

11674



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
MAESTRIA EN CIENCIAS DE LA PRODUCCION Y DE
LA SALUD ANIMAL

**EFFECTO DE LA PASTA DE SOYA SOBRE LA
CAPACIDAD DIGESTIVA DE
LECHONES DESTETADOS Y
CERDOS EN CRECIMIENTO**

T E S I S

PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS

P R E S E N T A

MAYELA DEL ROCIO CORDERO AMARO

ASESOR: DRA. TERCIA CESARIA REIS DE SOUZA

COMITE TUTORAL

DR. GERARDO MARISCAL LANDIN
DR. GERMAN BORBOLLA SOSA

AJUCHITLAN, QUERETARO MEX. 2002

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

HONORABLE JURADO.

PRESIDENTE: Dr. GERARDO MARISCAL LANDIN

SECRETARIO: DR. CARLOS GUSTAVO VASQUEZ PELAEZ

VOCAL: DR. ARTURO GERMAN BORBOLLA SOSA

PRIMER SUPLENTE: MC. ARACELI AGUILERA BARREYRO

SEGUNDO SUPLENTE: DRA. TERCIA CESARIA REIS DE SOUZA

DEDICATORIA

**A TODAS AQUELLAS PERSONAS QUE HICIERON POSIBLE LA
REALIZACION DE ESTE TRABAJO**

**ESPECIALMENTE A MI FAMILIA POR EL CARIÑO Y APOYO
QUE HE RECIBIDO**

GRACIAS POR TODO

AGRADECIMIENTOS

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUATITLAN

CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGIA

**INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES
AGRICOLAS Y PECUARIAS**

**CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACION EN FISIOLOGIA Y
MEJORAMIENTO ANIMAL**

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE QUERETARO

A MI ASESORA

AL HONORABLE JURADO

RESUMEN

Los efectos de la inclusión de diferentes niveles de proteína de pasta de soya (PPS) en la dieta de lechones y de cerdos en crecimiento, sobre la digestibilidad ileal aparente (Dla) y verdadera (Div) de la proteína fueron evaluados. Se utilizaron 24 lechones destetados a los 17 días con un peso de 6.2 ± 0.6 kg, canulados a los 21 días de edad. Las dietas contenían 0 (control), 20, 40 y 60% de PPS. Se encontró una mejor Dla de la materia seca ($P < 0.001$) y de la proteína cruda ($P < 0.01$) para la dieta control, seguida de la dieta con 20 % de PPS. Para la Div si hubo diferencias entre los niveles 0 y 20%, en relación a los niveles 40 y 60% de PPS ($P < 0.01$) (100, 97.2 vs 93.1, 93.4, respectivamente). La Dla y la Div de la pasta de soya fueron 78.4 y 95.6%, respectivamente. En el experimento dos, se utilizaron 20 cerdos canulados con 43.5 ± 0.7 kg., de los cuales cuatro nunca consumieron pasta de soya (0% PPS); 12 tuvieron su primer contacto con la pasta de soya solamente durante el periodo experimental (33, 66 y 100% de PPS) y cuatro consumieron dietas con pasta de soya desde el destete y durante el experimento tuvieron una dieta con 100 % de PPS. Las dietas con 0 y 33% de PPS tuvieron mejor Dla de la materia seca ($P < 0.001$) y de la proteína cruda ($P < 0.01$); la dieta con 66 % de PPS tuvo una digestibilidad intermedia y para los niveles 100% de PPS se observaron valores menores. La Dla y la Div de la pasta de soya fueron 85 y 92 %, respectivamente. En el experimento tres se estudiaron los efectos de tres niveles (0, 12 y 24%) de pasta de soya (PS) sobre el desarrollo del peso de páncreas e intestino delgado, de las vellosidades intestinales y de la actividad de algunas proteasas pancreáticas, durante los primeros 15 días posdestete. Se utilizaron 54 lechones destetados a los 17 días con un peso de 5.16 ± 0.52 kg., a los cuales se proporcionó una de las dietas con los diferentes niveles de PS. Tres lechones de cada tratamiento fueron sacrificados en los días 0, 2, 5, 8, 11 y 15 posdestete. No se observó un efecto del nivel de PS o de la interacción nivel vs tiempo de sacrificio, sin embargo el efecto tiempo fue significativo para todas las variables estudiadas. El páncreas e intestino tuvieron curvas de crecimiento cuadráticas en relación al tiempo, siendo menor el desarrollo en los cinco primeros días, con un importante incremento entre los días 8 y 15 posdestete. La altura de las vellosidades no varió en función del tiempo. Se observó un aumento en la anchura de las vellosidades del íleon ($P < 0.001$) acompañado de un aumento de la profundidad de las criptas ($P < 0.05$) a partir del octavo día posdestete. Las criptas de duodeno incrementaron en profundidad en la segunda semana posdestete. La actividad de las enzimas no fue influenciada por el nivel de pasta de soya de la dieta, pero se observaron cambios durante el tiempo de estudio.

INDICE GENERAL

	Pagina
Dedicatoria. -----	I
Resumen. -----	VI
Contenido. -----	V
Indice de cuadros. -----	VI
Indice de gráficas y figuras. -----	VIII
1. Introducción. -----	1
2. Revisión de literatura. -----	3
2.1. La soya. -----	3
2.1.1 Factores antinutricionales de la soya. -----	4
2.1.1.1 Factores inhibidores de proteasas. -----	5
2.1.2. Efectos del procesado del grano de soya. -----	6
2.2. Desarrollo de la capacidad digestiva. -----	10
2.2.1. Desarrollo de órganos digestivos. -----	10
2.2.2. Desarrollo del epitelio intestinal. -----	13
2.2.3. Desarrollo de las enzimas pancreáticas. -----	16
2.2.4. Desarrollo de las enzimas intestinales. -----	18
2.3 Adaptación a una dieta sólida. -----	18
2.3.1. Cambios anatómo-fisiológicos del aparato digestivo. -----	20
2.3.1.1. Cambios en las secreciones. -----	20
2.3.1.2. Morfometría. -----	20
2.3.1.3. Digestibilidad. -----	20
2.4. Conclusión. -----	21
3. Objetivo general. -----	22
3.1. Objetivos particulares. -----	22
4. Materiales y métodos. -----	23
4.1. Experimento 1. -----	23
4.2. Experimento 2. -----	28

4.3. Experimento 3.	32
5. Resultados.	36
5.1. Experimento 1.	36
5.2. Experimento 2.	38
5.3. Experimento 3.	40
6. Discusión.	51
7. Conclusión.	56
8. Bibliografía.	57

INDICE DE CUADROS

	Pagina
Cuadro 1. Valor nutritivo de la semilla de soya. -----	4
Cuadro 2. Factores antinutricionales lábiles y estables al calor en semillas de soya. -----	5
Cuadro 3. Efecto de diferentes formas de procesado sobre el valor nutritivo de la soya. -----	8
Cuadro 4. Procesamientos de los subproductos de la soya. -----	9
Cuadro 4.1. Proceso de obtención de concentrados de soya. -----	10
--	
Cuadro 5. Relación del peso de páncreas, estómago e intestino delgado en cerdos lactantes desde el nacimiento y hasta las 6 semanas de edad (g/kg). -----	13
Cuadro 6. Composición centesimal de las dietas del experimento 1.	24
Cuadro 7. Composición centesimal de las dietas del experimento 2.	33
Cuadro 8. Composición centesimal de las dietas del experimento 3.	35
Cuadro 9. Coeficientes de digestibilidad ileal verdadera en lechones alimentados con diferentes niveles de proteína de pasta de soya. -----	39
Cuadro 10. Coeficientes de digestibilidad ileal aparente y verdadera en cerdos en crecimiento alimentados con diferentes niveles de proteína de pasta de soya. -----	41
Cuadro 11. Promedios generales para el peso de órganos digestivos en lechones destetados a 17 días de vida alimentados con niveles crecientes de proteína de pasta de soya (PPS). -----	43

Cuadro 12. Promedios generales del desarrollo para el peso de los órganos digestivos de los 17 a los 32 días de edad. -----	45
Cuadro 13. Promedios generales de la morfometría intestinal de lechones destetados a 17 días de edad alimentados con diferentes niveles de proteína de pasta de soya. -----	47
Cuadro 14. Promedios generales del desarrollo de la morfometría intestinal de los 17 a los 32 días de edad. -----	48
Cuadro 15. Promedios generales de la actividad total y metabólica de las enzimas pancreáticas en lechones destetados a 17 días de vida y alimentados con diferentes niveles de proteína de pasta de soya. -----	50
Cuadro 16. Promedios generales de la actividad total y metabólica de las enzimas pancreáticas de los 17 a los 32 días de edad.	51

INDICE DE FIGURAS Y GRAFICAS

	Pagina
Figura 1. Estructura microscópica del intestino delgado. -----	15
Figura 2. Altura y morfología de las vellosidades del yeyuno en lechones. -----	16
Gráfica 1. Cambio de la actividad enzimática de páncreas en lechones de 0 a 49 días de edad. -----	18
Gráfica 2. Peso absoluto (g) y relativo (g/kg PV) de los órganos digestivos de lechones en función de la edad posdestete. -----	44

1. INTRODUCCION

La soya es de gran importancia en la alimentación del hombre y del ganado por su fácil adaptación a los climas y terrenos diversos así como por la gran variedad de sus productos, subproductos y aplicaciones alimenticias e industriales.

Esta leguminosa originaria de China y Japón, fue introducida en América en los últimos años del siglo XIX.

Es una planta anual de tallos erguidos, con vaina vellosa que contiene de 2 a 4 granos redondos u ovalados que varían mucho en color (blancos, amarillos, rojopardos, verde, negros, jaspeados), pertenece a la familia de las papilionáceas (*Glycine max*), pero a la vez se subdivide en muchas variedades que son cultivadas en diferentes países del mundo, tanto el follaje como el grano son muy ricos en proteína (Ensminger *et al.*, 1990)

El frijol soya por ser una fuente alta en proteína y contribuir al valor nutricional de los alimentos, así como por su bajo precio, es de las fuentes proteicas más usadas para la alimentación de los cerdos; pero contiene ciertas limitantes. El grano de soya posee factores antinutricionales y/o alergénicos, tales como los inhibidores de la tripsina, conglicinina, los oligosacáridos y las saponinas (Liener, 1994). Se ha comprobado que estos factores producen trastornos gastrointestinales, daños intestinales, susceptibilidad marcada a las infecciones, e interfieren con el proceso normal de digestión de las proteínas (Flores, 1997) provocando un marcado cambio en la estructura intestinal (atrofia de las vellosidades, aumento en la profundidad de la cripta) e hiperplasia en páncreas, aunado a una mala absorción.

El lechón sufre ciertos cambios en su estructura y función intestinal ocasionando con esto un decremento en la capacidad de digestión y absorción del intestino delgado (Pluske *et al.*, 1997). Los lechones jóvenes son más sensibles a los inhibidores del crecimiento presentes en la pasta de soya, en comparación con los cerdos en crecimiento y engorda (Cera *et al.*, 1990).

La respuesta fisiológica a la ingestión de pasta de soya en páncreas es una hiperplasia, en conjunto con una hipertrofia y un aumento en las secreciones de tripsina y otras enzimas digestivas como la quimotripsina, la elastasa y la amilasa (Gertler y Nitsan, 1970). Lo anterior causa en el lechón una reducción de la altura de las vellosidad (Hornich *et al.*, 1973; Miller *et al.*, 1986; Cera *et al.*, 1988) y un aumento en la profundidad de las criptas (Hall y Byrne, 1989).

Todas estas alteraciones que se presentan a nivel de mucosa intestinal son incrementadas por la presencia en el alimento de la pasta de soya, en las dietas proporcionadas a los lechones, ocasionando con esto que el lechón sufra un retraso en su desarrollo y crecimiento.

2. REVISION BIBLIOGRAFICA

2.1 LA SOYA

La **Soya**: *Glycine Max* Familia: Fabaceae.

Es una leguminosa anual, rica en proteína y aceite. Constituye una de las principal fuente de proteína a escala mundial (Ensminger *et al.*, 1990). Fue introducida en América en los últimos años del siglo XIX (Venturi *et al.*, 1988). Estados Unidos es el principal productor de soya, con unos 65 millones de toneladas anuales, lo que representa el cincuenta por ciento del total mundial. Los países en que más se cultiva son Brasil y Argentina, con una producción de 23 y 13 millones de toneladas, respectivamente. En Europa el cultivo tiene poca relevancia, debido a la escasez de precipitaciones en el sur y a las bajas temperaturas en el norte. Sin embargo, este continente tiene un consumo elevado de la pasta de soya, destinada a la fabricación de alimentos compuestos.

La soya es considerada como una de las fuentes de proteína más valiosas en la alimentación animal. Su balance de aminoácidos la hace idónea para la alimentación humana y animal Bruggink (1993). Contiene una buena proporción de lisina, sin embargo es pobre en metionina y cistina. Otra característica importante es el contenido y calidad del aceite presente en la semilla, el cual llega a superar el 20% del peso de la misma (Venturi *et al.*, 1988), las grasas más importantes son del tipo de los triglicéridos y fosfolípidos. Al contrario de los granos de cereales, el contenido en almidón de la soya es muy bajo. La proporción de proteína, grasa, carbohidratos y otros componentes se muestra en el cuadro 1.

Cuadro 1. Valor nutritivo de la semilla de soya.

	Semilla	Cotiledones	Embrión	Tegumento
Constituyente	100 gramos	90 %	2 %	9 %
Proteína	40	43	41	9
Lípidos	21	23	11	1
Carbohidratos	34	29	44	86
Cenizas	5	5	4	4

2.1.1 Factores antinutricionales de la soya

Los factores antinutricionales presentes en el frijol de soya, se clasifican en base a su efecto sobre el valor nutritivo del alimento y la respuesta biológica en el animal (Huisman y Tolman, 1992).

- Factores que tienen un efecto depresivo de la digestión de la proteína y su utilización (tripsina y saponinas).
- Factores que tienen un efecto negativo sobre la digestión de carbohidratos (factor de flatulencia).
- Factores que tienen un efecto negativo en la digestión y utilización de minerales (fitatos).
- Factores que inactivan las vitaminas o causan un incremento en el requerimiento de vitaminas en los animales (anti-vitaminas).
- Factores que estimulan el sistema inmune (proteínas antigénicas).

Cuadro 2. Factores antinutricionales lábiles y estables al calor en semilla de soya (Liener, 1981).

TERMOLABILES	TERMOESTABLES
Inhibidor de proteasas	Componentes antigénicos
Hemaglutininas (lectina)	Saponinas
Goitrogénicos	Cianogénicos
Antivitaminas	Fitatos
	Oligosacáridos

2.1.1.1 Factores inhibidores de proteasas

Estrictamente hablando el término de inhibidor de proteasas es preferido al de inhibidor de la tripsina ya que esta familia de proteínas inhibe a una amplia variedad de proteasas además de la tripsina (Lallés, 1993). Este inhibidor de proteasas se encuentra en semillas de leguminosas, pertenece a la familia del Bowman-Brik y Kunitz predominantemente encontrado en la soya y es inactivado por el calor y los jugos gástricos (Huisman y Jansman, 1991). La actividad de este inhibidor es expresado como miligramos de inhibidor de tripsina puro por gramos de proteína; variando entre los 50-85 mg/g de inhibidor por gramo de proteína en soya cruda y de 5-8 mg/g de pasta de soya.

El efecto depresivo de los inhibidores de las proteasas sobre el crecimiento ha sido atribuido principalmente a la inactivación de la quimotripsina, debido a la formación de complejos estables e inactivos. Como un efecto secundario, regulado por mecanismos de retroalimentación negativos, se estimula la secreción de enzimas pancreáticas. El resultado neto es una pérdida de proteína endógena, rica en aminoácidos azufrados (Bruggink 1993). Los inhibidores de las proteasas pueden ser destruidos por el tratamiento con calor. Esta inactivación depende del pH, la temperatura, el tiempo de calentamiento, las condiciones de humedad, el tamaño de partícula, etc. También es posible la inactivación mediante la reducción de los puentes disulfuro (Bruggink 1993).

