

Universidad Autónoma de Baja California  
Instituto de Ciencias Agrícolas



**Desempeño productivo e incidencia de diarreas en lechones destetados**

TESIS

Que para obtener el grado de MAESTRO EN CIENCIAS EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN ANIMAL, presenta:

**Dalila Blanca Pérez Pérez**

Director de tesis:

**Dr. Benedicto Alfonso Araiza Piña**

**Dr. Miguel Cervantes Ramírez**

Mexicali, Baja California

Agosto, 2013

La tesis de *Dalila Blanca Pérez Pérez*, presentada como requisito parcial para la obtención del grado de maestro en ciencias en sistemas de producción animal, titulada: Desempeño productivo e incidencia de diarreas en lechones destetados, fue dirigida y asesorada por el Dr. Benedicto Alfonso Araiza Piña, aceptada y aprobada por el consejo particular abajo indicado.

### **Consejo Particular**

---

Dr. Benedicto Alfonso Araiza Piña  
Director de Tesis

---

Dr. Miguel Cervantes Ramírez  
Sinodal

---

Dra. Adriana Morales Trejo  
Sinodal

Mexicali, Baja California, México. Agosto de 2013

# ÍNDICE

<b>ÍNDICE</b>	<b>III</b>
ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS	V
RESUMEN	VII
ABSTRACT	VIII
DEDICATORIA	IX
AGRADECIMIENTOS	X
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>11</b>
<b>REVISIÓN DE LITERATURA</b>	<b>14</b>
2.1 SISTEMA GASTROINTESTINAL EN CERDOS	14
2.1.1 Estómago	14
2.1.2 El intestino delgado	15
2.2 DESTETE	20
2.2.1 Destete: edad y factores que provocan estrés	20
2.2.2 Incidencia de diarrea al destete en lechones	23
2.2.3 Epitelio intestinal	23
2.2.4 Ingredientes alimenticios durante el destete	25
2.2.5 Mecanismos de defensa	27
2.3 E-COLI EN EL DESTETE	30
2.4 ALTERNATIVAS PARA LA MEJORA DEL DESEMPEÑO EN EL DESTETE	33
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>36</b>
3.1 LOCALIZACIÓN	36
3.2 ANIMALES Y MANEJO	36
3.4 MUESTRAS DE CONTENIDO INTESTINAL Y PH.	38
3.5 CULTIVO DE BACTERIAS	38
3.6 VARIABLES EVALUADAS	39
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>40</b>
4.1 COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO	40
4.2 INCIDENCIA DE DIARREAS	44

4.3 UNIDADES FORMADORAS DE COLONIAS	47
4.3.1 Análisis de UFC y pH de la digesta, por día.	47
4.3.2 Análisis de UFC por sección	53
4.4 PESOS DE INTESTINO DELGADO Y ESTÓMAGO	57
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>59</b>
<b>BLOGRAFÍA CITADA</b>	<b>61</b>

# ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS

## Cuadros

<i>Cuadro 1. Contrastes realizados en las diferentes secciones del tracto gastrointestinal (Exp. 3). .....</i>	<i>53</i>
--	-----------

## Figuras

<i>Figura 1. Estructura de la pared del intestino delgado (Fig. modificada de Lewis and Southern, 2010). .....</i>	<i>16</i>
<i>Figura 2. Epitelio Intestinal (Fig. modificada de Lewis and Southern, 2010). .....</i>	<i>17</i>
<i>Figura 3. Enterocitos (Fig. modificada de Lewis and Southern, 2010). .....</i>	<i>18</i>
<i>Figura 4. Comportamiento productivo Exp. 1 .....</i>	<i>41</i>
<i>Figura 5. Comportamiento productivo Exp. 2 .....</i>	<i>42</i>
<i>Figura 6. Regresión Lineal de CDA correspondiente al Exp. 1 .....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 7. Regresión Lineal de CDA correspondiente al Exp. 2 .....</i>	<i>44</i>
<i>Figura 8. Diarrea estimada y observada, Exp. 1 .....</i>	<i>45</i>
<i>Figura 9. Diarrea estimada y observada, Exp. 2 .....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 10. Unidades Formadoras de Colonias y pH, por sección intestinal, correspondientes al día 0 postdestete .....</i>	<i>48</i>
<i>Figura 11. Unidades Formadoras de Colonias y pH, por sección intestinal, correspondientes al día 3 postdestete .....</i>	<i>49</i>
<i>Figura 12. Unidades Formadoras de Colonias y pH, por sección intestinal, correspondientes al día 5 postdestete .....</i>	<i>50</i>
<i>Figura 13. Unidades Formadoras de Colonias y pH, por sección intestinal, correspondientes al día 7 postdestete .....</i>	<i>51</i>

<i>Figura 14. Unidades Formadoras de Colonias y pH, por sección intestinal, correspondientes al día 10 postdestete</i> .....	52
<i>Figura 15. Unidades Formadoras de Colonias y pH, por sección intestinal, correspondientes al día 14 postdestete</i> .....	52
<i>Figura 16. Unidades Formadoras de Colonias y pH, por día de sacrificio, correspondientes al estómago</i> .....	54
<i>Figura 17. Unidades Formadoras de Colonias y pH, por día de sacrificio, correspondientes a la sección de Duodeno (Intestino delgado)</i> .....	55
<i>Figura 18. Unidades Formadoras de Colonias y pH, por día de sacrificio, correspondientes a la sección de Yeyuno (Intestino delgado)</i> .....	56
<i>Figura 19. Unidades Formadoras de Colonias y pH, por día de sacrificio, correspondientes a la sección de Íleon (Intestino delgado)</i> .....	56
<i>Figura 20. Pesos de estómago e intestino por día de sacrificio postdestete</i> .....	58

## RESUMEN

Para establecer estrategias que reduzcan el impacto negativo del destete en los lechones, es necesario determinar los puntos críticos a atender y los días donde estos ocurren con más frecuencia. Se utilizaron 126 lechones (Landrace-Duroc) ambos sexos, destetados de  $28 \pm 2$  días de edad con un peso inicial promedio de  $8.34 \pm 1.7$  kg. Se ofreció una dieta a base trigo-pasta de soya (TPS) más harina de pescado (HP) en el Exp. 1 y TPS más harina de carne-hueso (HCH) en el Exp. 2, en ambos estudios se evaluó el comportamiento productivo e índice de diarrea (ID) de lechones recién destetados, por un periodo de tres semanas. En el Exp.3 se ofreció alimento a base de TPS-HCH a lechones recién destetados, se sacrificaron al azar 4 lechones en cada uno de los siguientes días postdestete: 0 (destete), 3, 5, 7, 10 y 14 para evaluar el contenido de *E-coli* y coliformes totales en la digesta y peso del estómago e intestino delgado. En la primera semana postdestete el consumo diario de alimento (CDA) fue de 160 y 252 g para los Exp. 1 y 2 respectivamente; y la ganancia diaria de peso fue de 31 y 171 g en los Exp. 1 y 2, respectivamente. El mayor ID se observó entre los días 5 y 10 con valores entre 1 a 1.55 (heces blandas). En el Exp. 3 se observó que la mayor cantidad de unidades formadoras de colonias (UFC), de coliformes totales y *E-coli*, en la digesta de las diferentes secciones del tracto digestivo, se presentaron en el d 3 postdestete ( $P < 0.05$ ); el pH de la digesta se comportó de manera similar al d 0, en los distintos días postdestete, a excepción del duodeno el d 5 y en íleon el d 7 ( $P < 0.05$ ); a partir del d 7 postdestete es cuando se observó un aumento de peso del estómago e intestino delgado en comparación con el d 0 ( $P < 0.05$ ). En conclusión, la HP limitó el CDA en los primeros 7 d postdestete, se debe atender el sabor y la calidad de los ingredientes en la dieta desde la lactancia para asegurar un CDA de al menos lo recomendado para mantenimiento; el d 3 postdestete es clave para utilizar estrategias que limiten la proliferación de enteropatógenos, una vez controlados, se esperara se refleje en un menor ID.

# ABSTRACT



# DEDICATORIA

# AGRADECIMIENTOS

# INTRODUCCIÓN

El destete de lechones se realiza de acuerdo a las necesidades y planificación de la granja porcícola, existe una tendencia al destete cada vez más temprana con el fin de obtener mayor número de partos por cerda al año, sin embargo pasa por alto la falta de madurez del intestino delgado del lechón así como su complejo desarrollo.

El destete precoz regularmente implica un aumento de problemas nutricionales, inmunológicos y neuroendocrinos que frecuentemente resultan en un decaimiento en el consumo de alimento, el crecimiento y el estado sanitario (Allee y Touchette. 1999).

Berkeveld *et al.* (2009), observaron que el periodo crítico para el lechón es en los días 2 y 3 después del destete, en el que se presenta un decremento de la ganancia diaria de peso, atrofia de vellosidades y mayor profundidad de las criptas. Beers-Schreurs *et al.* (1998), encontraron que la atrofia de vellosidades es causada en parte por la separación de los lechones de la cerda y el traslado a otra jaula, en lechones con menor consumo de materia seca esta atrofia es más

severa. En el destete los lechones manifiestan varios síntomas del estrés que incluyen un periodo de subalimentación que usualmente ocasiona atrofia de las vellosidades, lo que resulta en una menor capacidad para digerir, absorber los nutrimentos y frecuentemente en presencia de diarreas (Reis de Souza *et al.* 2005).

La mayoría de los brotes por *E-coli* que se registran, ocurren en lechones destetados precozmente (Fairbrother *et al.* 2005), de forma tradicional, la presencia de *E-coli* se relaciona con el incremento en la frecuencia de diarrea en lechones destetados (Kiarie *et al.* 2011, Heo *et al.* 2011).

Wellock *et al.* (2008), muestran que dietas de alta calidad, con proteína de origen animal y cereales procesados, mejora la salud del intestino y reduce el riesgo de diarrea postdestete, disminuye la cantidad de *E-coli* en heces y aumenta la proporción de lactobacilos con respecto a Coliformes; sin embargo, Bikker *et al.* (2006), mencionan que dietas para lechones recién destetados con contenido alto en carbohidratos fermentables incrementan la población de bacterias productoras de ácido láctico, lo cual puede reducir el contenido de y Coliformes en el intestino delgado.

El objetivo del presente trabajo fue describir los efectos negativos causados por el destete de lechones durante las primeras tres semanas, sobre el comportamiento productivo, incidencia de diarreas y en el contenido de *E-coli* y Coliformes totales en tracto gastrointestinal, bajo condiciones normales en una granja semitecnificada.



# REVISIÓN DE LITERATURA

## 2.1 SISTEMA GASTROINTESTINAL EN CERDOS

### 2.1.1 Estómago

El estómago del cerdo está dividido en 4 distintas regiones distintas de mucosa que difieren en apariencia y estructura. La región del esófago no es glandular, es una extensión del esófago dentro del propio estómago. Unido a la región esofágica está la región glandular del cardias, ocupando alrededor de una tercera parte de la superficie luminal y es de color gris pálido. La región glandular fúndica es rojo pardo, con apariencia moteada y líneas de un tercio del estómago, que se extiende entre la región del cardias y del píloro. La región de la glándula pilórica es de aspecto pálido y es la última región del estómago antes de la entrada en el intestino delgado. Las glándulas del cardias tienen muchas células que producen mucosa, proteasas y lipasas. La región fúndica tiene tres tipos de células secretoras, células de la mucosas del cuello que producen moco y proteasas, células parietales (oxíntica) que producen HCl, y las células principales

que secretan proteasas. Las células de la mucosa del cuello y las células principales, pero no las células parietales, también se encuentran en las glándulas del píloro (Lewis and Southern, 2010).

### 2.1.2 El intestino delgado

El intestino delgado de un lechón recién nacido es de 2 a 4 m de longitud. La proporción del duodeno en neonatos es similar a la de un cerdo adulto, pero la diferenciación del yeyuno e íleon no está clara (Lewis and Southern, 2010).

El duodeno es el lugar donde la digesta del estómago se mezcla con secreciones del intestino, hígado y páncreas. La *bilis* es conducida por el duodeno por una de las principales papilas a 2 o 5 cm del píloro del estómago, y el jugo pancreático entra al intestino en una papila menor de 12 o 20 cm posterior a la entrada de la *bilis*. El yeyuno es y comprende un gran número de pequeños pliegues. El íleon se puede identificar a partir de yeyuno por sus capas musculares ligeramente más gruesas y de unión con el intestino grueso. Aunque hay características morfológicas distintivas entre el duodeno, el yeyuno y el íleon, que comparten muchas características comunes (Lewis and Southern, 2010).

Como se ilustra en la Fig. 1, la pared del intestino delgado consta de cuatro capas principales: la mucosa, la submucosa, la capa muscular, y la serosa. La capa de la mucosa se compone de tres subcapas, a saber, la mucosa muscular, la lámina propia, y el epitelio.

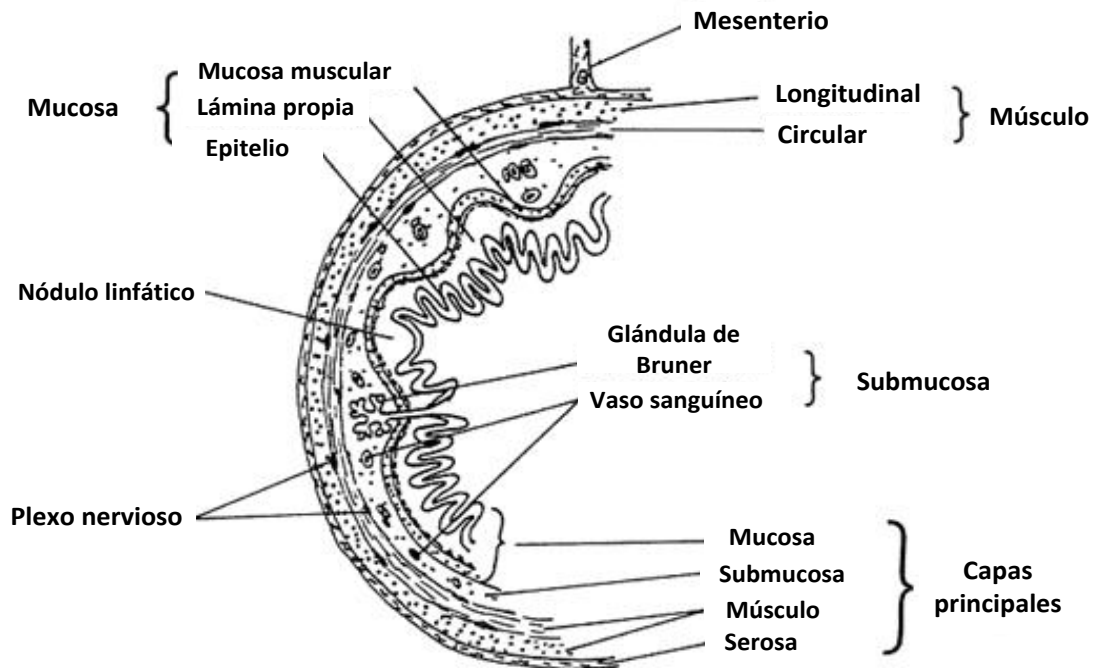


Figura 1. Estructura de la pared del intestino delgado (Fig. modificada de Lewis and Southern, 2010).

