.

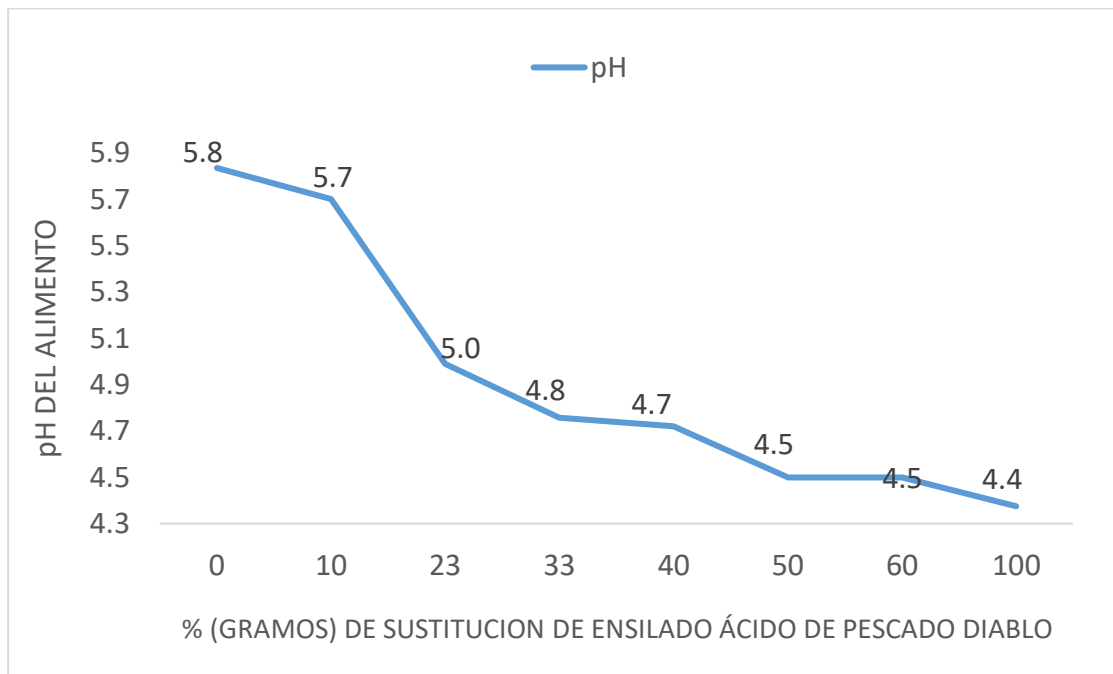
## VIII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 8.1 Nivel de acidificación del alimento preiniciador

Al tomar la lectura de pH del alimento preiniciador, se determinó que cuenta con un pH de 5.8; así mismo, se observó que desde un nivel mínimo de sustitución de 10% de ensilado ácido de pescado diablo se modificaba el pH del preiniciador logrando un máximo de acidez registrado con un nivel de sustitución de 50% con un pH 4.5 (figura 1). Durante las adiciones de ensilado ácido de pescado diablo al alimento preiniciador se observó que, si bien se podía agregar proporciones mayores a 50% estas sustituciones ya no iban a modificar la acidez del alimento. Por tal motivo para este trabajo la sustitución mayor de ensilado ácido de pescado diablo a utilizar fue 50%. Por lo antes expuesto, el ensilado ácido de pescado diablo puede ser adicionado al alimento preiniciador y con esto acidificar el alimento que en su momento se ofrecerá a los lechones, aunque después de una sustitución mayor a 50% los valores de pH ya no se modificarán.

A pesar de que el alimento preiniciador es ácido (pH 5.8) y está diseñado para que sus propiedades nutricionales y físicas sean las ideales en la etapa de destete, su nivel de acidez no es suficiente para el que se requiere en el estómago del lechón al momento del destete y en las siguientes semanas, comprendidas como la etapa de destete; de acuerdo con Morilla (1991), para evitar la multiplicación de bacterias patógenas que afectaran la salud y por lo tanto el desempeño productivo del lechón la acidez del estómago debe ser menor a pH 5.0. Por su parte, Durán (1990) menciona que para la activación de la pepsina la producción de ácido clorhídrico debe alcanzar un pH mínimo

de 4.6. Motivos por los cuales, y tomando en consideración la información existente sobre la fisiología digestiva del lechón, se utilizaron los niveles de 23 y 50% de adición de ensilado ácido de pescado diablo, con los que se obtuvo un pH de 5.0 y 4.5 respectivamente (figura 1).



**Figura 1. pH del alimento preiniciador a diferentes niveles de sustitución de ensilado ácido de pescado diablo**

Otra de las características que se decidió valorar al momento de hacer las adiciones del ensilado ácido de pescado diablo, fue el cambio en la consistencia del alimento preiniciador debido al alto grado de humedad que contiene. Se observó que las proporciones de ensilado ácido de pescado diablo al alimento preiniciador cambiaban la consistencia, que fue marcada en la sustitución de 50% con respecto a la de 23% de la sustitución de ensilado ácido de pescado diablo, lo anterior puede observarse en la

figura 2. A propósito de una de las propiedades que permite que el preiniciador cumpla con los requerimientos nutricionales necesarios para el lechón en la etapa de destete es que al ser un producto peletizado provee beneficios, entre ellos un menor desperdicio del alimento y una mejor disponibilidad de los nutrientes (Caballero, 2010).

Con respecto a esto, al adquirir una consistencia pastosa, se puede afectar el manejo del alimento ya que los comederos en general funcionan o están diseñados para servir alimentos secos o con un mínimo de humedad; sin embargo, Trigueros (1996) encontró que los cerdos presentan mejor consumo con alimentos humedecidos.