El tratamiento por calor desnaturaliza las proteínas mejorando su digestibilidad, ya que la proteína de soya no desnaturalizada es prácticamente resistente al ataque de las enzimas. Por otro lado, conduce a una reducción de sus propiedades funcionales tales como la solubilidad. Un tratamiento por calor excesivo puede resultar en proteína dañada, disminución de los aminoácidos disponibles y una menor digestibilidad de la proteína, lo que representa un riesgo en productos comerciales procesados. Los productos de soya adecuadamente procesados con una concentración de inhibidores de la tripsina menor de 2.5 mg/g no afectan a la digestibilidad ni al crecimiento de los cerdos jóvenes (Bruggink 1993).

2.1.2 Efectos del procesado del grano de soya

Los factores antinutricionales presentes en el grano de soya deben de ser extraídos antes de que pueda ser utilizado para la alimentación de lechones. Diversos métodos (Cuadro 3) han sido desarrollados con distintos resultados para la obtención de diferentes productos de soya (Cuadro 4) siendo los más usados:

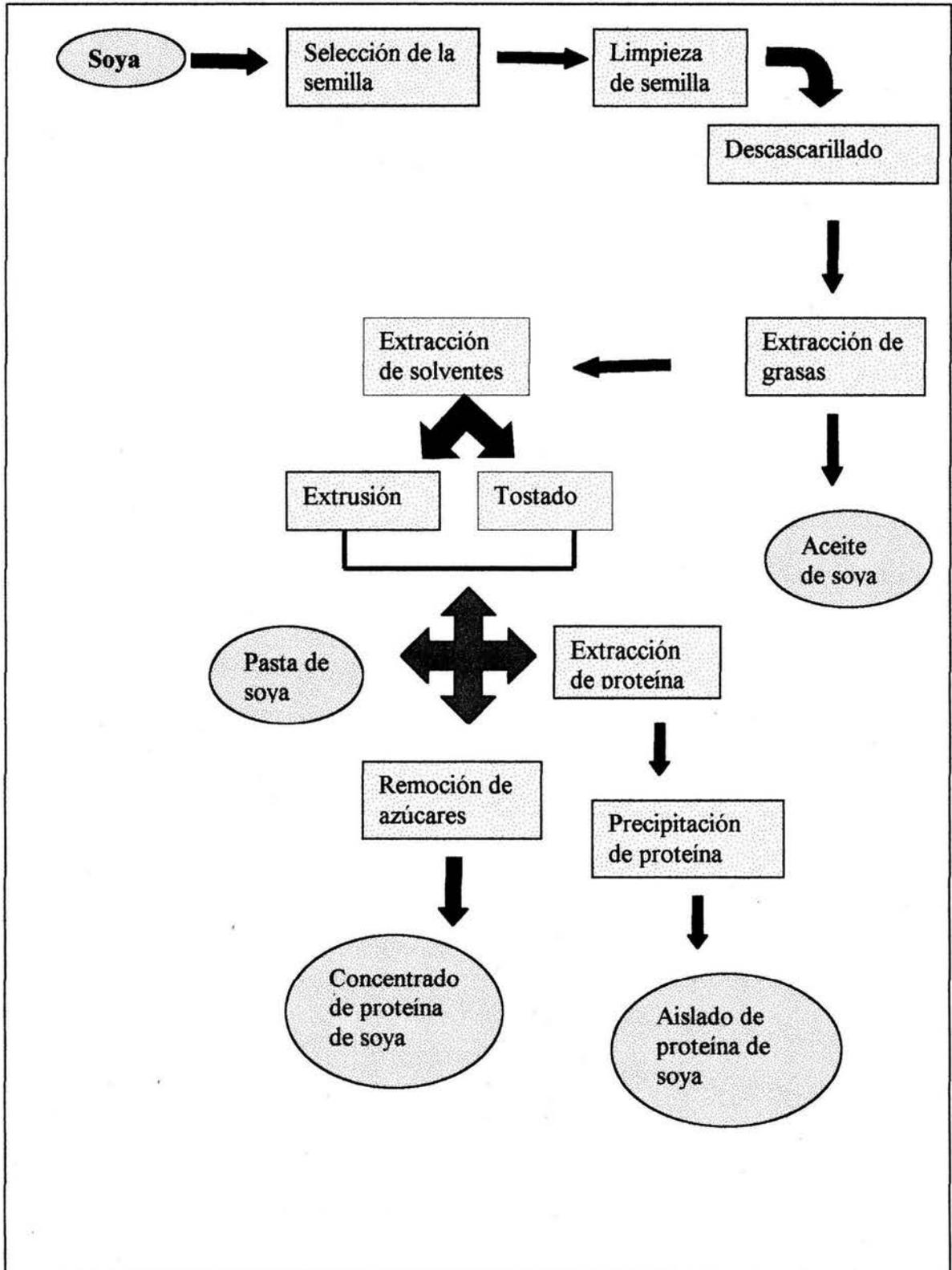
Pasta de soya: Es producida a partir del grano de soya el cual es limpiado y descascarillado. El grano de soya es sometido a una extracción de grasas. El disolvente es extraído de la soya desengrasada (desolventización) por calentamiento controlado. Este calentamiento es tan suave que difícilmente puede provocar la desnaturalización de proteínas. La harina de soya después de la desolventización es sometida a un tostado o extrusión, formando hojuelas desengrasadas, pasando a un molido y homogenizado de partícula, no teniendo más del 7% de fibra cruda, proteína cruda del 44% aproximadamente, humedad del 12 % y solubilidad de la proteína 75 – 85 % (Bruggink, 1993).

Concentrado de soya: Estos productos son más refinados y contienen un mayor porcentaje de proteína que las harinas. Durante su manufactura se eliminan la mitad de los carbohidratos y algunos otros componentes de menor importancia. Se emplean tres diferentes procesos (Cuadro 4.1): El primero utiliza una solución de alcohol al 60 – 80 % para eliminar ciertas fracciones solubles como los oligosacáridos, parte de las cenizas y algunos otros compuestos de bajo peso molecular; en estas condiciones, las proteínas y los polisacáridos precipitan debido a que son insolubles en alcohol y se pueden recuperar al sujetarlos a una desolventización, quedando un concentrado proteico como residuo final. El segundo proceso implica la extracción de las proteínas de soya en su punto isoeléctrico en el que las globulinas y los polisacáridos se insolubilizan y precipitan, posteriormente se neutralizan y secan. El tercer método utiliza calor húmedo para desnaturalizar e insolubilizar las proteínas de la harina, seguido de un lavado con agua para eliminar los azúcares y otros componentes de bajo peso molecular (Badui, 1981). Los concentrados poseen bajo nivel de factor anti-trípico, menor que el nivel crítico de 2.5 mg/g, nivel de antígenos menor que 0.01 mg/g, no produciendo daños en la pared del intestino ni reacciones inmunológicas, dando lugar a una elevada digestibilidad en lechones (90% de digestibilidad aparente de su proteína cruda) (Bruggink, 1993).

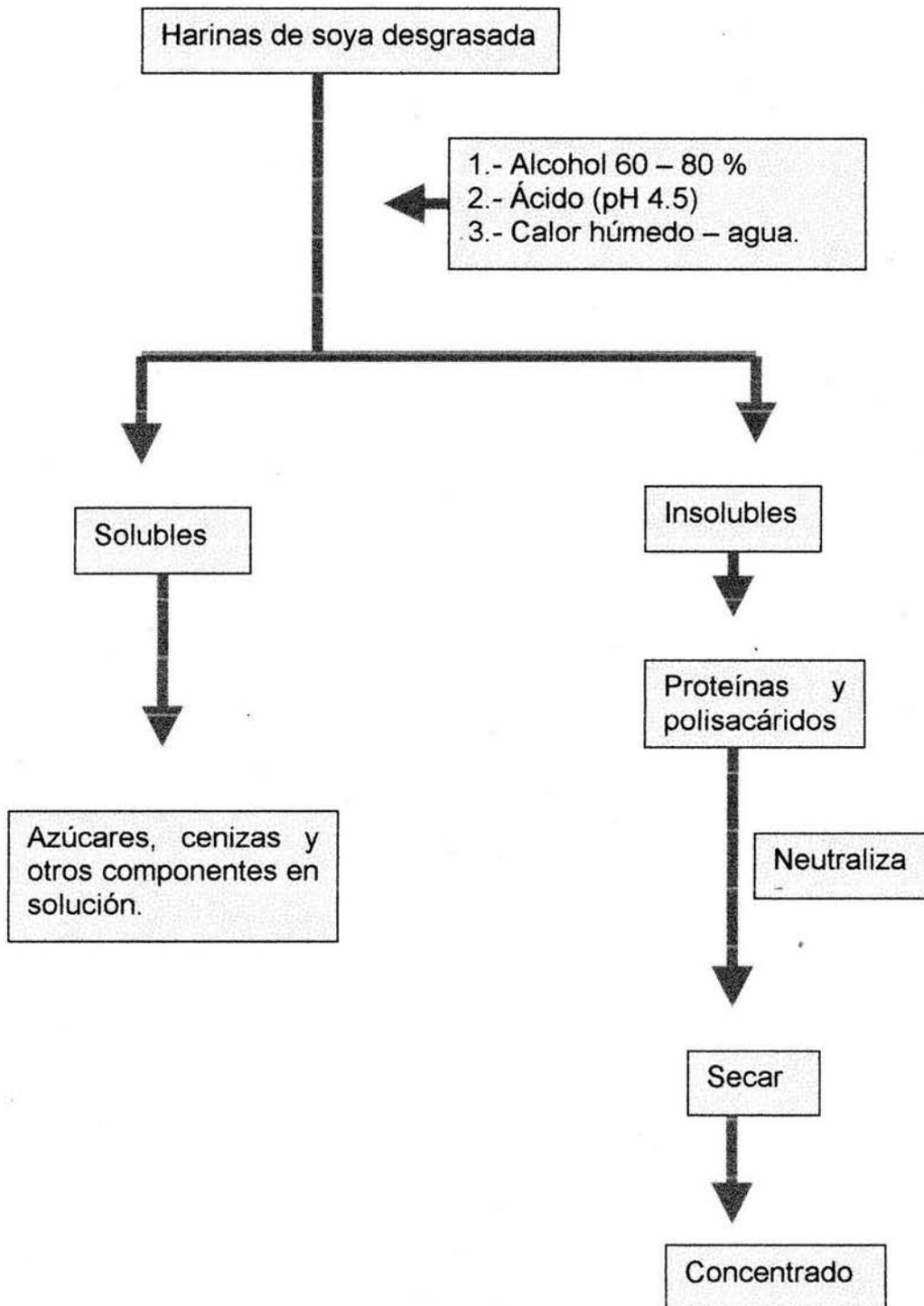
Cuadro 3. Efecto de diferentes formas de procesado sobre el valor nutritivo de la Soya (Bruggink 1993)

TRATAMIENTO	EFEECTO
Extracción con solventes/deodorización	<ul style="list-style-type: none"> • Escasa desnaturalización protéica • No reducción de factores antinutritivos • Alto nivel de peptidos • Eliminación exano
Tostado	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción de PDI 58% • Reducción TIA 85% • Reducción lectinas 96% • Reducción antigenicidad 74% • Alimento proteínas agregadas • Alimentos glucidos unidos a proteínas
Extrusión	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción de PDI 87% • Reducción TIA 92% • Reducción lectinas 100% • Reducción antigenicidad 100% • Reducción peptidos • Alimento proteínas agregadas • Alimentos glucidos unidos a proteínas
Tratamiento a alta temperatura	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción de PDI 21% • Reducción TIA 73% • Reducción lectinas 100% • Reducción antigenicidad 100% • Reducción peptidos • Alimento proteínas agregadas • Alimentos glucidos unidos a proteínas
Extracción con ácido	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción de PDI 2% • Reducción TIA 13% • Reducción lectinas 59% • Reducción antigenicidad 13%
Extracción con agua	<ul style="list-style-type: none"> • Extracción de fracciones de oligosacáridos
Extracción con etanol	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción de PDI 94% • Reducción TIA 64% • Reducción lectinas 100% • Reducción antigenicidad 100% • Reducción péptido • Alimento proteínas agregadas • Reducción proteínas agregadas • Extracción componentes antígenos

Cuadro 4. Procesamiento de los subproductos de la soya (Bruggink, 1993).



Cuadro 4.1. Procesos de obtención de concentrados de soya.



2.2 Desarrollo de la capacidad digestiva

2.2.1 Desarrollo de órganos digestivos

Desde hace 50 años, la edad al destete de los lechones ha venido disminuyendo de 10 - 12 semanas a 3 - 5 semanas de edad (Nabuurs, 1998).

El destete es un estado de estrés para el lechón, donde éste tiende a adaptarse rápidamente a un cambio en el ambiente y nutrición. La transición del destete es comúnmente acompañada por cambios adversos en la morfología intestinal, los cuales consisten en una reducción en la altura de las vellosidades, aumento en la anchura de éstas, y un aumento en la profundidad de las criptas así como una reducción de la capacidad de absorción y de la actividad enzimática en la pared intestinal (borde de cepillo) (Mc Cracken *et al.*, 1999).

El lechón recibe la mayor parte de sus nutrientes de la cerda en forma de leche altamente digestible, suministrada en pequeñas cantidades y a intervalos regulares, el sistema digestivo se desarrolla de forma relativamente lenta. Tras el destete, los lechones necesitan aparatos digestivos relativamente mayores a los de los lechones lactantes para digerir y absorber satisfactoriamente las dietas en la etapa de posdestete, las cuales son intrínsecamente menos digestibles (Shields *et al.*, 1980; Eford *et al.*, 1982; Chen *et al.*, 1992). El aparato digestivo del lechón desde que nace tiene un carácter prioritario en su desarrollo en relación a otros órganos. En menos de dos semanas cada uno de los órganos pasa por transformaciones importantes en el proceso digestivo.

El páncreas aumenta 12 veces su peso desde el nacimiento a la sexta semana de edad, en tanto el lechón aumenta 7.5 veces su peso (Lindemann *et al.*, 1986). Cranwell y Moughan (1989); Lindemann *et al.* (1986) y Owsley *et al.* (1986) muestran que el tamaño relativo del páncreas en lechones (7-17 kg de peso corporal) a las 2 y 4 semanas después del destete era de 1.54 – 2.19 g/kg, siendo significativamente mayor que el de los lechones antes del destete (Cuadro 5). Los lechones de más edad poseían 38 – 81 % más tejido pancreático por unidad de

peso corporal que los lechones al destete. Shields *et al.* (1980); Efird *et al.* (1982) y Chen *et al.* (1992) informaron resultados similares.

Tarvid *et al.* (1994) observaron que el peso del intestino delgado por unidad de longitud (g/m) aumentaba 2.8 veces, y que la longitud por unidad de peso corporal (m/kg) disminuía 4 veces en los lechones en el periodo de lactancia de 30 días (Cuadro 5). Después del destete tiene lugar un aumento significativo en la tasa de crecimiento relativo del intestino delgado como lo reportaron Cera *et al.* (1988), con pesos relativos de intestino delgado de 55 – 60 g/kg en lechones de 42 días con destete a los 21 días de edad. Estos resultados representan un aumento del 84 – 98 % del peso relativo del intestino delgado durante los 21 días siguientes al destete. Los estudios en los cuales se observó un aumento del peso relativo del intestino delgado en lechones durante las dos semanas siguientes al destete fueron de igual magnitud, como lo reportaron Efird *et al.* (1982) y Chen *et al.* (1992).

Cuadro 5. Relación del peso de páncreas, estómago e intestino delgado en cerdos lactantes desde el nacimiento y hasta las 6 semanas de edad ($g \cdot kg^{-1}$) (Cranwell, 1985).

