

11662



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MÉXICO**

186
EN
8-13
2003

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES DE
CUAUTITLAN**

**EFEECTO DEL NIVEL Y TIPO DE FIBRA SOBRE LA
EXCRECION DE NITROGENO Y AMINOACIDOS
ENDOGENOS Y SU EFECTO SOBRE LA DIGESTIBILIDAD
ILEAL DE LA PROTEINA EN CERDOS**

T E S I S
QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS
EN EL AREA DE NUTRICION ANIMAL

P R E S E N T A

M.V.Z. ALEJANDRO BAYARDO URIBE

ASESOR : Dr. GERARDO MARISCAL LANDIN

AJUCHITLAN, QUERETARO

2003

A



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.

PAGINACION

DISCONTINUA

CONTENIDO

RESUMEN	I
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTOS	IV
INTRODUCCION	1
REVISION DE LITERATURA	2
Definición de digestibilidad y disponibilidad	2
Digestibilidad ileal aparente y digestibilidad fecal	2
Digestibilidad aparente y digestibilidad verdadera	3
Técnicas de colección de la digesta ileal	4
Difinición de nitrógeno y aminoácidos endógenos	5
Origen y cantidades de nitrógeno y aminoácidos endógenos	5
Importancia del nitrógeno y aminoácidos endógenos	6
Métodos para determinar el nitrógeno endógeno	7
Alimentación con dietas 100% digestibles	7
Alimentación con dietas libres de proteína	7
El método de regresión	8
El método de la técnica de dilución de isótopos marcados N 15	8
El método de la homoarginina	8
El método de ultrafiltración o de CHE	9
Factores que afectan la excreción de nitrógeno y aminoácidos endógenos	9
Factores animales:	10
El status proteico del animal	10
La edad	10
La salud	10
El peso del cuerpo	11
El estado fisiológico	11
Factores dietéticos:	11
El consumo de materia seca	11
La fuente, calidad y cantidad de proteína dietaria	12
Los factores antinutricionales	12
La grasa dietética	12
Definición de la fibra dietética	12
Clasificación de la fibra dietética	13
Propiedades físicas de la fibra dietética y su acción a lo largo del tracto gastrointestinal	13
HIPOTESIS Y OBJETIVOS GENERALES	17
HIPOTESIS Y OBJETIVOS PARTICULARES	17
MATERIAL Y METODOS	18
Manejo general	18
Localización	18
Animales	18
Alimentación	18
Técnica quirúrgica (cánula simple en "T")	19
Canula simple en "T"	19
Manejo prequirúrgico	19
Cirugía. Procedimiento quirúrgico	20
Manejo post operatorio	25
Experimento 1	26

Experimento 2	29
Toma de Muestras	33
Análisis de Muestras	33
RESULTADOS	34
Experimento 1	34
Experimento 2	39
DISCUSION	43
Experimento 1	43
Experimento 2	46
CONCLUSIONES	49
Anexos: Ecuaciones de regresión de los aminoácidos en respuesta a la fibra detergente neutro.	50
BIBLIOGRAFIA	51

INDICE DE FOTOGRAFIAS:

Fotografía 1. Cánula simple en "T"	19
Fotografía 2. Marcaje del área incidir	20
Fotografía 3. Corte de piel e incisiones de las capas musculares	21
Fotografía 4. Localización del pliegue íleo-cecal	22
Fotografía 5. Corte longitudinal de fleon	22
Fotografía 6. Final de la cirugía	24
Fotografía 7. Aplicación intramuscular de antibiótico	24
Fotografía 8. Jaulas metabólicas	25
Fotografía 9. Jaulas metabólicas	26

INDICE DE CUADROS:

Cuadro 1: Manejo de los cerdos	27
Cuadro 2: Composición de las dietas experimentales del experimento uno (g/kg.)	28
Cuadro 3: Composición química de las dietas experimentales del experimento uno	28
Cuadro 4: Composición de las dietas experimentales del experimento dos (g/kg.)	30

Cuadro 5: Composición química de las dietas experimentales del experimento dos	31
Cuadro 6: Efecto del nivel de FDN en la dieta sobre la excreción de la materia seca digestible, la materia seca indigestible y el nitrógeno endógeno.	36
Cuadro 7: Composición de AA en digestas ileales de los cerdos en mg/kg de MS consumida en respuesta al contenido de FDN en la dieta.	36
Cuadro 8: Medias cuadráticas de los efectos principales (nivel de fibra, fuente de fibra, fuente de proteína) sobre las digestibilidades ileales.	41
Cuadro 9 : Resultado de la interacción entre la fuente de proteína y fuente de fibra sobre las digestibilidades ileales de materia seca y la fibra detergente neutro.	42

INDICE DE GRAFICAS :

Gráfica 1: Materia seca digestible en función del contenido de FDN en la dieta	37
Gráfica 2: Materia seca indigestible en función del contenido de FDN en la dieta	37
Gráfica 3: Nitrógeno endógeno excretado (mg/kg de MS) en respuesta al incremento de FDN en la dieta.	38
Grafica 4: Cantidad de las medias mínimas cuadraticas en mg/kg de los niveles de triptofano en la digesta ileal conforme se incrementaban los niveles de fibra detergente neutro en la dieta.	38

EFFECTO DEL NIVEL Y TIPO DE FIBRA SOBRE LA EXCRECION DE NITROGENO Y AMINOACIDOS ENDOGENOS Y SU EFECTO SOBRE LA DIGESTIBILIDAD ILEAL DE LA PROTEINA EN CERDOS

MVZ. Alejandro Bayardo Uribe.
Asesor: Dr. Gerardo Mariscal Landin.

RESUMEN

Se utilizaron 40 cerdos con un peso vivo de 47.8 ± 5.3 kg, canulados a nivel del ileon distal (cánulas simples en 'T') en dos experimentos. En el primero se cuantificó la relación existente entre la excreción endógena y el nivel de fibra detergente neutro (FDN) y en el segundo, se determinó el efecto del nivel y fuente de FDN sobre la digestibilidad ileal de dos fuentes de proteína: concentrado de soya (CS) y caseína (C). En el experimento 1, los tratamientos fueron cuatro dietas libres de nitrógeno (DLN) elaboradas a base de almidón, aceite de maíz, vitaminas y minerales. Como fuente de fibra se utilizó una combinación de pulpa de bagazo de caña y hojas de maíz, para proporcionar diferentes niveles de FDN: 10, 15, 20, y 25 %. En el experimento 2, los tratamientos fueron seis dietas, formuladas a 16 % de proteína cruda (PC), compuestas de almidón, aceite de maíz, vitaminas y minerales. Se usaron dos fuentes de proteína (FP): el concentrado de soya (CS) y la caseína (C); debido a que son dos FP que no contienen FDN en su molécula, dentro de cada FP se usaron dos diferentes fuentes de fibra (FF): bagazo de caña y hoja de maíz (BC+HM) y olote de maíz (OM), y dos niveles de fibra (NF) detergente neutro 0% y 15%, formando los siguientes tratamientos CS0%, CSBC+HM15%, CSOM15%, C0%, CBC+HM15%, COM15%. En las 6 dietas se incluyó óxido de cromo al 0.3% como marcador indigestible. La fase experimental inicio 21 días después de la etapa de recuperación postoperatoria de los cerdos, y se dividió en un período de cinco días de adaptación a la dieta y dos días de colecta de la digesta ileal, la cual se llevó a cabo cada 2 horas. Los animales fueron alimentados dos veces al día a las (08:30 y 17:30 hrs), a razón de 2.5 veces sus necesidades de energía de mantenimiento (110 kcal de ED/ kg de peso metabólico). El consumo de agua fue a libertad; los cerdos fueron pesados al inicio y al final de cada período experimental. En el experimento 1 conforme se incrementaba el nivel de fibra se encontró un efecto lineal en la

excreción de la materia seca indigestible incrementándose ésta en 1.23 g de MS por g de FDN ($P<0.05$), y un efecto cuadrático ($P<0.051$) en la excreción de nitrógeno endógeno (mg de N endógeno = $4,781.4 - 12.43$ (g de FDN) + 0.067 (g de FDN²) $R^2 = 0.48$). La cantidad de nitrógeno endógeno varió de 3.12 a 6.72 g/ kg de materia seca consumida. La excreción de ácido glutámico, ácido aspártico, alanina, serina, cistina, valina, treonina, e isoleucina se incrementó ($P<0.05$) de forma cuadrática conforme se aumentó el nivel de FDN en la dieta.

La digestibilidad aparente de PC fue afectada por la FP ($P<0.05$), NF ($P<0.05$) y FF ($P<0.05$).

Cuando se excluyeron los TX (CS 0% y C 0% de FDN), se observó un efecto significativo ($P<0.05$) de FP en la digestibilidad de FDN y de hemicelulosa siendo menor la digestibilidad en las dietas de caseína para FDN (0.52), y para hemicelulosa (0.09) que en las dietas de CS para FDN (20.24) y para hemicelulosa (34.04).

En el experimento 2 se encontró un efecto significativo ($P<0.05$) del nivel de fibra sobre la digestibilidad aparente de la materia seca, siendo mayor a un nivel de fibra de 0%. También se detectó una interacción significativa ($P<0.05$) entre la FP y la FF de manera que la digestibilidad de la MS fue superior en la dieta de CS con 15% de OM (69.25) que en la de CS con 15 % BC+HM (62.11) mientras que en la dieta con caseína la digestibilidad de la MS fue similar entre BC+HM y OM (71.39 vs 72.10).

Se puede concluir que la fracción de FDN incrementa la excreción de nitrógeno endógeno y el flujo de la MS en el íleon distal y que la digestibilidad de la PC fue afectada por el nivel ($P<0.05$) y por la fuente de fibra ($P<0.05$).

DEDICATORIA

Este trabajo de tesis el cual fue y será siempre un gran logro en mi vida, quisiera dedicarlo por todo el apoyo moral, económico e incondicional que me brindaron principalmente mi madre Clementina Uribe Uribe, mi padre Alfonso Raúl Bayardo Casillas y mi hermano Alfonso Raúl Bayardo Uribe, además a mis amigos de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de Guadalajara y los de toda la vida, y de manera especial a mis compañeros, maestros y asesor de la maestría, que siempre me apoyaron con ganas de seguir hasta el final.

Y sin olvidar con un respeto muy grande aunque ya no se encuentren presentes a mis tíos Arturo Bayardo Casillas y Rubén Bayardo Casillas que siempre fueron un buen ejemplo a seguir como hombres y como profesionistas, que me impulsaron y me apoyaron a seguir hasta este nivel.

Les doy las gracias a Dios y a todos ustedes por haberme ayudado a formarme y a ser un hombre de bien, además les dedico cariñosamente esta tesis que he escrito, producto de mi inquietud de saber y tratar de enseñar, para lo cual me tracé un sendero y perseveraré en él.

AGRADECIMIENTOS

A la Facultad de Estudios Superiores de Cuautitlán de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM); al Centro Nacional de Investigación en Fisiología y Mejoramiento Animal (CENIFyMA); al Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (INIFAP); a la Unidad de Posgrado, (UP); a la Universidad Autónoma de Querétaro, (UAQ); al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt); a todo el personal administrativo, de servicio y de la granja del CENIFyMA, y a las empresas Deggusa México S.A. de C.V., Kimberly Clark, S.A. de C.V. y Plásticos Uribe S.A. de C.V. por todas las facilidades otorgadas para la elaboración del presente trabajo.

INTRODUCCION

Durante las dos últimas décadas se han llevado a cabo varios estudios de digestibilidad de aminoácidos (AA) en cerdos. (Low, 1982; Sauer y Ozimek, 1986; Furuya y Kaji, 1989; Moughan et al., 1992; Souffrant 1991; Fan et al., 1994, 1995; Mariscal et al., 1995; Nyachoti et al., 1996); que han mejorado la formulación de alimentos para ésta especie, al incrementar la exactitud con la cual son aportados los niveles de todos los nutrimentos, incluyendo la energía y la proteína.

Estos estudios han dejado claro que para suministrar niveles adecuados de AA a esta especie se debe considerar su digestibilidad ileal y no fecal o total. Sin embargo, los valores de digestibilidad obtenidos a nivel ileal pueden estar confundidos por la presencia de AA endógenos. Estas desventajas pueden ser evitadas mediante el empleo de la digestibilidad ileal verdadera (DV) en lugar de la digestibilidad ileal aparente (DA), (Furuya y Kaji 1989).

La DV, se obtiene al determinar el N y los AA endógenos presentes en el íleon distal. El N endógeno proviene de las secreciones salivales, biliares, gástricas, pancreáticas, e intestinales, y de las descamaciones de células epiteliales del tracto gastrointestinal (TGI), (Nyachoti et al. 1996). Sin embargo, los valores del N y de los AA endógenos presentes en la digesta ileal son afectados por el nivel y la fuente de la fibra dietética, (Sauer y Ozimek, 1986), por lo que los objetivos del presente trabajo fueron evaluar el efecto del nivel y del tipo de fibra sobre la excreción del N y de los AA endógenos, y sobre la digestibilidad de dos fuentes de proteína (concentrado de soya y caseína) en cerdos en crecimiento

REVISIÓN DE LITERATURA

Para asegurar un medio ambiente y una producción animal aceptable y que sea económicamente rentable, es necesario proveer un buen balance de nutrimentos en la dieta. Para esto, los alimentos deben de ser evaluados y valorados en cuanto a la disponibilidad biológica de sus nutrimentos, además de conocer y entender los requerimientos nutricionales de los animales.

Definición de digestibilidad vs disponibilidad

La digestibilidad es la diferencia entre la cantidad de AA en la dieta y en la digesta ileal o en las heces dividida por la cantidad de AA en la dieta. Por el contrario, **la disponibilidad** es la proporción de nutrimentos ingeridos que son absorbidos a partir del TGI y son utilizados en el metabolismo animal (Sauer y Ozimek 1986).

Digestibilidad ileal aparente y digestibilidad fecal

Anteriormente, la adición de proteína a las dietas de los cerdos se realizaba en base al contenido de proteína cruda (PC) ($N \times 6.25$); posteriormente se empleó la composición de AA de la proteína de los alimentos, sin embargo, el perfil químico de los aminoácidos no representa la cantidad de los AA digeridos por los cerdos (Tankley y Knabe, 1993 citado por Shulze 1994a); por tal motivo con el fin de mejorar la formulación de dietas en cerdos, el contenido de AA digestibles empezó a ser utilizado en sustitución del nivel de AA totales (Furuya y Kaji 1989). Conforme se mejoró el conocimiento, se comprobó la ventaja de utilizar la digestibilidad ileal sobre la total, ya que ella correlaciona mejor con el uso metabólico de la proteína (Sauer y Ozimek, 1986). Esto es debido a que la digestibilidad total incluye la degradación de las sustancias nitrogenadas que llegan al intestino grueso así como la síntesis de proteína microbiana (Rerat, 1978); el impacto nutricional de estas modificaciones es variable debido a que los AA excretados no corresponden a los absorbidos por el animal (Just et al., 1981). Existen evidencias que indican que esta transformación es intensa, ya que alrededor del 62 al 76 % del N total en heces es de origen bacteriano, correspondiendo a un 3.1- 6.5 g de N bacteriano por kg de materia seca consumida (Mason, 1984 citado Eggum 1995); dando como resultado que la

composición de AA en las heces de los cerdos alimentados con dietas que difieren ampliamente en su composición de AA y digestibilidad sea similar (Mason et al., 1976 citado por Eggum 1995).

