

**COMPARACION DEL CERDO CRIOLLO VS MEJORADO EN LA CAPACIDAD
DE DIGESTION Y FERMENTACION DE DIETAS CON DIFERENTES TIPOS DE
MATERIAS PRIMAS FIBROSAS**

CARLOS ALBERTO TORO GONZALEZ

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
MAESTRIA EN CIENCIAS AGRARIAS CON ENFASIS EN PRODUCCION
ANIMAL TROPICAL**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
SEDE PALMIRA
2008**

**COMPARACION DEL CERDO CRIOLLO VS MEJORADO EN LA CAPACIDAD
DE DIGESTION Y FERMENTACION DE DIETAS CON DIFERENTES TIPOS DE
MATERIAS PRIMAS FIBROSAS**

CARLOS ALBERTO TORO GONZALEZ
Estudiante de Maestría en Ciencias Agrarias.
Énfasis en Producción Animal Tropical

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de
MAESTRO EN CIENCIAS AGRARIAS CON ENFASIS EN PRODUCCION
ANIMAL TROPICAL**

Director: DR. ARNOBIO LOPEZ, VET., PhD.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
SEDE PALMIRA
2008

ARTICULO 24, RESOLUCION 04-95

“La facultad y los jurados del trabajo de grado, no son responsables de las ideas por el o los autores del mismo”

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCION	1
2. OBJETIVOS	3
2.1 OBJETIVO GENERAL	3
2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	3
3. JUSTIFICACION	4
4. MARCO DE REFERENCIA	6
4.1 ASPECTOS GENERALES DE LOS CERDOS CRIOLLOS	6
4.1.1 ORIGEN Y HABITAT	6
4.1.2 CARACTERISTICAS GENETICAS Y MORFOLOGICAS	6
4.1.3 NUTRICION Y ALIMENTACION	7
4.1.4 RECURSOS ALIMENTARIOS ALTERNATIVOS	8
4.2 ASPECTOS NUTRICIONALES EN LA ALIMENTACION DE CERDOS CON DIETAS FIBROSAS	10
4.2.1 ASPECTOS GENERALES SOBRE FIBRAS	10
4.2.2 FERMENTACION MICROBIANA DE FIBRAS EN EL CERDO	11
4.2.3 EFECTO DE LA FIBRA SOBRE LA MORFOLOGIA INTESTINAL DEL CERDO	12
4.2.4 EFECTO DE LA INCLUSION DE ALTOS NIVELES DE FIBRA EN LA DIETA SOBRE EL FUNCIONAMIENTO GASTROINTESTINAL	14
4.3 DIGESTIBILIDAD IN VITRO	16
4.3.1 TECNICA DE PRODUCCION DE GAS	17
4.3.1.1 METODO DE MENKE	20

4.4 APLICACIÓN DE LA TECNICA DE PRODUCCION DE GAS EN CERDOS	21
4.4.1 FERMENTACION EN EL INTESTINO GRUESO	22
5. MATERIALES Y METODOS	24
5.1 LOCALIZACION	24
5.2 INSUMOS	25
5.3 METODOLOGIA	27
5.3.1 DIGESTIBILIDAD FECAL APARENTE	27
5.3.1.1 ANIMALES Y ALOJAMIENTO	27
5.3.1.2 DIETAS EXPERIMENTALES	27
5.3.1.3 PERIODO EXPERIMENTAL	31
5.3.1.3.1 FASE DE ACOSTUMBRAMIENTO	31
5.3.1.3.2 FASE EXPERIMENTAL	32
5.3.1.4 DISEÑO EXPERIMENTAL	32
5.3.1.5 VARIABLES A ANALIZAR	33
5.3.1.6 ANALISIS DE LABORATORIO	33
5.3.1.6.1 WEENDE	34
5.3.1.6.2 VAN SOEST	35
5.3.1.6.3 ENERGIA BRUTA	35
5.3.1.6.4 FIBRA DIETETICA	35
5.3.1.6.5 ALMIDONES TOTALES	35
5.3.1.6.6 PREDIGESTION IN VITRO EN CERDOS	36
5.3.1.6.7 PRUEBA DE FERMENTACION EN JERINGAS	36
5.3.1.6.7.1 PROTOCOLO DE FERMENTACION EN JERINGAS	37
5.3.1.7 CALCULOS	39