La mucosa muscular comprende dos conjuntos delgados de músculos. El músculo interno corre longitudinalmente a lo largo del intestino y el músculo exterior rodea al intestino para causar pliegues intestinales transitorios llamado válvulas de Kerchring (pliegues circulares). La lámina propia se compone de los vasos sanguíneos, linfocitos libres, nódulos linfáticos (placas de Peyer). La lámina propia soporta la estructura de la capa epitelial y alimenta el epitelio (Lewis and Southern, 2010).

La capa epitelial es una lámina continua de una sola capa de células epiteliales y vellosidades como dedos que la cubren y alrededor de ellas las criptas de Lieberkuhn (Fig. 2). La longitud de vellosidades aumenta de duodeno hasta yeyuno medio y luego disminuye a través del íleon terminal. Hay tres tipos



de células epiteliales sobre la superficie de las vellosidades: células columnares de absorción, células caliciformes y células enteroendocrinas. Todos ellos se originan a partir de las células madre localizadas en la base de las criptas. La membrana apical cubre la cara sur enterocito frente a la luz intestinal y contiene la microvellosidades (Fig. 3). La parte restante de la membrana plasmática del enterocito que no está de frente a la luz intestinal se denomina la membrana basolateral (Lewis and Southern, 2010).

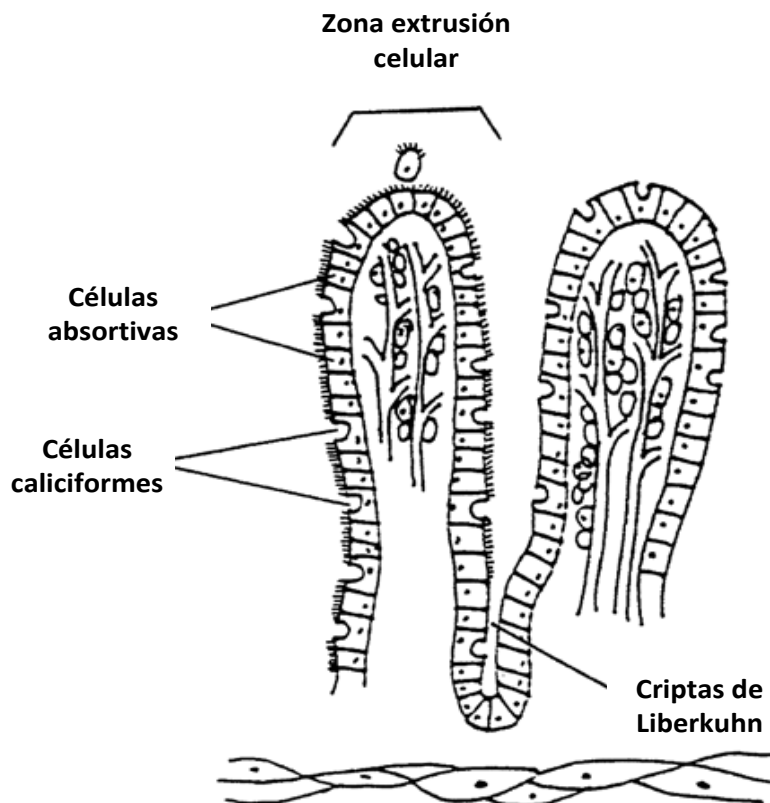


Figura 2. Epitelio Intestinal (Fig. modificada de Lewis and Southern, 2010).

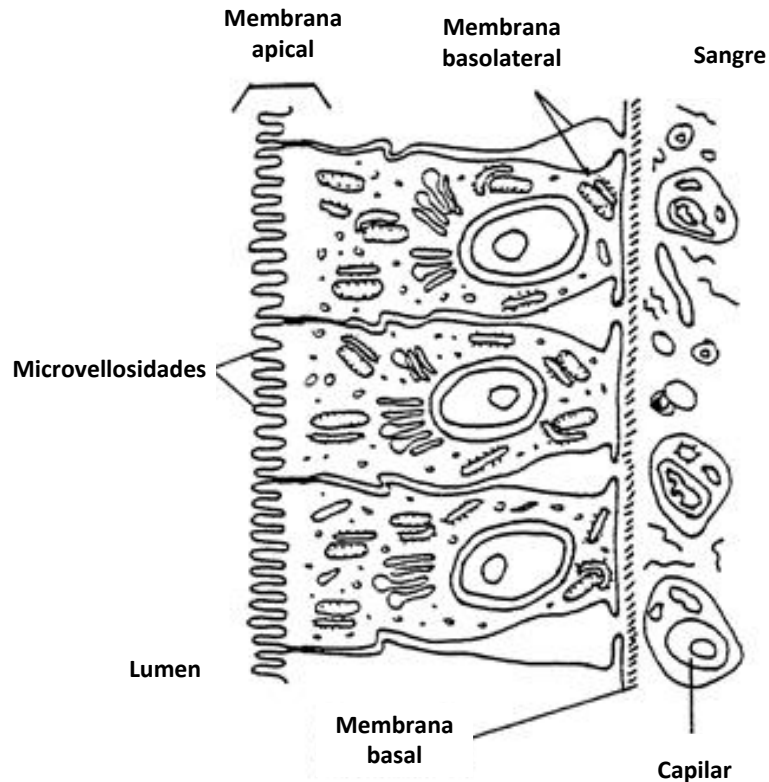


Figura 3. Enterocitos (Fig. modificada de Lewis and Southern, 2010).

Los enterocitos migran de las criptas a la punta de la vellosidad y se desprenden hacia el lumen del intestino. Durante el proceso de migración, los enterocitos sufren tanto la maduración estructural y funcional, que incluye un período rápido de alargamiento de las microvellosidades. Cuando los enterocitos migran sobre el tercio basal de la vellosidad, su diferenciación estructural se ha completado y su función digestiva (actividad carbohidrasa y peptidasa) comienza. La función de absorción de los enterocitos comienza a desarrollarse cuando los enterocitos alcanzan la parte superior a nivel medio de las vellosidades y continúa aumentando hasta que enterocitos se desprenden en la punta de las vellosidades (Lewis and Southern, 2010).

Las microvellosidades aumentan la superficie apical de los enterocitos de 14 - a 40 veces. Además de esta amplificación significativa del área de superficie de absorción digestiva por microvellosidades, el área de sección transversal del tracto intestinal se incrementa tres veces por los pliegues circulares de Kerchring y luego diez veces más por las vellosidades. Esta estructura organizacional amplifica la superficie efectiva por unidad de longitud intestinal por un factor de 420 a 1200 y mejora la eficiencia para la digestión y la absorción (Lewis and Southern, 2010).

Las células caliciformes en la capa intestinal aumentan en número, del yeyuno proximal hacia el íleon distal, secretando una mucosa viscosa. Las células enteroendocrinas de la capa epitelial liberan hormonas que son involucradas en los procesos regulatorios del sistema de renovación celular. Los enterocitos se encuentran en la superficie de la vellosidad y son renovados constantemente. En cerdos jóvenes, el epitelio es remplazado por epitelio nuevo cada 3 o 4 d aproximadamente (Lewis and Southern, 2010).

La submucosa de la pared intestinal es un tejido conectivo laxo que mantiene unidos a los vasos sanguíneos más grandes, vasos linfáticos y complejos neuronales. La submucosa de los primeros centímetros del duodeno está dotada de glándulas de la mucosa del intestino (glándulas de Brunner). El número de glándulas de Brunner disminuye posterior a 50 cm del esfínter pilórico. Las glándulas de Brunner secretan un líquido alcalino canalizado a través de la mucosa muscular y hacia las aberturas entre las células epiteliales de las criptas de las vellosidades (Lewis and Southern, 2010).

La capa muscular de la pared intestinal es similar a la mucosa muscular y contiene dos disposiciones de fibra, excepto que las fibras longitudinales son exterior al lumen y los circulares son interiores. El músculo circular se asocia con la peristalsis (Lewis and Southern, 2010).

La capa más externa de la pared intestinal es la serosa, que tiene un epitelio escamoso que forma el mesenterio de soporte que contiene el tejido conectivo, los vasos sanguíneos y los nervios (Lewis and Southern, 2010).

## **2.2 DESTETE**

### **2.2.1 Destete: edad y factores que provocan estrés**

En condiciones naturales el destete es un proceso largo y tardío en el que el sistema digestivo se adapta progresivamente a mayores cantidades de alimento sólido, con una concentración mayor de proteína vegetal y cantidades menores de leche (Reis de Souza *et al.* 2009). El destete precoz implica un aumento de problemas nutricionales, inmunológicos y neuroendocrinos que frecuentemente resultan en un decaimiento en el consumo, el crecimiento y el estado sanitario (Allee y Touchette. 1999).

Al nacer los lechones quedan expuestos a los microorganismos del ambiente que les rodea. La ingestión en este momento de heces maternas

introduce bacterias que colonizan su tracto digestivo. Estas bacterias buscan el nicho más adecuado donde compiten e interaccionan entre sí, constituyendo finalmente una población relativamente estable y compleja que representa la microbiota intestinal normal (Pluske y Hampson, 2003).

El estrés postdestete se refleja en una disminución del consumo de alimento (Gómez *et al.* 2008). Inmediatamente después del destete, hay un período de atrofia asociado a una disminución en el consumo, provocado por los efectos psicológicos que genera la separación de la madre, que puede resultar en una liberación de cortisona y otros factores estresantes inmunológicos que aparecen en lechones que no se destetan en un ambiente adecuado.

Con el objetivo de disminuir los efectos negativos del estrés por destete, Berkeveld *et al.* (2009), determinaron la influencia de la edad al destete de lechones sometidos a una estrategia de manejo denominada lactancia intermitente (LI), en la cual la cerda y los lechones son separados durante un tiempo fijo en el día. Utilizaron el destete convencional (destete a los 26 d de edad y sin alimento pre-iniciador) como testigo, evaluaron dos tiempos de duración de la LI (7 y 14 días) con lechones destetados a 26 y 33 días de edad. Determinaron que el periodo crítico para el lechón es en los días 2 y 3 después del destete, en donde se observó un decremento de la ganancia diaria de peso (GDP), atrofia de vellosidades y mayor profundidad de las criptas. En la LI durante 14 d y destetando a los 33 d de edad, los lechones muestran una caída menos dramática en la GDP, lo que se vio reflejado en una mayor altura de vellosidades y menor profundidad de las criptas.

Beers-Schreurs *et al.* (1998) realizaron un estudio para saber si la atrofia de vellosidades que está asociada al destete se debía a la separación de los cerdos de la cerda o por los cambios en la cantidad y/o composición de la dieta. Evaluaron cuatro tratamientos, en el primero, los lechones se mantuvieron con la cerda, el segundo fueron destetados pero alimentados con dieta convencional y los dos últimos grupos fueron destetados pero alimentados con la misma leche de la cerda en dos niveles (alto consumo de leche y bajo consumo de leche). Encontraron que la atrofia de vellosidades fue causada en parte por la separación de los lechones de la cerda y el traslado a otra jaula, además la degradación de la atrofia de vellosidades se asocia al nivel de alimentación siendo más severa en los grupos que tenían un menor consumo de materia seca.

Después del destete, los lechones manifiestan varios síntomas del estrés que incluyen un periodo de subalimentación ocasionando atrofia de las vellosidades, lo que resulta en una menor capacidad para digerir y absorber los nutrimentos y muchas veces en diarreas (Reis de Souza *et al.* 2005).

Después del destete, el ambiente intestinal cambia drásticamente debido a la sustitución de la leche de cerda que es altamente digestible por alimentos sólidos, principalmente de origen vegetal, lo que puede conducir a una subalimentación temporal. El tracto gastrointestinal tiene que adaptarse al nuevo tipo de alimentación, ocurren cambios en la motilidad del intestino, secreción y actividad enzimática, y en la composición de la flora bacteriana. Los animales que no se adaptan a estos cambios pueden tener baja ganancia de peso, pueden sufrir

diarreas y eventualmente morir por el sobrepoblación de bacterias patógenas (Barszcz and Skomiał, 2011).

### 2.2.2 Incidencia de diarrea al destete en lechones

En los trabajos experimentales realizados por diferentes autores (Kiarie *et al.* 2011, Heo *et al.* 2009, Sterk *et al.* 2008, Nyachoti *et al.* 2012), la incidencia y la severidad de las diarreas se determinan mediante la apreciación visual de la consistencia de las heces. La mayoría de las veces se emplea una escala, en la cual se atribuyen calificaciones del 0 al 3. El valor 0 indica heces normales o firmes, por tanto, la no existencia de diarrea; el valor 1 describe una diarrea ligera, pastosa; el valor 2, una diarrea moderada, semi-líquida; y el valor 3 una diarrea severa, muy líquida. La incidencia de diarrea se mide en función del número de días en que se presenta, esta se incrementa entre la primera y tercera semana posdestete. La severidad de las diarreas aumenta en los últimos días de la primera semana posdestete y en la segunda semana posdestete, sin importar la dieta consumida.

### 2.2.3 Epitelio intestinal

Previo al destete, las vellosidades intestinales son largas, bien estructuradas, y muy eficientes en la absorción de nutrientes. Sin embargo, en el momento del destete, su longitud se reduce casi a la mitad y aumenta la profundidad de las criptas. El área de absorción del intestino delgado se reduce y aparece una mayor proporción de enterocitos inmaduros en los extremos de las vellosidades. Las dietas para lechones deben ser de alta digestibilidad para evitar la llegada de un exceso de sustrato fermentable al intestino grueso y deben ir exentas de sustancias que puedan agravar este hecho (tales como glicina o conglicinina contenidas en la harina de soya) (Medel *et al.* 1999).