(a)



(b)

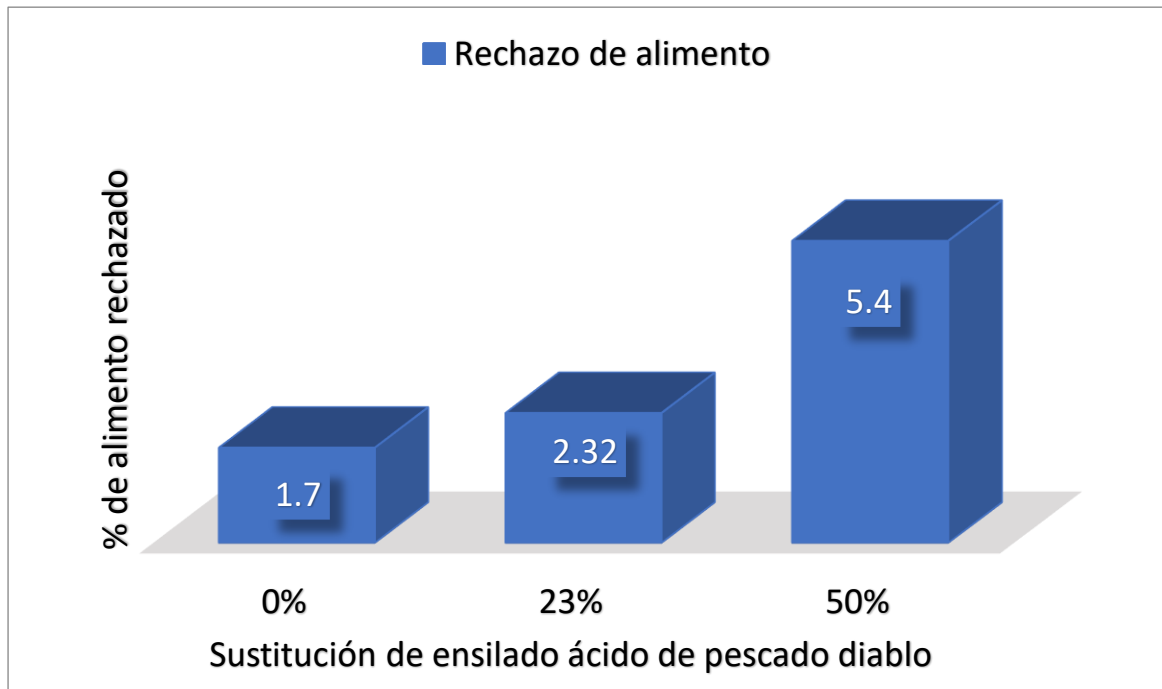
**Figura 2. a) Preiniciador con pH 5.0 .**

**b) Preiniciador con pH 4.5.**

## **8.2 Aceptabilidad del alimento preiniciador sustituido por ensilado ácido de pescado diablo**

Una vez que fueron seleccionados los tratamientos y ofrecidos a los lechones, se pesaron todos los rechazos de alimento. Se observó que el tratamiento que menor consumo obtuvo fue el que tenía 50% de sustitución de ensilado ácido de pescado diablo en el preiniciador (3.46 kg/lechón), seguido del consumo que se obtuvo del

alimento preiniciador sustituido con 23% de ensilado de pescado diablo (3.57 kg/lechón), presentando mayor consumo con respecto a los anteriores el alimento preiniciador sin adición (3.69 kg/lechón) de ensilado ácido de pescado diablo (figura 3).



**Figura 3. Rechazo del alimento ofrecido a los lechones destetados**

El resultado obtenido puede estar relacionado con la concentración de ensilado ácido de pescado diablo en el alimento, dando como consecuencia un alto nivel de acidificación de la dieta, llegando a afectar el consumo del alimento, se puede inferir esto debido a la información que se tiene de que los cerdos tienden a consumir mejor aquellos alimentos húmedos y que en este trabajo no se observó ese comportamiento con la adición de 50%, por lo que se puede considerar que tanto el nivel de acidez como el grado de humedad si afecto el consumo; resultados similares se encontraron en el trabajo realizado por Campabadal *et al.* (1995) quienes utilizaron diferentes

adiciones de ácido cítrico a las dietas de lechones destetados demostrando que al adicionar el ácido orgánico el consumo de alimento disminuía.

Se puede inferir que, si bien la acidez y la consistencia de la dieta afectó el consumo de alimento, pudiera ser que el alimento adicionado con ensilado ácido de pescado diablo que tiene un pH de 5.0 (23%) tenga un nivel de acidificación que los lechones pueden consumir y que además la humedad que alcanzan a percibir funcione como atrayente a su consumo. En otras palabras, la sustitución de 23% mostro no tener un efecto negativo en el consumo de la dieta por lo que se considera la adición recomendable de ensilado acido de pescado diablo al alimento preiniciador, esto coincide con lo descrito por Lawlor *et al.* (2005) donde utilizaron el 2 y 3% de adición de ácido fumárico encontrando que no hubo cambios significativos en el consumo de alimento y ganancia de peso con la acidificación de la dieta, aunque no mencionan el nivel de acidez alcanzado.

Por lo anterior, al adicionar el 23% de ensilado ácido de pescado diablo en base fresca, el cual conserva sus características nutricionales y físicas por el ácido fórmico agregado en un 2% al pescado diablo; se estableció en este trabajo como el mejor nivel de acidificación, al no afectar el consumo.

**Cuadro 4. pH del alimento y consumo de los lechones alimentados con los tres diferentes tratamientos.**

<b>EAPD</b>	<b>0%</b>	<b>23%</b>	<b>50%</b>
<b>pH del alimento</b>	5.8	5.0	4.5
<b>Consumo total</b>	3.69	3.57	3.46
<b>por lechón (kg)</b>			

Una vez realizado el ensayo para establecer el nivel de acidificación del alimento preiniciador que mejor aceptación tuvo por los lechones, se procedió a evaluar la sustitución de 23% de ensilado ácido de pescado diablo al alimento preiniciador en los lechones, con pH de 5.0, en donde primeramente se realizó el análisis de la composición química del alimento preiniciador y la adición de 23% de ensilado ácido de pescado diablo.

### **8.3 Composición química de los tratamientos**

El cuadro 5 muestra el resultado obtenido en el análisis bromatológico realizado a los tratamientos utilizados para evaluar el desempeño productivo de los lechones, el cual se realizó para conocer el aporte nutricional de cada tratamiento, además de observar como modificaba la adición de ensilado ácido de pescado diablo el aporte nutricional del preiniciador y el pH del alimento.

**Cuadro 5. Composición nutricional del alimento (base seca) para lechones destetados con 0% y 23% de ensilado ácido de pescado diablo en el preiniciador.**

<b>Nutriente (%)</b>	<b>0% (pH 5.8)</b>	<b>23% (pH 5.0)</b>
<b>Extracto etéreo</b>	1.49	2.92
<b>Fibra Cruda</b>	8.36	12.25
<b>Proteína Cruda</b>	20.39	23.01
<b>Cenizas</b>	5.38	7.66
<b>E.L.N.</b>	64.38	54.16
<b>pH</b>	5.8	5.0