	Día	Día	Semanas				
	0	13	1	2	3	4	5-6
Estómago ($g \cdot kg^{-1}$)							
Widdwson et al., (1976)*	4.0	4.5	4.2		-	-	-
Braude (1981)*	4.5	5.5	5.1	4.8		5.1	-
Xu (1989)*	4.9	5.2	5.3	4.6	4.2	4.5	4.0
Sanglid (1990)*	4.9	-	5.3	4.6	4.2	4.5	3.8
Intestino Delgado ($g \cdot kg^{-1}$)							
Widdowson et al., (1976)	23	33	29	-	-	-	-
Braude (1981)	24	27	26	27		26	-
Efird et al., (1982)*	-	34	33	33	26	-	-
Cera et al., (1988)*	-	34	32	-	30	36	41
Puckal and Buddington (1992)* 35	35	44	-	53	-	-	-
Xu et al., (1992)*	27	40	-	-	-	-	-
Tarvid et al., (1994)*	29	34	31	-	27	-	26
Páncreas ($g \cdot kg^{-1}$)							
Widwson and Carb (1976)*	1.0	1.6	1.4	-	-	-	-
Corring et al (1978) ^φ	1.0	-	1.5	1.4	1.4	1.6	1.7
Shields et al., (1980)*	-	1.7	-	-	0.8	-	-
Efird et al., (1982)	-	1.0	1.2	1.1	1.0	-	-
Lindemann et al., (1986)*	0.8	-	1.4	1.1	1.2	1.1	-
Owley et al (1986)*	1.0	-	-	1.2	-	1.2	-
Cera et al., (1990)*	-	1.7	1.6	-	1.5	-	1.4
Tarvid et al.,(1994)	1.0	1.5	1.5	-	1.2	-	1.0

* Cerdos que no tuvieron dieta iniciación.

α Cerdos de 6-8 h de edad.

φ Cerdos con dieta iniciación desde los 10 días de edad.

π Cerdos con dieta de iniciación desde 14 días de edad.

2.2.2 Desarrollo del epitelio intestinal

El epitelio intestinal de los lechones se encuentra de forma plisada, presentando en su superficie: Las criptas de Lieberkühn y las vellosidades (Figura 1). La superficie de la luz se compone de numerosas vellosidades en forma de dedos alrededor de la base donde hay glándulas tubulares (criptas de Lieberkühn). Toda la estructura epitelial está soportada por la lámina propia que está formada por tejido conjuntivo que contiene un número variable de leucocitos, junto con vasos linfáticos y sanguíneos, músculo liso y fibras nerviosas (Moran, 1982 y Varley, 1995).

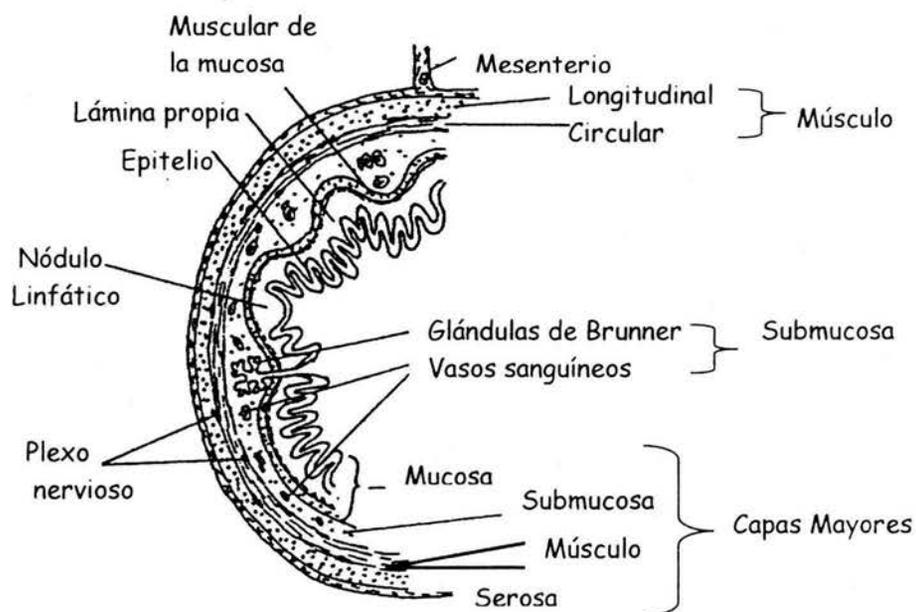
Las células germinales situadas en la base de la cripta de Lieberkühn dan lugar a las células de Paneth, caliciformes y epiteliales columnares (enterocitos) mediante un proceso de diferenciación primaria (Smith, 1985).

Las principales células que recubren a la vellosidad son la caliciformes y los enterocitos, a medida que este migra desde la cripta a las vellosidades, sufre una maduración tanto estructural como funcional que incluye un periodo de rápida elongación de la micro vellosidad (Ganong, 1998; Varley, 1995; Austin y Southern, 2001). El lugar más importante del enterocito es el borde estriado llamado "de cepillo" localizado en la membrana apical, el cual da hacia la luz intestinal (Ganong, 1998).

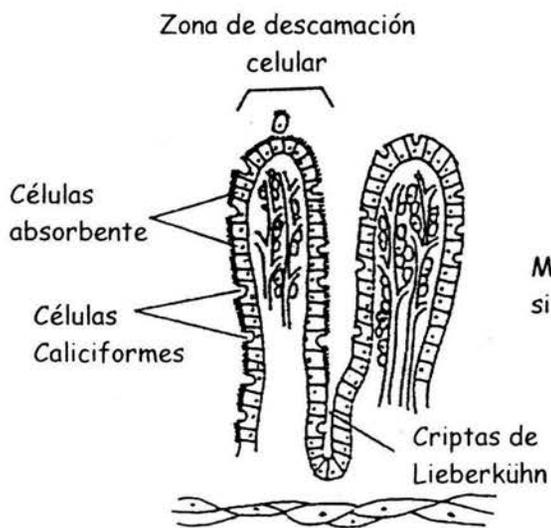
La morfología del intestino delgado en lechones lactantes sufre cambios posteriores a partir de la segunda semana de edad con un descenso gradual de la altura de la vellosidad y un aumento simultáneo en la anchura de la vellosidad y la profundidad de la cripta. Después del destete el número y la talla de la vellosidad se reduce paralelamente a un aumento en la profundidad de la cripta (Miller *et al.*, 1986; Cera *et al.*, 1988) (Figura 2).

Figura 1. Estructura microscópica del intestino delgado

a) Pared Intestinal



b) Vellosidad



c) Enterocito

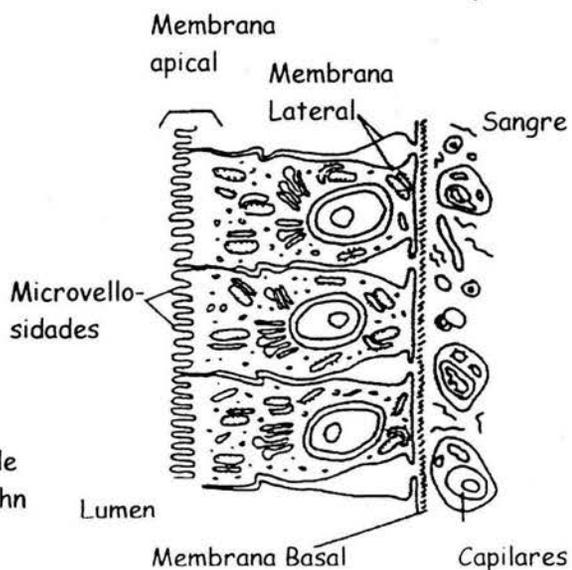
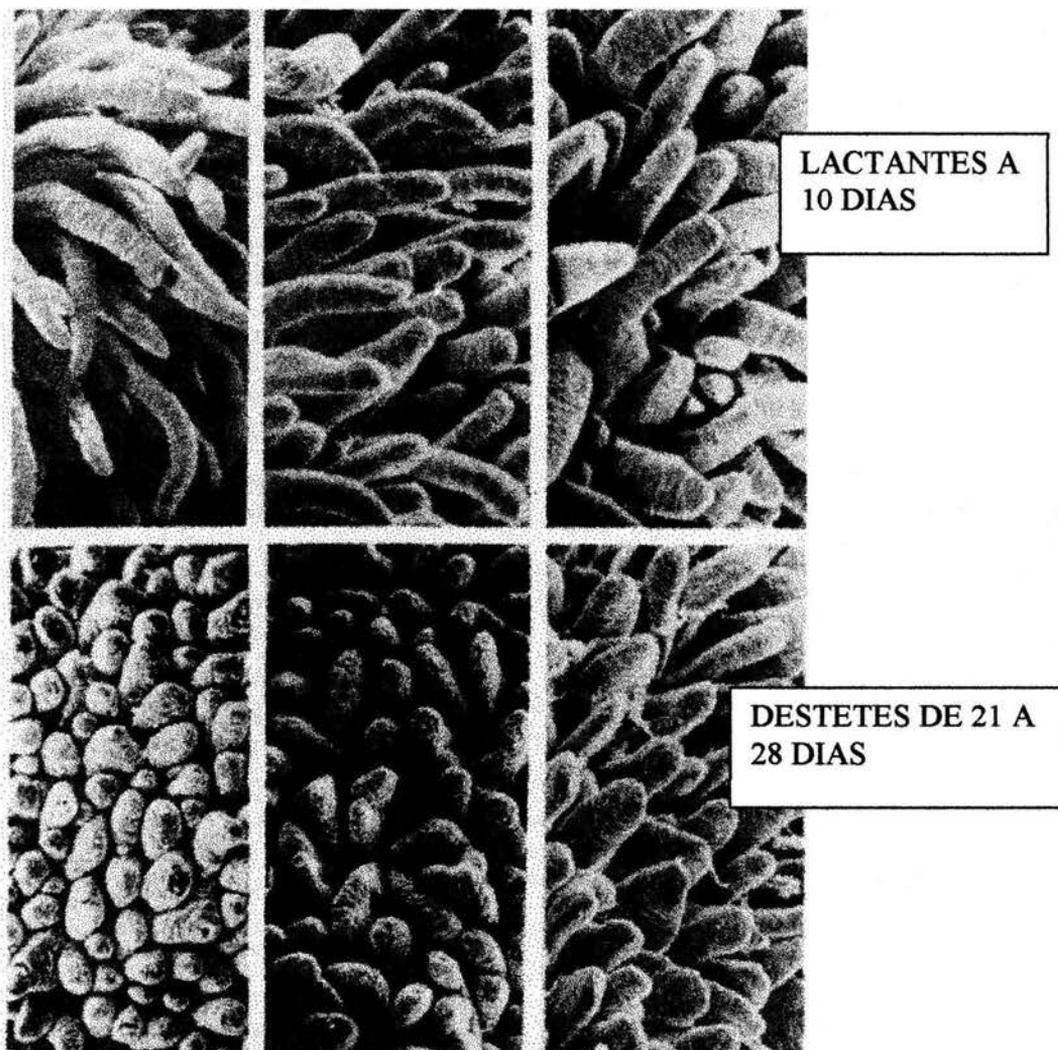


Figura 2. Altura y morfología de las vellosidades del yeyuno en lechones
(Cera et al., 1988).



2.2.3 Desarrollo de las enzimas pancreáticas

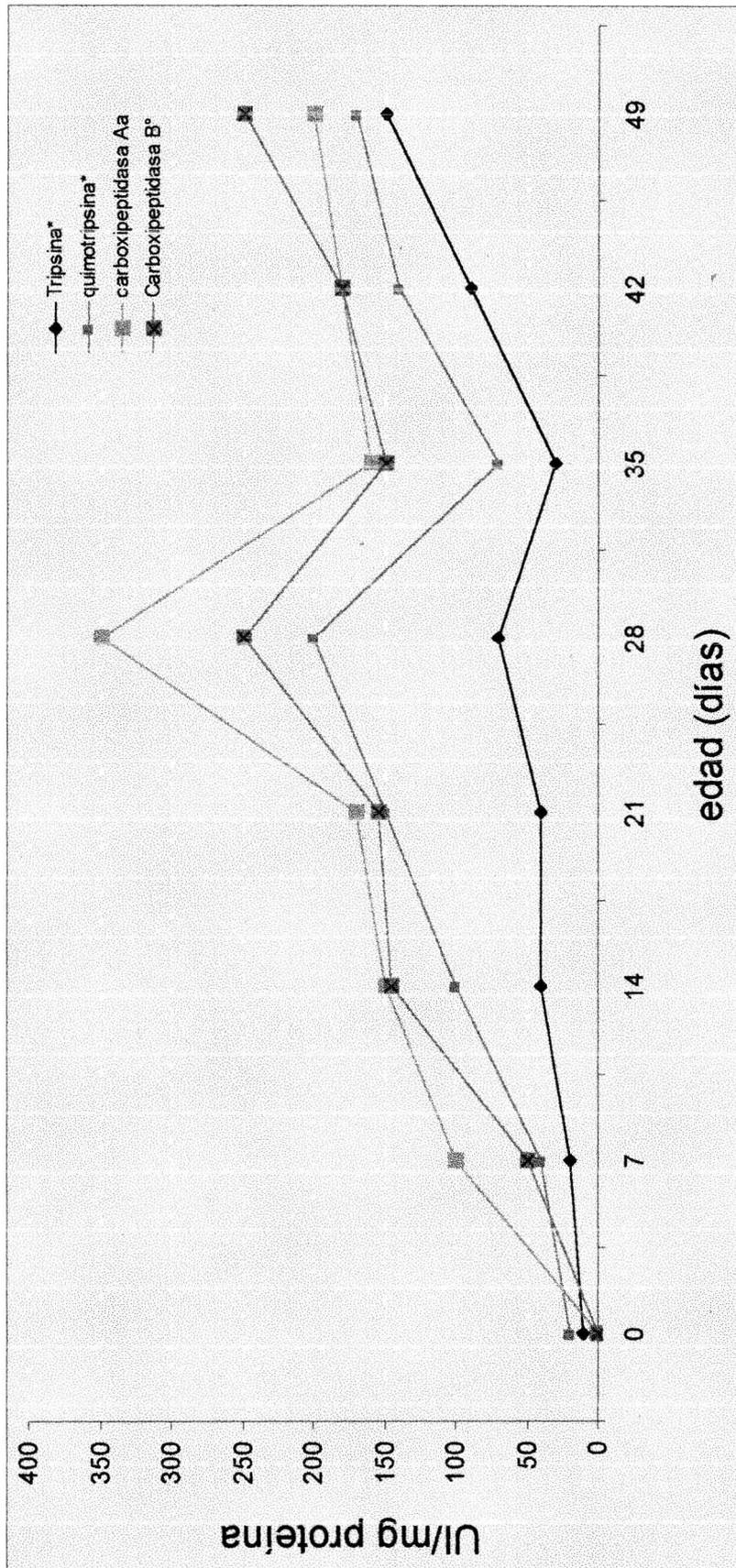
Durante la lactancia, el tipo y la cantidad de enzimas secretadas están perfectamente adaptadas para digerir el principal alimento (leche materna) en esta etapa. Sin embargo, en los tres primeros días posdestete, las enzimas secretadas por el tejido pancreático no son suficientes para digerir el tipo de proteína, ni la concentración de nutrientes (Makkink *et al.*, 1994b).

Varley (1995) reporta una actividad de la tripsina en lechones más o menos constantes durante los primeros 35 días y hasta los 42 días de edad no observando un aumento sustancial en la actividad de la tripsina en el tejido pancreático. Lindemann *et al.* (1986); Owsley *et al.* (1986) reportan un aumento en la actividad de la tripsina a las dos semanas de edad (Gráfica 2), el desarrollo de la quimotripsina sigue un patrón diferente a la de la tripsina.

Corring *et al.* (1978) reportaron un aumento en la cantidad de quimotripsina hasta el destete, seguido por un descenso dramático en la semana siguiente al destete y una recuperación hasta cantidades similares o superiores a la etapa de lactancia para la cuarta semana posterior al destete, ocasionado esto por un aumento en el tamaño relativo del páncreas y no a un aumento en la actividad de la enzima en el tejido pancreático.