La digestibilidad aparente puede ser determinada mediante el empleo de la siguiente fórmula:

$$DA = ((AA\ C - AA\ X) + AA\ C) \times 100$$

Donde :

DA= digestibilidad aparente

AA C = Aminoácidos consumidos

AA X = Aminoácidos excretados.

(Furuya y Kaji 1989; Jondvreville C. 1994)

Digestibilidad aparente y digestibilidad verdadera

En la formulación de dietas para cerdos, se asume que la suma de los AA digestibles suplementados en los alimentos es igual a la suma de los AA químicamente presentes multiplicados por el coeficiente de digestibilidad determinado para el ingrediente en forma individual. Sin embargo, información sobre el principio de aditividad son muy escasos. Los alimentos con un nivel bajo de AA, tendrán una menor DA por la contribución de los AA endógenos (Sauer y Ozimek, 1986; Furuya y Kaji 1989). Dado que en el cálculo de la DV son eliminadas las cantidades de AA endógenos, los valores de DV en lugar de los de DA son mejor utilizados para suplir los AA digestibles, (Tavemer et al., 1981a; Green et al., 1987). Es por esto que la DV de la proteína es el mejor estimador de la digestibilidad de la proteína dietética y es una propiedad inherente al ingrediente. (Furuya y Kaji, 1989)

La digestibilidad verdadera puede ser determinada mediante el empleo de la siguiente fórmula:

$$DV = ((AA\ C - (AA\ X - AA\ End.)) + AA\ C) \times 100$$

Donde :

DV= Digestibilidad verdadera

AA C = Aminoácidos consumidos

AA X = Aminoácidos excretados

AA End = Aminoácidos endógenos

(Furuya y Kaji 1989; Jondvreville. 1994)

Técnicas de colecta de digesta ileal

Para determinar la digestibilidad ileal de la proteína y AA de algún ingrediente se debe de obtener la digesta del intestino delgado a nivel ileal, para ésto se han creado varias técnicas, las cuales han sido clasificadas como:

1- Cánulas simples en "T":

La ventaja de este tipo de cánulas es que no se realiza ningún corte transversal en el intestino, esto permite conservar al máximo el estado fisiológico normal del intestino sin interferir con el impulso mioeléctrico; una desventaja es que durante la colecta sólo una pequeña porción de la digesta que pasa a través de la cánula es colectada. Esta técnica exige el uso de marcadores, es una de las más usadas y la que menos complicaciones tiene durante la cirugía (Sauer y de Lange 1992).

2- Cánulas re-entrantes, de las cuales existen las variantes ileo-ileal e ileo-cecal:

El mayor problema al utilizar estas cánulas lo representa el corte transversal del intestino delgado, el cual será unido ya sea a nivel ileal o cecal, provocando disturbios en el impulso mioeléctrico y consecuentemente en la motilidad de la digesta, causando bloqueos del intestino (Sauer y de Lange 1992).

3- Cánulas Post-valvulares de tipo ileo-cecal.

Esta técnica consiste en remover todo el ciego y sólo dejar la región cercana a la válvula ileo cecal, para unirla al colon, este método mantiene la integridad del íleon permitiendo las funciones de la válvula ileocecal (Sauer y de Lange 1992).

4- La anastomosis ileo rectal

Consiste en un corte transversal a nivel del íleon terminal antes de la válvula ileo cecal y su unión al recto, así la digesta es fácilmente colectada a nivel del ano. Existen tres variaciones en esta técnica, la primera es la anastomosis ileo rectal, término-lateral con la conservación funcional del intestino grueso (la unión del íleon con el lado descendente del colón poco antes del recto sin remover el ciego), la segunda la anastomosis ileo-rectal término-término o término-lateral, con la exclusión del intestino grueso (la unión del íleon con recto removiendo el ciego) y la tercera es igual que la anterior sólo que en ésta se coloca una cánula en colon para facilitar la eliminación de gases. Las dos primeras variaciones pueden tener problemas de gases y contaminación con digesta ileal. Esta técnica tiene desventajas ya que al extirpar parte del intestino grueso se interfiere con las funciones digestivas, como es la absorción de agua y electrolitos (Sauer y de Lange, 1992).

5- El sacrificio

En esta técnica el animal debe ser sacrificado pocas horas (6-9 hrs) después de haber sido alimentado y se deben de extirpar entre 20-40 cm del intestino delgado, para colectar su contenido, la gran ventaja con esta técnica es que no se afectan las funciones digestivas con las intervenciones quirúrgicas y su desventaja es el uso único de una toma de muestra sin obtener en si muestras representativas (Sauer y de Lange, 1992).

Nitrógeno y aminoácidos endógenos

La definición clásica de N y AA endógenos fue propuesta por Mitchell (1924 citado por Nyachoti et al., 1996), él cual lo definió como "La porción de N y AA en la digesta o en las heces que no son originarios del alimento, cuando los animales son alimentados con dietas libres de N".

Origen y cantidades

La pérdida de la proteína ileal endógena, comprende sustancias que contienen N proveniente de las secreciones salivales y de los jugos gástricos (2.0- 3.3 g / 24 hrs); pancreáticos (2.5- 6.7 g / 24 hrs); de las sales biliares (1.8 - 3.0 g / 24 hrs); de las secreciones intestinales (14.4 g / 24 hrs); del plasma

y de las descamaciones de las células epiteliales (1.4- 2.0 g / 24 hrs); de la urea y de los microbios del TGI. Las bacterias y el pelo ingerido están también incluidos dentro de las mediciones de N endógeno aunque no son estrictamente endógenos (Auclair, 1986).

Existe una gran variación en la cantidad total de N endógeno reportado en la literatura, ya que su excreción varía entre 1.6 y 8.3 g/kg de materia seca consumida, (Holmes et al., 1974; Sauer et al. 1977, Tavemer et al. 1981a, Wilson y Leibholz 1981c; Leibholz, 1982; Green et al 1987; Furuya y Kaji, 1989, de Lange et al. 1989 ab, Chung y Baker, 1992, Fan et al. 1995; Nyachoti et al. 1996).

Importancia del nitrógeno y aminoácidos endógenos

La excreción del N endógeno permite la estimación correcta de la proporción de la proteína dietética realmente absorbida por el animal. La determinación de este compuesto es de importancia práctica para la evaluación de la calidad de la proteína de los alimentos y para la reducción fecal y urinaria de la excreción del N en animales no rumiantes (Huisman et al., 1993), así como para la determinación de proteína y los AA requeridos para mantenimiento (Moughan, 1989). Lo anterior es esencial para conocer la eficiencia en ganancia de proteína, ya que solamente los AA que son absorbidos antes del final del intestino delgado están disponibles para la síntesis de proteína en el animal (Just et al 1981).

La pérdida de N endógeno resulta en una pérdida sustancial de AA limitantes, por lo tanto, los requerimientos de AA y de energía para mantenimiento son mayores (de Lange et al. 1995). La mayor fuente para el reemplazamiento del N endógeno son los AA destinados para crecimiento (Moughan, 1993) consecuentemente menos AA serán usados para la retención de N (Incremento en masa muscular) resultando en un excesivo suplemento de otros AA, los cuales serán catabolizados incrementando la excreción N en la orina en forma de urea, debido a que los patrones de AA requeridos para mantenimiento difieren de aquellos para ganancia de peso, (Moughan 1995; Seve y Henry, 1996). En este sentido Grala et al. (1998) proponen la hipótesis de que el nivel de

reciclamiento de N endógeno quizá tenga una consecuencia negativa sobre la eficiencia de la utilización de AA dietarios y sobre la retención del N en cerdos.

Métodos para determinar el nitrógeno endógeno

Se han desarrollado varios métodos que han sido usados para cuantificar el contenido del N y AA endógenos de la digesta ileal de los cerdos. Las primeras determinaciones fueron realizadas a través de métodos convencionales los cuales incluían: la alimentación de dietas con proteínas 100% digestibles (Leibholz, 1982; de Lange et al., 1989b), la alimentación con DLP (Carlson y Barley 1970; Sauer et al., 1977; Low 1980, 1986; de Lange et al., 1989b; Stein et al., 1999a); la técnica de regresión (Fan et al., 1994, Fan et al., 1995; Furuya y Kajii 1989; Mariscal Landín et al., 1992, 1995; Fan et al., 1997). Posteriormente, se utilizó la técnica de isótopos radioactivos (^{15}N) (de Lange et al., 1990, 1992; Roos et al., 1994; Krawielitzki K. et al., 1996; Lien et al., 1997; Grala W. et al., 1997); de la homoarginina (HA) (Maga 1981; de Lange et al., 1990; Rutherford y Moughan 1990; Moughan y Rutherford 1990; Schmitz et al., 1991; Marty et al., 1994), y por último el método de ultrafiltración o método de la caseína hidrolizada enzimáticamente (CHE) (Moughan y Shuttert, 1992).

Alimentación con dietas 100% digestibles

Con este método se han encontrado valores muy similares de N endógeno, a los encontrados cuando se emplean dietas que contienen caseína o DLP en lechones (3.4 vs 6. 3.0 g. Kg.⁻¹ MS.) (Leibholz 1982).

Alimentación con dietas libres de proteína

Es una técnica clásica para la determinación de los niveles de N endógeno y de aminoácidos en la digesta ileal (Carlson y Barley, 1970) y sigue siendo una técnica útil para estudiar los efectos de factores dietéticos sobre los niveles de AA endógenos en la digesta ileal (de Lange et al., 1989a).

En este método, toda la cantidad del N encontrada en la digesta ileal se asume que es de origen endógeno. Sin embargo, Low (1980); señala que es un método que puede provocar cambios

fisiológicos que afecten el metabolismo normal de la proteína, reduciendo las secreciones de componentes nitrógenados en el lumen intestinal afectando así la eficiencia de reabsorción. Para tratar de solucionar este problema, Green et al. (1987) proponen que el cambio de la DLP sea paulatino, en los cinco días anteriores al muestreo, cambiándola en proporciones crecientes junto con la dieta normal que el animal este consumiendo, hasta que el animal consuma solo la DLP un día antes del muestreo.

El método de regresión

Este método se usa cuando se tienen diferentes niveles de proteína en las dietas. Consiste en que el N recuperado en la digesta ileal, el cual está relacionado con el N y AA en la dieta, es extrapolado a un nivel cero de N y AA consumidos para poder así estimar el N endógeno. Este método permite evaluar el efecto de calidades diferentes de la proteína dietética sobre la excreción de N endógeno (Leibholz 1982; Fan et al., 1995; Furuya y Kaji, 1989).

El método de la técnica de dilución de isótopos radioactivos ^{15}N

Este método ha sido usado para marcar tanto el pool de N endógeno como el de la proteína dietética y permite diferenciar el N endógeno del N dietético no digerido. Algunos estudios (de Lange et al., 1992; Roos et al., 1994; Lien et al., 1997) señalan que este método llega a sobrestimar el nivel de AA endógenos debido a que no todas las células son uniformemente marcadas, aunque se administren los AA marcados en forma intravenosa. Este método no proporciona un dato seguro cuando se marca el N dietario ya que parte de estos AA dietéticos son absorbidos e incorporados al cuerpo complicando así la diferenciación entre el N no digerido y el N dietéticos.

El método de la Homoarginina

Es un método basado en la transformación de la lisina dietética en homoarginina (HA) a través de un proceso de guanidación (una reacción con O-metilurea) que permite la diferenciación de la lisina dietética (convertida en HA) y la lisina intestinal. Este método permite medir exclusivamente la

digestibilidad endógena de lisina, aunque si bien de Lange et al. (1990) y Marty et al. (1994), señalan que puede haber alguna relación de lisina con otros AA endógenos (Nyachoti et al., 1996).

El método de ultrafiltración ó de CHE.

Consiste únicamente en la adición de CHE a la dieta del animal como fuente proteína. La CHE contiene 56% de AA libres y un 41% de di- y tri péptidos con pesos moleculares menores a 5000 Da. Con este método, la digesta ileal es colectada y las fracciones de N endógeno son separadas físicamente mediante una centrifugación seguida de una ultrafiltración del sobrenadante (haciendo exclusiones de las diferentes fracciones en función del peso molecular; el precipitado más las fracciones de peso molecular superiores a los (>10000 Da) resultantes de la centrifugación y de la ultrafiltración, constituyen la proteína endógena.

Los problemas de este método consisten en que la preparación puede haber pérdidas de las muestras permitiendo una menor estimación del N endógeno. Además su mayor restricción es el hecho de que no puede ser usado para estimar secreciones de proteína endógena en dietas donde exista una directa asociación entre proteína y factores dietarios antinutricionales ya que estos pudieran formar complejos difíciles de digerir y de mayor peso, sobreestimando o confundiendo las estimaciones de las secreciones endógenas (Butts et al., 1993; Moughan et al., 1990; Moughan y Schuttert 1991).

Factores que modifican la excreción de nitrógeno y aminoácidos endógenos:

Es necesario conocer los factores animales y los dietéticos que son responsables de la magnitud de las pérdidas del N endógeno. Los factores animales pueden incluir el estatus proteico del animal (de Lange et al., 1989b), la edad (desarrollo del sistema digestivo) (Wilson y Leibholz 1981abc), la salud (Moughan, 1993), el peso corporal (Walker et al., 1986; Furuya y Kaji 1992; Mariscal Landin et al., 1995) y el estado fisiológico del animal (Stein et al., 1999ab).

Factores animales:

El estatus proteico del animal:

Animales alimentados con DLP tendrán que movilizar la proteína corporal, especialmente la muscular, para suplir los AA necesarios para las funciones metabólicas vitales. Alanina y especialmente glutamina contabilizan más del 50% del total de AA y de N liberado por el tejido muscular. El tejido del TGI toma una gran cantidad de glutamina la cual puede ser metabolizada a glutamato más amonio, citrulina y prolina. Uno puede especular que la gran cantidad de glutamina que llega al intestino en cerdos alimentados con DLP quizá resulte en una alta tasa de producción de prolina, lo cual provoca un incremento en la excreción de prolina en el lumen del intestino (de Lange et al., 1989b).