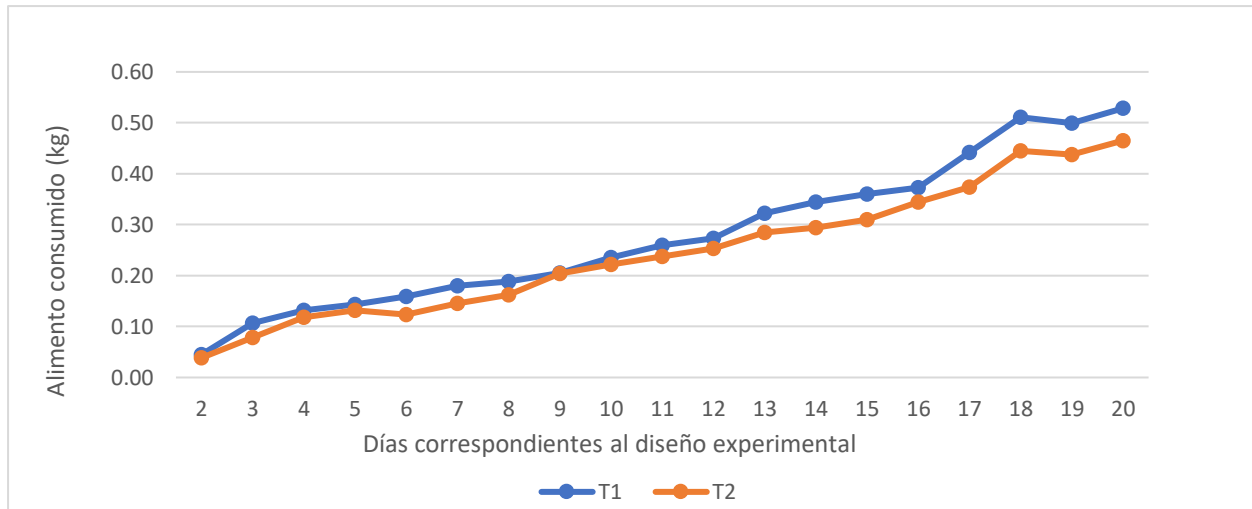
El ensilado ácido de pescado diablo cuenta con un alto porcentaje de proteína, la cual al ser de origen animal presenta todos los aminoácidos esenciales (Pimentel, 2012); por lo tanto, es un alimento que aporta nutrientes de alto valor biológico. Por lo anterior, se observa que este aporte de nutrientes sí modifica la composición nutricional del preiniciador aumentando la proteína cruda, lípidos, fibra cruda y cenizas; aunque ambos alimentos cumplen con los requerimientos señalados para esta etapa productiva (NRC, 1998; Campabadal, 2009; Santiago *et al.*, 2011).

Los lechones dejan de comer en los primeros días posdestete y, pasados algunos días, tienden a comer menos veces, pero mayores cantidades, ocasionándoles un período de subnutrición transitoria (Vázquez, 2013). En este proceso, la cantidad de alimento que se proporciona al cerdo recién destetado y las materias primas que componen su alimento, desempeñan un papel importante en la maduración del tracto gastrointestinal

(Reis de Souza *et al.*, 2012). Además, el lechón tiene una gran capacidad para depositar proteínas por lo que se deben usar dietas con altos niveles de aminoácidos y fuentes de energía altamente digestibles, debido a que los lechones no pueden consumir lo suficiente para cubrir sus necesidades de energía. Por lo anterior, los nutrientes aportados en la sustitución del 23% de ensilado ácido de pescado diablo y la modificación del pH también pueden ser utilizados para mitigar los efectos negativos presentes en esta etapa por las demandas de energía que se requieren en este momento. Y considerando que las características en cuanto a su consistencia no se modifican no se afectaría el consumo de alimento.

#### **8.4 Consumo de alimento**

El consumo de alimento total por lechón fue de  $5.32 \pm 1.10$  kg y  $4.80 \pm 1.48$  kg para los tratamientos con pH de 5.8 y 5.0, respectivamente. Se observa que los lechones de los dos tratamientos presentaron un comportamiento similar en cuanto al consumo diario de alimento, siendo menor en los primeros días y aumentando conforme crecían los lechones (figura 4), encontrándose diferencias no significativas ( $p > 0.05$ ) entre los dos tratamientos, por lo tanto, la acidificación del alimento preiniciador no tuvo un efecto a presentar un mayor consumo del alimento. Aunque lo reportado por Andrino (2010), refiere que los lechones no muestran una disposición a consumir alimento durante los primeros días del destete, lo anterior no se observó en este trabajo ya que los lechones consumieron alimento desde el primer día del periodo experimental.



**Figura 4. Relación del consumo de alimento diario por lechón entre los tratamientos pH 5.8 (T1) y pH 5.0 (T2)**

El consumo de alimento desde el primer día evita la atrofia de vellosidades que a su vez tiene un papel fundamental en la actividad enzimática, si esto no sucede el lechón perderá peso por la falta de función digestiva (Castillo y Alves da Trinidad, 2007) lo cual se observó en este trabajo ya que los lechones consumieron alimento desde el primer día, aunque en pequeñas cantidades por lo que no se obtuvo lo esperado al mejorar el consumo de alimento al acidificarlo, lo cual coincide con el trabajo realizado por Castillo *et al.* (2006), en donde utilizó dos presentaciones de ácido orgánico, encapsulado y en polvo, en lechones de 21 y hasta los 42 días de edad sin encontrar diferencias significativas en el consumo de alimento mencionando que este efecto puede deberse a muchos factores, entre ellos las interacciones de los acidificantes a nivel intestinal con los propios componentes de la dieta y los procesos de digestión y absorción.

## 8.5 Ganancia de peso

La ganancia de peso total tuvo un promedio de  $4.36 \pm 1.14$  kg y  $4.33 \pm 1.37$  kg para el tratamiento de preiniciador y el tratamiento de 23% de adición de ensilado ácido de pescado diablo al alimento preiniciador, respectivamente se esperaba que al adicionar ensilado de pescado diablo al alimento preiniciador y modificar el pH a 5.0 mejoraría la ganancia de peso, sin embargo, los datos obtenidos no arrojaron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ); Aunque, no existe información referente al uso de ensilado ácido de pescado diablo como acidificante, el uso de los ácidos orgánicos con la finalidad de mejorar el desempeño productivo en lechones ha reportado resultados similares a lo encontrado en este trabajo (Delgado *et al.*, 2006; Arnaíz *et al.*, 2009; Noh *et al.*, 2014) ya que el uso de estos compuestos no afecta la eficiencia productiva de los lechones destetados, lo que puede estar relacionado con la estabilidad de la microbiota intestinal.

Si bien la literatura señala que lo ideal es mantener el pH del estómago del lechón en esta etapa por debajo de 5.0, para activar la producción de pepsina como consecuencia de la secreción de ácido clorhídrico y mejorar la digestibilidad de los nutrientes y por lo tanto disminuir la multiplicación de células patógenas. La ganancia de peso con la adición de 23% de ensilado ácido de pescado diablo no se vio afectada por la acidificación del alimento, obteniéndose un resultado similar que al consumir solo preiniciador.