Lindemann (1986) menciona que hay un efecto negativo en el destete ya que hay una disminución en la actividad total y específica de la tripsina y quimotripsina en la primera semana posdestete, posteriormente, vuelven a aumentar la actividad de éstas.

Gráfica 1. Cambio de la actividad enzimática de páncreas en lechones de 0 a 49 días de edad.



* Lindemann et al. (1986)

° Westöm et al. (1987)

° Kidder y Manners (1980)

2.2.4 Desarrollo de las enzimas intestinales

Los dos principales grupos de enzimas digestivas en los enterocitos son las carbohidrasas y las peptidasas (Alpers, 1987). El destete tiene un efecto notable sobre las carbohidrasas y en la morfología intestinal. En destetes a 21 días de edad la actividad específica de la sacarasa, isomaltasa y lactasa disminuyeron significativamente en relación a los lechones lactantes (Miller *et al.*, 1986). Las maltasas II y III aumentaron significativamente a los 5 días posdestete, Hampson y Kidder (1986) señalaron una reducción en la actividad específica de lactasa y sacarasa durante los 8 días posdestete, a los 11 días hay una recuperación parcial de la actividad de la sacarasa, mientras que la lactasa continua reduciendo su actividad, debido a una simultanea reducción de la vellosidad (Miller *et al.*, 1986). A partir de las 2 semanas posdestete la actividad específica de las carbohidrasas, con la excepción de la lactasa, continúa aumentando hasta los 200 días de edad. Después de esta edad la actividad de la maltasa II y III alcanza un techo, pero la sacarasa e isomaltasa continúan aumentando (Kidder y Manners, 1980). La actividad de la lactasa en el intestino disminuye con la edad (Austin *et al.*, 2001).

La cantidad de peptidasa en el intestino delgado es grande, se ha identificado la aminopeptidasa-A, dipeptidasas (Gray, 1986; Alpers, 1987; Friedrich, 1989). Su actividad se localiza en las microvellosidades o en el citoplasma (Gray, 1986).

La tendencia global de la actividad enzimática de las peptidasa es ser más alta al nacimiento o en la primer semana después del nacimiento y disminuye en la lactancia, al destete presenta un incremento en su actividad y tendiendo a aumentar conforme la edad del lechón (Varley, 1995).

2.3 Adaptación a una dieta sólida

El destete temprano requiere programas nutritivos especializados basados en el cambio del desarrollo del aparato digestivo que ocurre en los lechones después de destetarlos.

El proceso del destete ha llevado en muchas ocasiones a una disminución en la capacidad productiva del cerdo en el periodo inmediato a éste, debido principalmente a una baja en el consumo de alimento y de la ganancia de peso, además de un incremento en la morbilidad y mortalidad (Austin *et al.*, 2001). Comúnmente las fuentes de proteína usadas en la alimentación durante el destete, pueden clasificarse en 5 diferentes categorías: Proteínas lácteas; aminoácidos cristalinos; proteínas de fuente vegetal; proteínas de fuente animal y otros materiales, como los cereales. En las dietas para lechones al destete se incluyen proteínas de alta calidad como son las harinas de pescado, concentrados de proteína de leche y plasma porcino, a pesar de que estas proteínas aumentan el costo de la dieta. La formulación y la selección de ingredientes para dietas a lechones destetados precozmente se realizan tomando en consideración el desarrollo digestivo del lechón y la necesidad de formular a bajos costos, usando ingredientes como soya y harinas de origen animal y vegetal.

La alimentación durante el destete provoca cambios en la morfología intestinal, ocasionados por un cambio de dieta (líquida a sólida) que experimenta el lechón al momento del destete, y trae consigo una alteración en la mucosa intestinal, como lo menciona Deprez *et al.* (1987) quienes compararon una dieta líquida con una sólida, registrando una altura mayor en vellosidades en los días 8 al 11 posdestete con dietas líquidas y una menor altura de vellosidad en la dieta sólida, debiéndose a la fricción de las partículas del alimento sobre las vellosidades, teniendo una pérdida de células del enterocito.

2.3.1 Cambios anatómo-fisiológicos del aparato digestivo

2.3.1.1 Cambios en las secreciones

En la etapa de destete los lechones al ingerir dietas sólidas experimentan cambios de las secreciones enzimáticas. Makkink *et al.* (1994ab) reporta una disminución en la actividad de tripsina y quimotripsina en lechones que ingirieron dietas que contenían harina de pescado, pasta de soya. Austin *et al.* (2001) encontraron una alta actividad enzimática de las Carboxipeptidasas en lechones alimentados con dietas que contenían caseína. Aumaitre *et al.* (1995) encontraron un retraso en la digestibilidad de lechones que fueron alimentados con fuentes proteicas de origen animal. Salgado *et al.* (2002); Rantzer *et al.* (1997) reportaron una baja actividad de amilasas en intestino de lechones alimentados con dietas que contenían leguminosas y una alta actividad de tripsina y quimotripsina en lechones de 28 días posdestete. Lindemann *et al.* (1986); Owsley *et al.* (1986) reportaron una alta actividad de la amilasa en lechones, alimentados con pasta de soya.

2.3.1.2 Morfometría

Li *et al.* (1991b); Salgado *et al.* (2002) mencionan que la soya al ser ingerida por el lechón le provoca una respuesta de hipersensibilidad a las proteínas glicinina y β -conglucina, causando un retraso en la respuesta inmunológica de la vellosidad. Li *et al.* (1990); Dunsford *et al.* (1989); Pluske *et al.* (1997); Nabuurs y Hoogendoorn (1993); Cera *et al.* (1988); Makkink *et al.* (1994ab) reportan un decremento en la altura de la vellosidad y un aumento en la profundidad de la cripta como respuesta a la ingestión de dieta con pasta de soya en lechones destetados a los 21 días de edad.

2.3.1.3 Digestibilidad

La digestibilidad es un parámetro objetivo que sirve para evaluar la calidad de los ingredientes o alimentos y se define como la fracción de alimento ingerido que no es excretado (Low, 1982), comúnmente llamado coeficiente de digestibilidad. Este coeficiente puede ser determinado en dos diferentes puntos del animal: **Digestibilidad fecal**, la cual evalúa el aporte de nutrimentos en todo el tracto digestivo, por lo que se considera la cantidad de nutrimento ingerido menos la cantidad de nutrimento excretado en heces (Low, 1982)

Digestibilidad ileal, evalúa el aporte de nutrimentos que se presenta en el intestino delgado, por lo que la muestra se toma de la parte distal del ileon.

La digestibilidad se puede expresar de dos formas de acuerdo a Low (1982):

Coeficiente de digestibilidad aparente, es la cantidad digestible pero que además no considera la excreción endógena.

Coeficiente de digestibilidad verdadera, es la cantidad absorbida en el tracto digestivo del animal, ya que considera la fracción endógena que se excreta por efecto de la digestión.

En estudios que se han realizado sobre digestibilidad en lechones recién destetados, donde se tiene una baja eficiencia en la utilización de alimentos sólidos vs líquidos según Wilson y Leibholz (1981); Sohn *et al.* (1994); Walker y Maxwell (1986) reportan una baja digestibilidad aparente asociada a la ingestión de dietas con pasta de soya en lechones de 21 días posdestete (83, 82 y 76% respectivamente). Caine *et al.* (1997); Salgado *et al.* (2002) reportaron coeficientes de digestibilidad ileal aparente bajas asociadas a la ingestión de dietas con diferentes fuentes de proteína para lechones de 20 días de edad (82 y 78% respectivamente).

2.4 Conclusión

Tomando en consideración la bibliografía anteriormente consultada, se puede concluir que es necesario estudiar el efecto de la inclusión de diferentes niveles de pasta de soya en dietas para lechones destetados a 17 días de vida, ya que existe muy poca información en lechones sobre el efecto que produce la ingestión de soya sobre la digestibilidad ileal aparente y verdadera de la proteína, el efecto que provoca la presencia de la proteína de soya en el tracto gastro-intestinal en el lechón. El efecto sobre la integridad de la mucosa intestinal, el efecto alergénico ocasionado por la ingestión de soya.

3. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la respuesta digestiva a niveles crecientes de pasta de soya en la dieta de cerdos en crecimiento y lechones destetados a 17 los días de edad.

3.1 OBJETIVOS PARTICULARES

Determinar la digestibilidad de proteína de pasta de soya en animales de diferentes edades (cerdos en crecimiento y lechones destetados a los 17 días de edad).

Valorar el efecto de niveles crecientes de pasta de soya en la dieta de lechones sobre la actividad de las proteasas pancreáticas (tripsina, quimotripsina, carboxipeptidasa A y B) y sobre la integridad de la mucosa intestinal (altura y anchura de vellosidades y profundidad de las criptas de Lieberkühn).

Estimar el efecto del nivel de pasta de soya, sobre la actividad de las proteasas (tripsina, quimotripsina, carboxipeptidasa A y B) y la integridad de la mucosa intestinal (altura y anchura de vellosidades y profundidad de las criptas de Lieberkühn) en diferentes días posdestete.

4 MATERIALES Y METODOS

Se realizaron tres trabajos en las instalaciones del Centro Nacional de Investigación en Fisiología Animal, (CENI Fisiología) perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), de la Secretaría de Agricultura (SAGARPA), ubicado en el municipio de Colón, Querétaro.

4.1 EXPERIMENTO 1

Determinación del coeficiente de digestibilidad ileal aparente y verdadera de la proteína de pasta de soya en lechones destetados.

Se utilizaron 24 lechones producto de una cruce alterna Landrace x Duroc, destetados a los 17 días de edad, con un peso promedio de 6.2 ± 0.6 kg, se constituyeron tres bloques fijos, utilizando el peso como factor de bloqueo, cada bloque estuvo conformado por 8 lechones asignados a uno de los cuatro tratamientos, por lo que cada tratamiento contó con dos unidades experimentales. Las dietas experimentales (T) fueron isoproteicas (20%), como fuentes de proteína se utilizaron la proteína de pasta de soya (PPS) y/o caseína (C). La proporción de la proteína dietética proveniente de cada una de las fuentes proteicas fue la siguiente:

T1 = 100% C + 0% PPS, T2 = 80% C + 20% PPS, T3 = 60% C + 40% PPS, T4 = 40% C + 60% PPS. A Todas las dietas se les adicionó 0.3% de óxido de cromo como marcador de digestibilidad (Cuadro 6).

Los lechones al ser destetados se alojaron en jaulas individuales, con dimensiones de 72 x 36 x 60 cm, provistas cada una con comedero de tolva y bebedero de chupón. Los animales tuvieron un periodo de 4 días de adaptación al manejo en jaula y de aprendizaje al consumo de dieta sólida. El alimento se proporcionó tres veces al día y consistió de una mezcla de leche en polvo más almidón de maíz. Los lechones se asignaron aleatoriamente al tratamiento experimental en función de su peso al momento del destete. El día 20 de edad a los lechones se les aplicó amoxicilina a una concentración de 25 mg/kg de peso.

Cuadro 6. Composición centesimal de las dietas del experimento 1^o.

	0% PPS	20% PPS	40% PPS	60% PPS
INGREDIENTES				
Pasta de Soya	0.00	9.09	18.18	27.27
Caseína	22.13	17.60	13.07	8.54
Almidón de maíz	55.40	50.84	46.28	41.72
Aceite de Maíz	4.00	4.00	4.00	4.00
Lactosa	12.63	12.63	12.63	12.63
Ortofosfato	3.71	3.71	3.71	3.71
Cloruro de sodio	0.63	0.63	0.63	0.63
Vitaminas ^a	0.36	0.36	0.36	0.36
Minerales ^b	0.12	0.12	0.12	0.12
Oxido de zinc	0.40	0.40	0.40	0.40
Oxido de Cromo	0.30	0.30	0.30	0.30
Antibiótico ^d	0.30	0.30	0.30	0.30
Antioxidante	0.02	0.02	0.02	0.02
ANÁLISIS QUÍMICO				
Materia Seca (%)	90.4	90.8	91.3	90.9
Proteína Cruda (%) [*]	21.8	20.7	21.4	21.8
Lisina (%)	1.7	1.4	1.1	0.7
Energía Metabolizable (Mcal) ^o	3.5	3.5	3.5	3.4

^a Complemento vitamínico que proporciona por kilogramo de dieta: Vitamina A 10200 UI, Vitamina D 1980 UI, Vitamina E 60 UI, Vitamina K 1.20 mg, Riboflavina 7.20 mg, Vitamina B12 0.04mg, Colina 968 mg, Niacina 36 mg, Acido Pantotéico 17 mg, Tiamina 0.3 mg, Piridoxina 0.31 mg, Biotina 0.08 mg, Acido Fólico 0.75 mg.

^b Complemento mineral que proporciona por kilogramo de dieta: Cobre 14.40 mg, Hierro 120 mg, Manganeso 36.0 mg, Selenio 0.30 mg, Yodo 0.96 mg, Zinc 144.0 mg.

^c Todas las dietas se formularon a 20% de proteína cruda.

^{*} = Valores reportados como porcentaje de materia seca.

PPS = Proteína de pasta de soya.

^o = Estimado a partir de tablas del INRA (1984).

^d = Tilosina 0.110 g/kg.

El día 21 de edad, los lechones se sometieron a una intervención quirúrgica, usando como inductor de anestesia azaperona 0.8 mg por lechón.

Una vez tranquilizados los lechones se procedió a lavar el área a intervenir (flanco derecho) con jabón quirúrgico (cloruro de benzalconio) a razón de 1 g/100 ml. Posteriormente se rasuró y desinfectó con solución yodada al 1 g/100 ml. Se anestesiaron con halothane, vaporizado a un flujo de 100 ml/2.0 l de oxígeno por minuto. La implantación de la cánula "T" simple en la porción distal del íleon, 5 cm antes de la válvula ileocecal se realizó de acuerdo a la técnica descrita por Reis et al. (2000). Al finalizar la cirugía se aplicó furazolidona en aerosol y posteriormente durante tres días se dió el siguiente tratamiento antimicrobiano:

Oxitetraciclina HCL (12.5 mg/kg de peso vivo), penicilina G procaína 33,000 UI/kg de peso. Al segundo día pos-cirugía se les ofreció la dieta experimental a saciedad (Cuadro 5) tres veces al día 7:00, 14:00 y 19:00 horas. Los lechones tuvieron libre acceso al agua.

El periodo de colecta del contenido ileal comenzó a los 36 días de edad. La medición de la digestibilidad de la pasta de soya se efectuó por medio de la recolección del contenido ileal, realizándose ésta en un periodo de 24 horas divididas en 2 días de 12 horas cada uno. Este periodo se conformó de la siguiente manera. El día uno de las 8:00 a 10:00 hr. Se mantuvo abierta la cánula y posteriormente se obtuvo la digesta ileal, todas las horas impares, hasta las 20:00 horas. El día 2 la cánula se abrió de 9:00 a 11:00 hr. y posteriormente se obtuvo la digesta ileal todas las horas pares hasta las 20:00 horas.

Las muestras de contenido ileal se colectaron en bolsas de polietileno, las cuales contenían 2 ml. de HCL 0.2N para evitar la proliferación bacteriana. Las muestras se congelaron inmediatamente a -20 C° , para posteriormente ser liofilizadas. La digesta liofilizada se molió a través de una criba de 0.42 mm en un molino de laboratorio Arthur H. Thomas Co, Philadelphia, PA. A las muestras de alimento y digesta se les determinó M.S y P.C. (AOAC,1995); Óxido de cromo (Fenton y Fenton, 1979) y aminoácidos por cromatografía de líquidos de alta resolución HPLC (AOAC,1995).

El coeficiente de digestibilidad ileal aparente (CDIa) expresado en porcentaje, se estimó por medio de la fórmula propuesta por (Fan et al., 1994).

$$CDa = 100 - (Cral * MSci) / (MSal * Crci) * 100$$

Donde:

CDIa = Coeficiente de digestibilidad ileal aparente.

Cral = Concentración del marcador en la dieta experimental.

Crci = concentración del marcador en la digesta ileal.

MSal = Porcentaje de materia seca en la dieta experimental.

MSci = Porcentaje de materia seca en la digesta ileal.