La edad:

Wilson y Leibholz (1981c), concluyeron que la DA y DV del N a partir de dietas que contenían leche fue similar en lechones de 14 y 35 días de edad y cerdos mayores, mientras que la DV utilizando aislado de soya se incrementó conforme se incrementaba la edad. La causa de este efecto puede ser que la superficie de la mucosa en el intestino aumenta en mayor proporción que el peso vivo del animal desde el nacimiento hasta los 120 días de edad (Low y Zebrowska, 1989 citado por Stein et al., 1999); y que hay una maduración fisiológica del TGI que influye en la digestibilidad del aislado de soya.

La salud:

Cualquier trastorno de tipo metabólico que modifique la síntesis de proteína intestinal y de otros órganos digestivos, puede llegar a afectar la excreción del N endógeno y la pérdida del N urinario y por consiguiente la digestibilidad (Moughan, 1993).

El peso del cuerpo:

Está muy relacionado con la edad y sobre todo con el consumo de la materia seca; sin embargo, hay discrepancia entre diferentes estudios ya que mientras algunos autores mencionan que sí hay efecto (Mariscal Landin et al, 1995), otros mencionan que no lo existe. (Furuya y Kaji 1992).

El estado Fisiológico:

Stein et al. (1999a) concluyeron que no hubo diferencias entre cerdos de 100 kg de peso vivo y cerdas en lactación y gestación a libre acceso de alimento. Sin embargo, en el caso de las hembras gestantes que fueron restringidas de alimento excretaron más nitrógeno que los otros grupos de animales de 17.8 gr N /kg de MS consumida vs 12.4, 9.4, 11.2, respectivamente.

Factores dietéticos:

Entre los factores dietéticos asociados con la variación en la excreción del N y de los AA endógenos se encuentran: el consumo de materia seca (Furuya y Kaji, 1992; Stein et al 1999a); los factores antinutricionales (Shulze et al., 1994a); la cantidad, calidad y la fuente de la fibra dietética (Sauer et al., 1977; de Lange et al., 1989a ; Ikegemi et al., 1990; Graham y Aman, 1991; Furuya y Kaji, 1992; Eastwood, 1992; Li et al., 1994; Shulze et al., 1995; Mariscal Landin et al., 1995; Lenis et al., 1996); la cantidad y calidad de la proteína dietética (Wilson y Leibholz 1981bc; Walker et al., 1986; Asche et al., 1989; Moughan y Rutherford, 1990; Makkink y Heinz, 1991; Butts et al., 1993; Fan et al., 1994, 1995), y el contenido de grasa (de Lange, 1989a ; Li y Sauer, 1994).

El consumo de materia seca:

Está muy relacionado con el peso, edad y estado fisiológico del animal, Stein et al., (1999a) concluyeron que mientras el consumo de materia seca sea relativo al peso del animal no existe efecto de estos factores en la excreción del N endógeno.

La fuente, calidad y cantidad de proteína dietética:

Se ha demostrado que la cantidad de nitrógeno secretado en el lumen intestinal se incrementa substancialmente con el aumento en los niveles de la proteína dietética (Moughan y Rutherford 1990). Las proteínas y los péptidos son estimulantes de las secreciones endógenas en el intestino y la cantidad de N secretada varía de acuerdo con la cantidad y la fuente de la proteína. Además, es posible que cantidades substanciales de enzimas digestivas se acumulen en el intestino debido más a una baja tasa de degradación que a una mayor secreción, cuando la calidad de la proteína es baja, ésto por lo tanto incrementa la excreción de N endógeno (Butts et al., 1993).

Los factores antinutricionales:

Estos afectan incrementando el N ileal endógeno, entre ellos se encuentran los inhibidores de tripsina, las lectinas y los taninos, se sabe que estos últimos interactúan con la proteínas dietética y la endógena y que además disminuyen la digestibilidad verdadera de los AA. Estos factores incrementan la cantidad de excreción de N endógeno ya sea mediante el incremento en la secreción de N endógeno y/o en la disminución de la degradación y reabsorción del N endógeno. (Nyachoti et al., 1996).

La grasa dietética:

Al medir la digestibilidad ileal en lechones destetados Li y Sauer (1994) encontraron un incremento lineal de la digestibilidad ileal conforme se aumentó el nivel de grasa en las dietas a partir de aceite de canola. Esto implica la existencia de posibles efectos sobre la secreción y absorción del N endógeno.

La fibra dietética

Trowell et al. (1976) la definen como la suma de polisacáridos y lignina que no es digerida por las secreciones endógenas del TGI, ésto incluye polisacáridos estructurales y no estructurales.

Clasificación de la fibra dietética

Los carbohidratos desde el punto de vista químico se pueden subdividir en cinco grupos:

- a) Mono y disacáridos: incluyendo principalmente glucosa, fructosa, sacarosa, lactosa, maltosa y celobiosa
- b) Oligosacáridos: rafinosa, estaquiosa y verbascosa.
- c) Polisacáridos de reserva (almidones y fructanos).
- d) Polisacáridos de reserva en la pared celular de los vegetales (mananos, glucanos, galactanos, y xilanos).
- e) Polisacáridos estructurales de la pared celular (celulosa, hemicelulosa y pectinas).

Los dos últimos grupos son frecuentemente referidos como los polisacáridos no amiláceos, y se caracterizan por estar asociados íntimamente con lignina (Graham, 1991).

Normalmente los polisacáridos son clasificados en base a su solubilidad y digestibilidad por las enzimas del TGI: fibras solubles (algunas pectinas y las gomas) y las fibras insolubles (la celulosa, la hemicelulosa, las pectinas, los glucanos), y por último la lignina siendo esta última un alcohol polifenólico con una estructura tridimensional aun no determinada completamente (Graham et al., 1986; Graham y Aman, 1991; Fernández y Jorgensen 1986).

Desde un punto de vista nutricional o a partir de los diferentes métodos analíticos, la fibra dietética puede dividirse en las siguientes porciones FDN (celulosa, lignina, y hemicelulosa); FDA (Celulosa, lignina) (Fernández y Jorgensen, 1986).

Propiedades físicas de la fibra dietética y su acción a lo largo del TGI:

Según Vahouny y Cassidy (1985), la fibra dietética tiene sus principales efectos sobre:

- a) La tasa de llenado y el vaciado gástrico.
- b) Las alteraciones en pH y repuestas metabólicas en el estómago incluyendo hormonas.
- c) El tránsito y la motilidad intestinal.
- d) Las modificaciones en la actividad de las enzimas digestivas.

- e) El secuestro de lípidos y componentes micelares.
- f) La interferencia con la difusión y la absorción de nutrimentos.
- g) La interacción de la fibra con la superficie intestinal.

Low (1985) mencionó que al incrementar el contenido de la fibra dietética a partir de cereales, se incrementan las secreciones de saliva, jugo gástrico, ácido clorhídrico, pepsina y secreciones pancreáticas. Estudios realizados en cerdos y humanos (Vahouny y Cassidy, 1985 y Graham, 1988), demuestran que incrementos en el consumo de ciertas fibras, especialmente aquellas de tipo viscoso, pueden modificar dentro del intestino la secreción de hormonas, incluyendo la insulina, el glucagón, el polipeptido inhibidor gástrico y posiblemente la secretina y la colecistocinina. Este efecto puede ocasionar modificaciones en la absorción de nutrimentos.

La fibra puede modificar la morfología del intestino, afectando la apariencia, el número y el largo de las vellosidades, la proliferación celular, la división de las células de la mucosa y las funciones de absorción. También incrementa el largo, el peso, y el volumen del intestino, y particularmente del sitio de fermentación (Low, 1985; Johnson y Gee, 1986).

Un incremento en la fibra dietética puede ocasionar una disminución en la digestibilidad ileal aparente de los almidones, las proteínas, las grasas y los minerales (Graham et al., 1986). Sin embargo, éstos efectos son mayores cuando las fibras son de tipo viscoso, las cuales también provocan un incremento en el flujo de agua en el íleon.

La presencia de fibra reduce la digestibilidad aparente de los nutrimentos por un incremento en el flujo de enzimas, de mucina y de células descamadas. Además, los ácidos biliares pueden ser ligados por la fibra, ya sea lignificadas o viscosas. Las fibras de tipo viscoso interfieren principalmente con el movimiento del bolo y en la mezcla de las enzimas digestivas y los nutrimentos en el lumen intestinal. Aunado a esto, aumentan la producción de mucina incrementando la capa que recubre al intestino impidiendo así la absorción de los nutrimentos. Otro efecto que produce la fibra es que recubre a los

almidones y las proteínas impidiendo su posterior hidrólisis enzimática, además de afectar la capacidad de absorción de agua (Graham y Aman, 1991).

Los efectos ocasionados por la fibra en la parte posterior del TGI son debidos a una degradación microbiana. Esta degradación produce los ácidos grasos volátiles AGV's (acetato, propionato, y butirato), el amonio, las células microbianas y los gases (H₂, CO₂, CH₄) como principales productos; pero solamente los AGV's son utilizados por el animal (Low, 1985; Varel, 1987). Estos AGV proporcionan de un 5 a un 30% del requerimiento de energía para cerdos en crecimiento (Imoto y Namioka, 1978; Kass et al., 1980; Pond 1987; Ehle et al., 1982; Varel et al., 1987; Graham y Aman 1991)

Dentro de los aspectos productivos, la fibra dietética además puede modular el consumo voluntario del alimento y la digestión, modificando el valor nutritivo de los alimentos. En cerdos, se ha establecido que por cada 1% de incremento en el consumo de la fibra cruda la energía digestible puede disminuir en 1.3%; la utilización de la energía digestible en 0.9%, la eficiencia en conversión alimenticia en un 3%, y el crecimiento en un 2% y todo esto está ahunado a una reducción de grasa en las canales (Fernández y Jorgensen, 1986; Graham y. Aman, 1991).

La influencia de la fibra sobre el consumo es variable. La habilidad del cerdo para mantener el consumo de energía digestible parece ser el mayor factor que influye en las ganancias de peso de los cerdos consumiendo niveles altos de fibra. Diferencias en el desarrollo de los animales son atribuidas por los distintos métodos de inclusión de la fibra; ya sea por la dilución simple o la sustitución con o sin corrección de cambios en la proteína y la energía (Kennelly y Aherne, 1980). Conforme se incrementa el contenido de la fibra dietética, éste incremento está acompañado de un incremento en el N fecal y de una disminución en la excreción de N urinario, sin un cambio en el balance de N, carne magra o contenido de proteína (Dierick, 1989).

Las fuentes de fibras naturales contienen un gran número de componentes fibrosos. Esto quiere decir que sus características estructurales y físicas son específicas para cada fuente de fibra. Además, cada fuente de fibra puede tener su propio tipo de interacción con otros componentes dietarios (Laplace et al, 1989). Es por eso que en dietas de tipo práctico es imposible el predecir la contribución de cada una de las fuentes de fibra dietética o componentes fibrosos sobre la cantidad de nitrógeno que pasa a través del íleon terminal, (Shulze et al., 1994b)

La fibra dietética incrementa la excreción de N endógeno en íleon terminal de no rumiantes (Potkins et al., 1991; Sauer et al., 1991). Parte de este incremento está relacionado con la secreción de sustancias nitrógenadas endógenas dentro del TGI (Low, 1989). Una combinación de fuentes de fibras purificadas por lo tanto, quizás no tenga el mismo efecto sobre el flujo ileal de N como el que tendría una fuente de fibra natural de similar composición (Shulze et al., 1995).

La cantidad total de N que pasa por el íleon terminal depende del nivel y de la fuente de FDN dietético, del N dietético y del N endógeno que no es reabsorbido. El N ileal se incrementa por el N endógeno y el exógeno. Un incremento en el contenido de la fibra dietética ocasiona una disminución en la digestibilidad ileal de la proteína debido a un incremento en la pérdida de las proteínas tanto de origen endógeno como exógeno (Shulze et al., 1994b; Low 1985; Sauer y Ozimek, 1986; Shulze et al., 1995).

Asímismo la cantidad y tipo de la fibra influyen significativamente en la digestibilidad de la MS, el N y la energía. El grado de digestibilidad de la fibra dietética depende predominantemente del origen de la misma y en menor grado de la cantidad en la dieta (Stagonias y Pearce 1985).

HIPOTESIS GENERAL

El nivel y la fuente de fibra detergente neutro modifican la excreción de nitrógeno endógeno en cerdos.

OBJETIVO GENERAL

Determinar la relación existente entre el nivel y el tipo de fibra detergente neutro sobre la cantidad y composición de las excreciones endógenas y sobre la digestibilidad ileal de dos fuentes de proteína (concentrado de soya y caseína).

HIPOTESIS Y OBJETIVOS PARTICULARES

Experimento 1

Hipótesis:

La excreción de nitrógeno endógeno no aumenta al incrementarse la fibra detergente neutro en la dieta.

Objetivo:

Establecer la relación existente entre la excreción endógena de nitrógeno y el nivel de fibra detergente neutro de la dieta.

Experimento 2:

Hipótesis:

El coeficiente de digestibilidad ileal de la proteína no es afectado por la fuente y el nivel de fibra detergente neutro.

Objetivo:

Determinar el efecto del nivel y de la fuente de fibra detergente neutro sobre la digestibilidad de dos fuentes de proteína (concentrado de soya y caseína).

MATERIAL Y METODOS

MANEJO GENERAL

Localización:

Los experimentos se realizaron en la granja experimental del Centro Nacional de Investigación en Fisiología y Mejoramiento Animal (CeNIFyMA), del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), dependiente de la Secretaría de Agricultura Ganadería y Desarrollo Rural (SAGAR) en Ajuchitlán, Colón, Querétaro, México.

Animales :

Se utilizaron 40 cerdos machos castrados (Landrace x Duroc) con aproximadamente un peso vivo promedio de 47.8 Kg. \pm 5.3 Kg. Los cuales permanecieron cinco días en las jaulas metabólicas para su adaptación a las mismas, con el fin de estar monitoreando su consumo. Durante esta etapa se desparasitaron con 0.2 mg de Ivermectina (Ivomec, de Laboratorios Merck & Co., Inc. Rahway, N.J., E.U.A. Division Agropecuaria) por kg de peso vivo.

A los animales se les implantó una cánula simple en "T" en el íleon distal a aproximadamente a 10 cm de la válvula íleo cecal, según la técnica descrita por (Fan et al., 1994).

Alimentación:

A los cerdos se les proporcionaron dos comidas por día (08:30 y 17:30 hrs.). Los animales fueron racionados a 2.5 veces sus requerimientos de energía de mantenimiento, el cual se estimó en 110 Kcal de ED/kg de peso metabólico (INRA, 1984). El agua se suministró a libre acceso.