Mendoza (2001) refiere que el mayor impacto de los ácidos orgánicos se da durante las primeras dos semanas del destete, debido al cambio en la morfología de las vellosidades intestinales, que está directamente relacionada con el consumo de

alimento, por lo que es importante cuidar el porcentaje de adición de ácidos orgánicos en la dieta. Este mismo autor reporta que el desempeño en cuanto a ganancia diaria de peso se afecta con adiciones de 1.2% de ácido orgánico; sin embargo, como se observó en este ensayo el nivel de adición de ensilado ácido de pescado diablo no afectó el consumo de alimento y hubo una tendencia mostrada a un consumo regular durante todo el periodo experimental por lo que el nivel de acidificación pudo no haber sido el suficiente para ayudar a madurar morfológica y funcionalmente la capacidad digestiva del lechón lo que se refleja al no observar diferencias significativas entre tratamientos.

Otro factor que tiene influencia en la ganancia de peso es la disponibilidad de los nutrientes, si bien el ensilado ácido de pescado diablo contiene una proteína de alta calidad y de fácil digestión, la acidificación de pH 5.0 no fue suficiente para marcar diferencia en ganancia de peso.

## **8.6 Conversión alimenticia**

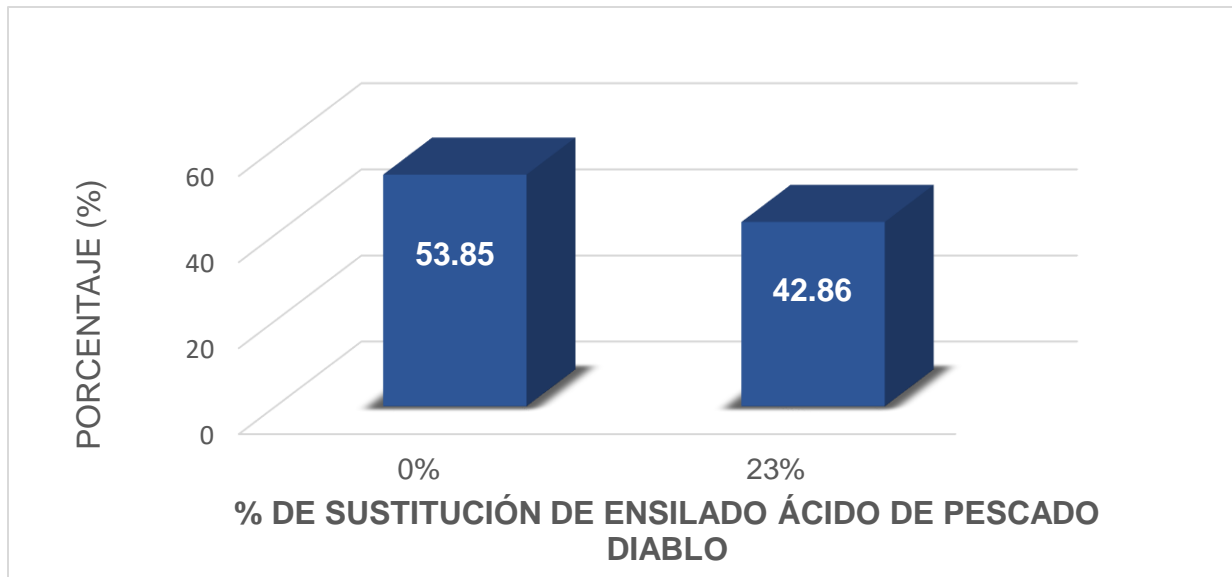
La conversión alimenticia tampoco mostro diferencias significativas ( $1.24 \pm 0.09$  y  $1.11 \pm 0.05$ ) entre los tratamientos ( $p > 0.05$ ). Aunque el índice de conversión para la adición de 23% de ensilado ácido de pescado diablo fue 10.5% menor que el de preiniciador, mostrando ser mejor que lo reportado por Andrino (2010) donde obtuvo una conversión de 1.5-2.0 de conversión alimenticia que puede ser un indicio de una mejora en la digestibilidad de los nutrientes ya que Dibner y Buttin (2002) encontraron que utilizar el

1% de ácido cítrico se mejoraba la digestibilidad del alimento, que indirectamente se reflejaría en la conversión alimenticia.

### **8.7 Incidencia de diarreas**

En ambos tratamientos se observó la incidencia de diarreas las cuales se presentaron a partir del día 5 del inicio del periodo experimental. Para el grupo sometido al tratamiento con 0% de adición de ensilado ácido de pescado diablo la incidencia fue del 53.85% y para el grupo con 23% de adición de ensilado ácido de pescado diablo la incidencia represento el 42.86% (figura 5); mostrando una menor incidencia de diarreas en los lechones que consumieron el 23% de adición de ensilado ácido de pescado diablo sin que se obtuvieran diferencias significativas ( $p>0.05$ ) entre tratamientos.

Reis de Souza *et al.* (2010) reportan que las diarreas posdestete en lechones destetados a los 21 días de edad se presentan dentro de las primeras 24 a 36 horas, principalmente por la modificación a nivel estructural y funcional de las vellosidades y criptas de Lieberkühn, al reducirse el consumo de alimento durante las primeras horas posdestete. Caso contrario al observado en este trabajo en donde los lechones consumieron alimento preiniciador desde el primer día posdestete, que de acuerdo con Alle, (1999) es de suma importancia para el crecimiento de la mucosa intestinal.



**Figura 5. Porcentaje de diarreas observadas durante el periodo experimental en el que se ofrecieron los tratamientos a los lechones**

La presencia de diarreas coincidió con el momento en que los lechones consumieron una mayor cantidad de alimento con respecto a los primeros 4 días de alimentación. La mayor parte de las diarreas se caracterizaron por presentar una consistencia semilíquida, color marrón, observando un comportamiento similar como lo reportan Parrado *et al.* (2006). Existen reportes de que la incidencia de diarreas aumenta en la segunda y tercera semana posdestete y que suele deberse al bajo consumo de alimento que ocurre durante los primeros días; aunque en la segunda semana posdestete se observa un aumento en el consumo, aun no hay una completa maduración de las estructuras intestinales por lo que la absorción de los nutrientes no es la adecuada y da como consecuencia la presencia de diarreas.