La digestibilidad verdadera se calculó utilizando los valores de endógeno reportados por Aguilera *et al.* (2001) empleando la fórmula propuesta por Furuya y Kaki (1989).

$$CDIv = CDIa + (Ne / Nd) * 100$$

Donde:

CDIv = Coeficiente de digestibilidad ileal verdadera.

CDIa = Coeficiente de digestibilidad ileal aparente.

Ne = Concentración de nitrógeno endógeno (g/Kg de materia seca consumida).

Nd = Nitrógeno consumido (por g/Kg de materia seca consumida).

La digestibilidad aparente y verdadera de la pasta de soya se calculó utilizando los valores de endógeno reportados por Aguilera *et al.* (2001) empleando la fórmula propuesta por Furuya y Kaki (1989).

$$CDax = CDla - (CDlaz * PCz) / PCx$$

Donde:

CDax = Coeficiente de digestibilidad aparente de la dieta problema.

CDla = Coeficiente de digestibilidad ileal aparente de la dieta.

CDlaz = Coeficiente de digestibilidad ileal aparente de la dieta control.

PCz = Concentración de proteína consumida de la dieta control.

PCx = Concentración de proteína consumida del alimento problema.

$$CDlvx = CDlv - (Ne * Ncz) / Ncx$$

Donde:

CDlvx = Coeficiente de digestibilidad ileal verdadera de la dieta problema.

CDlv = Coeficiente de digestibilidad ileal verdadera de la dieta.

Ne = Concentración de nitrógeno endógeno (g/kg de materia seca consumida).

Ncz = Nitrógeno consumido de la dieta control (g/kg de materia seca).

Ncx = Nitrógeno consumido de la dieta problema (g/kg de materia seca.).

ANALISIS ESTADISTICO

Los datos se analizaron con la ayuda del paquete estadístico SAS (1999). Empleando el procedimiento de Modelos Lineales Generales (GLM). El modelo estadístico empleado fue el de un diseño de bloques completos al azar (Steel y Torrie, 1985). Las diferencias entre medias se probaron con la prueba de Duncan y se utilizaron contrastes ortogonales para analizar la tendencia en la respuesta a la inclusión creciente de proteína de pasta de soya.

$$y_{ijk} = \mu + B_i + \delta_{(i)} + T_j + \varepsilon_{(ij)k}$$

Donde:

y_{ijk} = Digestibilidad de proteína y materia seca.

μ = Media general.

B_i = Efecto del i-ésimo bloque ($i = 1, 2, 3$).

$\delta_{(i)}$ = Error de restricción asociado a la azarización NIDO ($0, \sigma^2_{\delta}$).

T_j = Efecto del j-ésimo tratamiento ($j = 1, 2, 3, 4$).

$\varepsilon_{(ij)k}$ = Error experimental NIDO ($0, \sigma^2$).

4.2 EXPERIMENTO 2

Determinación del coeficiente de digestibilidad ileal aparente y verdadera de la proteína de pasta de soya en cerdos en crecimiento.

Se utilizaron 20 cerdos producto de una cruce alterna Landrace X Duroc, con un peso vivo de 43.5 ± 0.7 kg. Se contó con dos bloques de 10 cerdos cada uno, los cuales se asignaron a uno de los cinco tratamientos (2 repeticiones por bloque por tratamiento). Las dietas experimentales contuvieron como fuentes únicas de proteína la caseína (C) y/o proteína de pasta de soya (PPS), las cuales conjuntaron el total de proteína de la dieta (16%), los niveles de proteína provenientes de ambas fuentes proteicas fue el siguiente: T1 = 100% PC y 0% PPS, T2 = 67% C y 33% PPS, T3 = 34% C y 66% PPS, T4 = 0% C y 100% PPS, T5 = 0% C y 100% PPS*. A las dietas se les adicionó 0.3% de óxido de cromo como marcador de digestibilidad (Fenton y Fenton, 1979). En esta prueba se utilizaron 28 cerdos destetados a los 17 días de vida y con un peso de 6.4 ± 0.5 kg. Este grupo de lechones se dividió en dos subgrupos a los cuales se les asignó uno de los dos tipos de dieta. Una contenía pasta de soya (PP), la otra contenía concentrado de proteína de soya (CPS). El primer subgrupo constó de 20 cerdos y el segundo de 8 (dieta con pasta de soya). Los animales se llevaron hasta los 35 Kg de peso, seleccionándose 16 cerdos del grupo que consumió la dieta de

concentrado de proteína de soya y 4 que consumieron la dietas elaborada con pasta de soya. Los animales se colocaron en jaulas individuales por un periodo de 14 días para su adaptación a las jaulas experimentales y al manejo. Los cerdos se canularon de acuerdo a la técnica descrita por Reis et al. (2000). El día de la cirugía los animales se tranquilizaron con Azaperona a razón de 2 mg por kg de peso. Una vez tranquilizados se procedió a lavar el área a intervenir (flanco derecho) con jabón quirúrgico (cloruro de benzalconio) a razón de 1 g/100 ml. Posteriormente se rasuró y desinfectó con solución yodada (1 g/100 ml). Los cerdos se anestesiaron con Halothane, vaporizado 250 ml en un flujo de 4 l de oxígeno por minuto.

Posteriormente los cerdos se mantuvieron en recuperación en jaulas de digestibilidad de 1.50 x 0.67 x 0.95 m provistas con un comedero de tolva y bebedero de chupón. Los cerdos se tuvieron 15 días en recuperación. Los tres días posteriores a la cirugía se les administró por vía intramuscular oxitetraciclina HCL 7 mg/kg de peso, penicilina G procaína 29,000 UI/kg de peso y estreptomicina 36 mg/kg de peso. Al finalizar la etapa de recuperación los cerdos se asignaron a los diferentes tratamientos (Cuadro7). El periodo experimental comprendió 7 días de consumo de la dieta experimental, los cinco primeros fueron de adaptación a la dieta y los últimos 2 días fueron de colecta del contenido ileal. Este se colectó a intervalos de una hora, iniciándose la colecta a las 8:00 horas (Fan et al., 1995).

El alimento experimental se proporcionó a razón de 2.5 veces el requerimiento de energía digestible de mantenimiento, el cual se estimó en 110 Kcal ED/kg de peso metabólico (INRA, 1984). A los alimentos experimentales se les adicionó 0.3% de óxido de cromo como marcador de digestibilidad y se ofrecieron dos veces al día 8:00 y 17:00 horas, respectivamente (Fan et al., 1995), el manejo de la digesta ileal fue similar al descrito en el experimento 1. Las determinaciones de laboratorio y los cálculos de digestibilidad son iguales a los del experimento 1.

Los datos se analizaron con la ayuda del paquete estadístico SAS (1999) empleando el procedimiento de los modelos lineales generales (GLM).

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El total de la variación se atribuyó al siguiente modelo estadístico de acuerdo al diseño de bloques completos al azar (Steel y Torrie, 1985).

$$y_{ijk} = \mu + B_i + \delta_{(i)} + T_j + \varepsilon_{(ij)k}$$

Donde:

y_{ijk} = Digestibilidad de proteína y materia seca.

μ = Media general.

B_i = Efecto del i -ésimo bloque ($i = 1, 2$) debido a que los bloques se analizaron en dos tiempos diferentes.

$\delta_{(i)}$ = Error de restricción asociado a la azarización NIDO ($0, \sigma^2, \delta$).

T_j = Efecto del j -ésimo tratamiento ($j = 1, 2, 3, 4, 5$).

$\varepsilon_{(ij)k}$ = Error experimental NIDO ($0, \sigma^2$).

Las diferencias entre medias de tratamiento se analizó por medio de la prueba de Duncan y la tendencia de respuesta a los niveles crecientes de pasta de soya en la ración se obtuvo a través del empleo de contrastes ortogonales (Steel y Torrie, 1985).

Cuadro 7. Composición centesimal de las dietas del experimento 2^c.

	0 % PPS	33% PPS	66% PPS	100% PPS
INGREDIENTES				
Pasta de Soya	0.00	11.97	23.94	35.96
Caseína	18.04	12.03	6.03	0.00
Almidón de maíz	64.09	58.04	51.98	45.90
Aceite de Maíz	4.00	4.00	4.00	4.00
Azúcar	5.00	5.00	5.00	5.00
Pata de Sorgo	5.00	5.00	5.00	5.00
Ortofosfato	3.00	3.00	3.00	3.00
Cloruro de sodio	0.38	0.38	0.38	0.38
Carbonato de Calcio	0.24	0.33	0.42	0.51
Vitaminas ^a	0.16	0.16	0.16	0.16
Minerales ^b	0.07	0.07	0.07	0.07
Antioxidante	0.02	0.02	0.02	0.02
ANÁLISIS QUÍMICO				
Materia seca (%)	89.7	90.4	90.6	90.6
Proteína cruda (%) [*]	17.8	17.7	16.9	18.3
Lisina (%)	1.2	1.0	1.0	0.8
Energía metabolizable (Mcal) ^o	3.4	3.4	3.4	3.3

^a Proporciona por kilogramo de dieta: vitamina A 7200 UI; vitamina D 1440 UI; vitamina E 40 UI; vitamina K 0.9 mg, riboflavina 5.4 mg, vitamina B12 0.03 mg, colina 421 mg; niacina 27 mg; ácido pantoténico 12.42 mg.

^b Proporciona por kilogramo de dieta: Cu 9.60 mg; Fe 80.0 mg; Mn 24.0 mg; I 0.64 mg; Zc 96.0 mg; Se 0.20 mg.

^c Todas las dietas fueron formuladas al 16% PC.

* = Valores reportados como porcentaje de materia seca.

PPS = Proteína de pasta de soya.

^o = Estimado a partir de tablas INRA (1984).

4.3 EXPERIMENTO 3

Determinación del efecto de niveles crecientes de proteína de pasta de soya incorporada a la dieta sobre la actividad de proteasas y la integridad intestinal en lechones destetados a 17 días de vida.

Se utilizaron 54 lechones producto de una cruce alterna Landrace X Duroc destetados a los 17 días de edad con un peso de 5.2 ± 0.5 kg. Se tuvieron tres tratamientos, T1 = 0% pasta de soya (PS); T2 = 12% PS; T3 = 24% PS, tres bloques y 6 tiempos día 0 (momento del destete) 2, 5, 8, 11 y 15 días posdestete. Los 54 animales totales, provinieron de 9 camadas de 6 lechones cada una. Las camadas se distribuyeron al azar y se asignó una camada por tratamiento por bloque.

Los lechones se pasaron al área de destete donde se distribuyeron las 9 camadas, colocándose en corrales de 150 X 120 cm, provistos de comedero de 6 plazas y bebedero de chupón. El alimento experimental (Cuadro 8) se proporcionó 3 veces al día, 7:00, 13:00 y 20:00 horas. Los animales se pesaron cada día de sacrificio. El periodo experimental duró 15 días, en los que se tuvieron 6 días de muestreo (sacrificio de lechones). Para realizar el muestreo de órganos digestivos (páncreas e intestino delgado) se dispuso de un animal de cada grupo, tomando como referencia el menor peso dentro del grupo. Los lechones se insensibilizaron con CO₂ y posteriormente se degollaron, enseguida se procedió a la apertura de la cavidad abdominal para coleccionar el páncreas e intestino delgado, los cuales fueron disecados y pesados.

El páncreas se congeló inmediatamente en nitrógeno líquido con el fin de parar cualquier actividad enzimática. Posteriormente se determinó la actividad enzimática total (UI/g de páncreas) de las siguientes proteasas en páncreas: carboxipeptidasa B (Folk et al., 1960), carboxipeptidasa A (Bradshaw et al., 1969), tripsina (Reboud et al., 1962) y quimotripsina (Bergmeyer, 1974).

Cuadro 8. Composición centesimal de las dietas del experimento 3^o.

	0% PS ^ψ	12% PS	24% PS
INGREDIENTES			
Pasta de Soya	0.00	12.00	24.00
Caseína	12.11	6.06	0.00
Almidón	11.88	5.93	0.00
Aceite de Maíz	4.00	4.00	4.00
Sorgo BT ^φ	44.86	44.86	44.85
Suero de Leche	20.00	20.00	20.00
Plasma Porcino	3.00	3.00	3.00
Otrofosfato	1.20	1.20	1.20
Cloruro de Sodio	0.35	0.35	0.35
Carbonato de Calcio	1.08	1.08	1.08
Vitaminas ^a	0.36	0.36	0.36
Minerales ^b	0.12	0.12	0.12
Lisina-HCL	0.29	0.29	0.29
DL Metionina	0.11	0.11	0.11
Treonina	0.07	0.07	0.07
Oxido de Zinc	0.40	0.40	0.40
Tylan	0.10	0.10	0.10
Antibiótico ^d	0.05	0.05	0.05
Antioxidante	0.02	0.02	0.02
ANALISIS QUIMICO			
Proteína cruda (%)	19.0	19.0	19.0
Lisina (%)	1.1	1.1	0.8
Energía metabolizable (Mcal)*	3.4	3.4	3.4

^a Complemento vitamínico que proporciona por kilogramo de dieta: Vitamina A 10200 UI, Vitamina D 1980 UI Vitamina E 60 UI, Vitamina K 1.20 mg, Riboflavina 7.20 mg, Vitamina B12 0.04mg, Colina 968 mg, Niacina 36 mg, Acido Pantotéico 17 mg, Tiamina 0.3 mg, Piridoxina 0.31 mg, Biotina 0.08 mg, Acido Fólico 0.75 mg.

^b Complemento mineral que proporciona por kilogramo de dieta: Cobre 14.40 mg, Hierro 120 mg, Manganeso 36.0 mg, Selenio 0.30 mg, Yodo 0.96 mg, Zinc 144.0 mg.

^c Todas las dietas se formularon al 19% PC. ^ψ = Pasta de soya. ^φ = Bajo en taninos. * = Calculado en base a las tablas del INRA (1984). ^d = Tilosina 0.110 g/kg.

El intestino delgado se dividió en tres partes (duodeno, yeyuno e ileon) según lo recomendado por Makkink *et al.* (1994b). Después de haber obtenido las tres porciones del intestino delgado, se empleó la técnica de insuflado, la cual consiste en obtener un pedazo de aproximadamente 10 cm de largo de cada una de las porciones y proceder al lavado con solución salina fisiológica. Posteriormente los extremos, se anudaron con hilo cáñamo y se inyectó formol bufferado en uno de los extremos. Finalmente se introdujo la porción en un frasco con formol para su conservación. Para su análisis en laboratorio cada fragmento de intestino se cortó a 5 micras de espesor utilizando la técnica de inclusión en parafina propuesta por Heffess y Mullick (1995). Los cortes se observaron al microscopio óptico (Carl Zeiss, modelo K7), con un objetivo de 10X, efectuándose 10, mediciones por lámina, para determinar el promedio de la altura y anchurar de las vellosidades, así como de la profundidad de las criptas.

ANALISIS ESTADISTICO

El total de la variación se atribuyó al siguiente modelo estadístico de acuerdo a un diseño en parcelas divididas (Steel y Torrie, 1985), mediante el paquete estadístico SAS.

$$Y_{ijkl} = \mu + T_i + B_j + \delta_{ij} + TB_{ij} + D_k + TD_{ik} + P_l + \eta_l + e_{ijkl}$$

En donde:

Y_{ijk} = Actividad enzimática o altura, anchura, profundidad de vellosidades, peso de órganos.

μ = Media general.

T_i = Efecto del i -ésimo tratamiento.

B_j = Efecto del j -ésimo bloque.

D_k = Efecto de la k -ésimo medición.

δ_{ij} = Error de restricción asociado con el j -ésimo bloque en el i -ésimo tratamiento.

TB_{ij} = Efecto de la interacción entre el i -ésimo tratamiento y el j -ésimo bloque.

TD_{ik} = Efecto de la interacción entre el i -ésimo tratamiento y la k -ésima medición.

P_l = Efecto del l-ésimo peso.

η_l = Error de restricción asociado al l-ésimo peso.

e_{ijk} = Error aleatorio asociado con la k-ésima medición en el j-ésimo bloque del i-ésimo tratamiento.