Para que los procesos de digestión y absorción de los nutrimentos se den de una manera satisfactoria, es necesario que se mantenga la integridad de la mucosa intestinal, la cual depende de la renovación de sus células (Reis de Souza *et al.* 2005). Al evaluar el sistema gastrointestinal de lechones de 17d de edad, alimentados con dietas a base de concentrado y de aislado de proteína de soya solo o combinado con suero de leche, Reis de Souza *et al.* (2007), encontraron que en combinación de aislado de proteína de soya con suero de leche se obtuvo la mejor relación entre la altura de las vellosidades y profundidad de las criptas, siendo esta de 1.33, 1.78 y 1.64 mm en duodeno, yeyuno e íleon, respectivamente, lo anterior se reflejó en el mayor peso del intestino delgado (ID) y peso vivo (PV).

En un estudio realizado por Kiarie *et al.* (2011), alimentaron cerditos con un producto de fermentación de *Saccharomyces cerevisiae* adicionado a la dieta de iniciación, se mostró una mayor altura de vellosidades ileal (P=0.03) y una mejor



proporción de altura de las vellosidades y profundidad de las criptas ( $P=0.05$ ) en el día 3, al d 7 postdestete se presentó mayor profundidad de criptas ( $P=0.03$ ) y una tendencia a una relación menor de altura de vellosidades-productividad de las criptas ( $P=0.07$ ).

#### 2.2.4 Ingredientes alimenticios durante el destete

En un experimento realizado por Aguilera *et al.* 2003, evaluaron el desarrollo morfofisiológico del aparato digestivo durante cuatro semanas postdestete en lechones alimentados con dietas complementadas con subproductos lácteos. Utilizaron cerditos destetados a 21 d de edad, alimentados con dos dietas adicionadas con suero de leche o lactosa cristalina. Sacrificaron seis lechones el día del destete y los demás a los 2, 7, 14, 21 y 28 d postdestete, para evaluar el desarrollo de los órganos digestivos y de la actividad enzimática. Encontraron que la adición de lactosa cristalina promovió el desarrollo del estómago con respecto a la lactosa del suero de leche. La fuente de lactosa no afectó la actividad de las enzimas digestivas.

El lechón recién destetado es un animal altamente demandante de energía para los procesos fisiológicos relacionados con el desarrollo corporal y la maduración de su sistema inmunológico. La capacidad digestiva necesaria para que los lechones aprovechen los nutrimentos es bastante limitada en el periodo postdestete, pues los órganos del tracto gastrointestinal están poco

desarrollados y la actividad de las secreciones digestivas es baja; el problema es más grave con las proteínas de origen vegetal, pues son menos susceptibles a la digestión enzimática que las de origen animal. Así, en el periodo posdestete, cuando el lechón empieza a consumir dietas sólidas con base en materias primas vegetales, se incrementa su susceptibilidad a los desórdenes gastrointestinales (Reis de Souza *et al.* 2005). En relación a los cereales, que son los ingredientes presentes en mayor proporción en las dietas de iniciación (50 a 70 %), no están bien determinadas las consecuencias de su uso sobre la integridad intestinal.

Con el objetivo de conocer el efecto de diferentes cereales sobre el peso del intestino delgado, la altura y anchura de las vellosidades intestinales y profundidad de las criptas, Reis de Souza *et al.* (2009), alimentaron lechones de 20 d de edad con dietas a base de maíz, avena y sorgo, encontraron que la ingestión de alimento sólida, independiente de su fuente de carbohidratos (almidón o cereales), estimuló el crecimiento macroscópico del intestino delgado; después de 14 d de ingestión de las dietas con las diferentes fuentes de carbohidratos, las vellosidades y criptas adyacentes no presentaron daños significativos que demostraran una limitación para el uso de los cereales estudiados.

Algunos factores antinutrimientales presentes en las proteínas dietarías de origen vegetal pueden causar reacciones de hipersensibilidad a nivel del epitelio intestinal, agravando aún más la salud intestinal y su actividad enzimática. Considerando también que las alteraciones morfológicas de las vellosidades intestinales, observadas en el periodo posdestete, junto con las

pérdidas de enterocitos maduros ricos en enzimas digestivas, traen como consecuencia una disminución en la actividad de las enzimas del borde de cepillo (Reis de Souza *et al.* 2005).

Con el objetivo de evaluar combinaciones del contenido (23 y 17%) y la calidad de la proteína cruda (PC) (alta: origen animal y cereales cocinados; baja: origen vegetal y cereales crudos), Wellock *et al.* (2009), evaluaron, en 400 lechones destetados a 29 d de edad, el desempeño productivo y el contenido microbiológico en heces entre el d0-d14 postdestete. Encontraron que al alimentar lechones con alto contenido y calidad de PC aumentó su desempeño productivo durante los 14 d del experimento y mejoró su estado de salud durante el destete. La calidad de la dieta mejoró la salud del intestino y redujo el riesgo de diarrea postdestete, disminuyó la cantidad de *E-coli* en heces y aumentó la proporción de lactobacilos con respecto a Coliformes. Sin embargo ellos mencionan que la mejora en la GDP no se refleja en menos días al sacrificio.

### 2.2.5 Mecanismos de defensa

Al nacer, los lechones quedan expuestos a los microorganismos del ambiente que les rodea y el contacto con la flora microbiana materna y de sus heces introducen bacterias que colonizan su tracto digestivo. Estas bacterias buscan el nicho más adecuado donde compiten e interaccionan entre sí, constituyendo finalmente una población relativamente estable y compleja, que

representa la flora microbiana normal. En el lechón lactante las bacterias dominantes en el estómago e intestino delgado suelen ser lactobacilos y estreptococos, ambos grupos están bien adaptados a utilizar el sustrato lácteo disponible. La flora microbiana normal que se desarrolla en el intestino grueso poco después del nacimiento, está constituida por una extensa y variada selección de bacterias mayoritariamente anaerobias estrictas, incluyendo bacteroides, bífidobacterias, eubacterias, estreptococos y lactobacilos, mientras que en menor densidad pueden encontrarse otros microorganismos, como las enterobacterias; normalmente, el género bacteroides es el más numeroso y puede representar más de 30% del total. La flora microbiana normal que se establece después del nacimiento, interactúa con los sistemas digestivo e inmunológico del cuerpo y sus actividades pueden ser benéficas o dañinas para el huésped (Reis de Souza *et al.* 2010).

El lechón recién nacido depende de la inmunidad pasiva suministrada por la madre. Al nacer, el animal recibe inmunoglobulinas (Ig's) a través del calostro que son capaces de atravesar la pared intestinal durante las primeras horas de vida, pero su importancia disminuye con el tiempo. Posteriormente el animal recibe leche materna, que baña las paredes intestinales y proporciona cierta inmunidad local a través de la IgA. El lechón no es capaz de producir su propia actividad inmunológica en cantidades adecuadas hasta al menos 28-30 días de edad. Por tanto, cualquier estrés digestivo, de manejo o combinado, va a afectar al lechón en momentos críticos desde un punto de vista inmunológico (Medel *et al.* 1999).

El sistema inmune asociado a la mucosa intestinal se considera el principal órgano inmunológico del organismo. Está constituido por tejido linfoide organizado, como los nódulos linfáticos mesentéricos y las placas de Peyer, y por linfocitos difusamente distribuidos a través de la lámina propia y el epitelio. El sistema inmune asociado al intestino es capaz de reconocer determinados agentes exógenos (ej. componentes estructurales o toxinas microbianas) y secretar mediadores celulares (ej. inmunoglobulinas, citocinas, etc.) responsables del desencadenamiento de la respuesta inmune. La secreción de inmunoglobulina A (Ig A) es una de las primeras defensas de la mucosa frente a microorganismos patógenos y su inducción en las placas de Peyer y la lámina propia depende de su interacción con la flora microbiana del comensal. Así mismo, el tejido linfoide asociado al intestino y las células epiteliales poseen receptores (receptor tipo Toll) capaces de reconocer ciertas moléculas bacterianas, entre las que se encuentran los polisacáridos, los ácidos teicoicos y secuencias de ADN. Recientes estudios en humanos han demostrado que la colonización intestinal está asociada a la maduración de la inmunidad humoral, particularmente a la producción de células secretoras de inmunoglobulinas A y M en recién nacidos (Sanz *et al.* 2006).

La mucosa está compuesta por el epitelio digestivo, el tejido linfoide asociado con el intestino y el moco que recubre el epitelio; en éste tejido, la flora microbiana comensal y el moco interactúan con las células del hospedero, generan un equilibrio dinámico en el tracto gastrointestinal (TGI), asegurando el correcto funcionamiento del proceso digestivo. La salud intestinal puede ser definida como la capacidad del TGI de mantenerse en equilibrio, ya que es un

ecosistema en constante cambio. Existen tres principales componentes de la salud intestinal: la dieta, la mucosa y la flora microbiana comensal. Ciertos componentes de la dieta para lechones destetados, como la pasta de soya, pueden causar daños de la mucosa intestinal, acumulación de líquido intestinal y predisponiendo a diarreas postdestete. El desarrollo del sistema inmune de la mucosa intestinal depende de la colonización por bacterias comensales y patógenas (Reis de Souza *et al.* 2005).

## **2.3 E-COLI EN EL DESTETE**

La diarrea causada por *Escherichia coli* en el destete es también llamada colibacilosis entérica y es una causa de muerte importante en lechones destetados a nivel mundial. La infección entérica por *E-coli* en lechones destetados puede manifestarse como diarrea que comúnmente ocurre en la primera semana del destete y frecuentemente resulta en decaimiento en la ganancia de peso. Existen varios factores de estrés en el destete tales como, la falta de anticuerpos en la leche procedente la madre y los cambios en la dieta que contribuyen a la severidad de esta enfermedad; otra causa principal de la diarrea postdestete es la presencia de adhesinas en *E-coli* las cuales ayudan a adherir a esta bacteria al intestino y una vez establecida comienza a producir enterotoxinas que causan la diarrea (Fairbrother *et al.* 2005).

La mayoría de los brotes por *E-coli* que se registran, ocurren en lechones destetados precozmente (Fairbrother *et al.* 2005). La diarrea postdestete es causada principalmente por *E. coli* enterotoxigénica un patotipo que es caracterizado por la producción de adhesinas que median la adherencia bacteriana en el intestino y enterotoxinas que causan la diarrea.

Kiarie *et al.* (2011), realizaron un experimento en el que retaron a lechones recién destetados con *Escherichia coli* K88, evaluaron un antibiótico comercial "Carbadox AB", *Saccharomyces cerevisiae*, y una levadura prototipo. Utilizaron cerditos destetados a 21 d de edad, se evaluó visualmente la consistencia de las heces y tomaron muestras de digesta para análisis de ecología microbiana; el estudio mostró que el rango de la incidencia de diarreas fue de 1.3 a 1.8 (heces normales a heces blandas). Los lechones que se alimentaron con *Saccharomyces cerevisiae* mostraron un mejor consumo de alimento en presencia de *Escherichia coli*, con una gran diversidad de flora microbiana, una disminución de *E-coli* adheridas a la mucosa intestinal, lo anterior indica TGI saludable.

En un estudio realizado por Heo *et al.* (2009), evaluaron el efecto de alimentar en dos niveles dietarios de proteína cruda (25.6 % y 17.5%) a lechones destetados a 21 d de edad. Los lechones fueron retados con la cepa  $\beta$ -hemolytic *E. coli* en diferentes días. Los animales retados con *E-coli* con dieta alta en proteína presentaron hasta 7 d de diarrea y los infectados con *E-coli* con dieta baja en PC presentaron hasta 4 d diarrea. En el caso de los no infectados, los animales alimentados con dieta alta en proteína, la duración de la diarrea fue de 3 d y en los alimentados con baja proteína fue de un día.

En otro estudio similar, en el que evaluaron el efecto de alimentar con dos niveles de proteína cruda (22.5% y 17.6%) en dietas maíz-trigo-pasta de soya, con el fin de determinar el rendimiento de cerdos destetados de 17d de edad, desafiados con una suspensión de *E-coli*. Monitorearon la severidad de las diarreas usando una puntuación visual en la consistencia de las heces. De acuerdo a los resultados obtenidos, los lechones alimentados con la dieta alta en proteína mostraron, mayor incidencia de diarrea ( $P < 0.05$ ), comparado con los que fueron alimentados con dieta de 17,6% (Opapeju *et al.* 2009).

En otra investigación realizada por Nyachoti *et al.* (2012), suplementaron lisozima, una proteína de bajo peso molecular con propiedades antimicrobianas, al agua ofrecida a lechones recién destetados retados con *E-coli*, dichos lechones se alimentaron con dietas maíz-trigo-pasta de soya e ingredientes de origen animal altamente digestibles, evaluaron la incidencia de diarrea mediante un sistema de puntaje de la consistencia de las heces, no se encontró diferencia entre tratamientos, los valores observados en los primeros 5 días oscilaron entre 0.94 y 1,44 (normal a heces blandas), los cerdos que fueron alimentados con la dieta que contenía antibiótico, presentaron intestinos más pequeños ( $P < 0.05$ ) y la mayor altura de las vellosidades ileales, se presentaron en los tratamientos de antibiótico y lisozimas ( $P < 0.05$ ) (458 y 428  $\mu\text{m}$ , respectivamente), y en la relación altura de vellosidades-profundidad de las criptas fue mejor la dieta con antibiótico (1.69). Con respecto a los pesos de estómago no encontraron ningún efecto por tratamiento. De acuerdo a lo anterior, observaron que la dosis menor de lisozimas, fue eficaz en la reducción de la proliferación de ETEC patógenas en el íleon y en



la protección de la mucosa intestinal contra el daño de ETEC. El suministro de lisozimas en una dosis más grande también modula la respuesta inmunológica en los lechones expuestos a ETEC y parecía prevenir la inflamación.

## **2.4 ALTERNATIVAS PARA LA MEJORA DEL DESEMPEÑO EN EL DESTETE**

Pluske y Hampson (2003). Mencionan que las enfermedades entéricas tienen un origen multifactorial, la prevención debería estar enfocada a reducir el número de factores de riesgo predisponentes presentes; 1) Optimizar el medio ambiente al destete (social, térmica e higiénicamente); 2) Reducir el impacto del destete sobre el medio ambiente intestinal optimizando la dieta (composición, forma, ingestión o aditivos), y 3) Manipulando el desarrollo y estabilidad de la flora bacteriana intestinal por medio de la utilización de medicamentos o dietas (composición y aditivos antibacterianos específicos).

Sterk *et al.* (2008), realizaron un estudio en el que evaluaron los efectos de dos edulcorantes de alta intensidad comercial sobre las distintas características del rendimiento de lechones destetados de 21 d de edad, así como la incidencia de diarrea. La consistencia de las heces se midió tres veces por semana usando una escala visual del 1 al 3, donde 1= heces firmes, 2=heces blandas y 3=heces líquidas. Encontrando que el CDA puede verse favorecido por el sabor de la dieta.