Otro factor que puede influir en la incidencia de diarreas es el porcentaje de proteína en la dieta, ya que se recomienda que, si no se utiliza algún antibiótico como aditivo al

alimento, se formulen dietas con bajo nivel de proteína (17-18%) ya que suele ser mayor la incidencia y severidad en dietas con mayores proporciones de proteína cruda (23%) (Reis de Souza *et al.*, 2010); sin embargo, Magne, (2011) reporta en una investigación realizada, para determinar si la incidencia de diarreas era consecuencia del nivel de proteína en la dieta, que la presencia de diarreas es independiente del nivel de proteína ya que si bien la proteína tiene un factor determinante en la fermentación intestinal el consumo de alimento también logra una mayor maduración de las vellosidades intestinales con respecto a dietas con bajo nivel de proteína (15.8%); otro de los factores que ocasionan diarrea es la presencia de agentes patógenos, bacterias oportunistas que pueden valerse del cambio morfo-fisiológico del tracto digestivo más un bajo consumo que traerá como consecuencia una disminución en la efectividad del sistema inmunológico. A pesar de esto, el uso del ensilado ácido de pescado diablo muestra una tendencia, aunque no significativa, a la disminución en la incidencia de diarreas en los lechones que de acuerdo con Mendoza (2001) es un indicador de un buen balance en la flora intestinal atribuyéndole el efecto al ácido fórmico.

Se puede suponer que las diarreas que presentaron ambos grupos de animales fueron de tipo fisiológico ya que el bajo consumo de alimento provoca una reducción de las vellosidades intestinales y con esto afecta la capacidad de absorción, aunque en la segunda semana hubo un mayor consumo no fue el suficiente para la recuperación de las vellosidades intestinales. Los resultados obtenidos se pueden explicar debido al manejo que se hace de las instalaciones, las jaulas son lavadas antes del ingreso de los lechones al área de destete, además los lechones fueron desparasitados al ingresar a las jaulas, por lo tanto se disminuye la probabilidad de que las diarreas presentes

sean patológicas, tomando en consideración el momento en que se presentaron y que su presencia no afectó el desempeño productivo de los lechones su origen puede ser fisiológico; es decir, las diarreas presentes fueron ocasionadas por el cambio de alimentación dado en este periodo de transición de una dieta a otra.

Finalmente, bajo las condiciones en que se realizó este trabajo el ensilado ácido de pescado diablo al ser adicionado al alimento preiniciador no mejoró su consumo, ni la ganancia de peso y, por tanto, tampoco la conversión alimenticia. Además, la incidencia de diarreas no mostró una reducción con el nivel de acidificación logrado con la adición del 23% de ensilado ácido de pescado diablo, sin embargo, al mostrar ser de origen fisiológico se podría pensar que se logra atenuar la multiplicación de bacterias oportunistas que podrían desencadenar cuadros patológicos de diarreas.

## **IX. CONCLUSIÓN GENERAL**

El ensilado ácido de pescado diablo acidifica el alimento preiniciador con una adición de hasta 50%, alcanzando un nivel de pH de 4.5, sin embargo, se observó que con dicho nivel la aceptabilidad del alimento por los lechones disminuye.

Por otra parte, la adición del 23% de ensilado ácido de pescado diablo al preiniciador, con un pH de 5.0, no incremento el consumo de alimento, la ganancia de peso ni conversión alimenticia en los lechones destetados. Aunado a esto no se observó una reducción en la incidencia de diarreas.

Dicho lo anterior, el ensilado de pescado diablo es una alternativa en la alimentación de los lechones destetados, debido a que su uso combinado con el preiniciador permite un ahorro en el consumo de la cantidad de este último.

## X. BIBLIOGRAFÍA

Aguilera B.M.A., Reis de Souza T.C., Mariscal L.G., Borbolla S.A.G. & Aguilera B.A. (2006). Digestibilidad de nutrimentos en lechones alimentados con dietas con aislado o concentrado de proteína de soya. *Técnica Pecuaria México*. 44 (3): 301-311.

Alle G.L. & Touchette K.J. (1999). Efectos de la nutrición sobre la salud intestinal y el crecimiento de lechones. *Memorias del XV Curso de Especialización Avances en Nutrición y Alimentación animal*. Recuperado de: [http://www.fundacionfedna.org/publicaciones\\_1999](http://www.fundacionfedna.org/publicaciones_1999)

Andrino M. B. J. & Guerra C. C. E. (2010). Evaluación de la edad del destete a 21 y 28 días sobre el rendimiento de cerdas reproductoras y lechones. Tesis de Ingeniería. Escuela Agrícola Panamericana. Zamorano, Honduras.

Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 1990. *Official Methods of Analysis* 15th ed. Washington D.C., Estados Unidos de América.

Arnaíz V., Ribeiro A. M. L., Kessler A.M., Raber M. & Kuana S. (2009). Efecto del peso al destete, temperatura ambiental y energía metabolizable del pienso en lechones recién destetados. *Revista Brasileira de Ciencias Agrarias*. 4 (4): 472-478.

Belli C.J.E. (2009). Estabilidad aeróbica y día óptimo de uso del ensilado biológico de pescado para la alimentación animal. Tesis de Licenciatura Universidad Veracruzana. Veracruz, Veracruz.

Bernal R.C.E., Spanopoulos H.M., Hernández G.C., Barba Q.G. & Ruelas I.J.R. (2013). Sustitución parcial de harina de pescado por ensilado biológico en dietas para juveniles de camarón *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931). El Bohío boletín electrónico 3(8). Recuperado de: <http://www.cienciaybiologia.com/boletin-el-bohio/boletin-el-bohio-vol3-no8-agosto-2013.pdf>

Caballero G.D.J. (2010). Efecto del uso de alimento balanceado peletizado desde el inicio hasta el engorde en la granja porcina el Hobo, Santa Cruz de Yojoa, Honduras. Tesis de Licenciatura. Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Honduras.

Campabadal C., Vargas E.& Fonseca M. (1995). Evaluación de los ácidos orgánicos en la alimentación de lechones. I. Uso del ácido cítrico. Agronomía Costarricense. 19 (1):47-51.

Campabadal C. (2009). Guía técnica para alimentación de cerdos. Recuperado de: <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/a00144.pdf>

Castillo G.M.S. (2006). Development of gut microbiota in the pig: modulation of bacterial communities by different feeding strategies. Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma de Barcelona. Barcelona, España.