Técnica Quirúrgica (Cánulas Simples en "T"):

Cánula simple en "T":

La cánula esta hecha de Nylamid (material plástico) y está compuesta de 4 partes, con las siguientes medidas:

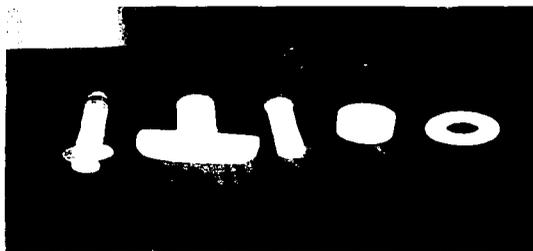
Tapón : De 2.4 cm de diámetro interno y 3.8 cm de diámetro externo.

Rondana: De 7 cm de ancho 5.1 cm de diámetro Interno con rosca externa y de 2.5 cm del diámetro interno.

Embolo : De 1.7 cm de diámetro externo con un borde superior de 1.9 cm y de 7.7 cm de largo.

Cánula: De 1.8 cm de diámetro interno y 2.5 cm del diámetro exterior, con una longitud de 7.1 cm con una parte inferior (alas) de 7.8 cm de largo por 3 cm de ancho (Fotografía 1).

Fotografía 1. Cánula simple en " T "



Manejo prequirúrgico:

Un día antes de la cirugía, los animales se sometieron a ayuno y sólo se les permitió el consumo de agua. Entre 20 y 30 minutos antes de la cirugía se tranquilizó a los animales mediante una inyección intramúscular de Azaperona (Sural, de Laboratorio Chinoín, Productos veterinarios, S. A. de C.V. Mexico D.F.) utilizando la dosis de 1 ml por cada 20 kg de peso. Una vez tranquilizados, se rasuraron utilizando una máquina eléctrica para corte de pelo, se lavó con agua y jabón la región de

LA DE ORIGEN

la cirugía. Una vez limpios se anestesiaron con halotano, posteriormente el cerdo fue colocado en la posición de cúbito lateral derecho, y se marcó el área de incisión (paralela a la línea media, a unos 15 cm de la misma, al final de la última costilla y por arriba del pliegue inguinal). Posteriormente se realizó la asepsia del área a incidir (Fotografía 2).

Fotografía 2. Marcaje del área a incidir



Cirugía:

Procedimiento quirúrgico:

Se realizó el corte de la piel y del músculo subcutáneo, después se continuó disecando con tijeras de punta los músculos oblicuo externo e interno abdominal, hasta el músculo transverso abdominal. Durante estas disecciones hay que tener cuidado con la dirección de las fibras musculares, y tener en cuenta las facias y aponeurosis que se presentan en los diferentes planos. Al llegar al peritoneo, este se sujeta, con pinzas de disección, para su corte y poder así entrar a la cavidad abdominal.

(Fotografía 3)

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Fotografía 3. Corte de la piel e incisiones de las capas musculares.



Una vez dentro de la cavidad abdominal se deben observar y remover cuidadosamente las vísceras, y se debe de ubicar como referencia anatómica al ciego; localizado éste, se procede a sacarlo, para encontrar la válvula íleo-cecal y el pliegue ileocecal; es necesario mantener hidratadas todas las vísceras con solución salina fisiológica y antibiótico de amplio espectro, impidiendo así que se resequen y se presenten complicaciones por adherencias. Una vez localizado el pliegue íleo-cecal, se debe ir recorriendo el íleon, hasta llegar aproximadamente a 10 cm antes de la válvula íleo-cecal; al mismo tiempo, se va recorriendo la digesta que pudiera estar en el interior para evitar contaminación al momento de incidir el íleon (Fotografía 4).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Fotografía 4. Localización del pliegue ileo- cecal



En el ileon se realiza un corte longitudinal de proximadamente 4 a 5 cm para introducir la cánula, (Fotografía 5), una vez colocada la cánula dentro del íleon se unen los bordes del corte de la mucosa del ileon utilizando catgut 00 con puntos separados, posteriormente se sujeta la cánula mediante dos suturas en jareta continua. Se coloca dentro de la cánula una gasa estéril con el fin de evitar contaminación, en cavidad abdominal por derrame del contenido intestinal; se marca la cánula utilizando un plumón de tinta indeleble con el fin de ubicar la parte cranial de la canula e impedir que una vez dentro se pueda girar.

Fotografía 5. Corte longitudinal del ileon



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Una vez hecho lo anterior, se introduce la cánula dentro de la cavidad abdominal, y se procede a la exteriorización de la misma, ésta se realiza unos centímetros arriba de la incisión original. Con unas pinzas se sujeta la piel para hacer un corte circular ya sea con tijeras o con bisturí de aproximadamente unos 2 a 3 cm de diámetro; por la incisión inicial se introduce cuidadosamente la mano dentro de la cavidad abdominal con el fin de indicar o guiar con el dedo medio y mediante presión hacia arriba, la zona en donde se va a exteriorizar la cánula.

En la incisión para exteriorizar la cánula, se utilizan las tijeras de punta o el mismo bisturí para ir disecando las capas musculares formando un orificio hasta llegar al punto de guía. Ya incididos los planos del orificio se debe exteriorizar la cánula, mediante la introducción por el orificio de unas pinzas hasta llegar a la cavidad abdominal con las cuales se debe de fijar la cánula tomándola del borde de la misma, para así exteriorizarla pasando por todas las capas musculares del orificio, saliendo con algo de presión, teniendo cuidado de no encimar la cánula a ningún aza intestinal.

Una vez fuera la cánula, se quita la gaza de adentro de la misma. Se debe de verificar como está la cánula dentro de la cavidad, ésta debe de estar pegada a la misma y sin bloquear ningún aza intestinal.

Posteriormente, se prosigue a cerrar todos los planos musculares incididos utilizando catgut 00; para el peritoneo se utilizan puntos continuos, y en el caso de las capas musculares estas pueden suturarse ya sea mediante puntos continuos o en X. Antes de cerrar el peritoneo se aplica dentro de la cavidad abdominal antibiótico de amplio espectro con solución salina.

Para finalizar, se prosigue a la sutura de la piel, ésta puede ser con puntos separados o en U utilizando hilo seda. Al término de la cirugía se colocan el émbolo, la rondana y el tapón, teniendo cuidado que el tapón no quede apretado para facilitar su abertura al momento del muestreo (Fotografía 6).

Se limpia la zona y se aplica algún cicatrizante como la furazolidona (Topazone, de Laboratorios Columbia, División Veterinaria). Además se aplica por vía intramuscular un antibiótico de amplio espectro (penicilina). Los puntos deben retirarse después de 15 días (Fotografía 7)

Fotografía 6. Final de la cirugía.



Fotografía 7. Aplicación intramuscular de antibiótico.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Manejo Postoperatorio:

Al terminar la cirugía, el cerdo se coloca en la jaula metabólica, pasando ahí una etapa de recuperación postoperatoria de (21 días), se ofrece alimento, hasta el día siguiente de la cirugía, a razón de 250 g por comida ofreciendo dos comidas al día (08:30 y 17:30 hrs); cada día se incrementan 100 g por comida hasta que se recupere el consumo anterior, el alimento proporcionado fue una dieta comercial (DC) a base de sorgo-soya según las recomendaciones del NRC (1988), en el caso del agua el consumo es a libre acceso (Fotografía 8,9)

Se suministra por vía parenteral un antibiótico de amplio espectro (penicilina y/o gentamicina) durante 3 días y posteriormente se proporcionó un antibiótico en el alimento (tetraciclina) a una dosis de 5 g por cerdo, durante 5 días.

Fotografía 8. Jaula metabólica



LIBRO N° 1001
FALLA DE ORIGEN

Fotografía 9. Jaulas metabólicas



Experimento 1

En el Experimento 1 se utilizaron 16 animales con un peso promedio de 46.1 ± 3.1 kg.

Estuvo constituido de dos períodos experimentales. Cada uno de los periodos experimentales fue de siete días: cinco de adaptación a la dieta y dos de colecta de muestras de la digesta, los animales se pesaron al inicio de la semana experimental y al término de la misma.

Una vez transcurrido el periodo de recuperación postoperatorio, inicio el periodo experimental el cual estuvo constituido de cuatro dietas experimentales libres de proteína (DLP) la adaptación a las DLP fue realizada alternándola con una DC, elaborada en base a sorgo-soya, la cual aportó los requerimientos de energía, minerales y vitaminas según el NRC (1998). Este manejo se realizó con el fin de alterar lo menos posible la fisiología del animal (Green et al. 1987), un día antes del muestreo y en los días del muestreo los cerdos consumieron las DLP al 100% (Cuadro 1) las cuales fueron marcadas con óxido de cromo al 0.3%.

En las cuatro DLP, se utilizó almidón y aceite de maíz, azúcar, vitaminas y minerales, y un mismo tipo de fibra, la cual fue proporcionada por una mezcla de pulpa de bagazo de caña (producto procesado para la elaboración de papel) y hojas de maíz. Las dietas variaron solo en los niveles de

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

inclusión de las fuentes de fibra para obtener los diferentes porcentajes de inclusión (10, 15, 20, 25 %) de FDN en la dieta (Cuadro 2). La composición química es mostrada en el (Cuadro 3).

Cuadro 1
Manejo de los cerdos

Días	Selección De cerdos	Periodo Adaptación Jaulas	Cirugías	Periodo Postoperatorio	Semana experimental Pesaje inicio y final				
					30-34			35-36	
					Periodo de adaptación			Toma de muestras	
					Día	DC %	DLN %	Día 1	Día 2
	1	1-5	5-8	8-29	1	100	0		
					2	75	25		
					3	50	50		
					4	25	75		
					5	0	100		
					6			XX	XX
					7			XX	XX

DC: Dieta comercial.
DLN: Dieta libre de nitrógeno.
xx : Toma de muestras.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Cuadro 2
Composición de las dietas experimentales del experimento uno (g/kg. ^a)

FDN g/kg./dieta	DC	100 DLP1	150 DLP2	200 DLP3	250 DLP4
Ingrediente:					
Sorgo	725.14	0.0	0.0	0.0	0.0
Soya Pasta	236.08	0.0	0.0	0.0	0.0
Almidón de maíz	0.0	756.00	697.70	639.30	581.00
Hojas de maíz	0.0	106.60	159.90	213.20	266.50
Pulpa de bagazo- de caña	0.0	10.10	15.16	20.21	25.27
Azúcar	0.0	50.00	50.00	50.00	50.00
Sebo	8.61	0.0	0.0	0.0	0.0
Aceite de maíz (Kg)	0.0	40.00	40.00	40.00	40.00
Ortofosfato	14.47	20.00	20.00	20.00	20.00
Carbonato de calcio.	6.00	5.10	5.10	5.10	5.10
Minerales *	3.60	2.50	2.50	2.50	2.50
Vitaminas**	1.00	1.50	1.50	1.50	1.50
Sal	1.90	5.10	5.10	5.10	5.10
L Lisina HCL	1.44	0.0	0.0	0.0	0.0
DL Metionina	1.39	0.0	0.0	0.0	0.0
L Treonina	0.34	0.0	0.0	0.0	0.0
Oxido de cromo	0.0	3.00	3.00	3.00	3.00
Análisis calculado :					
Energía Mcal/kg	3.24	3.53	3.30	3.06	2.83
Proteína Cruda %	16.00	0.61	0.65	0.69	0.74
Grasa cruda %	2.95	3.95	3.95	3.95	3.95
Materia Seca %	89.00	89.57	89.52	89.40	89.57
FDN %	13.00	10.00	15.00	20.00	25.00
FDA %	7.00	5.00	7.50	10.00	12.50
Calcio %	0.65	0.66	0.66	0.66	0.66
Fósforo %	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36

^a Tal como se ofrece.

* Premezcla de minerales proporciona en gr por kg de premezcla : Sodio 268 gr/kg, Calcio 34 gr/kg, Zinc 29.0 gr/kg, Hierro 26.0 gr/kg, Magnesio 2.7 gr/kg, Manganeseo 6.14 gr/kg, Cobre 2.2 gr/kg, Cobalto 0.216 gr/kg, Yodo 0.1 gr/kg, Selenio 0.027 gr/kg.

** Premezcla de Vitaminas expresadas en gr o en U.I. por kg de premezcla: Vitamina E, 5.000 U.I./kg, Colina 198gr, D Pantotenato 6.80 gr/kg Vitamina A 3,375.000 U.I./kg Riboflavina 1.20 gr/kg, Niacina 26.95 gr/kg y Vitamina D 3675.000 U.I./kg Vitamina B12 0.0175 gr/kg.

Cuadro 3
Composición química de las dietas experimentales del experimento uno

FDN g/kg./dieta	DC	100 DLP1	150 DLP2	200 DLP3	250 DLP4
Proteína Cruda %	16.58	0.51	0.59	0.60	0.70
Nitrógeno %	2.65	0.08	0.09	0.10	0.11
FDN %	13.48	12.11	17.20	23.47	28.81
FDA %	7.0	5.87	8.32	11.10	14.17
N en FDA		0.07	0.07	0.08	0.07
Lignina %		0.17	0.28	0.54	0.84

TEMA CON
FALLA DE ORIGEN

Los cerdos fueron distribuidos de acuerdo a un diseño en bloques completamente al azar utilizando 2 bloques cada uno con 8 animales contando con 2 repeticiones por tratamiento por bloque, el criterio del bloqueo fue el peso del animal con la finalidad de que los 16 animales comenzaran sus tratamientos a un peso similar.

El modelo estadístico empleado fue un diseño de bloques al azar: $Y_{ij} = \mu + B_i + \delta_i + T_j + E_{ij}$.

En donde:

Y_{ij} = Excreción de nitrógeno endógeno en la observación,

Y_{ij} , μ = media general,

B_i = efecto del Bloque i ,

δ_i = error de restricción,

T_j = efecto del j -ésimo tratamiento,

E_{ij} = error experimental.

Los datos fueron analizados con la ayuda del paquete estadístico SAS (1989). Las variables de respuesta fueron: Concentración de nitrógeno, aminoácidos y materia seca de la digesta.

Experimento 2

En el experimento 2 se utilizaron 24 cerdos con un peso promedio de 49.1 ± 6.3 kg y estuvo constituido por tres periodos, cada uno de los periodos experimentales fue de siete días: cinco de adaptación a la dieta y dos de colecta de muestras de la digesta ileal. Los animales se pesaron al inicio de la semana experimental y al término de la misma.

Una vez transcurrido el periodo de recuperacion postoperatorio, inició el periodo experimental el cual estuvo constituido de seis dietas experimentales, en tres de ellas se utilizó como fuente de proteína (FP) al concentrado de soya (CS) con sus diferentes fuentes de fibra (FF) y niveles de fibra (NF) (nivel cero %, nivel 15 %) a partir de pulpa de bagazo de caña + hoja de maíz (BC+HM) y (15%) a partir de olote de maíz (OM) y las otras tres con caseína (C) como FP, y también con sus diferentes FF y NF (nivel cero %, (15%) con BC+HM y (15%) con OM); Complementadas con fuentes de

energía, (almidón y aceite de maíz) vitaminas y minerales respectivamente, las dietas fueron formuladas al 16% de PC (Cuadro 4) y fueron marcadas con óxido de cromo al 0.3%; la composición química es mostrada en el (Cuadro 5).