Así mismo muestran como la incidencia de diarrea fue baja, ya que arriba del 75% de los lechones presentó heces firmes, lo que pudo deberse al manejo que realizaron.

En un experimento en el que determinaron el efecto de la adición de xilanas a dietas base trigo para lechones destetados, Diebold *et al.* (2004) observaron que la digestibilidad ileal aparente (DIA) para la dieta testigo fue para PC de 83.6%, de los aminoácidos (AA) esenciales 83.7% y de los AA no esenciales 83.4%, la adición de xilanas incrementó la DIA en 1.6, 3.8 y 1.6% para la PC, AA esenciales y AA no esenciales, respectivamente.

Para promover la interacción de carbohidratos fermentables y el nivel de PC Bikker *et al.* (2006), evaluaron la alimentación de lechones destetados de 26 d, determinaron el conteo microbiano en distintas secciones del tracto gastrointestinal, encontraron la mayor cantidad de Coliformes (7.88 log UFC/g) en íleon de cerdos alimentados con dietas con bajo nivel de carbohidratos fermentables y la menor cantidad de Coliformes (6.94 log UFC/g) se encontró en cerdos alimentados con dietas altas en carbohidratos fermentables. La reducción de PC de 23 a 17% en la dieta no afecta la población microbiana en la digesta ileal, incluyendo *E-coli* y Coliformes. De la misma forma señalan que la cantidad resultante de carbohidratos fermentables en la dieta incrementa el número de lactobacilos y reduce el número de Coliformes en el intestino delgado, por lo que creen que se debe a la resistencia de colonización, es decir que debido al incremento de lactobacilos hay mayor competencia por espacios para la adhesión de Coliformes y la disponibilidad de nutrientes en el tracto gastrointestinal.

En una investigación para determinar el efecto del diformato de potasio, que es usado como promotor de crecimiento, se analizó el pH intraluminal, composición microbiana, composición de la digesta y heces a lo largo de tracto digestivo, Canibe *et al.* (2001), utilizaron 36 lechones destetados de 28 d de edad, encontraron que la adición de diformato de potasio a dietas de iniciación de lechones, disminuye el total de Coliformes en varios segmentos gastrointestinales sin afectar el pH gástrico o intestinal. Los valores registrados de pH en el estómago en el d7 postdestete fue de 3.7 y en el d 29 fue de 3.85, en la sección de ID proximal fue de 5.9; en la sección del ID medio fue de 6.65 y en la sección de ID distal fue de 6.9, todos los valores corresponden al d7 postdestete. Con respecto a las UFC de bacterias anaeróbicas en el estómago, el diformato de potasio redujo significativamente su población.

# MATERIALES Y MÉTODOS

## 3.1 LOCALIZACIÓN

El presente estudio se realizó en la Unidad Experimental Porcina del Instituto de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma de Baja California, ubicada en el Ejido Nuevo León, Mexicali, B. C.

## 3.2 ANIMALES Y MANEJO

Se utilizaron 126 lechones cruzados (Landrace/Duroc) ambos sexos, obtenidos inmediatamente después del destete a  $28 \pm 2$  d de edad. Los cerdos se alojaron en jaulas (1.1 × 1.5 m) con piso elevado y plastificado, equipados con comedero de acero inoxidable de cuatro bocas y bebedero automático tipo chupón de baja presión. La unidad de destete está equipada con calefactores eléctricos de resistencia para mantener temperatura de confort para la edad de los animales (30 a 32°C). El estudio consistió en tres experimentos principales, en el primer experimento (Exp. 1) se ofreció dieta base trigo-pasta de soya-harina de pescado

y en el segundo experimento (Exp. 2) y tercer experimento (Exp. 3) se ofreció dieta base trigo-pasta de soya-harina de carne y hueso; en ambos casos se cubrió con el requerimiento nutricional para cerdos de 5 a 10 kg de peso recomendado por NRC de 1998 (23% PC, 3,265 kcal/ kg de ED y 1.35% Lis en base total).

El agua y el alimento se ofrecieron *ad libitum*. Cabe mencionar que el agua que se les proporciono no pasó por ningún tipo de tratamiento de cloración, por lo que se analizó su contenido de *E-coli* y Coliformes presentes en el d0 y d3.

En el Exp. 1, se utilizaron 60 lechones con peso inicial promedio de  $7.71 \pm 1.6$  kg y en el Exp. 2 se utilizaron 42 lechones con peso inicial promedio de  $8.97 \pm 1.7$  kg, en ambos casos se distribuyeron 3 lechones por corral (peso similar, camada distinta, ambos sexos) evaluándose un total de 48 corrales en el estudio.

Se tomaron pesos semanales de cada animal para determinar GDP y EA. Para la determinación de CDA, el peso del comedero se tomó diariamente. Para determinar la Incidencia de diarreas, se realizó una evaluación visual en base a una escala visual de diariamente a las 7:30 am, por la misma persona consistencia de las heces: 0 = heces firmes, 1 = heces blandas, 2 = heces aguadas, y 3 = diarrea líquida.

El Exp. 3 se realizó bajo condiciones similares al Exp. 1 y 2, se obtuvieron un total de 24 lechones cruzados (Landrace/Duroc) ambos sexos, se sacrificaron 4 lechones (peso similar, camada distinta, ambos sexos) para evaluar en cada uno de los días postdestete (0, 3, 5, 7, 10 y 14) para toma de muestras de digesta y del

tracto digestivo. de realizar cultivo de bacterias Coliformes y *E-coli* en la digesta, medir el pH y registrar los pesos de estómago e intestino delgado.

### **3.4 MUESTRAS DE CONTENIDO INTESTINAL Y PH.**

Se tomaron muestras de digesta de 4 secciones del tracto gastrointestinal: estómago, duodeno, yeyuno e íleon. Las muestras se colocaron en vasos estériles, del estómago se tomaron alrededor de 40 ml de digesta y 10 ml del intestino delgado aproximadamente. Las muestras se colocaron inmediatamente en hielo para su posterior análisis de laboratorio (Opapeju *et al.* 2009). Para la toma de pH, se colocaron aproximadamente 5 ml de muestra en vasos desechables y se procedió a realizar la medición, para ello se ocupó un potenciómetro marca Thermo científico modelo Orion 3 estrellas.

### **3.5 CULTIVO DE BACTERIAS**

Para el cultivo de bacterias *E-coli* y Coliformes totales se utilizó el kit comercial de ColiBlue 24 de Millipore, y se estandarizó a 2 diluciones, el filtrado se realizó de acuerdo al fabricante. De las muestras colectadas de la digesta, se tomaron 2 ml los cuales se diluyeron en 200 ml de agua destilada estéril, se dejó reposar 10 min y se realizó una segunda dilución, donde se tomó 1 ml y se diluyo

en 10 ml de agua destilada estéril, posteriormente se filtraron los 10 ml en los monitores del kit en una bomba de vacío, después se colocó por encima la ampolla con el medio de cultivo y se esperó a que se absorbiera un poco el medio de cultivo y se realizó un segundo filtrado para retirar el exceso de medio de cultivo. Se retiró el embudo del monitor, se tapó y se colocó de manera vertical. La incubación se realizó a 30° C en 24 hr. El conteo de colonias se hizo con ayuda de un microscopio estereoscópico para mayor precisión.

### **3.6 VARIABLES EVALUADAS**

Las variables de respuesta evaluadas fueron: consumo diario de alimento (CDA), incidencia diaria de diarrea (ID) (consistencia de las heces: 0 = heces firmes, 1 = heces blandas, 2 = heces aguadas, y 3 = diarrea líquida, Ball and Aherne, 1987), ganancia diaria de peso (GDP) y eficiencia alimenticia (EA) estas últimas dos variables calculadas semanalmente mediante el registro del peso vivo (PV) individual y el consumo de alimento por corral, pesando diariamente los comederos. Los datos de las variables CDA e ID fueron sujetos a análisis de regresión (lineal, cuadrática y cúbica) utilizando el programa estadístico SAS (SAS Inst., Inc., Cary, NC) a nivel de significancia de  $P < 0.05$ . Con los datos obtenidos en el experimento 3, se realizaron contrastes en los siguientes días: d0 vs d3; d0 vs d5; d0 vs d7; d0 vs d10 y d0 vs d14. Utilizando el programa estadístico SAS (SAS Inst., Inc., Cary, NC).

# RESULTADOS Y DISCUSIÓN

## 4.1 COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO

En las Fig. 4 y 5, se muestran el comportamiento productivo observado durante el periodo experimental del experimento 1 y 2 respectivamente. Se puede observar un comportamiento lineal positivo durante las tres semanas postdestete. En un experimento realizado por Arnaiz *et al.* (2009), con el objetivo de evaluar el desempeño de lechones destetados de 21 d de edad, los alimentaron con dietas a base maíz-pasta de soya con 3250 kcal de energía metabolizable, 21% de PC y 1.5% de lisina total, evaluaron comportamiento productivo en de 1-14 d postdestete). Los valores registrados en GDP y CDA fueron de 321 y 378 g, respectivamente; los valores obtenidos por estos investigadores para GDP y CDA fueron 85.54 y 38.46 %, mayores, respectivamente, que los obtenidos en el experimento 1 y comparado con el experimento 2, 32 y 12.76 % mayores, respectivamente. Esto pudo ser debido al uso de ingredientes de mayor calidad y gustosidad como: soya micronizada, gluten de maíz, suero de leche y azúcar refinada de caña y con mayor contenido de lisina.



En un estudio realizado por Kiarie *et al.* (2011), en lechones destetados a 21 d de edad, alimentados con maíz-trigo-pasta de soya-suero de leche y harina de pescado, con 3793 kcal/kg de energía digestible, 23.3 % de PC y 1.56 % de lisina total. Los valores registrados en la GDP y CDA fueron de 117 y 165 g, respectivamente; dichos valores obtenidos por estos investigadores, para GDP y CDA fueron 277.42 y 3.12%, mayores, respectivamente, que los obtenidos en el experimento 1 y comparado con el Exp. 2, el CDA fue 34.52 % menor y en la GDP fue 31.58 % menor que el observado en el presente experimento.

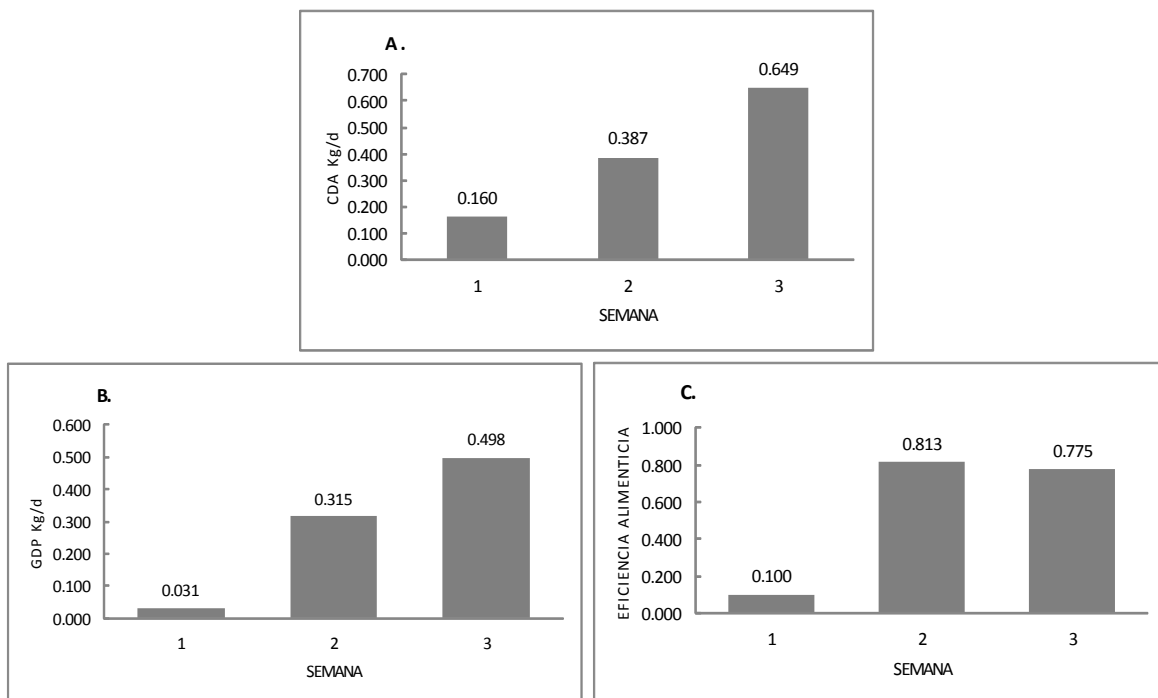


Figura 4. Comportamiento productivo Exp. 1

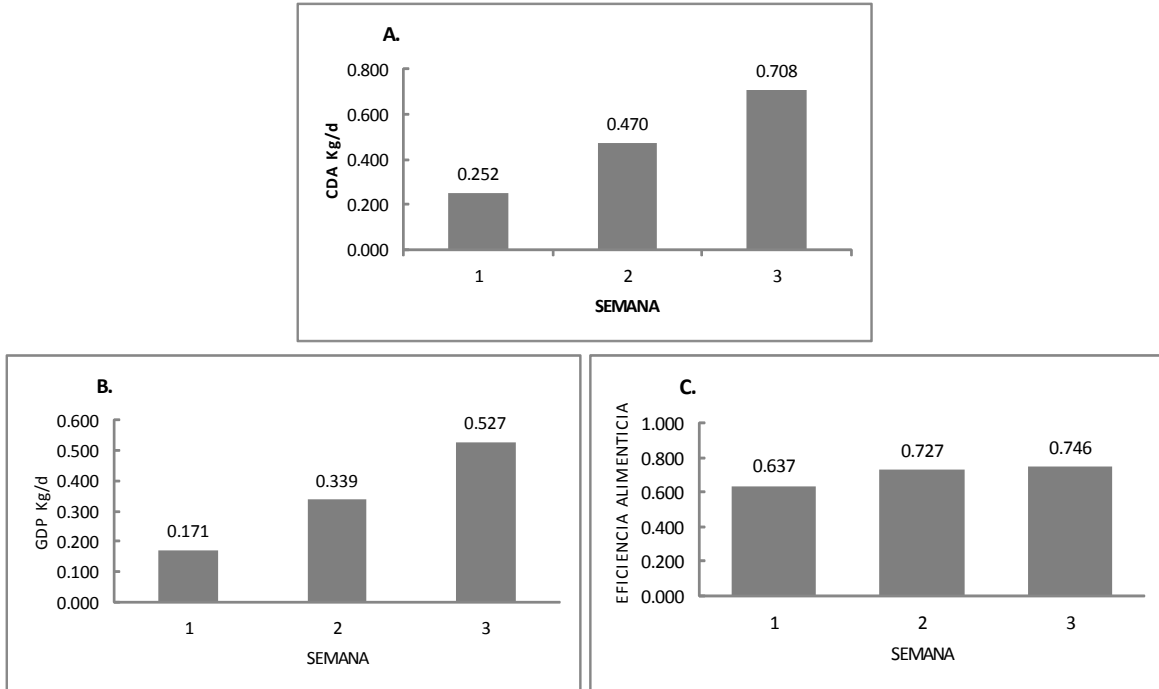


Figura 5. Comportamiento productivo Exp. 2.