Se realizó un análisis por contrastes ortogonales para obtener las tendencias de respuesta entre tratamientos, tiempos de sacrificio. Cuando el contraste fue significativo se utilizó el procedimiento del paquete estadístico SAS (1999) para obtener la (s) ecuaciones correspondientes.

Se realizó un análisis de regresión (lineal y cuadrática) REG (SAS, 1999).

$$Y = a + bx$$

$$Y = a + bx + bx^2$$

Donde:

y = Valor estimado.

a = Ordenada al origen.

b = pendiente de la recta.

x = días de medición.

x^2 = días de medición al cuadrado.

5. RESULTADOS

5.1 Experimento 1

Los coeficientes de digestibilidad ileal aparente de las dietas experimentales son mostrados en el cuadro 9, se observó una diferencia significativa ($P < 0.001$) en la digestibilidad de la materia seca y en la proteína cruda ($P < 0.01$) entre tratamientos.

La dieta control tuvo una mayor digestibilidad aparente de la materia seca que el resto de los tratamientos (93.3 vs 90.7, 87.0 y 85%).

La digestibilidad aparente de proteína cruda en la dieta control fue mayor que en el resto de los tratamientos (93.3 vs 90.1, 86.2 y 86.5). A mayor nivel de pasta de soya en la dieta se observó un menor coeficiente de digestibilidad ileal aparente de la proteína.

La dieta control y el tratamiento con 20% de pasta de soya presentaron similar coeficiente de digestibilidad ileal verdadera de la proteína y superior al resto de los tratamientos. Al aumentar el nivel de proteína de pasta de soya en la dieta, se disminuyó la digestibilidad verdadera.

La digestibilidad ileal aparente y verdadera de la proteína de la pasta de soya en lechones se estimó en un 78.4% y 95.6%, respectivamente, no encontrándose un efecto entre los diferentes niveles de la proteína de pasta de soya empleados en este trabajo.

Cuadro 9. Coeficiente de digestibilidad ileal aparente y verdadera en lechones alimentados con diferentes niveles de proteína de pasta de soya.

Proteína de pasta de soya (PPS)	0%	20%	40%	60%	Efecto Estadístico	EEM
CDIa MS ^A	93.3 ^a	90.7 ^b	87.0 ^c	86.5 ^c	P<0.001	0.243
CDIa PC ^A	93.3 ^a	90.1 ^b	86.2 ^c	86.5 ^c	P<0.01	0.463
CDIv PC ^A	100.0 ^a	97.2 ^a	93.1 ^b	93.4 ^b	P<0.01	0.452

EEM= Error Estándar de la Media

^{abc} = Valores en el mismo renglón con diferentes literales son diferentes (P < 0.01)

CDIaPC MS y PC = Coeficiente de digestibilidad ileal aparente de materia seca y proteína cruda

CDIvPC = Coeficiente de digestibilidad ileal verdadera de proteína cruda

^A = Efecto lineal a la inclusión de proteína de pasta de soya (P < 0.001)

5.2 Experimento 2

La digestibilidad ileal aparente (Cuadro 10) de la materia seca de las dietas experimentales, mostró una diferencia significativa ($P < 0.001$) para el efecto tratamiento. El tratamiento del 100% de proteína de pasta de soya obtuvo el menor valor de digestibilidad (78.7, 79.1%) con relación al resto de los tratamientos evaluados.

La materia seca de la dieta control fue más digestible (89.6%) que el resto de las dietas. El tratamiento con 33% de proteína de pasta de soya tuvo una digestibilidad similar (89.3%) a la del tratamiento control.

Se observó un efecto lineal a la inclusión de proteína de pasta de soya ($P < 0.001$) para la digestibilidad ileal de materia seca. Los coeficientes de digestibilidad de proteína cruda de los diferentes niveles evaluados presentaron una diferencia significativa ($P < 0.01$). La digestibilidad de la dieta control y de la dieta con 33% de proteína de pasta de soya fueron más digestibles (88.8 vs 90.5%) que el resto de los tratamientos. Los tratamientos con 33 y 66% de proteína de pasta de soya tuvieron una digestibilidad mayor (90.5 y 86.9 vs 82.8 y 84.1%), que los tratamientos del 100% de proteína de pasta de soya. El coeficiente de digestibilidad ileal verdadera de los tratamientos presentó una diferencia significativa ($P < 0.01$) en la digestibilidad de la dieta control y con 33% de proteína de pasta de soya con respecto al resto de los tratamientos (95.9 y 97.7% vs 94.4, 89.7 y 90.9%), observándose que al tener un aumento en el nivel de proteína de pasta de soya en la dieta, se disminuyó el valor del coeficiente de digestibilidad verdadera. Los dos tratamientos que contenían el 100% de proteína de pasta de soya no presentaron diferencias entre los valores de digestibilidad ileal aparente de la materia seca, proteína y la digestibilidad verdadera de la proteína. Se presentó un efecto lineal ($P < 0.01$) para la digestibilidad ileal aparente y verdadera de la proteína en las dietas experimentales. La digestibilidad aparente y verdadera de la pasta de soya estimada por el método de diferencia (Fan y Sauer, 1994) fue de 84.9 y 92.2% respectivamente, no encontrándose diferencias entre los diferentes niveles de pasta de soya incorporados en las dietas evaluadas.

Cuadro 10. Coeficiente de digestibilidad ileal aparente y verdadera en cerdos en crecimiento alimentados con diferentes niveles de proteína de pasta de soya.

Proteína de Pasta de soya (PPS)	0%	33%	66%	100%	100%*	Efecto Estadístico	EEM
CDIa MS ^A	89.6 ^a	89.3 ^a	85.9 ^b	78.7 ^c	79.1 ^c	P < 0.001	0.41
CDIa PC ^B	88.8 ^a	90.5 ^a	86.9 ^{ab}	82.8 ^b	84.1 ^b	P < 0.01	0.6
CDIv PC ^B	95.9 ^a	97.7 ^a	94.4 ^{ab}	89.7 ^c	90.9 ^{bc}	P < 0.01	0.6

EEM= Error Estándar de la Media

^{abc} = Valores en el mismo renglón con diferentes literales son diferentes (P < 0.01)

* = Cerdos que siempre consumieron pasta de soya

CDIaPC MS y PC = Coeficiente de digestibilidad ileal aparente de materia seca y proteína cruda

CDIvPC = Coeficiente de digestibilidad ileal verdadera de proteína cruda

^A = Efecto lineal a la inclusión de pasta de soya (P < 0.001)

^B = Efecto lineal a la inclusión de pasta de soya (P < 0.01)

5.3 Experimento 3

Desarrollo de órganos digestivos.

No se observaron diferencias entre tratamientos (Cuadro 11) para el peso absoluto y relativo del páncreas e intestino delgado.

En el peso vivo de los lechones y el peso absoluto y relativo del intestino delgado (Cuadro 12), se observó una diferencia ($P < 0.001$) entre los días de muestreo. Del día 0 (día de destete) al día 5 posdestete, no se observó diferencia entre los valores de pesos. Entre los días 5 y 8 posdestete se presentó un moderado aumento (700 g) en el peso vivo y para el peso absoluto y relativo del intestino delgado se tuvo una diferencia de 65 y 7g respectivamente. A los 15 días posdestete se registro el mayor peso absoluto y relativo del intestino delgado.

No se observaron diferencias del páncreas entre los días 0 (destete), 2 y 5 posdestete, observándose una diferencias significativa ($P < 0.001$) entre los valores de peso absoluto de los días 8, 11 y 15 posdestete (8.8, 11.1 y 16.2) respectivamente. Se tuvo una diferencia ($P < 0.001$) en los valores del peso relativo del páncreas durante los primeros 15 días posteriores al destete. En los primeros 8 días posdestete su peso relativo se mantuvo sin cambios (1.4 g/kg PV promedio) no siendo así para el día 11, donde se registró un incremento del peso de este órgano (1.9 g/kg PV). El mayor peso se obtuvo en el día 15 posdestete (2.2 g/kg PV).

El crecimiento que se observó en el peso absoluto y relativo del páncreas dentro de los primeros 15 días posdestete fue de forma cuadrática (Gráfica 2), obteniéndose una $R^2 =$ del 0.80 y del = 0.83 para el peso absoluto y relativo respectivamente.

En el caso del intestino delgado se observó una respuesta cuadrática en el incremento del peso absoluto y relativo durante los 15 días posdestete ($R^2 = 0.57$ y $R^2 = 0.67$ respectivamente).

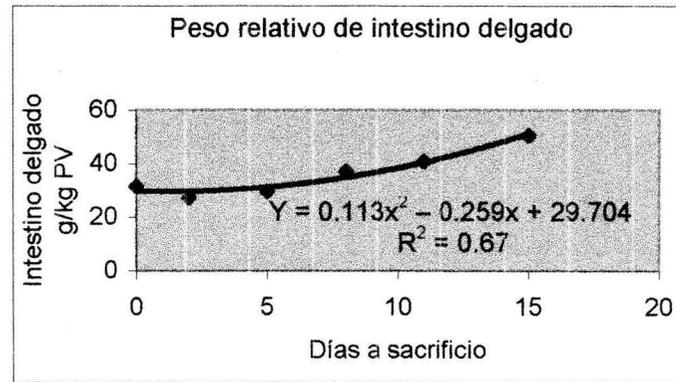
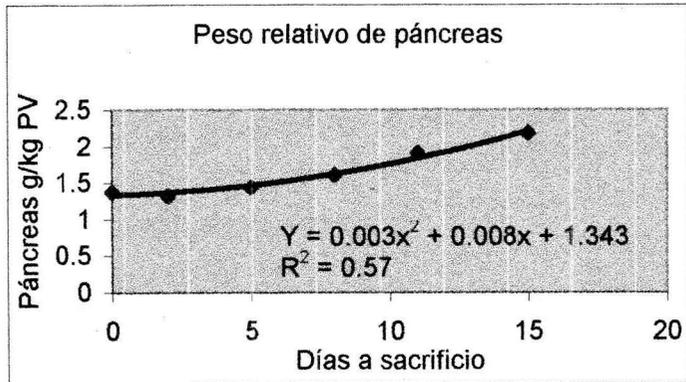
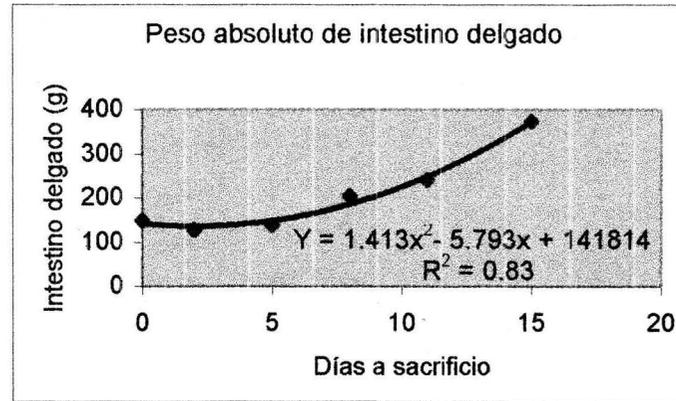
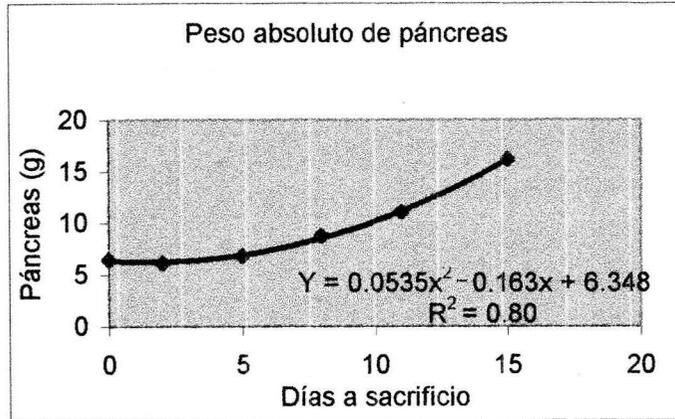
Cuadro 11. Promedios generales para el peso de órganos digestivos en lechones destetados a 17 días de vida y alimentados con niveles crecientes de proteína de pasta de soya (PPS).

Variable	Nivel de pasta de soya (%)			Efecto Estadístico	EEM
	0	12	24		
Peso vivo (kg)	5.8	5.1	5.6	NS	0.09
Peso absoluto (g)					
Páncreas	9.7	8.9	9.2	NS	0.25
Intestino delgado	208.9	211.0	197.2	NS	5.82
Peso relativo (g/kg PV)					
Páncreas	1.6	1.7	1.6	NS	0.03
Intestino delgado	34	40	35	NS	0.66

EEM= Error Estándar de la Media

NS = No significativo (P > 0.05)

Gráfica 2. Peso absoluto (g) y relativo (g/kgPV) de los órganos digestivos de lechones en función de la edad posdestete.



Cuadro 12. Promedios generales del desarrollo para el peso de órganos digestivos de lechones de los 17 a los 32 días de edad.

Variable	Días posdestete						Efecto Estadístico	EEM
	(destete) 0	2	5	8	11	15		
Peso vivo (PV en kg)	4.7 ^c	4.7 ^c	4.8 ^c	5.5 ^b	5.9 ^b	7.3 ^a	P < 0.001	0.09
Peso absoluto (gramos)								
Páncreas	6.4 ^d	6.1 ^d	6.8 ^d	8.8 ^c	11.1 ^b	16.2 ^a	P < 0.001	0.25
Intestino delgado	149 ^c	127 ^c	139 ^c	204 ^b	241 ^b	377 ^a	P < 0.001	5.82
Peso relativo (g/kg PV)								
Páncreas	1.4 ^{dc}	1.3 ^d	1.4 ^{dc}	1.6 ^c	1.9 ^b	2.2 ^a	P < 0.001	0.03
Intestino delgado	32.0 ^c	27.0 ^c	30.0 ^c	37.0 ^b	41.0 ^b	51.0 ^a	P < 0.001	0.66

EEM= Error Estándar de la Media

^{abcd} = Valores en el mismo renglón con diferentes literales son diferentes (P < 0.001)

Integridad de la mucosa intestinal.

El nivel de proteína de pasta de soya que consumieron los lechones en los diferentes tratamientos experimentales (Cuadro 13), no afectó la histología de las vellosidades ($P > 0.05$) en ninguna de las regiones del intestino delgado. Sin embargo, con relación al día posdestete, se observaron algunas diferencias ($P < 0.05$) en la anchura de las vellosidades y en la profundidad de las criptas.

Altura de las vellosidades: En el cuadro 14 se puede observar que en las regiones del duodeno, yeyuno e ileon las vellosidades no mostraron diferencias ($P > 0.05$) en su altura entre el día 0 (momento del destete) y el día 15 posdestete.

Anchura de vellosidades: En la región del duodeno y el yeyuno no se observaron diferencias en la anchura de las vellosidades entre los diferentes días de sacrificio. No siendo así para la región del ileon, donde se observó una diferencia ($P < 0.001$) entre las dos primeras semanas posdestete.

Los días 0 y 2 posdestete reportaron los menores valores (97 y 90 μm) en anchura de las vellosidades que el resto de los días evaluados. En los días 8, 11 y 15 posdestete se observó un incremento del valor en la anchura de las vellosidades (117, 127 y 129 μm respectivamente).

Profundidad de las criptas de Liberkühm: En la región del duodeno y yeyuno se observó una diferencia ($P < 0.05$) entre los días evaluados. El segundo día posdestete registró el menor valor en profundidad de las criptas para las regiones del duodeno (131 vs 157, 158, 180, 179 y 206 μm) y el ileon (109 vs 114, 128, 158, 156 y 160 μm) respectivamente, El mayor valor se registró el día 15 posdestete (206 μm) en la región del duodeno. En la porción del ileon a partir del día 8 se observó un incremento en la profundidad de la cripta (158, 156 y 160 μm).

Cuadro 13. Promedios generales de la morfometría intestinal de lechones destetados a 17 días de vida alimentados con diferentes niveles de pasta de soya.