Cuadro 4
Composición de las dietas experimentales del experimento 2 (g/kg. ^a)

Dietas:	CS 1	C 2	CS/BC+HM 3	C/BC+HM 4	CS/OM 5	C/OM 6
Ingrediente:						
Almidón de maíz	634.11	686.86	459.05	511.80	467.26	520.00
Concentrado de soya	233.13	0.00	233.13	0.00	233.13	0.00
Caseína	0.00	180.38	0.00	180.38	0.00	180.38
Hojas de maíz	0.00	0.00	159.90	159.90	0.00	0.00
Pulpa de bagazo de caña	0.00	0.00	15.16	15.16	0.00	0.00
Olote de maíz	0.00	0.00	0.00	0.00	166.85	166.85
Aceite de maíz (kg)	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00
Azúcar	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00
Ortofosfato	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
Sal	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
Carbonato de Calcio	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76
Minerales*	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
Vitaminas**	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
Oxido de cromo	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Análisis calculado						
Energía Mcal/kg.	3.65	3.73	3.02	3.10	3.10	3.18
Proteína cruda	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00
Grasa Cruda	5.67	5.07	5.64	5.08	5.63	5.07
Materia seca	90.98	90.84	92.01	91.11	90.99	92.09
FDN %	0.00	0.00	15.00	15.00	15.00	15.00
FDA %	0.05	0.03	7.52	7.52	6.50	6.52
N en FDA	0.07	0.07	0.06	0.08	0.07	0.08
Lignina %	0.00	0.00	0.76	0.76	1.31	1.31
Calcio %	0.60	0.61	0.57	0.60	0.57	0.60
Fósforo %	0.50	0.50	0.54	0.51	0.55	0.51

Dietas: 1- CS =Concentrado de soya 2- C = Caseína, 3- CS/BC+HM = Concentrado de soya / bagazo caña + hojas de maíz, 4 C/BC+HM = Caseína / bagazo caña + hojas de maíz, 5- CS/OM = Concentrado de soya + olote de maíz, 6 -C/OM = Caseína + olote de maíz.

a Tal como se ofrece.

* Premezcla de minerales proporciona en gr por kg de premezcla : Sodio 268 gr/kg, Calcio 34 gr/kg, Zinc 29.0 gr/kg, Hierro 26.0 gr/kg, Magnesio 2.7 gr/kg, Manganeso 6.14 gr/kg, Cobre 2.2 gr/kg, Cobalto 0.216 gr/kg, Yodo 0.1 gr/kg, Selenio 0.027 gr/kg.

** Premezcla de Vitaminas expresadas en gr o en U.I. por kg de premezcla: Vitamina E, 5.000 U.I./kg, Colina 198gr, D Pantotenato 6.80 gr/kg Vitamina A 3,375.000 U.I./kg Riboflavina 1.20 gr/kg; Niacina 26.95 gr/kg y Vitamina D 3675.000 U.I./kg Vitamina B12 0.0175 gr/kg.

TEMA CON
FALLA DE ORIGEN

Cuadro 5
Composición química de las dietas experimentales del experimento dos

Dietas:	CS 1	C 2	CS/BC+HM 3	C/BC+HM 4	CS/OM 5	C/OM 6
Proteína cruda %	17.09	18.07	15.79	18.25	16.49	16.40
FDN %	0.00	0.00	22.65	16.75	19.24	14.77
FDA %	0.00	0.00	9.62	9.00	8.18	6.80
Lignina %	0.00	0.00	0.58	0.76	1.11	1.27

Los cerdos fueron distribuidos de acuerdo a un diseño en bloques completamente al azar en un arreglo factorial (2 x 2 + 2) utilizando 3 bloques de 8 animales cada uno (2 animales son suplementarios), el criterio del bloqueo fue el peso vivo de los animales.

El modelo estadístico fue el siguiente: $Y_{ijk} = \mu + B_i + \delta_i + P_j + F_k + P_{jk} + E_{(ijk)}$

En donde:

Y_{ijk} = Digestibilidad del N dietético

μ = media general,

B_i = efecto del bloque, i

δ_i = error de restricción,

P_j = efecto del j-ésima proteína,

F_k = efecto de la k-ésima fibra,

P_{jk} = interacción entre la j-ésima proteína y la k-ésima fibra,

$E_{(ijk)}$ = error experimental.

Los datos fueron analizados con la ayuda del paquete estadístico SAS (1989); las variables de respuesta a medir fueron: Concentración de nitrógeno, materia seca (MS), FDN, fibra detergente ácido (FDA), lignina (Lig), celulosa (Cel), y hemicelulosa (Hem) de la digesta. La evaluación estadística de los tratamientos se realizó por separado ya que los primeros 2 tratamientos no contenían fibra.

TODOS LOS
FALLA DE ORIGEN

Para evaluar la respuesta a los diferentes factores se utilizaron los siguientes contrastes:

Efecto del nivel de fibra sobre la digestibilidad de la proteína:

CS 0.0	CS/ BC+HM	CS/OM	C0.0	C/ BC+HM	C/OM
+2	-1	-1	+2	-1	-1

Efecto del tipo de la fibra sobre la digestibilidad de la proteína:

CS 0.0	CS/ BC+HM	CS/OM	C0.0	C/ BC+HM	C/OM
0	+1	-1	0	+1	-1

Efecto de la proteína sobre la digestibilidad de la proteína y de la MS:

CS 0.0	CS/ BC+HM	CS/OM	C0.0	C/ BC+HM	C/OM
+1	+1	+1	-1	-1	-1

Interacción de la fuente de proteína y nivel de fibra sobre la digestibilidad de la proteína:

CS 0.0	CS/ BC+HM	CS/OM	C0.0	C/ BC+HM	C/OM
+2	-1	-1	-2	+1	+1

Interacción de la fuente de proteína y la fuente de fibra sobre la digestibilidad de la proteína:

CS 0.0	CS/ BC+HM	CS/OM	C0.0	C/ BC+HM	C/OM
0	+1	-1	0	-1	+1

En donde:

CS 0.0 = Concentrado de soya a nivel cero de fibra.

CS/ BC+HM = Concentrado de soya con pulpa de bagazo de caña + hoja de maíz como fuente de fibra

CS/ OM = Concentrado de soya con olote de maíz como fuente fibra.

C0.0 = Caseína a nivel cero de fibra.

C/ BC+HM = Caseína con pulpa de bagazo de caña + hoja de maíz como fuente de fibra.

C/ OM = Caseína con olote de maíz.

Toma de muestras

Para ambos experimentos durante los días preestablecidos, el muestreo de la digesta ileal se efectuó cada 2 horas a partir de las 10:30 hrs y durante las 48 horas siguientes. Las muestras de digesta se recolectaron en bolsas de nylon (8 x 20.5 cm) (Plásticos Uribe S.A. de C.V.), que contenían una solución de ácido clorhídrico 0.2 N, la cual permite minimizar la proliferación bacteriana. La bolsa se sujetó a la cánula, utilizando ligas. Una vez llena, se depositó su contenido en un envase de plástico identificado por cerdo, tratamiento y periodo, y se mantuvo almacenada a -20°C hasta que se completó el periodo de la colecta.

Análisis de muestras

En ambos experimentos las muestras de digesta obtenidas fueron congeladas a -20 °C, liofilizadas y molidas utilizando una criba de 1 mm para determinar posteriormente MS, N, (AOAC, 1984); FDN, FDA y Lig, según, Van Soest (1991); óxido de cromo según Fenton y Fenton (1979) y AA, mediante HPLC, estos últimos fueron analizados por (Degussa México S.A. de C.V.).

RESULTADOS

Experimento 1

Los animales se recuperaron rápidamente de la cirugía, y el consumo de alimento se normalizó dentro de los 4 días posteriores a la cirugía. Sin embargo, cuatro cerdos tuvieron que ser eliminados del experimento; un animal del bloque dos debido a que no consumió alimento experimental durante los días de muestreo, y los otros tres pertenecientes al bloque uno debido a que se obtuvieron en sus análisis valores anormalmente altos.

Todos los resultados se analizaron con las concentraciones reales de g. de FDN/kg./dieta (121,172, 235, 288). En el Cuadro 6 se muestra la composición promedio de la digesta de cada tratamiento en mg/kg. de MS consumida. Se observó un efecto lineal significativo en materia seca digestible (MSD) y materia seca indigestible (MSI) ($P < 0.05$) y un efecto cuadrático significativo ($P < 0.05$) con respecto a la excreción de N endógeno (Gráficas 1, 2, 3).

Las regresiones lineales de la excreción de MSD y MSI, y la regresión cuadrática del N endógeno con respecto al nivel de FDN fueron:

$$\text{MSD} = 0.9474 - 0.00123 (\text{g de FDN}) \quad R^2 = 0.85$$

$$\text{MSI} = 0.0526 + 0.00123 (\text{g de FDN}) \quad R^2 = 0.85$$

$$\text{mg de N endógeno} = 4,781.4 - 12.43 (\text{g de FDN}) + 0.067 (\text{g de FDN}^2) \quad R^2 = 0.48$$

El N endógeno encontrado en este experimento varió en los diferentes tratamientos de 3,121 a 6,718 mg/kg de materia seca consumida.

En lo que respecta a los AA, la excreción de cistina, treonina, isoleucina, valina, serina, alanina, ácido glutámico, ácido aspártico, presentaron un efecto cuadrático, conforme se incrementó el nivel de FDN en la dieta ($P < 0.05$). Los otros AA no tuvieron una respuesta significativa. ($P > 0.05$) al nivel de FDN.

Los valores de estos AA fueron para la cistina (497, 506, 769, 1049 mg/kg), valina (1295, 1201, 1998, 2443 mg/kg), serina (991, 996, 1494, 1995 mg/kg), alanina (1194, 1258, 1847, 2325 mg/kg), el ácido glutámico (2327, 2258, 3393, 4493 mg/kg), ácido aspártico (2066, 1770, 2884, 3817mg/kg).

(Cuadro 7).

Los diez AA más abundantes (mg/kg de MS consumida) fueron el ácido glutámico (3118 mg/kg), ácido aspártico (2634 mg/kg), leucina (2110 mg/kg), prolina (1908 mg/kg), glicina (1822 mg/kg), valina (1734 mg/kg), alanina (1656 mg/kg), treonina (1540 mg/kg), lisina (1363 mg/kg), serina (1362 mg/kg). Estos AA representan el 12.82%, 10.83%, 8.68%, 7.85%, 7.49%, 7.13%, 6.81%, 6.33%, 5.61% y 5.60 % respectivamente, del total de la excreción de los AA endógenos; y los menos abundantes fueron metionina (347 mg/kg) triptófano (499 mg/kg), e histidina (480 mg/kg), que representaron un 1.43%, 2.05%, y 1.97% respectivamente, con respecto al total de la excreción de los AA endógenos.

La excreción total de los AA indispensables (1113 mg/kg de MS consumida) ($P > 0.05$), de los dispensables (13206 mg/kg de MS consumida) ($P > 0.05$) y del total de la excreción de los AA endógenos (25367 mg/kg de MS consumida) ($P > 0.05$) no fueron afectados significativamente por el nivel de FDN.

Cabe mencionar, de manera especial, que se obtuvo el nivel endógeno de triptofano, ya que para este AA no existe suficiente información al respecto y se encontró que no responde de manera significativa ($P > .10$), a los niveles de FDN dietarios. La media general fue de 499 mg /kg de MS, como se observa en la Gráfica 4.

Cuadro 6
Efecto del nivel de FDN en la dieta sobre la excreción de la materia seca digestible, la materia seca indigestible y el nitrógeno endógeno

FDN g/kg/ Dieta	100	150	200	250	EEM
Materia Seca Digestible ^a (g/kg de MS)	0.807	0.741	0.642	0.603	0.012
Materia Seca Indigestible ^a (g/kg de MS)	0.193	0.259	0.358	0.397	0.012
Nitrógeno Endógeno ^b (g/kg de MS)	4.374	3.121	6.105	6.719	0.281

a Efecto lineal ante los niveles de inclusión de FDN en la dieta.

b Efecto cuadrático ante los niveles de inclusión de FDN en la dieta.

Cuadro 7
Composición de AA en digestas ileales de los cerdos en mg /kg de MS consumida en respuesta al contenido de FDN en la dieta

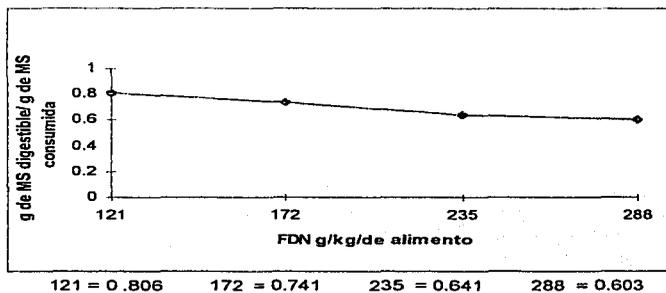
FDN ^a	100	150	200	250	EEM
Aminoácidos Indispensables					
Metionina	292	213	415	467	21
Lisina	1195	890	1366	2002	126
Treonina ^b	1105	1144	1710	2203	115
Triptófano	371	392	542	692	49
Arginina	782	528	964	1260	105
Isoleucina ^b	808	708	1148	1413	66
Leucina	1691	1437	2264	3047	168
Valina ^b	1295	1201	1998	2443	109
Histidina	419	300	529	672	61
Fenilalanina	924	744	1215	1660	101
Aminoácidos Dispensables					
Glicina	1249	1441	2174	2425	167
Cistina ^b	497	506	769	1049	40
Serina ^b	991	996	1494	1995	100
Prolina	1276	2102	2219	2035	233
Alanina ^b	1194	1258	1847	2325	109
Acido Glutámico ^b	2327	2258	3393	4493	217
Ácido Aspártico ^b	2066	1770	2884	3817	175
Suma AA Indispensables	8883	7558	12150	15859	829
Suma AA Dispensables	9600	10302	14781	18139	878
Suma AA Endógenos	19263	18569	28118	35517	1723

a FDN g/kg de dieta

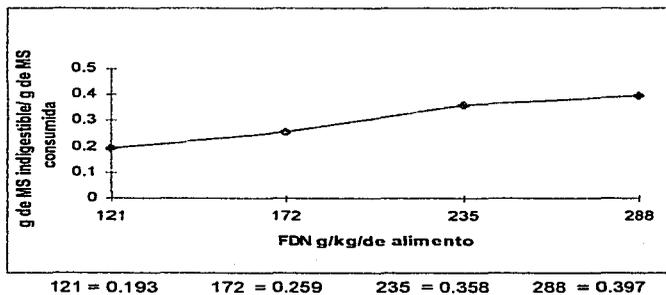
b Efecto cuadrático (P<.05)

FALLA DE ORIGEN

Gráfica 1
Materia seca digestible en función del contenido de FDN en la dieta.