En la Fig. 6, se muestran los datos observados y estimados del consumo diario de alimento durante los 21 días del experimento 1, en ella se observa una tendencia lineal ( $P < .0001$ ,  $r^2 = 0.6504$ ). En la primera semana el CDA promedio fue de 160 g, en lo que equivale a 500 kcal de EM cercano al requerimiento de energía de mantenimiento (350 kcal EM por día), lo que podría explicar la poca ganancia de peso en la primera semana. La segunda y tercera semana se incrementó el CDA en 253 y 407%, respectivamente. Alcanzando un consumo normal al recomendado por NRC (1998).

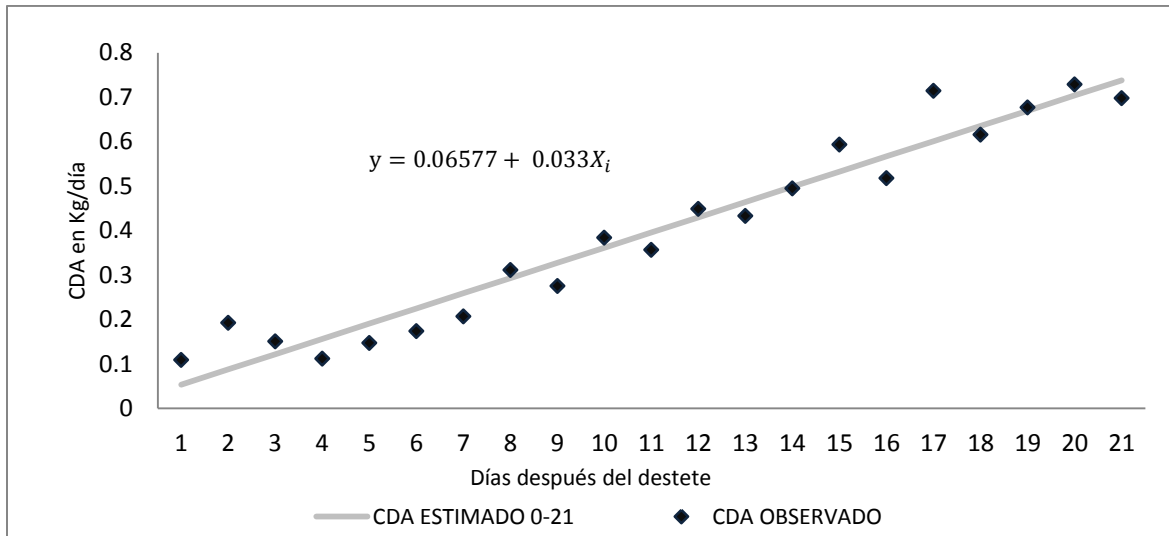


Figura 6. Regresión Lineal de CDA correspondiente al Exp. 1.

En la Fig. 7 se presentan los datos observados y estimados del CDA del Exp. 2. Se observa un incremento del consumo con respecto a los días (tendencia lineal  $P < .0001$ ,  $r^2 = 0.6612$ ). Se registró un CDA de 252, 470 y 708 g, en la primera, segunda y tercer semana respectivamente, que corresponde a un incremento del 62, 84 y 90% en comparación al CDA de las mismas semanas en el Exp. 1, por lo que se observa un mejor CDA con la utilización de la dieta con harina de carne y hueso del Exp. 2 que con la utilización de harina pescado del experimento 1.

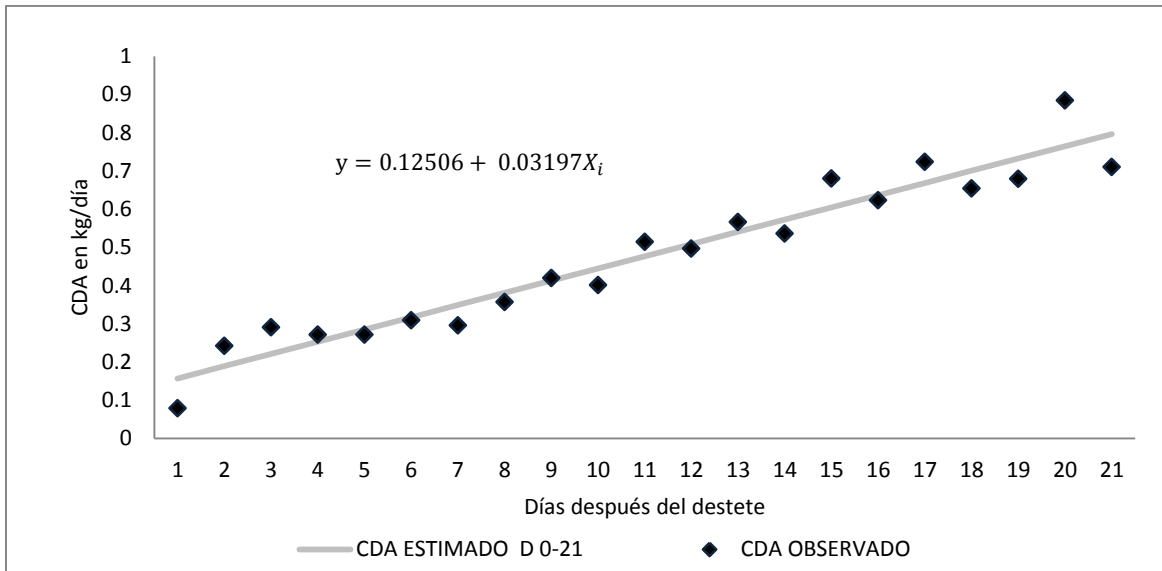


Figura 7. Regresión Lineal de CDA correspondiente al Exp. 2

## 4.2 INCIDENCIA DE DIARREAS

Con respecto a la determinación de la consistencia de las heces se realizaron análisis de regresión por semana con los datos obtenidos de la evaluación visual del Exp. 1 y 2 (Fig. 8 y 9). En la semana uno postdestete se observa un tendencia lineal positiva ( $P < .0001$ ) en la consistencia de las heces, en donde los valores más altos registrados fueron de 1.55 y 1.29, respectivamente (heces blandas a heces aguadas). En la segunda semana después del destete del experimento 1, se observa que la tendencia fue cuadrática ( $P < .0001$ ), el valor más alto observado fue de 1.5 (d8) y disminuyó a 0.55 (d11), y los últimos días de la semana 2, el promedio fue de 0.78 (heces firmes); en esta semana del

experimento 2, se observa una tendencia lineal negativa ( $P < .0001$ ), donde el valor más alto fue de 1.21 (heces aguadas) y al término de la semana bajo hasta 0.29 (heces blandas). En la tercera semana en el Exp. 1 y 2 no se observa tendencia lineal ( $P=0.9243$  y  $P=0.1662$ , respectivamente), los valores promedios registrados fueron de 0.67 y 0.74, respectivamente (heces blandas).

Durante los dos primeros días postdestete, se observaron heces firmes; el periodo crítico fue del d5 al d10, en el Exp. 1 y 2, donde se registraron las diarreas más severas (heces con consistencia de blandas a aguadas) de todo el periodo de experimentación.

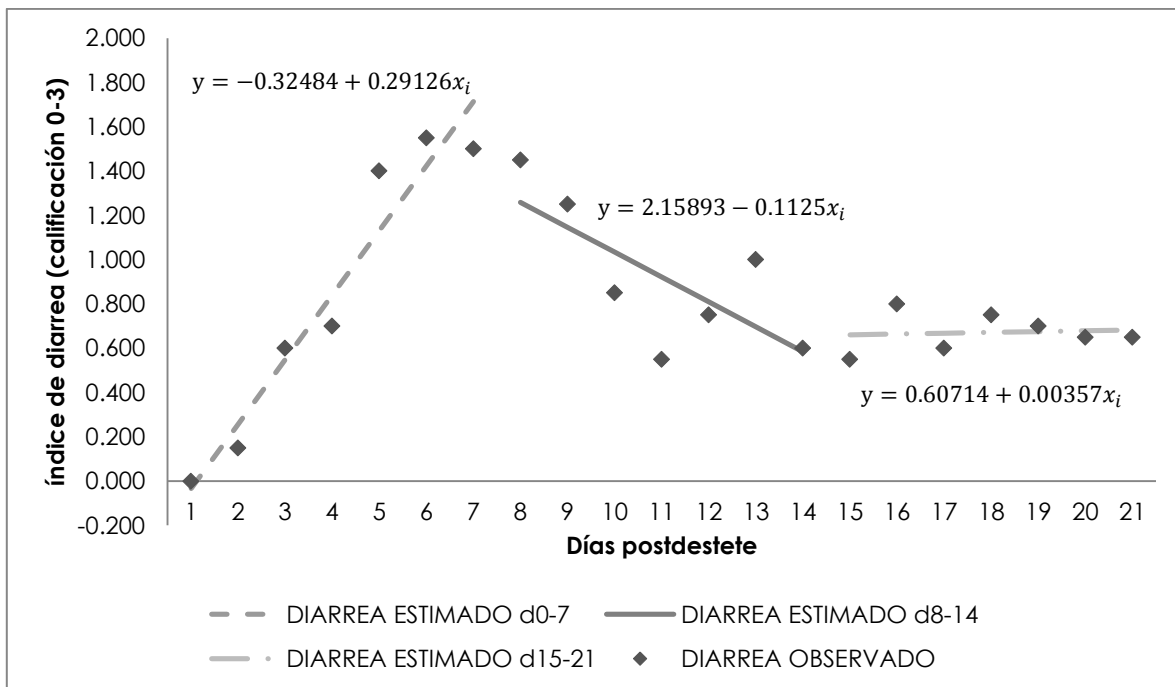


Figura 8. Diarrea estimada y observada, Exp. 1

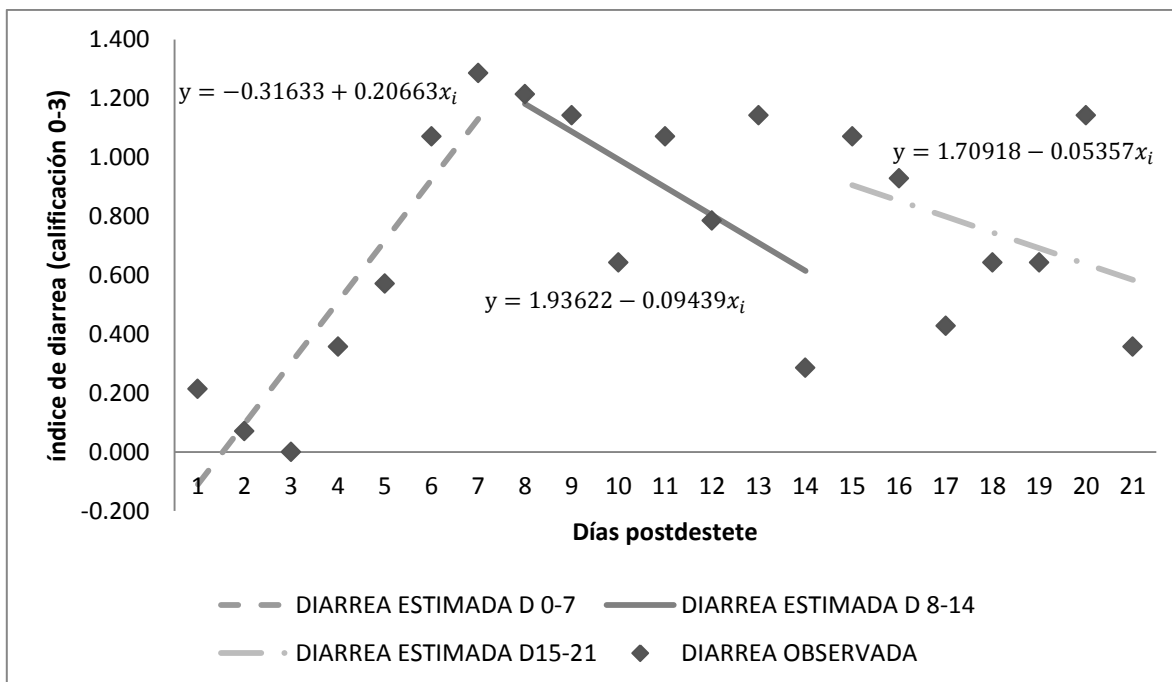


Figura 9. Diarrea estimada y observada, Exp. 2

Heo *et al.* (2009), alimentaron lechones destetados a 21 d de edad con dietas con niveles alto y bajo de PC (24 y 28%) y se retaron con la cepa *E. coli*, los lechones alimentados con la dieta alta en PC, observaron que el periodo crítico de incidencia de diarrea fue del d 5 a 10 postdestete. Kiarie *et al.* (2010) evaluaron el índice de diarreas de lechones utilizando la misma escala de valores que en el presente estudio, observaron que el valor más alto de diarreas fue de 2.45, comparando con el presente experimento, se encontró que el valor más alto fue de 1.55. En un experimento donde evaluaron dietas altas en PC en combinación con la calidad de la dieta Wellock *et al.* (2008), observaron que en la dieta alta en proteína con ingredientes de baja calidad en las dos primeras semanas pos destete, en la incidencia de diarreas el valor registrado fue de 2.9 (heces suaves a diarrea media). Sin embargo, no en todos los estudios realizados con lechones destetados se observan incidencias altas de diarreas como en el caso de Sterk *et*

al. (2008), quienes evaluaron los efectos de edulcorantes de alta intensidad en dietas para lechones destetados, con el fin de mejorar el consumo de alimento, observaron que menos del 25% de los lechones evaluados tuvieron heces líquidas.