- Castillo S.W. & Alves da Trindade N.M. (2007). Alimentación de lechones destetados precozmente y efectos en el subsecuente desempeño en el acabado. XX Reunión ALPA, XXX Reunión APPA-Cusco- Perú. Archivo Latinoamericano de Producción Animal. 15:145-154.
- Castillo S., Rosales M., Pohlenz C. & Gatlin III D.M. (2014). Effects of organic acids on growth performance and digestive enzyme activities of juvenile red drum *Sciaenops ocellatus*. *Aquaculture*. 433:6-12.
- Cervantes L.J., Pérez A.M.A. & Cuarón I.J.A. (2015). Ácidos orgánicos, con énfasis en ácido benzoico, para racionalizar el uso de antibióticos terapéuticos. Memorias del Congreso XLIX AMVEC realizado del 29 al 01 de agosto del 2015. León, Guanajuato, México.
- Close H.W. (2000). Producing pigs without antibiotic growth promoters. *Advances in Pork Production*. 11: 47.
- Cruz M.C.E. (2012). Comportamiento productivo, metabolitos sanguíneos y nitrógeno fecal en cerdos con diferentes niveles de zeolita en el alimento. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- De la Torre E.J.M., Fuentes R.J.M., Suárez G.L. & Peña O.J.R. (2008). Respuesta de lechones lactantes a la alimentación con preiniciador fase I y fase II y un estimulante nutricional. Tesis de Ingeniería. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" Coahuila, México.

- Delgado F.D., San Martín H.F., Carcelén C.F., Ara G.M. & Ampuero B.A. (2006). Efecto de la suplementación de un acidificante microencapsulado en la ración sobre el comportamiento productivo de gorrinos y marranas. *Revista de Investigaciones Veterinarias Perú*. 17 (2):89-95.
- Dibner J.J.& Buttin P. (2002). Use of organic acids as a model to study the impact of gut microflora on nutrition and metabolism. *The Journal of Applied Poultry Research*. 11:453-463.
- Durán Giménez-Rico R. (1990) Aspectos fisiológicos de destete en el lechón. *Mundo Ganadero*. Recuperado de: [http://www.mapama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf\\_mg/mg\\_1990\\_10\\_90\\_27\\_36.pdf](http://www.mapama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_mg/mg_1990_10_90_27_36.pdf)
- Echeverri Z. J.J., Gómez Z. A. & Parra S. J.E. (2012). Metodologías utilizadas para la medición de las pérdidas intestinales de nitrógeno endógeno en cerdos. *Revista Lasallista de Investigación*. 6 (1): 75-82.FAO (1998). El pescado fresco: su calidad y cambios de su calidad. Recuperado de: <http://www.fao.org/docrep/v7180s/v7180s00.htm#Contents>
- Fernández H.A.L., Vittone M., Massa A. & Manca E. (2008). Obtención, caracterización microbiológica y físico-química de ensilado químico de merluza (*Merluccius hubbsi*). Recuperado de: <http://www.revistapuerto.com.ar/wp-content/uploads/2014/05/85.pdf>
- Fraga C.I.E. (2011). Efecto de ensilados de pescado e hígado de tiburón en el crecimiento de *Litopenaeus schmitti*, en sustitución de la harina y el aceite de pescado. *Revista Electrónica Veterinaria*. 12 (11):1-15.

- Frankel WL, Zhang W., Singh A, Klurfeld DM, don S, Sakata T, Modiin I. & Rombeau JL (1994). Mediation of the trophic effects of short-chain fatty acids on the rat jejunum and colon. *Gastroenterology*. 106 (2):375-80.
- García C.A.C., De Loera O.Y.G., Yagüe A.P., Guevara G.J.A. & García A.C. (2012). Alimentación práctica del cerdo. *Revista Complutense de Ciencias Veterinarias*. 6 (1): 21-50.
- Gerritsen R., Van Dijk A.J., Rethy K. & Bikker P. (2010). The effect of blends of organic acids on apparent fecal digestibility in piglets. *Livestock Science*. 134: 246-248.
- Goddard J.S. & Perret J.S.M. (2005). Co-drying fish silage for use in aquafeeds. *Animal Feed Science and Technology*. 118: 337-342.
- Guerrero E., González C., Díaz I., Hurtado E. & Vecchionacce H. (2001). Edad al destete y comportamiento productivo de lechones. *Revista Unellez de Ciencia y Tecnologia*. Volumen especial 23-33.
- Kim Y.Y., Kil D.Y., Oh H.K. & Han I.K. (2005). Acidifier as an Alternative Material to Antibiotics in Animal Feed. *Journal Animal Science* 18 (7): 1048-1060.
- Lawlor P.G., Lynch P.B., Caffrey P.J. O'Reilly J.J. & O'Connell M.K. (2005). Measurements of the acid-binding capacity of ingredients used in pig diets. *Irish Veterinary Journal*. 58 (8): 447- 452.
- Li D.F., Nelssen J.L., Reddy P.G., Blecha F., Hancock J.D., Alle G.L., Goodband R.D. & Klemm R.D. (1990). Transient hypersensitivity to soybean meal in the early-weaned pig. *Journal of Animal Science*. 68:1790-1799.

Lückstädt C. (2008). The use of acidifiers in fish nutrition. Perspectives in Agriculture, Veterinary Science and Natural Resources. Recuperado de: <http://www.cababstractsplus.org/cabreviews>

Magné B.A. (2011). Efecto del nivel de proteína dietaria sobre la incidencia de diarreas y el desarrollo digestivo de lechones destetados alimentados con pasta de ajonjolí (*Sesamun indicum* L.). Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Querétaro. Querétaro, Querétaro.

Mariscal L.G. (2007) Tratamiento excretas cerdos. Recuperado de: [www.fao.org/wairdocs/LEAD/X6372S/x6372s08.htm](http://www.fao.org/wairdocs/LEAD/X6372S/x6372s08.htm) FAO, Capítulo 7.

Martínez P.C.A., Ross G.L., Arreguín S.F., Campos M.A., Díaz P.E., Fonseca M.J., Gutierrez H.A., Pacheco A.R., Ramirez S.J.C., Ríos D.M.G., Rueda J.R., Toledo C.E.M., Salas R.G., Shimada A., Sanchez C.A., Avila G.E., Castrillon V.M.T. & Gasca L.E. (2010). Peces amazónicos invaden las aguas continentales de México y Guatemala en forma alarmante. CONACYT El Salvador Ciencia y Tecnología. 15 (20).

Mattos J., Chauca F.L., San Martín H.F., Carcelén F. & Arbaiza F. T. (2003). Uso del ensilado biológico de pescado en la alimentación de cuyes mejorados. Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú, 14(2): 89-96.

Mendoza C.R.A. (2001). Utilización de ácidos orgánicos en dietas para lechones destetados. Tesis de Licenciatura. Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Honduras.