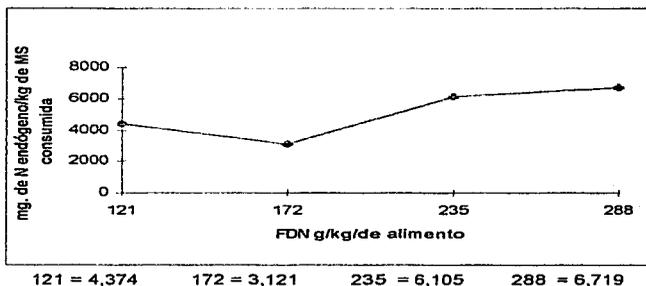


Gráfica 2
Materia seca indigestible en función del contenido de FDN de la dieta.



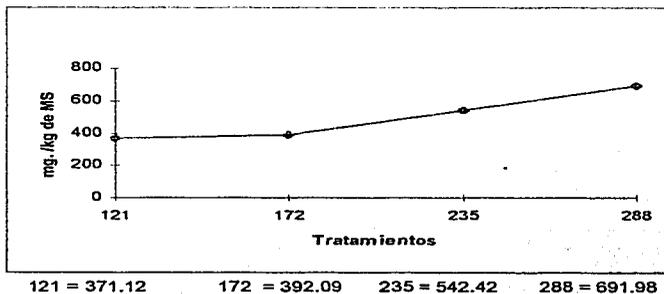
VALLE DE ORJEN

Gráfica 3
Nitrógeno endógeno excretado (mg/kg. de MS)
en respuesta al incremento de FDN en la dieta.



Gráfica 4

Cantidad de las medias mínimas cuadráticas en mg/kg. de los niveles de triptofano en la digesta ileal, conforme se incrementaban los niveles de FDN en la dieta.



TRABAJOS
FALLA DE ORIGEN

Experimento 2

Los análisis obtenidos en este experimento se obtuvieron a partir de 20 animales, Haciendo un total de 4 repeticiones para los tratamientos (CS y C/BC+HM) y 3 repeticiones para los tratamientos restantes.

Al igual que en el experimento 1, la recuperación de los animales fue rápida después de la cirugía, así como el consumo de alimento. Sin embargo, cuatro cerdos tuvieron que ser eliminados del experimento debido a los problemas siguientes: un animal del bloque uno al sacrificio presentaba una fistula, otro falleció durante el periodo experimental, uno más no consumió adecuadamente la dieta experimental, y finalmente uno tuvo que ser eliminado del análisis debido a sus valores anormalmente bajos.

En el Cuadro 8 se muestran las medias mínimo cuadráticas de las digestibilidades aparentes de las variables principales. Se observó una respuesta de la digestibilidad de la MS con respecto a FP ($P<0.05$) en donde se presentó una mayor digestibilidad para C (82.31 %) que para CS (74.46 %). Un efecto para FF ($P<0.05$) observándose una mayor digestibilidad para el OM (70.68%) que para BC (66.75%) y un efecto del NF ($P<0.05$) presentando mayor digestibilidad de la MS el nivel 0 % (88.17%) que el nivel 15 % (68.60%). En lo que respecta a la digestibilidad de la PC hubo un efecto de la FP ($P<0.05$) siendo más digestible C (84.47%) que el CS (78.16%), un efecto de la FF ($P<0.05$) siendo más digestible el OM (80.87%) que el BC (75.76%) y un efecto del NF ($P<0.05$) presentando mayor digestibilidad el nivel de 0 % (84.49 %) que el de 15 % (78.15%). En lo que respecta a la digestibilidad de FDN, esta presentó un efecto ($P<0.05$) para FP observándose una mayor digestibilidad para CS (20.24%) que para C (0.53%) y por último, en lo que respecta a la digestibilidad de la hemicelulosa esta presentó un efecto para FP ($P<0.05$) siendo más digestible en el tratamiento de CS (34.04%) que en el de C (0.09%). Los demás criterios no mostraron diferencias entre tratamientos.

En el cuadro 9 se muestran los promedios individuales de los tratamientos, se observó un efecto significativo ($P < 0.05$) del nivel de fibra sobre la digestibilidad de la MS.

Las dos interacciones significativas ($P < 0.05$) entre la FP (CS y C) y la FF (BC+HM y OM) se observaron en la digestibilidad de la MS y la digestibilidad de la FDA; observándose una menor digestibilidad de la MS del CS en las dietas de BC+HM 62.11 en relación a las otras dietas 70.91 (en promedio); Asimismo, en lo que respecta a la interacción entre la FF y la FP sobre la digestibilidad de la fracción FDA, se observó en el caso de la caseína una menor digestibilidad para el OM siendo lo inverso en el caso del CS.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Cuadro 8
Medias minino cuadráticas de los efectos principales (Nivel de fibra, fuente de fibra, fuente de proteína)
sobre las digestibilidades ileales

DIGESTIBILIDADES APARENTES										
		Fuente de Proteína			Fuente de fibra			Nivel de fibra		
		C	CS	EEM	BC+HM	OM	EEM	0	15	EEM
Materia Seca	^{a b}	82.31	74.46	1.19				88.17	68.60	1.10
	_{b c}	71.74	65.68	0.73	66.75	70.68	0.73			
Proteína Cruda	^{a b}	84.47	78.16	1.33				84.49	78.15	1.32
	_{b c}	81.51	75.12	1.26	75.76	80.87	1.26			
FDN	^b	0.52	20.24	5.08	13.99	6.78	5.08			
FDA		0.18	1.57	4.87	6.29	-4.54	4.87			
Celulosa		-21.04	0.91	6.81	-11.84	-8.28	6.81			
Hemicelulosa	^b	0.09	34.04	5.36	18.65	15.48	5.36			
Lignina		18.67	7.36	5.54	13.33	12.69	5.54			

^a = Efecto del nivel de Fibra (P<0.05)
^b = Efecto de la fuente de Proteína (P<0.05)
^c = Efecto de la fuente de Fibra (P<0.05)

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

Cuadro 9
Resultados de la interacción entre fuente de proteína y fuente de fibra sobre las digestibilidades ileales de la materia seca y la fibra detergente neutro.

PROTEINA	Caseína		Concentrado de soya			
NIVEL DE FIBRA	0%	15%	0%	15%	EEM	
MATERIA SECA ^c	93.11	71.52	83.24	65.69	1.56	
PROTEINA CRUDA ^c	87.77	81.18	81.21	75.12	1.86	
DIGESTIBILIDADES APARENTES						
FUENTE DE PROTEINA	Caseína		Concentrado de soya			
FUENTE DE FIBRA	BC+HM	OM	BC+HM	OM	EEM	Int. Prob.
Materia Seca	71.39 ^a	72.10 ^a	62.11 ^b	69.25 ^a	1.03	0.05
Proteína Cruda	79.92	83.10	71.59	78.64	1.78	
FDN	10.05	-9.00	17.93	22.55	7.18	
FDA	15.00 ^a	-14.65 ^b	-2.42 ^a	5.56 ^a	6.88	0.05
Celulosa	-20.92	-21.15	-2.76	4.58	9.62	
Hemicelulosa	4.35	-4.18	32.95	35.13	7.57	
Lignina	23.77	13.57	2.90	11.82	7.82	

^a = Efecto del Nivel de Fibra (P<0.05)

^{a b} = Letras distintas en el mismo renglón son diferentes (P<0.05)

Int. Prob. = Interacción probabilidad.

FALLA DE CASCEN

DISCUSIÓN

Experimento 1

Al llevar a cabo una revisión bibliográfica, algunos autores mencionan que la excreción de N endógeno varía entre 1.6 y 8.3 g por kilogramo de MS consumida, (Holmes et al., 1974; Sauer et al. 1977, Tavemer et al. 1981, Wilson y Leibholz 1981c; Leibholz, 1982; Green et al 1987; Furuya y Kaji, 1989, de Lange et al. 1989 ab, Chung y Baker, 1992., Fan et al. 1995; Nyachoti et al. 1996). Los resultados del presente trabajo están dentro del límite encontrado por estos autores.

Existen estudios como el presente que señalan la gran influencia que existe entre la relación de la fibra dietética (principalmente la porción de la fibra detergente neutro) y su incremento sobre las excreciones de aminoácidos y nitrógeno endógeno (Sauer et al, 1977; Tavemer 1981; Green et al., 1987; Shulze et al, 1994, 1995; Mariscal et al, 1995.). Sin embargo otros autores indican lo contrario (Auclair 1986; de Lange et al, 1989a; Drake 1990; Furuya y Kaji 1992; Leterme 1992).

En lo que respecta a la composición de AA en la proteína endógena por efecto de la fibra dietética, se ha encontrado que de los AA indispensables, los tres más abundantes son treonina, leucina y arginina. Los AA dispensables, los 3 más abundantes son la glicina, el ácido glutámico y el ácido aspártico. Observándose mayores cantidades de los AA dispensables en la proteína endógena que de AA indispensables (Green et al 1987; Fan et al., 1995).

Sauer et al. (1977) encontraron que la cantidad excretada de AA dispensables, especialmente prolina y glicina fue mayor que la de los aminoácidos indispensables arginina, leucina, treonina, por su parte, Tavemer et al. (1981) mencionan que los cuatro AA endógenos más abundantes en la digesta ileal son prolina, glicina, ácido glutámico y ácido aspártico. Comparando esos resultados con los encontrados en este estudio los AA indispensables más excretados fueron leucina, valina, y treonina, y de los AA dispensables más excretados fueron el ácido glutámico, el ácido aspártico, la prolina, la glicina, y la alanina, por lo que nuestros resultados concuerdan en lo general con los de estos autores.

En algunos trabajos prolina y glicina son los AA más abundantes encontrados en la digesta ileal de los cerdos especialmente cuando éstos son alimentados con DLP, en este estudio fueron AA que se excretaron en abundancia, esto puede ser debido a que glicina es el AA predominante en la secreción biliar, y la prolina al igual que la serina, treonina, glicina, ac. aspártico y ac. glutámico constituyen una gran proporción en las glicoproteínas del moco. De Lange et al. (1989b) citaron evidencia de que bajo alimentación con DLP, las secreciones altas en prolina son debidas a un alteración en el metabolismo de la glutamina, la cual es metabolizada a prolina, glutámato, citrulina y amonio en el TGI.

Con respecto al aminoácido triptófano, como ya se mencionó anteriormente, existe poca información. Dentro de la escasa información, Stein et al. (1999a), comparando los niveles de AA endógenos utilizando DLP entre cerdos en crecimiento y cerdas en diferentes estados fisiológicos (gestación o lactación y bajo alimentación restringida, o a libertad) observaron niveles de triptófano de 403, 657, 324, 543 mg/kg de MS consumida, para los cerdos en crecimiento, cerdas lactantes con consumo a libertad, y las cerdas gestantes restringidas y a libertad respectivamente. Nuestros resultados están dentro de los observados en esa publicación (499 mg/kg de MS).

En el presente trabajo, se observó además, un efecto lineal significativo en MSD y MSI ($P < 0.05$), y un efecto cuadrático significativo con respecto a la excreción de N endógeno ($P < 0.05$). Sin embargo, Leterme et al. (1992); de Lange (1989a); Furuya y Kaji (1992), al utilizar diferentes niveles de celulosa sintética, no encontraron flujos adicionales en la excreción de N endógeno y Leterme et al. (1992), no observaron diferencias significativas en la excreción de AA endógenos.

De acuerdo con Sauer et al. (1977) y Tavemer et al. (1981), la excreción de AA ileales endógenos se incrementa con la fibra dietética por arriba de 100 g de FDN/g, después de esto, no hay un mayor incremento, presentándose un plateau en la respuesta. Sin embargo, en el presente trabajo se encontró una respuesta cuadrática positiva, y se observó un incremento en los niveles de N hasta por arriba del nivel máximo de inclusión que fue de 250 g/kg de FDN. Esto concuerda con Shulze et al. (1995), quienes encontraron una respuesta lineal por arriba de 200 g de FDN /kg de MS.

El incremento observado del N endógeno se debe a que la cantidad excretada se incrementa con una fuente de fibra no purificada (Shulze et al. 1994ab, 1995) es por estó que en este trabajo se utilizaron fuentes naturales y no purificadas de FDN, como son la pulpa de bagazo de caña y la hoja de maíz.

En el presente experimento se observó un incremento en el flujo de la MS a nivel del íleon terminal cuando la fracción de FDN se incrementó en la dieta. Esto concuerda con lo reportado en la literatura anteriormente (Fernández y Jorgensen 1986, Graham et al., 1986; Sauer et al., 1991; Schulze et al., 1994) y puede ser el resultado de la baja digestibilidad de los polisacáridos estructurales. Sauer et al. (1991) encontraron efectos similares sobre la excreción de MS cuando reemplazaron almidón por alfaflor y paja. Newton et al. (1983) demostraron un efecto similar con dietas elaboradas con salvado de trigo. El flujo de MS parece estar más relacionado al nivel de FDN dietario que de las diferentes fuentes de FDN dietética (Shulze et al., 1994a).

El presente trabajo está de acuerdo con Shulze et al. (1994 ab) quienes concluyen que la excreción de N ileal en cerdos se incrementa conforme se aumenta la cantidad de FDN en las dietas. El incremento dependerá del nivel y de la composición de las fracciones de fibra.

Shulze et al. (1995) señalaron que dietas con un nivel de 20% de FDN, ya sea en forma purificada o compleja quizás deban de ser suplementadas con aproximadamente 10 g de proteína ileal digestible por kg / dieta para compensar la pérdida de N dietario, y endógeno no digerido.

Experimento 2

La digestibilidad de los nutrimentos consistentemente disminuyó con el incremento en la fibra dietética. Sin embargo, la magnitud de esta influencia negativa dependió del tipo y origen de la fuente de fibra, como lo mencionan Fernández y Jorgensen (1986); Beames y Eggum (1981); y Sauer y Ozimek (1986), estas diferencias pueden estar mediadas por cambios en la tasa de secreción de enzimas digestivas del jugo pancreático. Los resultados del presente trabajo concuerdan con ellos, ya que muestran que el NF y la FF tuvieron efectos significativos sobre la digestibilidad de la PC; siendo esta menor con los niveles de 15 % de FDN, esta disminución de la digestibilidad fue mayor para las dietas con FDN proveniente de BC+HM que para las que contenían FDN de OM.