## 4.3 UNIDADES FORMADORAS DE COLONIAS

### 4.3.1 Análisis de UFC y pH de la digesta, por día.

En el día del destete, considerando como el día 0 del experimento, las condiciones del tracto gastrointestinal del lechón, como el pH y la microflora se consideran óptimas debido a que en este día en su tracto gastrointestinal aún hay restos de leche y sus propiedades (nutrientes altamente digestible, anticuerpos, etc.) que siguen beneficiándolo, además no se han reflejado los efectos del estrés, es por ello que se compara con los resultados obtenidos de los demás días postdestete. En la Fig. 10, se observan las unidades formadoras de colonias (UFC) de los cultivos específicos para Coliformes y *E-coli*, y el pH de la digesta. En el estómago el conteo de *E-coli* fue de 24 UFC, en duodeno y yeyuno fueron de 11 y 33, respectivamente, y la mayor cantidad de UFC de *E-coli* fue de 129 en la sección del íleon. Con respecto al pH se puede ver que los valores fueron de

2.8, 5.6, 6.4, y 7.4 para estómago, duodeno, yeyuno e íleon, respectivamente. Cabe señalar que las UFC encontradas de *E-coli* y Coliformes en el agua que se les ofreció a los lechones fueron de 181 de *E-coli* y 24 UFC de Coliformes.

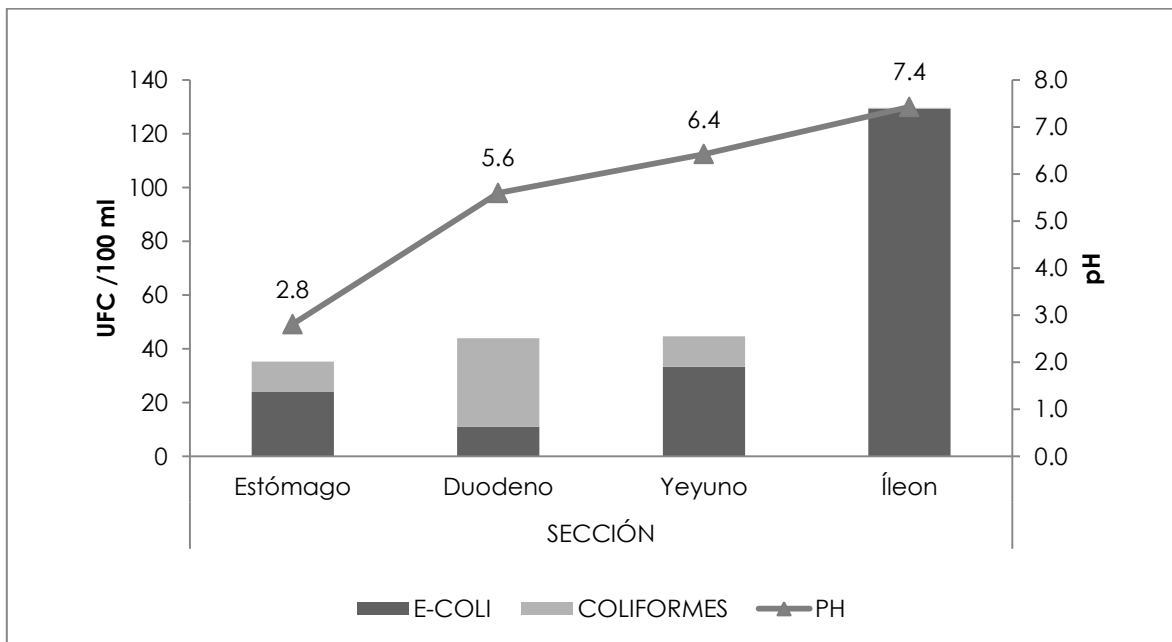


Figura 10. Unidades Formadoras de Colonias y pH, por sección intestinal, correspondientes al día 0 postdestete.

En el día 3 postdestete (Fig. 11) se encontró la mayor cantidad de UFC de *E-coli*, en duodeno e íleon, siendo de 1483 y 1617 respectivamente, en el estómago se contaron 509 UFC y en yeyuno 141 UFC de *E-coli*. En cuanto a las Coliformes, se encontraron 1001 UFC en el estómago, siendo esta sección con la mayor cantidad de ellas, en el duodeno, yeyuno e íleon, de registraron 822, 616 y 554 UFC. El pH registrado en éste día, para el estómago fue de 3.4, duodeno 6.2, yeyuno 6.7 e íleon 7.3.



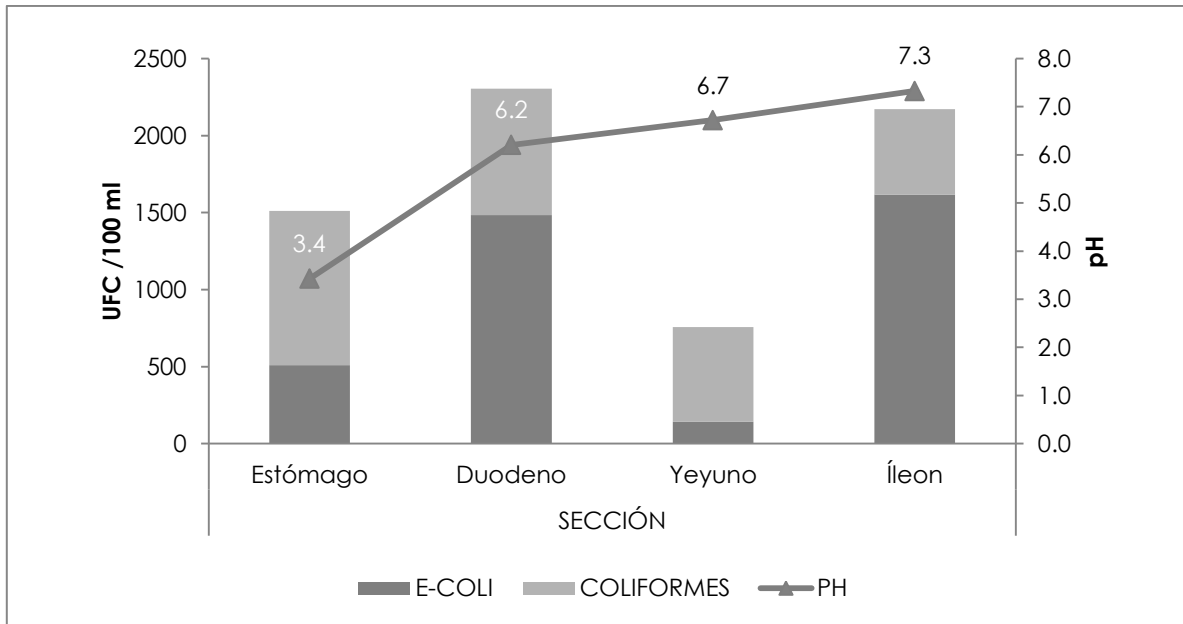


Figura 11. Unidades Formadoras de Colonias y pH, por sección intestinal, correspondientes al día 3 postdestete

En la Fig. 12 se observan los datos registrados en el D5 postdestete, los valores de las Coliformes para todas las secciones fueron menores a 9 UFC; la menor concentración de *E-coli* se registró en el estómago (93 UFC), los conteos más altos de *E-coli*, se observaron en las secciones de duodeno y yeyuno con valores de 1383 y 1420 UFC, respectivamente, en íleon disminuyó alrededor de 1000 UFC con respecto al yeyuno. Con lo que respecta al pH, en el estómago se registró un valor de 2.7 y en el ID se registró un pH de 6.6 en promedio.

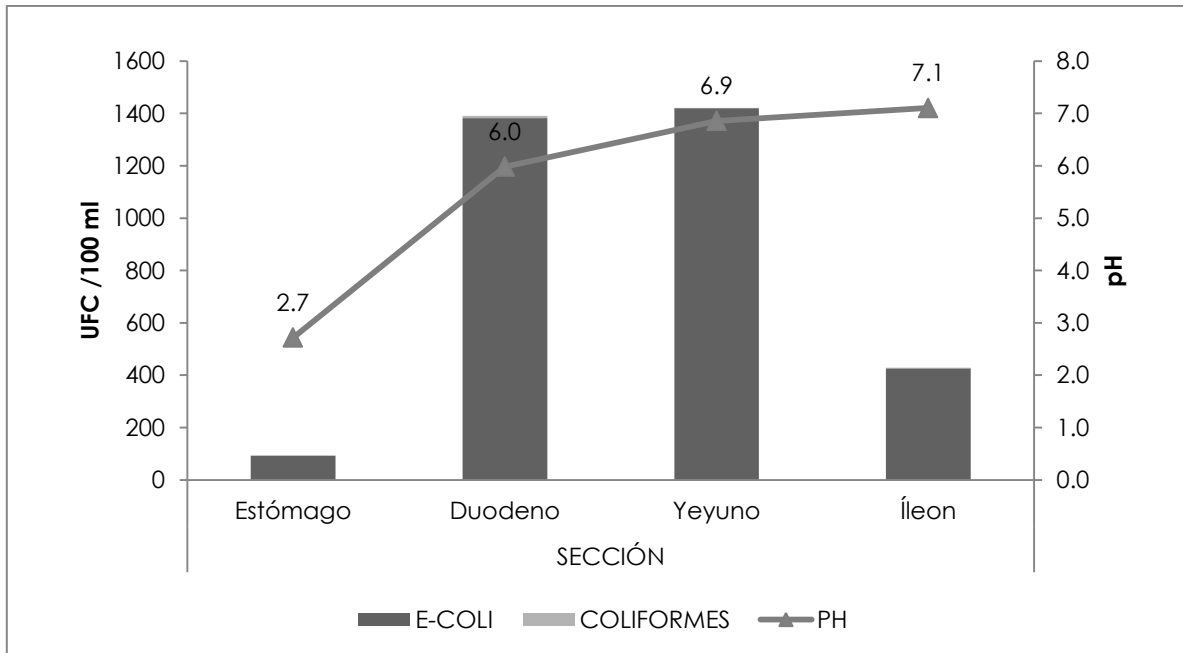


Figura 12. Unidades Formadoras de Colonias y pH, por sección intestinal, correspondientes al día 5 postdestete

En el d 7 postdestete (Fig 13), se observó que la mayor cantidad de UFC (318) de *E-coli*, se presentó en la sección de yeyuno, en el estómago no se registró alguna UFC, en la secciones de duodeno e íleon el conteo de UFC de *E-coli* fue menor a 18. Con respecto al pH los valores que se obtuvieron fueron de 3.2 en estómago, 5.7 en duodeno, 6.6 en yeyuno y 6.7 en íleon.

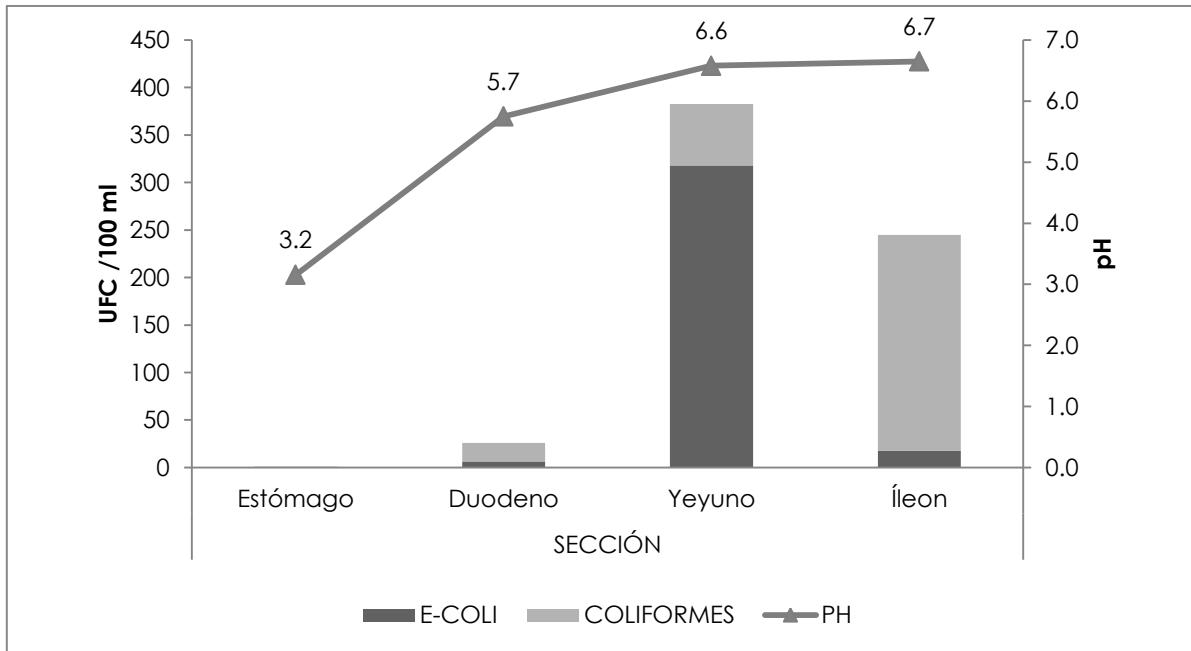


Figura 13. Unidades Formadoras de Colonias y pH, por sección intestinal, correspondientes al día 7 postdestete

En el día 10 postdestete (Fig. 14), tanto en el estómago, como la sección de duodeno, no se encontró UFC de *E-coli*, no obstante en el yeyuno se encontraron 97 UFC y en la sección del íleon se contaron 39 UFC. En cuanto a las Coliformes, se observaron menos de 8 UFC en el estómago y duodeno, sin embargo, en la sección de yeyuno se encontraron 269 UFC y en la última sección del intestino delgado (íleon), se contaron 87 UFC. Con respecto al pH observado en este día, se registraron los siguientes valores, en estómago 3.3, en el duodeno 5.5, en yeyuno 6.9 y finalmente en el íleon 7.5.