Micrometría		Niveles de pasta de soya (%)			Efecto Estadístico	EEM
		0	12	24		
Altura de vellosidad (μm)	D	322	340	322	NS	18.24
	Y	285	268	285	NS	16.84
	I	223	219	223	NS	12.70
Anchura de vellosidad (μm)	D	121	115	121	NS	2.49
	Y	114	108	113	NS	3.14
	I	107	127	107	NS	2.72
Profundidad de criptas (μm)	D	167	178	167	NS	5.99
	Y	142	162	142	NS	6.22
	I	170	142	140	NS	4.63

EEM= Error Estándar de la Media

NS = No significativo ($P > 0.05$)

Cuadro 14. Promedios generales del desarrollo de la morfometría intestinal de lechones de los 17 a los 32 días de edad.

Micrometria		Días posdestete						Efecto Estadístico	EEM
		(destete)							
		0	2	5	8	11	15		
Altura de vellosidad (μm)	D	412	314	304	255	282	408	NS	18.24
	Y	330	238	244	305	275	329	NS	16.84
	I	263	221	176	197	226	242	NS	12.10
Anchura de vellosidad (μm)	D	107	115	105	118	125	128	NS	2.49
	Y	97	96	109	113	112	119	NS	3.14
	I	97 ^{bc}	90 ^b	112 ^{ab}	117 ^a	127 ^a	129 ^a	P < 0.001	2.72
Profundidad de criptas (μm)	D	157 ^{bc}	131 ^c	158 ^{bc}	180 ^{ab}	179 ^{ab}	206 ^a	P < 0.05	5.99
	Y	127	119	151	160	163	173	NS	6.22
	I	114 ^b	109 ^b	128 ^{ab}	158 ^a	156 ^a	160 ^a	P < 0.05	4.63

EEM= Error Estándar de la Media

^{abc} = Valores en el mismo renglón con diferentes literales son diferentes (P < 0.05)

NS = No significativo (P > 0.05)

Actividad enzimática.

Los resultados de la actividad enzimática total (unidades internacionales por gramo de páncreas) de la tripsina, quimotripsina y Carboxipeptidasas A y B, son presentados en el cuadro 15 para los diferentes tratamientos experimentales, no se detectaron diferencias ($P > 0.05$) entre tratamientos. Los resultados de la actividad enzimática en los diferentes días posdestete para la tripsina, quimotripsina y Carboxipeptidasas A y B, se presentan en el cuadro 16.

La carboxipeptidasa A presentó variación ($P < 0.001$) entre los diferentes días posdestete que fueron evaluados.

El mayor valor de la actividad enzimática (24,604 UI/peso de páncreas) se presentó al segundo día posdestete en comparación con el resto de los días evaluados. Se observó poca variación en los valores de la actividad enzimática de la carboxipeptidasa A, entre los días 5 y 15 posteriores al destete (9,795; 11,061; 13,179 y 12,197 UI/peso de páncreas) respectivamente.

Se observó una variación ($P < 0.001$) en la actividad enzimática de la carboxipeptidasa B entre los diferentes días posdestete. Los lechones lactantes y el segundo día posdestete presentaron la mayor actividad (26,950 y 26,813 UI/peso de páncreas) en comparación a los demás días. El día 11 posdestete tuvo la menor (13,700 UI/peso de páncreas) actividad de la enzima.

Se observaron diferencias ($P < 0.001$) entre los días posdestete para la quimotripsina. El segundo día posdestete los lechones presentaron la mayor actividad (328,398 UI/peso de páncreas). Los días 8 y 11 posdestete presentaron los menores valores de la actividad enzimática de la quimotripsina (75,578 y 71,912 UI/g páncreas) respectivamente.

Se observó una mínima diferencia entre los valores ($P < 0.05$) de la actividad enzimática de tripsina en los primeros 15 días posdestete (1,420; 1,724; 1,511; 1,496; 1,707 y 1,504 UI/peso de páncreas).

Cuadro 15. Promedio general de la actividad total de las enzimas pancreáticas en lechones destetados a 17 días de edad alimentados con diferentes niveles de proteína de pasta de soya.

Actividad Enzimática	Niveles de pasta de soya (%)			Efecto Estadístico	EEM
	0%	12%	24%		
TOTAL (UI/g de páncreas)					
Carboxipeptidasa-A	12,412	15,476	14,836	NS	504
Carboxipeptidasa-B	22,027	21,390	21,223	NS	384
Quimotripsina	133,460	148,608	147,683	NS	5039
Tripsina	1,472	1,605	1,594	NS	28

EEM= Error Estándar de la Media

NS = No significativo (P > 0.05)

Cuadro 16. Promedio general del desarrollo de la actividad total y metabólica de las enzimas pancreáticas de lechones de los 17 a los 32 días de edad.

Actividad Enzimática	Días posdestete						Efecto estadístico	EEM
	(destete) 0	2	5	8	11	15		
TOTAL (UI/g de páncreas)								
Carboxipeptidasa-A	14,607 ^b	24,604 ^a	9,795 ^c	11,061 ^{bc}	13,179 ^{bc}	12,197 ^{bc}	P < 0.001	504
Carboxipeptidasa-B	26,950 ^a	26,813 ^a	20,954 ^b	20,727 ^b	13,700 ^c	20,135 ^b	P < 0.001	384
Quimotripsina	127,198 ^b	328,398 ^a	143,211 ^b	75,578 ^c	71,912 ^c	113,205 ^b	P < 0.001	5039
Tripsina	1,420 ^c	1,724 ^a	1,511 ^{bc}	1,496 ^c	1,707 ^{ab}	1,504 ^{bc}	P < 0.05	28

EEM= Error Estándar de la Media

^{abcd} = Valores en el mismo renglón con diferentes literales son diferentes (P < 0.01)

Falta página

N° 52

6. DISCUSION.

Digestibilidad

El nivel de proteína de pasta de soya (PPS) de la dieta para lechones y cerdos en crecimiento afectó la digestibilidad ileal aparente de la materia seca y de la proteína, ya que se presentó un comportamiento descendente de la digestibilidad conforme se aumentó el nivel de proteína de pasta de soya en las dietas. La baja digestibilidad aparente observada en los lechones alimentados con pasta de soya puede deberse a una deficiente hidrólisis de la proteína en el intestino delgado, como lo reportan Wilson y Leibholz (1981).

Otros factores que también influyen en la digestibilidad de la proteína de la pasta de soya es la presencia de los inhibidores de enzimas proteolíticas, carbohidratos indigestibles, constituyentes antigénicos (glicinina o β -conglucina) presentes en el endospermo de la soya (Grala *et al.*, 1998). Estos autores reportan una digestibilidad ileal aparente del 81 y 82% para materia seca y proteína en dietas con 52% de pasta de soya. Van Der Poel *et al.* (1990) reportaron digestibilidades aparentes para proteína cruda del 77 y 79% para dietas a base de pasta de soya-maíz en lechones destetados a los 17 días de edad. Los valores observados en el presente trabajo fueron mayores para la materia seca del 86 al 90%, y para la proteína cruda, del 86 al 89%.

Probablemente los actuales resultados se deben a la presencia de ingredientes altamente digestibles (almidón, caseína) en las dietas de iniciación, como lo reportaron Salgado *et al.* (2002), quienes trabajaron con dietas elaboradas con pasta de soya-caseína, teniendo una digestibilidad ileal aparente del 84% para materia seca y 88% para proteína cruda. Los niveles de pasta de soya utilizados se encontraron dentro de los límites tolerables por los lechones (Friesen *et al.*, 1993; Li *et al.*, 1993).

Friesen *et al.* (1993) no observaron diferencias en el desarrollo zootécnico de los lechones alimentados con dietas de niveles de proteína de pasta de soya abajo del 22%.

En cerdos en crecimiento se observó que las dietas fueron altamente digestibles, sobre todo para los tratamientos a base de caseína 0% y 33% PPS. Pudiendo deberse al porcentaje de caseína y almidón presente en la dieta, ya que Walker *et al.* (1986) menciona que estas materias primas son altamente digestibles.

El valor de la digestibilidad ileal aparente fue menor en las dietas del 100% de PPS debido probablemente a la presencia de fibra en la dieta la cual afecta la digestibilidad como lo reportaron Schulze *et al.* (1994).

En cerdos en etapa de crecimiento su sistema digestivo ya ha alcanzado la madurez, teniendo la capacidad de adaptarse rápidamente a la ingestión de fuentes de proteína que posean factores antinutricionales como los inhibidores de proteasas, factores alergénicos (glicinina y β -conglucina), etc. Esto quedó evidente en el caso de los cerdos del tratamiento 4 que antes de los 45 kg. de peso vivo, no habían ingerido pasta de soya tanto que no afectó su capacidad de ingerir dietas con un 100% de la proteína proveniente de pasta de soya.

Woodworth *et al.* (2001), midieron la digestibilidad ileal aparente de la pasta de soya y reportaron un 86% de digestibilidad para la proteína cruda, muy similar a lo encontrado en este trabajo, donde obtuvieron valores del 82 y 88%.

Jorgensen *et al.* (1984) reportaron coeficientes de digestibilidad ileal aparente para la materia seca muy semejante a los determinados en este estudio (83 vs 85%, respectivamente).

La digestibilidad ileal aparente de la proteína reportada por Woodworth *et al.* (2001) fue menor (76.3%) a la encontrada en este trabajo (86%). La discrepancia entre estos valores probablemente se debió al tipo de dieta, la calidad de la pasta de soya empleada (Walker y Maxwell 1986).

La similitud entre los resultados de la digestibilidad aparente encontrados y la bibliografía consultada indican que los experimentos se condujeron de forma adecuada.

La digestibilidad ileal verdadera encontrada en este estudio para lechones destetados y cerdos en etapa de crecimiento se observó una mínima diferencia entre sus valores, y el mismo comportamiento ascendente cuando en nivel de pasta de soya disminuía.

Peso de órganos digestivos.

En el trabajo realizado se observó una relación entre el peso vivo del lechón y el órgano, como lo reporta Cranwell (1985). En la segunda semana posdestete se registró el mayor incremento en peso relativo y absoluto del intestino delgado, como lo reportan Cera *et al.* (1988) quienes señalaron que los pesos relativos del intestino delgado eran de 55 – 60 g/kg en lechones de 42 días de edad. El incremento en el peso del intestino delgado del octavo al quinceavo día posdestete probablemente es debido a un incremento en el consumo de alimento como lo menciona Rantzer y Kiela. (1997).

En este trabajo se observó que el peso relativo y absoluto del páncreas comenzó a incrementarse a partir del octavo día posdestete, presentándose el mayor valor a los 15 días posdestete, como lo reportaron Salgado *et al.* (2002) quienes registraron páncreas más pesados en lechones que fueron alimentados con dietas a base de pasta de soya, que otros lechones que fueron alimentados con otras fuentes de proteína. El incremento en el peso absoluto y relativo del páncreas entre el día 11 y 15 posdestete, puede estar relacionado a la edad del lechón, al incremento en el consumo de la dieta, a la adaptación a una dieta sólida y a la presencia de la proteína de la pasta de soya en el tracto digestivo como lo menciona Makkink *et al.* (1994 ab); Owsley *et al.* (1986); Rantzer y Kiela. (1997). Lindemann *et al.* (1986).

Al no observarse un efecto de los niveles de pasta de soya ingeridos sobre la altura de las vellosidades es de suponerse que la lesión que se presentó en las vellosidades no fue significativa Salgado *et al.* (2002); Nabuurs y Hoogendoorn (1993) encontraron una reducción en la altura de las vellosidades en la primera semana posdestete para lechones que consumieron dietas con pasta de soya.

Los datos reportados en el este trabajo sobre el efecto que ocasionó la ingestión de dietas con diferentes niveles de pasta de soya sobre las vellosidades en lechones no fueron tan notorios, como lo reportaron Dunsford *et al.* (1989) quienes encontraron una reducción en las vellosidades en los primeros 12 días posdestete. Li *et al.* (1991a) reportaron un acortamiento en la vellosidad en los primeros 14 días posdestete. Li *et al.* (1990) observaron una disminución de las vellosidades en la primera semana posdestete usando dietas con pasta de soya. El no registrar en este experimento un decremento en las vellosidades durante las dos primeras semanas posdestete, probablemente se debe a una rápida renovación de las células del enterocito y a que no se vieron tan afectadas las vellosidades por el cambio de dieta. Contrario a lo reportado por Keriworthy y Allen (1966); Hampson (1986); Miller *et al.* (1986).

Stokes *et al.* (1984); Miller *et al.* (1986) observaron una disminución en las vellosidades y una elongación en la profundidad de las criptas en lechones que fueron alimentados con dietas elaboradas con pasta de soya. Salgado *et al.* (2002) reportaron un aumento en la profundidad de criptas a los 17 días posdestete, muy similar a lo reportado en este trabajo donde se observó una mayor profundidad de las criptas entre los días 8 y 15 posdestete, probablemente esto se debió a una gran tasa de recambio del enterocito por parte de las vellosidades como lo mencionan Li *et al.* (1990) y Pluske *et al.* (1997).

Al no observarse diferencias para la actividad de la tripsina en el presente trabajo, probablemente debido a que no se presentó un efecto de la dieta que ingirieron los lechones como lo menciona Salgado *et al.* (2002), contrario a lo reportado por Makkink *et al.* (1994) donde observó un comportamiento lineal para la actividad de la tripsina en páncreas al igual que Rantzer y Kiela. (1997).

La actividad de la quimotripsina fue variable entre los días posdestete, sobre todo en el segundo día, donde se registró el mayor incremento de la actividad enzimática, similar a lo reportado por Salgado *et al.* (2002) donde encontró una mayor actividad enzimática en páncreas en los primeros tres días posdestete.

La actividad de la quimotripsina presenta un decline hasta los 15 días posdestete en comparación al segundo día posdestete, donde se tiene la mayor actividad de la enzima similar a lo reportados por Owsley *et al.* (1986); Hartman *et al.* (1961) quienes encontraron una baja actividad enzimática para las primeras dos semanas posdestete. Debiéndose probablemente a un decremento en el consumo del alimento.

Para las enzimas Carboxipeptidasas A y B no fue posible el comparar los datos reportados en este trabajo, debido a que no se encontraron publicaciones donde se evaluaran estas enzimas en lechones.

7. CONCLUSIONES.

2.- La digestibilidad ileal aparente y verdadera de las dietas experimentales disminuye al aumentar los niveles de pasta de soya en la dieta.

2.- La digestibilidad ileal aparente de la pasta de soya fue diferente entre lechones y cerdos en crecimiento (78.4 y 84.9%, respectivamente).

3.- La digestibilidad ileal verdadera de la pasta de soya fue similar entre lechones y cerdos en crecimiento (95.6 y 92.2%, respectivamente).

4.- Los niveles crecientes de pasta de soya incorporados a la dietas de lechones no afectaron la actividad de las proteasas, la integridad de las vellosidades, ni el peso del páncreas y del intestino delgado.

4.- En los primeros 15 días posdestete las criptas de Lieberkühn aumentaron su profundidad, incrementando el proceso de renovación celular a nivel de las vellosidades intestinales.

5.- La actividad total de las enzimas pancreáticas se vio afectada al inicio del destete, incrementando su actividad y posteriormente se presentó un decremento de la actividad durante los 15 días posdestete.