Mendoza A. R. E., Cudmore B., Orr R., Fisher J. P., Contreras B. S., Courtenay W. R., Koleff O. P., Mandrak N., Álvarez T. P., Arroyo D. M., Escalera G. C., Guevara S. A., Greene G., Lee D., Orbe M. A., Ramírez M. C. & Stabridis A. O. (2009). Directrices trinacionales para la evaluación de riesgos de las especies acuáticas exóticas invasoras. Casos de prueba para el pez cabeza de serpiente (*Channidae*) y el pleco (*Loricariidae*) en aguas continentales de América del Norte. Comisión para la Cooperación Ambiental 25-37. Recuperado de: [http://www.biodiversidad.gob.mx/especies/Invasoras/pdf/Directrices\\_estcaso\\_esp\\_anol.pdf](http://www.biodiversidad.gob.mx/especies/Invasoras/pdf/Directrices_estcaso_esp_anol.pdf)

Método de prueba para la determinación de pH en alimentos terminados e ingredientes para animales. Norma Mexicana NMX-Y-031-SCFI-2006. Diario Oficial de la Federación, 3 de Marzo del 2006.

Morilla G.A. (1991). Control inmunológico de la diarrea de los cerdos lactantes. *Ciencia Veterinaria*. 5: 89-118.

Moberg G.P. & Mench J.A. (2000). *The Biology of Animal Stress. Basic Principles and Implications for Animal Welfare*. CAB International. London, UK. ISBN 0 85199 359 1.

Morilla G.A. (1991). Control inmunológico de la diarrea de los cerdos lactantes. *Ciencia Veterinaria*. 5: 89-118.

- Mota R.D., Roldán S.P., Pérez P.E., Martínez R.R., Hernández T.E. & Trujillo O.M.E. (2014). Factores estresantes en lechones destetados comercialmente. Veterinaria México. pp. 37-51.
- Noh S.H., Ingale L.S., Lee H.S., Kim H.K., Kwon K.I. & Kim H.Y., Chae J.B. (2014). Effects of citrus pulp, fish by-product and *Bacillus subtilis* fermentation biomass on growth performance, nutrient digestibility, and fecal microflora of weanling pigs. Journal of Animal Science and Technology. 56:10.
- NRC (1998) Nutrient requirements of swine 11th Ed. National Academy Press, Washington, DC.
- Ornelas S. & Salas G.(2010). Use of acid “armed fish” (*Pterygoplichthys* spp.) silage in pigs feeding. Journal of Biotechnology. 150:129.
- Ornelas S., Gutiérrez E., Juárez A., Garcidueñas R., Espinoza J. L., Perea M., Flores J. P. & Salas G. (2011). Use of silage acid devil fish (*Pterygoplichthys* spp.) as protein supplement in finishing beef cattle. Journal of Agricultural Science and Technology. A1: 1280-1283.
- Parrado S.M., Jackson C.S. & Lácides S.V. (2006). Estudio preliminar: Orégano como promotor de crecimiento en lechones destetados. Revista de Medicina Veterinaria. 12: 81-88.
- Pavez G.A.F., Díaz C.I.A., Morales S.M.S. & Figueroa H.J.E. (2014). Evaluación productivo-económica de dos protocolos alimentarios en base a diferentes dietas iniciales en el lechón porcino destetado. Memoria Profesional. Facultad de

Ciencias Veterinarias y Pecuarias. Escuela de Ciencias Veterinarias. Santiago, Chile.

Pérez F.A. (2009). Prácticas de manejo del lechón en maternidad: estrategias para mejorar su sobrevivencia y aumentar la productividad. *Revista electrónica de Veterinaria*. 11 (1).

Pérez A.M.A., Cervantes L.J., Braña V.D, Mariscal L.G.& Cuarón I.J.A. (2013). Ácido benzoico y un producto basado en especies de *Bacillus* para proteger la productividad de los lechones y al ambiente. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 4 (4): 447-468.

Pimentel A. C. A. (2012). Uso del bagre armado (*Pterygoplichthys disjunctivus*) en ensilado ácido como fuente de proteína alterna en dietas para el cultivo de pez blanco de Pátzcuaro (*Menidia estor*). Tesis de Licenciatura. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán.

Pluske J.R., Hopwood D. E. & Hampson D.J. (2003). Relación entre la microbiota intestinal, el pienso y la incidencia de diarreas, y su influencia sobre la salud del lechón tras el destete. Avances en nutrición de lechones en el período peridestete. Memorias del XIX Curso de Especialización FEDNA, Madrid, España 23 y 24 de Octubre del 2003.

Quintero H. I. (2010). Producción intensiva de lechones: Análisis histórico de una granja en Zacatepec, Puebla. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Puebla, Puebla.

- Ravindran V. (2010). Aditivos en la alimentación animal: Presente y futuro. Memorias XXVI Curso de especialización FEDNA. 4 y 5 de noviembre del 2010 Madrid, España.
- Reis de Souza T.C. & Mariscal Landin G. (1997) El destete, la función digestiva y la digestibilidad de los alimentos en cerdos jóvenes. Técnica Pecuaria de México. 35 (3): 145-159.
- Reis de Souza T.C., Guerrero C.M.J., Aguilera B.A. & Mariscal L.G. (2005). Efecto de diferentes cereales sobre la morfología intestinal de lechones recién destetados. Técnica Pecuaria de México. 43 (3): 309-321.
- Reis de Souza T.C., Mariscal L. G., Escobar G.K., Aguilera B.A. & Magné B.A. (2012) Cambios nutrimentales en el lechón y desarrollo morfofisiológico de su aparato digestivo. Veterinaria México. 43 (2): 155-173.
- Roberfroid M.B. (2000). Concepts and strategy of functional food science: the European perspective. American Journal of Clinical Nutrition. 71 (6): 1660-1664.
- Sandoval H.E.R., Madrigal G.X., García M.A., Dimas-Mora N.I. & Domínguez D.O. (2012). Nuevo registro de *Pterygoplichthys disjunctivus* (Actinopterygii: Loricariidae) en la desembocadura del río Coahuayana, Michoacán, México. Revista Mexicana de Biodiversidad. 83: 294-297.
- Santiago R.H., Teixeira A.L.F., Lopes D.J., Cezar G.P., Flávia de Oliveira R., Clementito L.D., Soares F.A., Luiz de Toledo B.S. & Frederico E.R. (2011) Tablas Brasileñas para Aves y Cerdos. Composición de Alimentos y Requerimientos Nutricionales.

Universidad Federal De Viosa-Departamento de Zootecnia. Tercera Edición.

Recuperado de: <http://www.lisina.com.br/arquivos/Geral%20Español.pdf>

Schinckel A.P., Einstein M.E., Jungst S., Matthews J.O., Fields B., Booher C., Dreading T., Fralick C., Tabor S., Sosnicki A., Wilson E. & Boyd R.D. (2012). The impact of feeding diets of high or low energy concentration on carcass measurements and the weight of primal and subprimal lean cuts. *Asian-aust J. Anim. Sci.* 25:531-540.