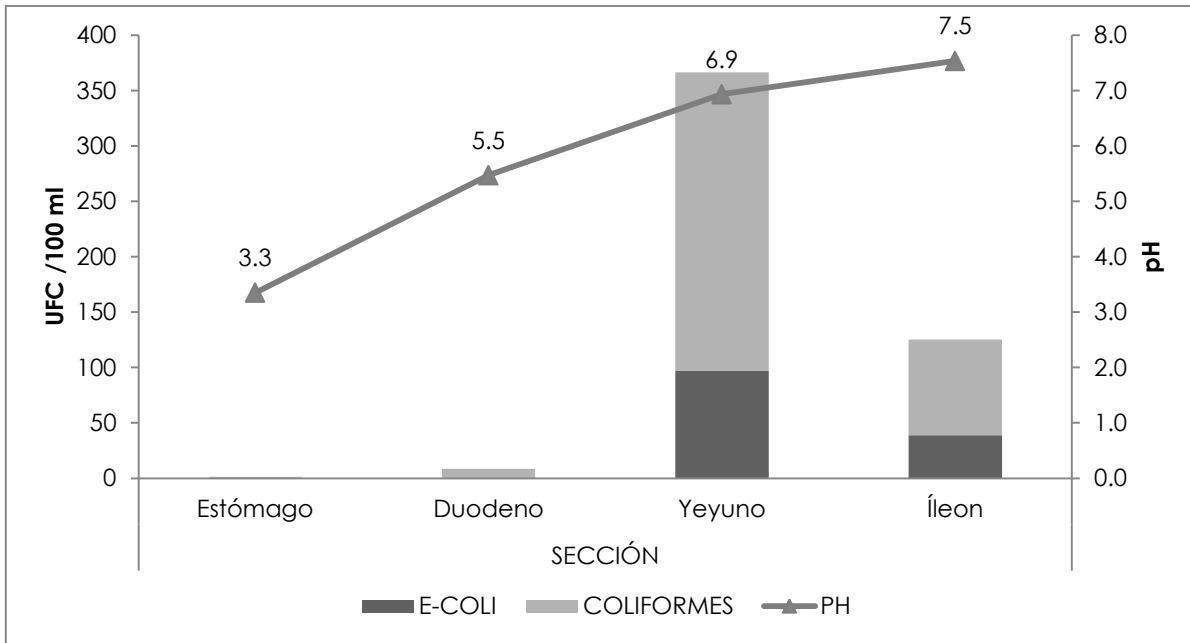


Figura 14. Unidades Formadoras de Colonias y pH, por sección intestinal, correspondientes al día 10 postdestete

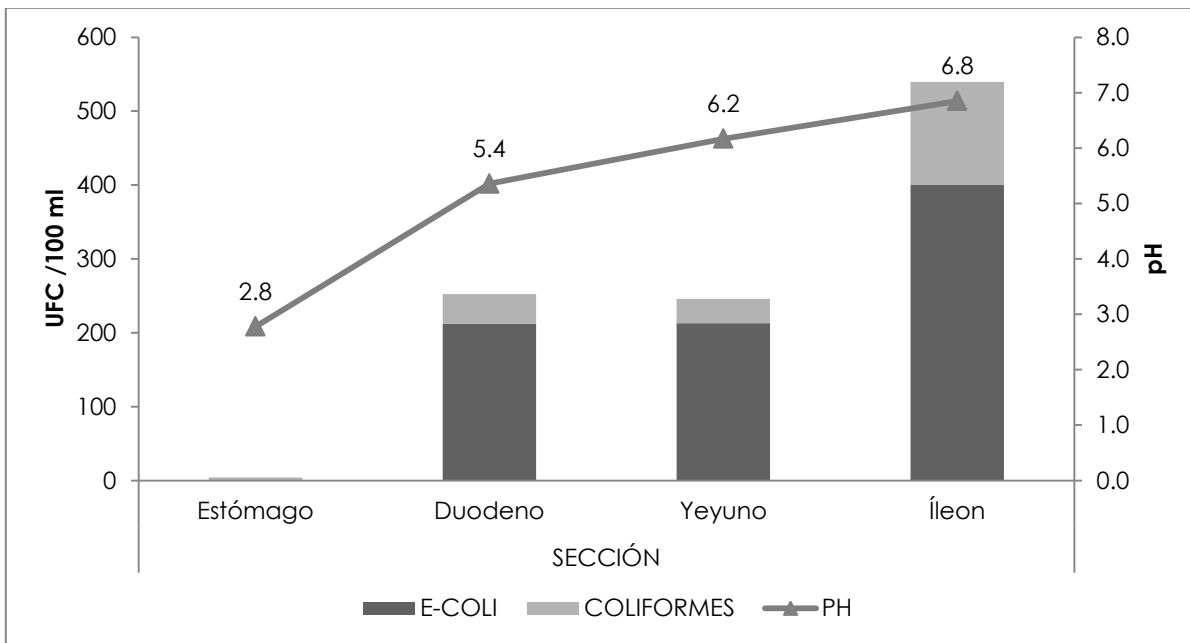


Figura 15. Unidades Formadoras de Colonias y pH, por sección intestinal, correspondientes al día 14 postdestete

En este día 14 postdestete (Fig. 14), se encontró que las UFC de *E-coli* incrementaron de cero, a 200 y 400 en el estómago, duodeno-yeyuno e íleon,

respectivamente. Para las Coliformes, se observó un incremento con respecto al estómago de 34 UFC en duodeno-yeyuno y en íleon de 136 en 100 ml de disolución. El valor de pH en el estómago fue 2.8 y fue incrementando a lo largo del TGI hasta 6.8 en íleon (Exp. 3).

#### 4.3.2 Análisis de UFC por sección

En el cuadro 1, se muestran los contrastes realizados para los diferentes días de experimentación en las diferentes secciones del TGI (Exp 3).

Cuadro 1. Contrastes realizados en las diferentes secciones del tracto gastrointestinal (Exp. 3).

		Contraste	P
<b>Estómago</b>	Coliformes	d0 vs d3	0.0016
	Coliformes Totales	d0 vs d3	0.0028
<b>Duodeno</b>	Coliformes Totales	d0 vs d3	0.0439
	Coliformes	d0 vs d3	0.0227
	pH	d0 vs d5	0.0428
<b>Íleon</b>	<i>E-coli</i>	d0 vs d3	0.0171
	Coliformes Totales	d0 vs d3	0.0123
	pH	d0 vs d7	0.0212
<b>Peso</b>	Intestino	d0 vs d10	0.0014
		d0 vs d14	<.0001
	Estómago	d0 vs d10	<.0001

En la Fig. 16, podemos observar que solo en el d3 postdestete fue en el que las UFC estuvieron con valores por encima de las 1500, para Coliformes totales en el estómago, comparado con el d 0 (P=0.0028). En lo que respecta al pH en este

órgano, los valores registrados fueron similares en los diferentes días evaluados (P=0.4836).

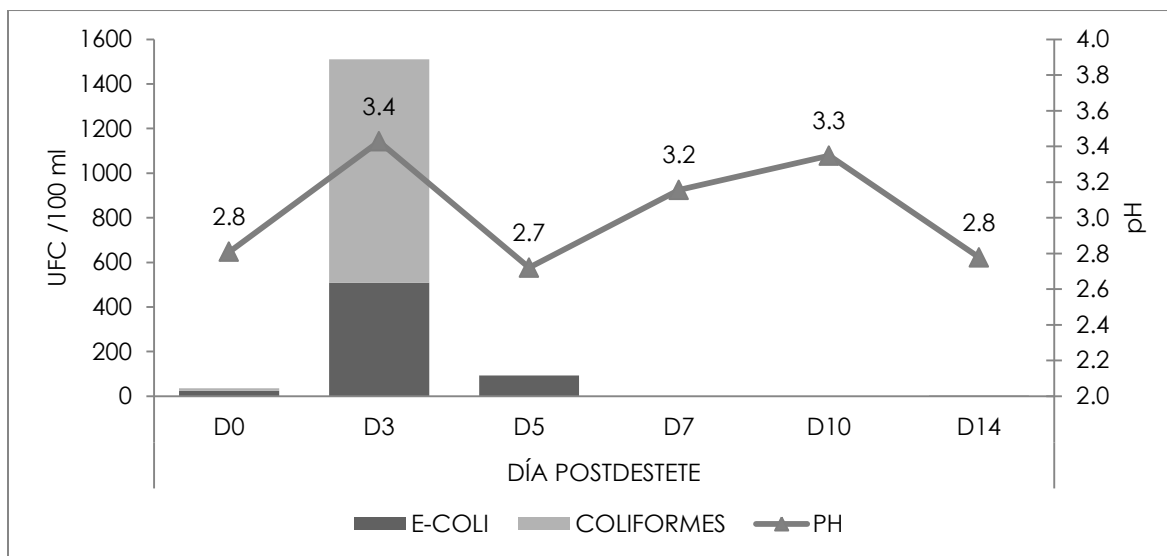


Figura 16. Unidades Formadoras de Colonias y pH, por día de sacrificio, correspondientes al estómago

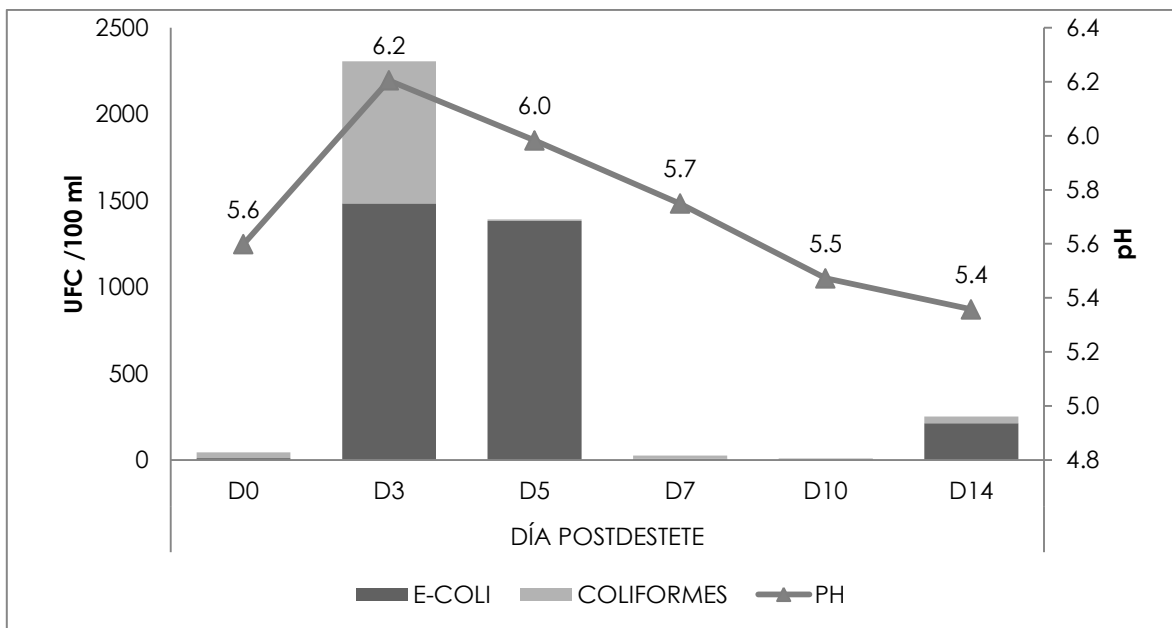


Figura 17. Unidades Formadoras de Colonias y pH, por día de sacrificio, correspondientes a la sección de Duodeno (Intestino delgado).

En el Exp. 3, en la primera sección del Intestino Delgado (Fig. 17), se encontró significativo ( $P=0.0439$ ) el contraste realizado para Coliformes Totales, comparando el d0 vs d3. En el d3 se observó un incremento de 44 a 2305 UFC en el conteo de Coliformes Totales. Por otra parte el pH fue similar en los diferentes días de muestreo.

En la Fig. 18 (Exp 3), se observa que en el Yeyuno, las UFC de Coliformes se incrementa de 20 en el d0 a 750 en el d3 ( $P=0.0439$ ). En lo que respecta al pH en los primeros cinco días paso de 6.4 a 6.9 ( $P=0.0428$ ).

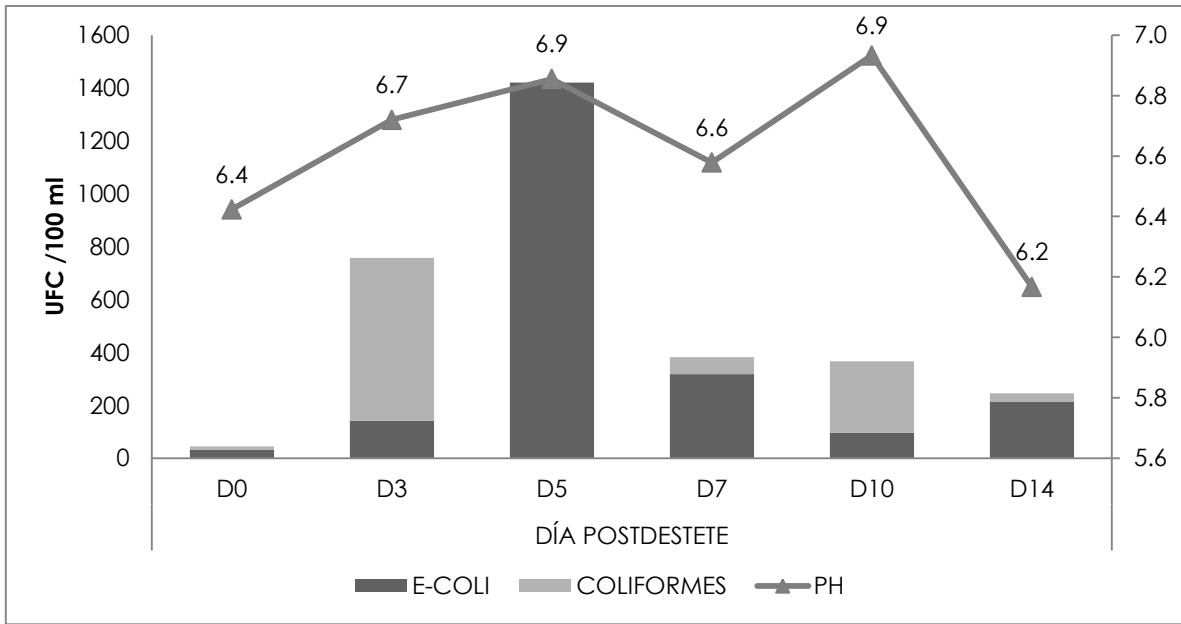


Figura 18. Unidades Formadoras de Colonias y pH, por día de sacrificio, correspondientes a la sección de Yeyuno (Intestino delgado).