Estos resultados coinciden con el trabajo de Patridge et al. (1986), quienes utilizaron cerdos de 40 kg canulados a nivel ileal con cánulas en T, con una dieta basal compuesta de harina de pescado como FP, y otras dos con la misma FP pero adicionadas con trigo o harina de paja (40- 132 g/kg fibra cruda) obteniendo una disminución lineal en la digestibilidad ileal aparente de la MS; la del N se mantuvo constante a 68%, sugiriendo que esta respuesta de la fibra fue principalmente debida a través de las bacterias del intestino grueso más que a través de la inhibición física de la absorción de N a partir del intestino delgado o a un incremento en la excreción de N endógeno. En lo que respecta a las fracciones de FDN y FDA, ambas digestibilidades disminuyeron linealmente conforme se incrementó la fuente de fibra, de 40 a 132 g/kg con valores de 68 y 32%, respectivamente.

Shulze et al. (1994b) Incrementando las concentraciones de FDN en forma purificada (FDNp) a partir de salvado de trigo en las dietas, encontraron que la digestibilidad ileal aparente de la MS, N, nitrógeno en FDN y cenizas disminuyeron linealmente ($P < .002$) mientras que la digestibilidad ileal de la fracción FDN no fue afectada ($P = 0.8$) por la FDNp en las dietas.

Por su parte Hartog et al. (1988), utilizando cerdos canulados de 40 kg encontraron que la digestibilidad ileal de la materia orgánica y de la proteína disminuyó por la inclusión de celulosa y paja molida. La reducción en la digestibilidad de la materia orgánica, proteína, AA, después de la incorporación de celulosa o de paja están de acuerdo con los datos de Just et al. (1983).

Li et al. (1994), con la inclusión de celulosa sintética (solkaflor por arriba de 13.3%) en lechones encontró que la digestibilidad de la MS disminuyó linealmente ($P < 0.001$) con incremento en el contenido de fibra dietética, esta observación está de acuerdo con los resultados de Fernández y Jorgensen (1986), Sauer et al. (1991), pero en este caso no hubo diferencia ($P > 0.05$) en la digestibilidad de la PC cuando la inclusión de Solkaflor fue de 4.3 a 13.3%. tampoco hubo diferencias ($P > 0.05$) en la digestibilidad de AA entre tratamientos.

Stagonias et al., (1985) realizaron un trabajo parecido al presente sólo que evaluaron digestibilidades fecales con cerdos de 40 kg para evaluar el efecto de la cantidad de FDN (0, 75, 150, 225, 300 g/kg. de MS) y tipo de fibra sobre la digestibilidad de la FDN entre otros, utilizando varias FF entre ellas hojas y olote de maíz, las dietas (caseína como FP) y estuvieron formuladas al igual que este trabajo a tener las mismas cantidades de FDN más que cantidades iguales de MS. Ellos evaluaron tanto el nivel de consumo como el tipo de fibra sobre la digestibilidad fecal, encontrando que ambas, la cantidad y tipo de fibra influyeron significativamente en la digestibilidad de la MS, del N y la energía. La digestibilidad de la FDN y de sus componentes fue marcadamente afectada por el tipo y la cantidad de fibra en la dieta para el caso de las hojas y el olote de maíz, y con respecto a los 5 tratamientos, respectivamente, las medias de las digestibilidades de FDN, (0.0, 0.327, 0.416, 0.443, 0.278) (0.0 0.232, 0.104 0.209, 0.181) celulosa (0.0, 0.299, 0.408, 0.423 y 0.190) (0.0, 0.266, 0.178, 0.241 y 0.195) y hemicelulosa (0.0, 0.343, 0.425, 0.451, 0.309) expresados todos en g/kg de MS. como se observa son digestibilidades bajas aunque sean fecales, en nuestro trabajo se presentaron algunos datos negativos esto explicado por el hecho de que son componentes indigestibles por el intestino delgado y que ya en el intestino grueso pueden ser utilizados por las bacterias. Por lo que ellos plantean que el grado de digestibilidad de la fibra en la dieta depende

predominantemente del origen de la fibra y en menor grado de la cantidad de fibra en la dieta, lo cual concuerda con los resultados obtenidos en este trabajo.

Conclusiones:

- El nivel y fuente de FDN disminuye la digestibilidad ileal aparente de la proteína cruda, y de la materia seca del concentrado de soya y de la caseína.
- Esto es porque el nivel de FDN tiene efectos sobre la excreción de AA, N endógeno y sobre el flujo de la MS en ileon distal.
- Se debe de tomar en cuenta el nivel de FDN en la formulación de dietas, para corregir de una mejor manera a los AA endógenos y así poder suplir de una manera más eficiente la proteína dietética, para realizar esto se requiere emplear la ecuación de N endógeno obtenida en este trabajo.

**ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA**

Anexos:

Ecuaciones de regresión de los aminoácidos en respuesta a la fibra detergente neutro.

	Termino			R ²	Prob.
	a	b	c		
MS digestible kg/kg	0.9474	- 0.00123	(gr FDN)	0.85	0.0001
MS Excretada kg/kg	0.0526	+ 0.00123	(gr FDN)	0.85	0.0001
N Endógeno g/kg	4.781	- 0.01243	(gr FDN) + 0.000068 (gr FDN ²)	0.48	0.051
Aminoácidos	a	b	c		
Cistina mg/kg	731.306	- 3.871815	(gr FDN) + 0.017076 (gr FDN ²)	0.76	0.002
Treonina mg/kg	1350.040	- 5.7518	(gr FDN) + 0.03032 (gr FDN ²)	0.67	0.007
Isoleucina mg/kg	1017.022	- 3.6757	(gr FDN) + 0.0173 (gr FDN ²)	0.55	0.029
Valina mg/kg	1311.119	- 2.5892	(gr FDN) + 0.0223 (gr FDN ²)	0.61	0.015
Glicina mg/kg	172.887	+ 8.8044	(gr FDN) - 0.0028 (gr FDN ²)	0.55	0.027
Alanina mg/kg	1243.321	- 3.2765	(gr FDN) + 0.0243 (gr FDN ²)	0.68	0.006
Ac. Glutámico mg/kg	3479.627	- 18.566	(gr FDN) + 0.0764 (gr FDN ²)	0.68	0.007
Ac. Aspártico mg/kg	3355.685	- 18.2377	(gr FDN) + 0.0679 (gr FDN ²)	0.57	0.022

FALLA DE ORIGEN

Bibliografía:

- Asche G.L., Lewis A.J. and Peo E.R. 1989. Protein digestion in weaning pigs : effect of dietary protein source. *J. Nutr.* 1989. 119: 1093-1099.
- Auclair , E. 1986. Etude des pertes azotes d'origine endogene dans le tube digestif chez trois especes monogastriques: lepor, le coq et lerat. Diss Univ. Clermont.
- Beames , R. M. and B.O. Eggum. 1981. *Br. J. Nutr.* 46, 301
- Batterham, E.S., Murison, R.D. and Lewis, C.E., 1979. Availability of lysine in protein concentrates as determined by slope-ratio assay with growing pigs and rats by chemical techniques. *Br. Jr. Nutr.*, 41: 383-391.
- Butts C.A., Moughan P. J., Smith W. C. and Carr D. C. (1993) Endogenous lysine and other amino acid flows at the terminal ileum of the growing pig (20 kg. bodyweight): the effect of protein free, synthetic amino acid, peptide and protein alimentation. *J. Sci. Food Agric.* 61:31-40.
- Carlson, K.H. y H.S. Barley. 1970. Nitrogen and amino acids in the feces of young pigs receiving a protein free diet and diets containing graded levels of soybean meal or casein. *J. Nutr.* 100: 1353.
- Cousins B.W. Tanksley T.D. Jr. Knabe D.A. and Zebrowska T. 1981. Nutrient digestibility and performance of pigs fed sorghums varying in tannin concentration. *J. of animal science*, 53 : 1524-1536.
- Chung, T.K. and D.H. Baker. 1992. Apparent and true amino acid digestibility of a crystalline amino acids mixture and of casein : comparison of values obtained with ileal-cannulated pigs and cecectomized cockerels. *J. Anim. Sci.* 70: 3781.
- Dierick, N.A. Vervaeke I.J. Demeyer D.I. and Decuypere J.A. 1989. Approach to the energetic importance of fibre digestion in pigs. I Importance of fermentation in the overall energy supply. *Anim. Feed Sci. Technol.* 23: 141.
- Eastwood 1992. The physiological effect of dietary fiber : An update. *Ann. Rev. Nutr.* 12:19-25.
- Eggum B.O. 1995. The influence of dietary fibre on protein digestion and utilization in monogastrics. *Arch. Anim. Nutr.*, Vol.48, pp, 89-95.
- Ehle F.R. Jeraci J.L. Robertson J.B. and Van Soest 1982. The influence of dietary fiber on digestibility rate of passage and gastrointestinal fermentation in pigs. *J. Animal Science*, 55:1071-1081.
- Fan. M.Z., Sauer, W.C., R.T. Hardin., K.A. Lien. 1994. Determination of apparent ileal amino acid digestibility in pigs: Effect of dietary amino acid level. *J. Anim. Sci.* 72 : 2851-2859.
- Fan, M.Z., Sauer, W.C. and McBurney, M.I. 1995. Estimation by regression analysis of endogenous amino acid levels in digesta collected from the distal ileum of pig. *J. Anim. Sci.* 73: 2319-2328.
- Fan, M.Z., Sauer, W.C. 1997. Determination of true ileal amino acid digestibility in feedstuffs for pigs with the linear relationships between distal ileal outputs and dietary inputs of amino acids. *J. Sci. Food Agric.* 73: 189-199.
- Fenton, T. W. and Fenton M. 1979. An approved procedure for determination of chromic oxide in feed and feces. *Can J. Anim. Sci.* 59:631.
- Fernandez A.J. and Jonrgensen J. N. 1986. Digestibility and absorption of nutrients as affected by content in the diet of the pig. Quantitative aspects. *Livest. Prod. Sci.* 15: 53-71.

- Furuya, S., and Y. Kaji. 1989. Estimation of the ileal digestibility of amino acids and nitrogen from their apparent values for pigs. *Anim. Feed sci. and Tech.* 26: 271-285.
- Furuya, S. y Y. Kaji 1991. Additivity of the apparent and true ileal digestible amino acids supply in barley, maize, wheat or soya-bean meal based diets for growing pigs. *Anim. Feed Sci. Technol.* 32:321.
- Furuya, S y Kaji 1992. The effects of the feed intake and purified cellulose on the endogenous ileal amino acid flow in growing pigs. *J. Nutr.* 68: 463-472.
- Grala W. Verstegen M.W.A. Leeuwen P.V. Huisman J. Jansman A.J.M. Tamminga S. 1997. Nitrogen balance of pigs as affected by feedstuffs causing different endogenous nitrogen flow at the terminal ileum. *Livest. Prod. Sci.* 48:143-155.
- Grala W. Verstegen M.W.A. Jansman A.J.M., Huisman J. and Wasilewko J. 1988. Nitrogen utilization in pigs fed diets with soybean and rapessed products leading to different ileal nitrogen losses. *J. Anim. Sci.* 76:569-577
- Graham H., Aman P. and Lowgren W. 1988. Enzyme supplementation of pigs diets. in: Buraczewska L., Buraczewski S., Pastuszewska B., and Zebrowska T. (Editors), proceeding of the 4th. international seminar on digestive physiology in the pig, Jablonna, June 1988, Polish Academy of Sciences Jablonna. pp. 371-176.
- Graham H. Aman P. 1991. Nutritional aspects of dietary fibers. *Anim. Feed Sci. and Technol.* 32: 143-158.
- Graham H. 1991, The physical and chemical constitution of foods: Effects on carbohydrate digestion. In the book : *In vitro Digestion for pigs and poultry*. Edited by M.F. Fuller, The Rowett Research, Institute Greenburn. Aberdeen AB2 95B Scotland CAB International.
- Graham H., Aman P., Peterson D. 1990. Chemical analysis and nutritional aspects of dietary fibres in : *Animal Nutrition and transport processes*. By Mellinger J. and Karger. 5: 242-253.
- Green, S., S.L. Bertrand, M.J.C. Duron y R.A. Maillard. 1987. Digestibility of amino acids in maize, wheat and barley meal, measured in pigs with ileo-rectal anastomosis and isolation of the large intestine. *J. Sci. Food Agric.* 40:11.
- Hartog Den L.A., Huisman J., Thielen W.J. G. Schayk G.H.A., Boer H. y Weerden Van E.J. 1988. The effect of including various structural polysaccharides in pigs diets on ileal and fecal digestibility of amino acids and mineral. *Livest. Prod. Sci.* 18: 157-170.
- Horowitz, M.I. 1967. Mucopolisaccharides and glycoproteins of the alimentary tract. In.: *Handbook of Physiology, Sec. 6 Alimentary canal*, ed. G.J. Hajny, Amer. Physiol. Society, Washington, 1063-1085.
- Huisman, J., M.W.A. Verstegen, P. van Leewen, and S. Tamminga. 1993. Reduction of N pollution by decrease of the excretion of endogenous N in pigs, : In M.W.A. Verstegen, L.A.den Hartog, G.J.M. van Kempen, and J.H.M. Metz (de.). Nitrogen flow in pigs production and environmental consequence. pp. 55 Pudoc scientific publishers, Wageningen.
- Ikegemi, S. Tsuchihashi, F. Harada, H. Tsuchihashi, N. Nishide, E. and Innami, S. 1990. Effect of viscous indigestible polysaccharides on pancreatic- biliary secretion and digestive organs in rats. *J. Nutr.* 120: 353-360.
- Imoto S. and Namioka S. 1978. VFA production in the pig large intestine. *J. Anim. Sci.* 47: 467-478.
- INRA 1984. L'alimentation des animaux monogastriques: Porc, lapin, volailles. Institut Nationale de la Recherche Agronomique.