8. REFERENCIAS

- Aguilera B A, Mariscal L G, Reis de Souza T C. Efecto de niveles crecientes de caseína sobre la excreción endógena de nitrógeno y la actividad pancreática. 2001; 65-66.
- Alpers D H. Digestion and absorption of carbohydrates and proteins. In. Johnson L R. (eds) Physiology of the gastrointestinal tract. Raven Press. New York. 1987: 1469-1487.
- AOAC. Association of Official Analytical Chemists, 16th Ed. Official Methods of Analysis, Washington, DC. 1995.
- Austin J L, Southern L. Swine nutrition. Boca Raton London New York Washington, D.C. 2001; 31: 691.
- Badui S D. Química de los alimentos. Ahambra Mexicana. 1981: 403-423.
- Bergmeyer H U. Methods of enzymatic analysis. Edition. Academic Press. New York. 1974.
- Bradshaw R, Ericsson L, Walsh K, Neurath H. The amino acid sequence of bovine carboxypeptidase A. Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 1969; 63: 1389-1391.
- Bruggink J H B. Utilización de concentrados de proteína de soya en dietas de animales jóvenes. IX curso de especialización FEDNA, Barcelona. 1993: 1-12.
- Caine W E, Tamminga S, Verstegen M W A, Sauer W C, Schulze H. Endogenous recoveries and true ileal digestibilities of amino acids in newly weaned pigs fed diets with protease-treated soybean meal. J. Anim. Sci. 1997; 7: 2970-2979.
- Cera K R, Mahan D C, Reinhart G A. Effect of weaning, week post-weaning diet in young swine. J. Anim. Sci. 1990; 68: 384-391.
- Cera K R, Mahan D C, Cross R F, Reinhart G A, Whitmayer R E. Effect of age, weaning and postweaning diet on small intestinal growth and jejunal morphology in young swine. J. Anim. Sci. 1988; 66: 574-584.
- Chen S C, Shen T F, Chen S Y. Effects of protein sources on the development of digestive enzymes in weaning pigs. Taiwan Sugar. 1992; 39: 18-23.
- Corring T, Aumaitre A, Durand, G. Development of digestive enzymes in the piglet from birth to 8 weeks. I. Pancreatic enzymes. Nutrition and Metabolism. 1978; 22: 231-243.

- Cranwell P D. The development of the stomach in the pig: the effect of age and weaning. I Stomach size, muscle and zones of mucosa. In Just, A., Jorgensen, H. and Fernandez, J A (eds) Proceedings of the 3 rd international seminar on digestive physiology in the pig. Bereting Statens Husdyrbrugsforsog. 1985; 580: 112-115.
- Cranwell P D, Moughan P J. Biological limitations imposed by the digestive system to the growth performance of weaned pigs. In: Barnett, J.L. and hennessy, P.D. (eds) Manipulating pig Production 2. Australasian Pig Sci. Association, Attwood, Victoria, 1989: 140-159, 177-183.
- Deprez P, Deroose P, van der Hened C, Muylle E, Oyaert W. Liquid versus dry feeding in weaning piglets: the influence on small intestinal morphology. J. of Veterinary Medicine. 1987; 34: 24-259.
- Dunsford B R, Knabe D A, Heansly W E. Effect of dietary soybean meal on the microscopic anatomy of the small intestine in the early-weaned pig. J. Anim. Sci. 1989; 67: 1855-1863.
- Efird R C, Armstrong W D, Herman D L. The development of digestive capacity in young pigs effects: of weaning regimen and dietary treatment. J. Anim. Sci. 1982; 55: 1370-1379.
- Ensminger M E, Oldfield J E, Heinemann W W. The Ensminger Publishing Company. 1990: 400-403.
- Fan M Z, Sauer W C, Hardin R T, Lien K A. Determination of apparent ileal amino acid digestibility in pigs: effect dietary amino acid level J. Anim. Sci. 1994; 72: 2851 – 2859.
- Fenton T W, Fenton M. An improved procedure for determination of chromic oxide in feed and feces. Can. J. Anim. Sci. 1979: 59 – 63.
- Flores J A. Seerley, R. W.; Emberson, J. Cooked soybeans in swine and rat diets. J. Anim. Sci. 1997; 39: 1082-1091.
- Folk J, Piez K, Carroll W, Gladner J. Carboxypeptidase B.V. Purification and characterization of the porcine enzyme, J. Biol. Chem. 1960; 235-272.
- Food and Agriculture Organization (FAO) 1999. Base de datos de alimentación por país: Food and Agriculture Organization (FAO) 2002. disponible: <http://www.fao.org> Accesado abril 23, 2002.

- Friedrich M. Physiology of intestinal digestion and absorption. In: Bock, H.D., Eggum, B.O., Low, A.G., Simon, O., Zebrowska, T. (eds) Protein Metabolism in Farm Animals Evaluation, Digestion, Absorption and Metabolism. Oxford University Press, Oxford. 1989; 218-272.
- Friesen K G, Goodband R D, Nelssen, J L, Blecha, F, Reddy, P G, Kats, L J. The effect of pre-and post weaning exposure to soybean meal on the growth performance and on the immune response in the early weaned pig. *J. Anim. Sci.* 1993;71: 2089-2091.
- Furuya S, Kaji Y. Estimation of the true ileal digestibility of amino acids and nitrogen from their apparent values for growing pigs. *Anim. Feed Sci. Technol.* 1989; 26: 271.
- Ganong W F. Fisiología médica. 16°. Edición. Edit. Manual Moderno. 1998: 565.
- Gertler A, Nitsa Z. The effect of trypsin inhibitors on pancreatopeptidase E, Trypsin, chymotrypsin and amylase in the pancreas and intestinal tract of chicks receiving and heated soya-bean diets. *Br. J. Nutr.* 1970; 24: 893-904.
- Grala W, Verstegen M W A, Jansman A J M, Huisman Leeusen van P. Ileal apparent protein and amino acid digestibilities and endogenous nitrogen losses in pig fed soybean and rapeseed products. *J. Anim. Sci.* 1998; 76: 557-568.
- Gray G M. Intestinal and surface membrane digestion of dietary carbohydrate and protein. In: Go, V.L.W., Books. F.P., DiMugno. Gardner, J.D., Lebenthal, E. And Scheele, G.A., (eds) *The Exocrine Pancreas Biology, Pathology and Disease*. Raven Press, New York, 1986; 37: 386.
- Hall G A, Byrne T F. Effects of age and diet on small intestinal structure and function in gnonbiotic piglets. *Res. Vet. Sci.* 1989; 47:387-392.
- Hampson D J, Kidder D E. Influence of creep feeding and earing on brush border enzyme activities in the piglets small intestine. *Res. Vet. Sci.* 1986; 40: 24-27.
- Hartman P A, Hays V W, Baker R O, Neagle L H, Catron D V. Digestive enzymes of the baby pig. *J. Anim. Sci.* 1961; 20: 114.
- Heffess C S, Mullick F G. Métodos histotecnológicos. Instituto de Patología de la Fuerzas Armadas de los Estados Unidos de América (AFIP). Washington, D.C. 1995: 33.
- Herd T. Digestion and absorption. The nonfermentative processes. In textbook of veterinary physiology, Cunningham J G. (eds) Saunders W B, Philadelphia, P.A. 1992: 286.

- Hornich M, Salajka E, Ulmann L, Sarmanová Z, Sedláček M. Enteric *Escherichia coli* infections. Morphological findings in the intestinal mucosa of healthy and diseased piglets. *Vet Pathol.* 1973; 10: 484-500.
- Huisman J, Jansman, A J M. Detary effects and some analytical aspects of antinutritional factors in peas (*Pisum sativum*), common beans (*Phaseolus vulgaris*) and soybeans (*glycine max* L) in monogastric farm animals. A literature review. *Nutr. Abstr.Rev. (Series B).* 1991; 61: 901-921.
- Huisman J, Toliman G H. Antinutritional factors in the plant proteins of diets for non-ruminants. In: PC. Garsworthy, W. Haresing & Cole (eds), *Recent advances in animal nutrition.* Butterworth-Heinemann Ltd. Oxford, U.K. 1992; 3-31.
- INRA. L'alimentation des animaux monogastriques: porc, lapin, volailles Institut National de la Recherche Agronomique. Paris France. 1984.
- Jorgensen, H, Sauer W S, Thacker P A. Amino acid availabilities in soybean meal, sunflower meal, fish meal and meat and bone meal fed to growing pigs. *J. Anim. Sci.* 1984; 58: 926-934.
- Keriworthy R, Allen W D. The significance of *Escherichia coli* to the young pig. *J.Comp. Pathol.* 1966: 31-76.
- Kidder D E, Manners M J. The level and distribution of carbohydrases in the small intestine mucosa of pigs from 3 weeks of age to maturity. *British J. of Nutrition.* 1980; 43: 141-153.
- Lallés DD. Identification of soyabean allergens and immune mechanisms of dietary sensitivities in preruminant calves. *INRA* 1993: 111-116.
- Liener I E. Implication of anti-nutritional components in soybean foods. *Crit. Rev. Food Sci. & Nutr.* 1994, 34 (1): 31-35.
- Liener I E Factors affecting the nutrition quality of soya products, *J.Am Oil Chem Soc.* 1981; 58: 406-415.
- Li D F, Nelssen J L, Reddy P G, Blecha F, Klemm R D, Giesting D W, Hancock J D, Allee G L, Goodband R D. Measuring suitability of soybean products for early-weaned pigs with immunological criteria. *J. Anim. Sci.* 1991a; 69: 3299-3301.
- Li D F, Nelssen J L, Reddy P G, Blecha F, Klemm R D, Hancock J D, Allee G L, Goodband R D, Klemm R D. Transient hypersensitivity to soybean meal in the early-weaned pig. *J. Anim. Sci.* 1990; 68: 1790-1799.

- Li D F, Nelssen J L, Reddy P G, Blecha F, Klemm R D, Goodband R D, Interrelationship between hypersensitivity to soy meal protein and growth performance in early-weaned pigs. *J. Anim. Sci.* 1991b; 69: 4062-4069.
- Li D F, Sauer W C, Fan M Z. The effect of dietary crude protein level on ileal and fecal amino acid digestibility in early-weaned pigs. *J. Anim. Physiology and Anim. nut.* 1993; 70: 117-128.
- Lindemann M D, Cornelius S G, El Kandelgy S M, Mose L R, Pettigrew J E. Effect of age, weaning and diet on digestive enzyme levels in the piglets. *J. Anim. Sci.* 1986; 62:1298-1307.
- Low A G. Endogenous nitrogen evaluation from absorption studies in: *Physiology digestive chez le porc, jouy-en-josas. Les colloques de INRA.* 1982; 12: 189.
- Makkink C A, Negulescu G P, Guixin Q, Verstegen M. W.A. Effect of dietary protein source on feed intake, growth, pancreatic enzyme activities and jejunal morphology in newly-weaned piglets. *British J. Nut.* 1994a; 72: 353-368.
- Makkink C A, Berntsen P J M, Kamp B M L, Kemp B, Verstegen M W A. Gastric protein breakdown and pancreatic enzyme activities in response to two different dietary protein source in newly weaned pig. *J. Anim. Sci.* 1994b; 72: 2843-2850.
- Mc Cracken B A, Spurlock M E, Roos M A, Zuckermann F A, Gaskins H A. Weaning anorexia may contribute to local inflammation in the piglet small intestine. *J. Nut.* 1999; 129) 613-619.
- Miller B G, James P S, Smith and Boume F J. Effect of weaning on the capacity of pig intestinal villus to digest and absorb nutrients. *J. Agric. Sci. Camb.* 1986; 107: 579-589.
- Moran E T. Comparative nutrition of fowl and swine. The gastrointestinal systems. E.T. Moran, Guelph Canada. 1982: 37.
- Nabuurs M J A, Hoogendoorn A, Van der Molen E J, Van Osta A L M. Villus height and crypt depth in weaned and unweaned pigs, reared under various circumstances in the Netherlands. *Res. Vet. Sci.* 1993; 55: 78-84.
- Nabuurs M J A. Weaning piglets as a model for studying pathophysiology of diarrhea. *Vet. Q20 (supplement 3).* 1998: 431-439.
- Otto E R, Yokoyama M, Ku K P, Ames N K, Trottier N L. Nitrogen balance and ileal amino acid digestibility in growing pigs fed diets reduced in protein concentration. *J. Anim. Sci.* 2003; 81: 1743-173.

- Owsley W F, Orr D E, Jr and Tribble L F. Effects of age and diet on the development of the pancreas and the synthesis and secretion of pancreatic enzymes in the young pig. *J. Anim. Sci.* 1986; 63: 497-504.
- Pluske J R, Hampson D J, Williams I H. Factors influencing the structure and function of the small intestine in the weaned pig: a review. *Livestck Production science.* 1997; 51: 215-236.
- Rantzer D, Kiela P. Pancreatic exocrine secretion during the first days after weaning in pigs. *J. Anim. Sci.* 1997; 875: 1324-1331.
- Reboud J P, Ben A A, Desnuelle P. Variations de la teneur en enzymes du páncreas de rat en fonction de la composition des régimes. *Biochim. Biophys. Acta.* 1962; 58: 326.
- Reis T C, Mariscal L G, Mar B. B. Canulación de cerdos posdestete para pruebas de digestibilidad ileal: desarrollo de una metodología. *Téc. Pecu. Méx.* 2000, 38: 143 – 150.
- Salgado P, Freire L P B, Mourato M, Cabral F, Toullec R, Lallés J P, Comparative effects of different legume protein sources in weaning piglets: nutrient digestibility, intestinal morphology and digestive enzymes. *Livestock Production Sci.* 2002; 74: 191-202.
- SAS, 1999. *SAS/STAT User's Guide.* SAS Inst. Inc., Cary, N.C. USA.
- Schulze H, Leeuwen P, Verstegen M W A, Huisman J, Souffrant W B, Ahrens F. Effect of level of dietary neutral detergent fibre on ileal apparent digestibility losses in pig. *J. Anim. Sci.* 1994; 72: 2362-2368.
- Shields R G, Ekstrom K E, Mahan D C. Effect of weaning age feeding method enzyme development in swine from birth to ten weeks. *J. Anim. Sci.* 1980; 50: 257-265.
- Smith M W. Expression of digestive and absorptive function in diferenting enterocytes. *Annual Review of Physiology.* 1985: 47: 247-260.
- Sohn S K, Maxwell C V, Buchanan D S, Southern L L. Improved soybean protein sources for early-weaned pigs: I. Effects on performance and total tract amino acid digestibility. *J. Anim.Sci.* 1994; 72: 622-630.
- Steel R G D, Torrie J ., *Bioestadística Principios y Procedimientos. Capitulo 9 análisis de la varianza II: clasificaciones multiples.* Ed. Mc Graw Hill. 1985; 188 –226.

- Stokes C R, Newby T J, Miller B G, Bourne F J. The immunological significance of transient cell mediated immunity to dietary antigens in: P.J.Quinn (ed) Cell mediated immunity. Commission of the European Communities, Luxembourg, Luxembourg. 1984: 249.
- Tarvid I, Cranwell P D, Ma L, Vavala R. The early postnatal development of protein digestion in pig. I. Pancreatic enzymes in souffrant, W.B., Hagemester, H. (ed) Proceeding of the Vith onternational symposium on digestive physiology in pig. EEAP Publication, No. 80, Rostock, Germany. 1994: 199-202.
- Van Der Poel A F B, Den Hartog L A, Van Stiphout W A A, Bremmers R, Huisman. Effects of extrusion of maize on ileal and fecal digestibility of nutrients and performance of young piglets. Anim Feed Sci and Tec. 1990; 29: 309-320.
- Varley M A. The neonatal pig. Development survival. Center for Agriculture Biosciences. International. 1995; 99.
- Venturi G, Amaducci. La soya. Mundi Prensa, Madrid. 1988; 401-403.
- Walker W R, Maxwel, C V. Milk versus soymeal protein source for pigs: I. Effects on performance and digestibility. J. Anim. Sci. 1986; 63: 505-512.
- Weström B R, Ekman R, Svendsen L, Svendsen J, Karlsson B W. Levels of immunoreactive insulin, neurotensin and bombesin in porcine colostrums and milk. J. of Pediatric Gastroenterology and Nutrition. 1987; 6: 460- 465.
- Wilson R H, Leibholz J. Digestion in the pig between 7 and 35 d of age. I. The performance of pig given milk and soybean protein. Br. J. Nutr. 1981; 115: 301-307.
- Woodworth J C, Tokach, M D, Goodband R D, Nelssen J L, O'Quinn, PR, Knabe D A, Said N W. Apparent ileal digestibility of amino acids and the digestible and metabolizable energy content of dry extruded-expelled soybean meal and its effects on growth performance of pigs. J. Anim. Sci. 2001; 79: 1280-1287.