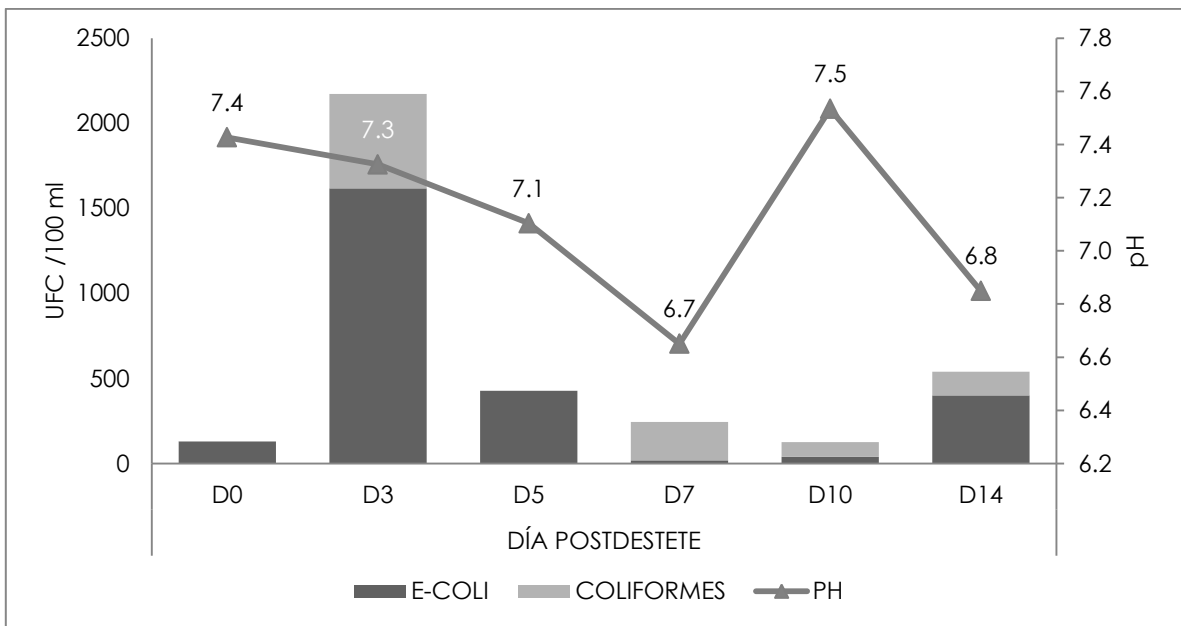


Figura 19. Unidades Formadoras de Colonias y pH, por día de sacrificio, correspondientes a la sección de Íleon (Intestino delgado).



En el Íleon (Fig. 19) (Exp. 3), las unidades formadoras de colonias para *E. coli* se incrementaron en 12.54 veces su valor en el d3 (contraste d0 vs d3,  $P=0.0171$ ), de igual manera el conteo de Coliformes totales se incrementó en 16.7 veces con respecto al d0 (contraste d0 vs d3,  $P=0.0123$ ). El pH registrado en esta sección del intestino delgado, se redujo de 7.4 a 6.7 en la primer semana postdestete (contraste d0 vs d7,  $P=0.0212$ ).

Nyachoti *et al.* (2012), en la aplicación de suplementar dietas maíz-trigo-pasta de soya e ingredientes de origen animal altamente digestibles con lisozimas, en lechones destetados de 17 d de edad, encontró valores de pH de 6.79 en promedio en el contenido de la digesta ileal.

En un experimento en el que determinaron el efecto de la suplementación de dietas base trigo, suplementaron con xilanas y fosfolipasa, Diebold *et al.* (2004), midieron el pH ileal de 16 lechones destetados de 11 d de edad, adaptado con cánula en íleon terminal. Los valores registrados oscilaron entre 6.92 a 7.17, muy parecidos a los registrados en el presente experimento.

#### **4.4 PESOS DE INTESTINO DELGADO Y ESTÓMAGO**

El peso del intestino y del estómago (Fig. 20) se incrementó a partir del día 10 ( $P <.0001$ , contraste d0 vs d10, d14). En la primera semana postdestete el estómago e intestino no se observó aumento en el peso. Esto puede ser debido a

que el consumo de alimento fue muy cercano al mantenimiento (88 g/día). A partir del d10 se observa un aumento de 36.6 g en estómago y de 209 g en ID, comparado con el d0. Comparando con el presente trabajo se encontraron pesos similares en ambos órganos en un trabajo realizado por Reis de Souza *et al.* (2007), quienes llevaron a cabo un experimento con el fin de evaluar el desarrollo del sistema gastrointestinal de lechones destetados de 17d de edad, alimentados con dietas a base de concentrado y de aislado de proteína de soya solo o combinado con suero de leche. De los resultados obtenidos, los pesos en promedio alcanzados en los tratamientos fueron de 56 g en el estómago y 347 g en el ID, a la cuarta semana postdestete.

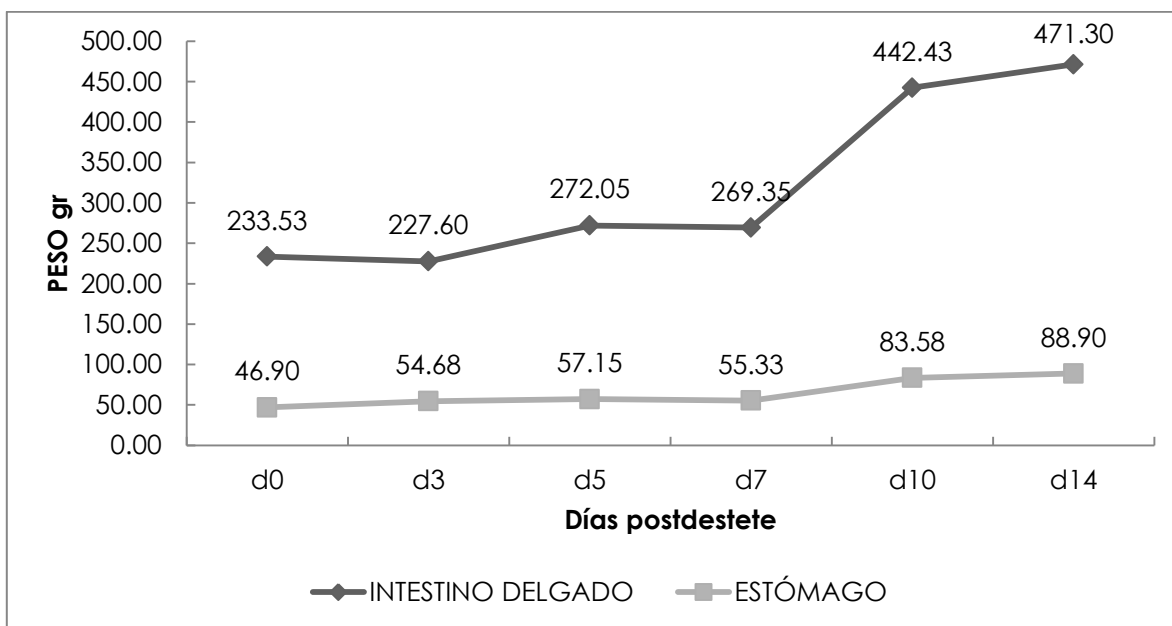


Figura 20. Pesos de estómago e intestino por día de sacrificio postdestete

## CONCLUSIONES

Bajo condiciones de una granja semitécnica se concluye que el CDA en la primera semana postdestete es determinante para un mejor desempeño en las semanas posteriores; la inclusión de harina de pescado en la dieta afectó el CDA en la primer semana postdestete, para evitar lo anterior se debe de utilizar ingredientes proteicos de buena calidad y agradables al paladar de los lechones; el CDA por lechón, en la primer semana postdestete debe ser de alrededor de 120 g para mantener el peso vivo, pero existe el potencial de triplicar ese valor y obtener una EA cercana a 0.70; en la segunda semana postdestete se alcanzó una EA adecuada, por encima del 0.72, lo que indica que el TGI del lechón tarda una semana en adaptarse a la dieta completamente sólida y/o al estrés del destete; a partir del d 7 postdestete se observó un aumento de peso, significativamente mayor, del estómago e intestino delgado en comparación con el d 0. En el d 3 postdestete se registraron los valores más altos de UFC de *E-coli* y Coliformes totales en las diferentes secciones del tracto gastrointestinal, en este día se deben implementar estrategias que limiten la proliferación de enteropatógenos, lo cual podría reflejarse en una disminución de la incidencia de

diarrea, cuyo periodo crítico se observó entre los d 5 y 10 postdestete en el presente estudio.

## BLOGRAFÍA CITADA

- Aguilera B. A, Souza RTC, Mariscal LG, Juárez GY. 2003. Desarrollo de los órganos digestivos hasta la cuarta semana posdestete en lechones alimentados con subproductos lácteos. Memorias del XI Congreso de la AMENA y I del CLANA. Cancún, Quintana Roo, México. Pp 18-33.
- Allee G.L. y Touchette K.J. 1999. Efectos de la nutrición sobre la salud intestinal y el crecimiento de lechones. XV Curso de Especialización Avances en Nutrición y Alimentación Animal (FEDNA). 19 pp. Madrid, España.
- Arnaiz V., Ribeiro L. M. A., Kessler M. A., Raber M. y Kuana S. 2009. Efecto del peso al destete, temperatura ambiental y energía metabolizable del pienso en lechones recién destetados. Revista Brasileña de Ciencias Agrarias. Vol 4 ( 4). pp 472-478
- Barszcz M. and Skomial J. 2011. The development of the small intestine of piglets. Chosen aspect. Journal of Animal and Feed Sciences. Vol 20. pp 3–15.
- Beers-Schreurs van Hetty M. G, Nabuurs Marius J. A., Vellenga Liebe, Kalsbeek-van Hilda J. der Valk, Wensing Theo and Breukink Hendrik J. 1998. Weaning and the Weanling Diet Influence the Villous Height and Crypt Depth in the Small Intestine of Pigs and Alter the Concentrations of Short-Chain Fatty Acids in the Large Intestine and Blood. Journal Nutrition. Vol 128: 947 – 953.

- Berkeveld M., Langendijk P., Soede N. M., Kemp B., Taverne M. A. M., Verheijden J. H. M., Kuijken N. and Koets A. P. 2009. Improving adaptation to weaning: Effect of intermittent suckling regimens on piglet feed intake, growth, and gut characteristics. *Journal of Animal Science*. Vol. 87. pp 3156-3166.
- Bikker P., Dirkzwager A., Fledderus J., Trevisi P., Huërou-Luron I. le, Lallès J. P. and Awati A.. 2006. The effect of dietary protein and fermentable carbohydrates levels on growth performance and intestinal characteristics in newly weaned piglets. . *Journal Animal Science*. 84:3337-3345.
- Canibe N., Steien S. H., Øverland M. and Jensen B. B. 2001. Effect of K-diformate in starter diets on acidity, microbiota, and the amount of organic acids in the digestive tract of piglets, and on gastric alterations. *Journal of Animal Science*. Vol. 79:2123–2133.
- Diebold G., Mosenthin R., Piepho H.-P. and Sauer W. C. 2004. Effect of supplementation of xylanase and phospholipase to a wheat-based diet for weanling pigs on nutrient digestibility and concentrations of microbial metabolites in ileal digesta and feces. *Journal of Animal Science*. Vol 82:2647-2656.
- Fairbrother John M., Nadeau Eric and Gyle Carlton L. 2005. *Escherichia coli* in postweaning diarrhea in pigs: an update on bacterial types, pathogenesis, and prevention strategies. *Animal Health Research Reviews*. Vol 6(1). Pp. 17–39.
- Gómez I. A. S., Vergara D. y Argote F. 2008. Efecto de la dieta y edad del destete sobre la fisiología digestiva del lechón., *Facultad de ciencias agropecuarias* vol 6-1.

- Heo J. M., Kim J. C., Hansen C. F., Mullan B. P., Hampson D. J. and Pluske J. R.. 2009. Feeding a diet with decreased protein content reduces indices of protein fermentation and the incidence of postweaning diarrhea in weaned pigs challenged with an enterotoxigenic strain of *Escherichia coli*. J ANIM SCI 87:2833-2843.
- Kiarie E., Bhandari S., Scott M., Krause D. O. and Nyachoti C. M. 2011. Growth performance and gastrointestinal microbial ecology responses of piglets receiving *Saccharomyces cerevisiae* fermentation products after an oral challenge with *Escherichia coli* (K88). Journal of Animal Science. Vol 89. Pp 1062-1078.
- Lewis A. J. and Southern L. L. 2010. Swine Nutrition. Segunda Edición. CRC PressINC. United States of America. Segunda edición Pp 1009.
- Medel P., Latorre M<sup>a</sup> A. y Mateos G.G. 1999. Nutrición y alimentación de lechones destetados precozmente. XV Curso de Especialización Avances en Nutrición y Alimentación Animal (FEDNA). 19 pp. Madrid, España. Pp. 145-196.
- Nyachoti C. M., Kiarie E., Bhandari S. K., Zhang G., and Krause D. O. 2012. Weaned pig responses to *Escherichia coli* (K88) oral challenge when receiving a lysozyme supplement. Journal of Animal Science. Vol 90. Pp252-260.
- Opapeju F. O., Krause D. O., Payne R. L., Rademacher M. and Nyachoti C. M. 2009. Effect of dietary protein level on growth performance, indicators of enteric health, and gastrointestinal microbial ecology of weaned pigs

induced with postweaning colibacillosis. *Journal Animal Science*. 87:2635-2643.

Pluske J. R., Hopwood D. E. y Hampson D. J. 2003. Relación entre la microbiótica 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*. XIX Curso de especialización FEDNA. Madrid. pp 93-108.

Reis de Souza T.C., Aguilera M.A.B., Mariscal G.L. y Guerrero M. J. C. 2007. Morfología del tracto digestivo de lechones alimentados con proteínas de soya aislada o concentrada. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*. Asociación Latinoamericana de Producción Animal. Vol. 15, Núm. 4: 139-146.

Reis de Souza T. C., Guerrero, C. M. J, Aguilera, A. B. y Mariscal, L. G. 2005. Efecto de diferentes cereales sobre la morfología intestinal de lechones recién destetados. *Técnica Pecuaria México*. Vol 43(3): pp 309-321.

Reis de Souza T. C., Guerrero C. M. de J., Barreyro A. A. y Landín G. M. 2009. Efecto de diferentes cereales sobre la morfología intestinal de lechones recién destetados. *Técnica Pecuaria México*. Vol 43 (3): 309-321.

Reis de Souza Tércia Cesária, Landín Mariscal Gerardo y García Escobar Konisgmar. 2010. Algunos factores fisiológicos y nutricionales que afectan la incidencia de diarreas postdestete en lechones. *Veterinaria México*, vol. 41 (4). Pp. 275-288.

Sanz Y., Collado M.C. y Dalmau J. 2006. Contribución de la microbiota intestinal y del género *Bifidobacterium* a los mecanismos de defensa del huésped



- frente a patógenos gastrointestinales. *Acta Pediátrica Española* (Ediciones Mayo). 2006; vol 64. pp 74-78.
- SAS. 1990. *SAS/STAT User's Guide* (Release 6.03). SAS Inst. Inc., Cary, NC
- Sterk A., Schlegel P., Mul A. Ubbink-Blanksma J., M., and Bruininx E. M. A. M. 2008. Effects of sweeteners on individual feed intake characteristics and performance in group-housed weanling pigs. *Journal of Animal Science*. Vol 86:2990-2997.
- Wellock I. J., Houdijk J. G. M., Miller A. C., Gill B. P. and Kyriazakis I. 2009. The effect of weaner diet protein content and diet quality on the long-term performance of pigs to slaughter. *Journal Animal Science*. 87:1261–1269