Suárez-Belloch J. & Latorre M.A. (2014). Nutrición y salud intestinal de los lechones al destete. *International Veterinary Information Service, SUIIS.* 105: 14-19.

Recuperado de: <http://www.ivis.org/journals/suis/105/1.pdf>

Toledo P.J. & Llanes I.J. (2006). Estudio comparativo de los residuos de pescado ensilados por vías bioquímica y biológica. *Revista Aquatic.* 25: 28-33.

Toledo P.J., Botello L.A. & Llanes I.J.E. (2007). Evaluación del ensilado químico de pescado en la alimentación de *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822). *Revista Electrónica de Veterinaria VIII.* 9: 1695-7504.

Torrallardona D., Andrés-Eliás N., López-Soria S., Badiola I. & Cerdá-Cuellar M. (2015). Effect of feeding different cereal-based diets on the performance and gut health of weaned piglets with or without previous access to creep feed during lactation. *Journal Animal Science.* 90:31-33.

Trigueros R.O. (1996). Factibilidad del uso de raciones líquidas y pastosas en alimentación de cerdos en etapa de engorde-acabado. *Agronomía Mesoamericana.* 7 (2): 69-72.

- Vallejos P.D.A. (2014). Efecto de la suplementación con butirato de sodio en la dieta de cuyes (*Cavia porcellus*) de engorde sobre el desarrollo de las vellosidades intestinales y criptas de Lieberkühn.. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.
- Vazquez P.E.J. (2013). Uso de probióticos en la alimentación con suero de leche en cerdos al destete. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Soledad de Graciano Sánchez, San Luis Potosí.
- Von der Becke C.H. (1999). Ácidos orgánicos. Recuperado de: <http://www.oocities.org/ohcop/acorgani.html>
- Wakida A.T. & Amador-del Ángel L.E. (2011). Aspectos biológicos del pleco invasor *Pterygoplichthys pardalis* (Teleostei: Loricariidae) en el río Palizada, Campeche, México. Revista Mexicana de Biodiversidad. 82: 870-878.
- Zhu C., Wu Y., Jiang Z., Zheng C., Wang L., Yang X., Ma X., Gao K. & Hu Y. (2015). Dietary soy isoflavone attenuated growth performance and intestinal barrier functions in weaned piglets challenged with lipopolysaccharide. International Immunopharmacology. 28: 288-294.

## ANEXO

Artículo publicado en las memorias del L Congreso Nacional AMVEC 2016

### USO DE ENSILADO ÁCIDO DE PESCADO DIABLO EN LA ALIMENTACIÓN DE LECHONES DESTETADOS TEMPRANAMENTE.

\*Cárdenas B, Perea M, Luna A M, Flores J P, Garcidueñas R, Salas-Razo G.

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, México.

**Palabras clave:** ensilado ácido de pescado diablo, consumo de alimento, lechones.

#### Introducción.

El destete temprano en lechones representa riesgos principalmente por el cambio en la alimentación, un sistema digestivo inmaduro y deficiencias enzimáticas. Se recomienda adicionar a las dietas de iniciación ingredientes que faciliten los procesos de digestión y absorción de nutrientes (1). El ensilado ácido de pescado diablo, recurso disponible en México, representa un potencial por su calidad nutricional y características fisicoquímicas, sin afectar el comportamiento productivo de los animales (2). El objetivo del presente trabajo fue determinar el efecto de la adición de ensilado ácido de pescado diablo al alimento pre iniciador sobre el consumo, ganancia de peso y conversión alimenticia en lechones destetados tempranamente.

#### Material y Métodos.

Se utilizaron 54 lechones de ambos sexos destetados a los 21 días de edad con un peso inicial de  $5.07 \pm 1.10$  kg. distribuidos al azar en T1: Pre iniciador etapa 2 (88% de MS) y T2: Pre iniciador etapa 2 + 23% de ensilado ácido de pescado diablo en base húmeda (74.4% MS) hasta completar los 40 días de edad; tanto el alimento como el agua de bebida se ofrecieron *ad libitum*. Para el análisis estadístico de las variables los datos se ingresaron a una hoja de cálculo de Microsoft Excel 365®, se determinó medias y desviación estándar, posteriormente se compararon mediante la prueba de U de Mann-Whitney.

#### Resultados y Discusión.

No se observaron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) para ganancia de peso (Fig. 1), consumo de alimento (Fig. 2) y conversión alimenticia ( $T1 = 1.31$  y  $T2 = 1.32$ ) sin embargo, para el T2 se observó una mayor ganancia de peso hasta el final del periodo experimental lo que se puede asociar al mayor consumo de alimento producido por la adición de ensilado ácido de pescado diablo que modifica la consistencia del alimento pre iniciador.

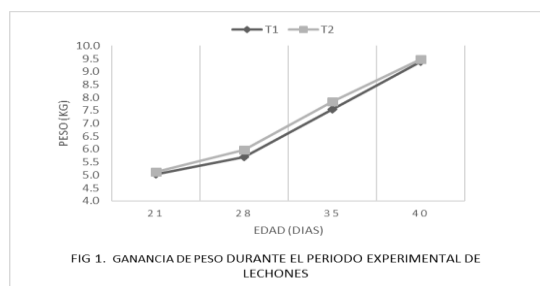


FIG 1. GANANCIA DE PESO DURANTE EL PERIODO EXPERIMENTAL DE LECHONES

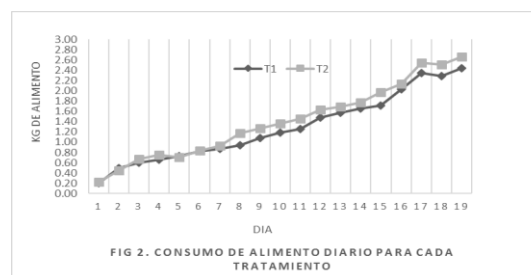


FIG 2. CONSUMO DE ALIMENTO DIARIO PARA CADA TRATAMIENTO

#### Conclusión.

De acuerdo a lo anterior se observa el potencial del ensilado ácido de pescado diablo (23% base húmeda) al adicionarlo al alimento pre iniciador, como alternativa en la alimentación de lechones, lo que puede representar reducir costos de alimentación en esta etapa; además de aprovechar un recurso disponible en México.

#### Referencias Bibliográficas.

1. Aguilera B.M.A., Reis de Souza T.C., Mariscal L.G., Borbolla S.A.G., Aguilera B.A. (2006). Técnica Pecuaria México 44 (3): 301-311.
2. Ornelas S., Salas G. (2010). Journal of Biotechnology 150:129-129.