- Jondreville Catherine 1994. Availability of amino acids in feedstuffs for pigs. Feed mix. Vol. 2 number 4, 1994.
- Johnson, I.T. and Gee J.M. 1986. Gastrointestinal adaptation in response to soluble non-available polysaccharides in the rat. Br. J. Nutr. 55: 497-505.
- Just A., Jorgensen, H. and Fernandez, J.A. 1981. The digestive capacity of caecum-colon and the value of nitrogen absorbed from the hind gut for protein synthesis in pigs. Br. J. Nutr. 46:209-219.
- Kennelly, J.J. and Ahern, F.X., 1980. Can. J. Anim. Sci. 60: 385-393.
- Kass M.C. Van soest, P.J. and Pond W.G. 1980. Utilization of dietary fibre from alfalfa by growing swine. II Volatile fatty acid concentrations and disappearance from the gastrointestinal tract. J. Anim. Sci. 50: 402-412.
- Krawielitzki K., Zebrowska T. Kreienbring F. Schadereit R. y Kowalczyk J. 1996. Absorption and secretion of exogenous and endogenous N along the digestive tract and kinetic parameters of protein metabolism in growing pigs. 1. Estimation by digesta exchange between ¹⁵N labelled and unlabelled pigs. J. Anim. Physiology a. Anim. Nutr. 76: 46-56.
- de Lange, C.F.M., Sauer, W.C., Mosenthin, R. and Souffrant W.B. 1989a. The effect of feeding different protein-free diets on the recovery and amino acid composition of endogenous protein collected from the distal ileum and feces in pigs. J. Anim. Sci. 67: 746-754.
- de Lange, C.F.M., Sauer, W.C., Souffrant, W.B. 1989b. The effect of protein status of the pig on the recovery and amino acid composition of endogenous protein in digesta collected from the distal ileum. J. Anim. Sci. 67: 755-762.
- de Lange, C.F.M., Souffrant, W.B. and Sauer, W.C. 1990. Real ileal protein and amino acid digestibilities in feedstuffs for growing pigs as determined with the ¹⁵N-isotope dilution technique. J. Anim. Sci. 68: 409-418.
- de Lange C.F.M., Sauer, W.C., Souffrant, W.B. and Lien, K.A. 1992. ¹⁵N-leucine and ¹⁵N-isoleucine isotope dilution techniques versus the ¹⁵N-isotope dilution technique for determining the recovery of endogenous protein and amino acids in digesta collected from the distal ileum in pigs. J. Anim. Sci. 70: 1848-1854.
- de Lange, C.F.M., S. Mohn, and C.M. Nyachoti. 1995. Partitioning of protein and energy intake in grower-finisher pigs. In : M.Ivan (Ed.) Animal Science and Development : Moving Towards a New Century. P. 339. Symp. on Determination of Production efficiency in swine, July 9-12 Ottawa, Ontario, Canada.
- Laplace, J.P., Darcy-Vrillon, B., Perez, J.M. Henry, Y., Giger, S. and Sauvant, D., 1989. Associative effects between two fibres sources on ileal and overall digestibilities of amino acids, energy and cell-wall components in growing pigs. Br. J. Nutr., 61: 75-87.
- Leibholtz, J. 1982. The flow of endogenous nitrogen in the digestive tract of young pigs. Br. J. Nutr. 48: 509-517.
- Lenis N.P. Bikker J. Van Der Meuler, J.Th.M. Van Diepen, J.G.M. Bakker and A.W. Jongbloed. 1996. Effect of dietary neutral detergent fiber on ileal digestibility and portal flux of nitrogen and amino acids on nitrogen utilization in growing pigs. J. Anim. Sci. 74: 2687-2699.
- Leterme P.L. Pirard, and Thewis A. 1992. A note on the effect of wood cellulose level in protein-free diets on the recovery and amino acid composition of endogenous protein collected from the ileum in pigs. Anim. Prod. 54:163.

- Lien K.A., Sauer W.C. and Dugan M.E.R. 1997. Evaluation of the ¹⁵N isotope dilution technique for determining the recovery of endogenous protein in ileal digesta of pigs: Effects of the pattern of blood sampling, precursor pools, and isotope dilution technique. *J. Anim. Sci.* 75: 159-169.
- Li S., W.C. Sauer, and R.T. Hardin. 1994. Effect of dietary fibre level on amino digestibility in young pigs. *Can. Journal of animal science.* 74: 327-333.
- Li S. and C. Sauer. 1994. The effect of dietary fat content on amino acid digestibility in young pigs. *J. Anim. Sci.* 72:1737-1743.
- Low, A.G. 1980. Nutrient absorption in pigs. *J. Sci. Food. Agric.* 31: 1087-1130.
- Low, A.G. 1982 Endogenous nitrogen evaluation from absorption studies. In *Physiologie digestiv chez le porc*, eds, J.P. Laplace, T. Corring & A. Rerat, *Colloques de l'INRA* nr. 12, 187-198.
- Low, A.G. 1985. Role of dietary fiber in pigs diets. In: *recents advances in animal nutrition*. William Haresign, D.J.A. Cole, Butterworths. 87- 110.
- Low A.G. 1989. Secretory response of the pig gut to non-starch polysaccharides. *Anim. Feed Sci. Technol.* 23: 55.
- Low, A. G. and T. Zebrowska. 1989. Digestion in pigs. In : H. D. Bock, B. O. Eggum, A. G. Low, O. Simon, and T. Zebrowska (De) *Protein Metabolism in Farm Animals*. pp. 53-121. Oxford University Press, Oxford, U. K.
- Maga J.A. Measurement of available lysine using the guanidination reaction. *J. of Food Science* 1981 46:132-134
- Makkink C.A., Heinz T. 1991 Endogenous N losses at the terminal ileum of young piglets-fed diets based on either skim milk powder or soybean meal. (pp 196-200). From the Book *Digestive physiology in pigs*. Pudoc Wageningen.
- Mariscal-Landin, G. Séve, B., Colléaux, Y. and Lebreton, Y. 1995. Endogenous amino nitrogen collected from pig with end-to-end ileorectal anastomosis is affected by the method of estimation and altered by dietary fibre. *J. Nutr.* 125: 136-146.
- Marty, B. J. Chavez, E.R. and de Lange, C.F.M. 1994. Recovery of amino acids at the ileum for determining apparent and true amino acid digestibilities in growing pigs fed various heat-processed full-fat soybean products. *J. Anim. Sci.* 72: 2029-2037.
- Mason, V. C. 1984. Metabolism of nitrogenous compounds in the large gut. *Proc. Nutr. Soc.* 43: 45-53.
- Mason, V.C., Just, A. and Bech Andersen, S. 1976. Bacterial activity in the hindgut of pigs. 2) Its influence on the apparent digestibility of nitrogen and amino acids. *Z. Tierphysiol. Tierernähr. Futtermittelkd.*, 36:310-324.
- Mitchell, H.H. 1924. A method of determining the biological value of protein. *J. Biol. Chem.* 58:873-882.
- Monsenthin R. and Sauer W.C. 1991. The effect of source of fiber on pancreatic secretions and on amino acid digestibility in the pig. *J. Anim. Physiol.* pp. 45-52.
- Moughan, P.J. 1989. Simulation of the daily partitioning of lysine in the 50 kg. liveweight pig- A factorial approach to estimating amino acid requirements for growth and maintenance. *Res. Develop. Agric.* 6-7.

- Moughan P.J. and Rutherford S.M. 1990. Endogenous flow of total lysine and other amino acids at the distal ileum of the protein-or peptide-fed rat: The chemical labelling of gelatin protein by transformation of lysine to homoarginine. *J.Sci. Food Agric* 52: 179-192.
- Moughan, P.J. , Gerard Schuttert and Marlies Leenaars 1992. *J. Sci. Food Agric.* 60: 437-442.
- Moughan P.J. 1993. Animal factor affecting protein utilization in the pigs. In: M.W.A. Verstegen, L.A. den Hartog, G.J.M. van Kempen and J.H.M. Metz (Ed.). *Nitrogen flow and enviromental consequences* . p.p. 39. Pudoc Scientific Publishers, Wageningen.
- Moughan P.J. 1995 Modelling protein metabolism in the critical evaluation of a simple reference model., In : P.J. Moughan , M.W.A. Verstegen , and M.I. Visser-Reyneveld (Ed.) *Modelling growth in the pig.* Eaap Publ. No. 78. P. 103. Wageningen Press, Wageningen. The Netherlands.
- Murray A. G. Fuller, M.F. and Pirie, A. R. 19977 The effect of fiber in the form of various polysaccharides on the apparent digestibility of protein in the pig. *Anim. Prod.* 24: 139
- Nyachoti. C.M., C.F. M. de Lange., B.W. McBride. y H. Shulze. 1996 Significance of endogenous gut nitrogen in the nutrition growing pigs : A review. University of Guelph, Ontario Canada. *Can. J. Anim.Sci.* 77 (1) : 149-163.
- Patridge I.G. Simon O. y H. Berner 1986. The effect of treated straw meal on ileal and fecal digestibility of nutrients in pigs. *Institute of animal nutrition Arch., Berlin* 351-358
- Pond W.G. 1987. Thoughts on fiber utilization in swine. *J. Anim. Sci.* 65; 497-499.
- Portman O.W., G.V. Mann and A. P. Wysochi 1985. Bile acid excretion by the rat: Nutritional effects. *Arch. Biochem. biophys.* 58: 224.
- Potkins, Z. V. T.L.J. Lawrence and J.R. Thomlinson. 1991. Effects on ileal apparent digestibility in the growing pig of replacing barley whit bran, oatmeal by-product, guar gum and pectin. *Anim. Feed Sci. Technol.* 35:171.
- Rerat A. 1978. Digestion and absorption of carbohydrates and nitrogenous matters in the hindgut of the omnivorous non-ruminant animal. *J. Anim. Sci.* 45:1808.
- Roos, N. Pfeuffer, M. and Hagemeister, H. 1994. Labelling with ¹⁵N as compared with homoarginine suggests a lower prececal digestibility of casein in pigs. *J. Nutr.* 124: 2404-2409.
- Rutherford S. M. and Moughan P.J. 1990. Guanidination of lysine in selected dietary proteins. *J. Agric. Food Chem.* 38: 209-211.
- Sauer, W.C., and L. Ozimek. 1986 Digestibility of amino acids in swine: Results and their practical applications. A review. *Livestock Production Science*, 15: 367-388.
- Sauer, W.C., Stothers and R.J. Parker. 1977a. Apparent and true availabilities of amino acids in wheat and milling by products for growing pigs. *Can. J. Anim. Sci.* 57: 775.
- Sauer, W. C. Stothers, S. C. & Phillips, G.D. 1977b. Apparent availabilities of amino acids in com, wheat and barley for growing pigs. *Can J. Anim. Sci.* 57: 587-597.
- Sauer W.C. and de Lange 1992. Chapter 4 Novel methods for determining protein and amino acid digestibilities in feedstuffs. In: *Modern methods on protein nutrition and metabolism.* pp. 87-120.

- Sauer, W.C. Monsenthin, C.R. Ahrens F. and den Hartog L..A. 1991. The effect of source of fibre on the ileal and fecal amino acid digestibility and bacterial nitrogen excretion in growing pigs. *J. Anim. Sci.* 69:4070
- Seve B., Y. Henry. 1996. Protein utilization in non ruminants. In: A.F.Nunes, A. V. Portugal, J.P. Costa and J.R. Ribeiro (Ed.) *Protein Metabolism and nutrition*. P. 59 EaaP Publ. No. 81.Proc. 7th. Int. Symp. , May 24-27, 1995, Estaco Zootecnica Nacionl, Vale de Santarem Portugal.
- Souffrant W.B. 1991. Endogenous nitrogen losses during digestion in pigs. In: *Digestive physiology in pigs*. Pudoc Wageningen. p.p. 147-166
- Shulze H. Van Leeuwen P. - Schmitz, M., Hagemeister, H and Erbersdobler, H. F. 1991: Homoarginine labelling is suitable for determination of protein absorption in miniature pigs. *J. Nutr.* 121: 1575-1580.
- Shulze H., P. van Leeuwen , M.W.A. Verstegen, and J.W.O., van den Berg. 1995. Dietary level and source of neutral detergent fiber and ileal endogenous nitrogen flow in pigs. *J. Anim. Sci.* 73: 441-448.
- Shulze H. 1994a Endogenous ileal nitrogen losses in pigs. Dietary factors. Ph. D. Thesis, Agricultural University Wageningen, The Netherlands.
- Shulze H. Van Leeuwen P. Verstegen M.W.A., Huisman J. Souffrant W.B. and Ahrens F. 1994b. Effect of level of dietary neutral detergent fiber on ileal apparent digestibility and ileal nitrogen losses in pigs. *J. Anim. Sci.* 72: 2362-2368.
- Schmitz, M., Hagemeister, H and Erbersdobler, H. F. 1991. Homoarginine labelling is suitable for determination of protein absorption in miniature pigs. *J. Nutr.* 121: 1575-1580.
- Soria R.J. Avedaño R. and Ortiz C.A. 1987. Levantamiento fisiográfico del estado de Querétaro Cifap-Guanajuato. INIFAP, SARH, México.
- Stanogias G. and Pearce G.R. 1985 The digestion of fibre by pigs. 1. the effect of amount and type of fibre on apparent digestibility nitrogen balance and rate of passage. *Br. J. of nutrition* 53, 513-530.
- Stein H.H., Trottier N.L. Bellaver C. and Easter R.A. 1999a. The effect of feeding level and physiological status on total flow and amino acid composition of endogenous protein at the distal ileum in swine. *J. Anim. Sci.* 77: 1180-1187.
- Stein H.H. Aref S. and Easter R.A. 1999b Comparative protein and amino acid digestibilities in growing pigs and sows. *J. Anim. Sci.* 77:1169-1179.
- Tanksley Jr. T.D. and D.A. Knabe, 1993. N Ileal digestibilities of amino acids in pigs feeds and their use in formulating diets. In: D.J.A. Cole W. Haresign, and P.C. Garnsworthy (Ed.) *Recent development in pigs nutrition*2. pp. 85. Nottingham University Press, Nottingham.
- Taverner, M.R. Hume.I.D. and Farrell, D.J., 1981a. Availability to pigs of amino acids in cereal grains. 1. endogenous levels of amino acids in ileal digesta and faeces of pigs given cereal diets. *Br. J. Nutr.*, 46: 149-158.
- Taverner, M.R. Hume. I.D. and Farrell, D.J., 1981b. Availability to pigs of amino acids in cereal grains. 2- Apparent and true ileal availability *Br. Jr. Nutr.* 46: 159-171.
- Trowell, H., D.A.T. Southgate, T.M.S. Wolever, A. R. Leeds, M. A. Gassull, and D.J.A. Jenkins. 1976. Dietary fibre redefined. *Lancet.* 1: 967-971.
- Vahouny V. G. y Cassidy M.M. 1985. Dietary fiber and absorption of nutrients. *Proceedings of the society for experimental biology and medicine* 180: 432-446.

- Van Soest, P.J., Robertson, J.B. and Lewis, B.A. 1991. Methods for dietary fiber neutral detergent fiber, and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci*, 74; 3583 – 3597.
- Varel V.H. 1987. Activity of fiber degrading microorganisms in the pig large intestine. *J. Anim. Sci.* 65:488-496.
- Walker W.R. , Maxwell C.V. Owens F.N. y Buchanan D.S. 1986. Milk versus soybean sources for pigs ; 1- effects on performance and digestibility. *J. Anim. Sci.* 1986. 63: 505-512.
- Wilson R.H. y Leibholz J. 1981a. Digestion in the pig between 7 and 35 d of age. 1-The performance of pigs given milk and soya-bean proteins. *Br. J. Nutr.* 45: 301.
- Wilson R.H., Leibholz Jane 1981b. Digestion in the pig between 7 and 35 d. of age. 2. The digestion of dry matter and the pH of digesta in pigs given milk and soya bean proteins. *Br. J. Nutr.* 45: 321.
- Wilson R.H. y Leibholz J. 1981c digestion in the pig between 7 and 35 d of age. 3- The digestion of nitrogen in pigs given milk and soya-bean proteins. *Br. J. Nutr.* 45, 337.