5.3.1.8 CONTROLES Y REGISTROS	40
5.3.1.9 ANALISIS ESTADISTICOS	40
6. RESULTADOS	42
6.1 ANALISIS BROMATOLOGICOS	42
6.2 ESTADISTICAS GENERALES	47
6.3 ANALISIS DE VARIANZA	49
6.4 EFECTO DE FIBRA	50
6.5 EFECTO DE PERIODO	54
6.6 EFECTO DE RAZA	58
6.7 EFECTO DE PESOI	61
6.8 INTERACCIONES	64
6.8.1 INTERACCION PESOI*RAZA	64
6.8.2 INTERACCION PESOI*PERIODO	68
6.8.3 INTERACCION RAZA*FIBRA	68
6.9 CORRELACIONES	72
7. DISCUSION	73
8. CONCLUSIONES	80
9. RECOMENDACIONES	82
10. FINANCIACION	83
11. BIBLIOGRAFIA	84
12. ANEXOS	90

INDICE DE TABLAS

TABLA 1. FICHA TÉCNICA UNIDAD DE METABOLISMO GRANJA MARIO GONZÁLEZ	24
TABLA 2. INSUMOS NECESARIOS PARA LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO	25
TABLA 3. COMPOSICIÓN DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES PRIMER PERIODO	28
TABLA 4. COMPOSICIÓN DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES SEGUNDO PERIODO	29
TABLA 5. COMPOSICIÓN DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES TERCER PERIODO	30
TABLA 6. COMPOSICIÓN DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES CUARTO PERIODO	31
TABLA 7. ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE MICELIO, T. PALMISTE, C. ALGODÓN Y C. CAFÉ COMO PRINCIPALES FUENTES DE FIBRA EN LAS DIETAS; TOMADOS EN BASE SECA	43
TABLA 8. ANÁLISIS BROMATOLÓGICO EN MATERIA SECA DE LAS DIETAS PARA EL PRIMER PERIODO EXPERIMENTAL	44
TABLA 9. ANÁLISIS BROMATOLÓGICO EN MATERIA SECA DE LAS DIETAS PARA EL SEGUNDO PERIODO EXPERIMENTAL	45
TABLA 10. ANÁLISIS BROMATOLÓGICO EN MATERIA SECA DE LAS DIETAS PARA EL TERCER PERIODO EXPERIMENTAL	46
TABLA 11. ANÁLISIS BROMATOLÓGICO EN MATERIA SECA DE LAS DIETAS PARA EL CUARTO PERIODO EXPERIMENTAL	47
TABLA 12. VALORES DE LA MEDIA, DESVIACIÓN ESTÁNDAR, RANGO MÍNIMO Y MÁXIMO PARA LAS VARIABLES DE MEDICIÓN EN LOS CUATRO PERIODOS DE EXPERIMENTACIÓN	48
TABLA 13. CUADRADOS MEDIOS DE LAS FUENTES DE VARIACIÓN	49

TABLA 14. MEDIAS DE LAS VARIABLES DE ACUERDO A LA FUENTE DE FIBRA EN LAS DIETAS	50
TABLA 15. MEDIAS DE LAS VARIABLES DE ACUERDO AL PERIODO EXPERIMENTAL	54
TABLA 16. MEDIAS DE LAS VARIABLES DE ACUERDO A LA RAZA	58
TABLA 17. MEDIAS DE LAS VARIABLES DE ACUERDO AL PESO I	61
TABLA 18. COEFICIENTES DE CORRELACIÓN PARA LAS VARIABLES DE ANÁLISIS	72

INDICE DE GRAFICAS

GRAFICA 1. DIGESTIBILIDADES DE LOS NUTRIENTES DE ACUERDO AL EFECTO DE FIBRA	53
GRAFICO 2. PRODUCCIÓN DE GAS DE ACUERDO LA FUENTE DE FIBRA DE LAS DIETAS	54
GRAFICO 3. DIGESTIBILIDADES DE LOS NUTRIENTES DE ACUERDO AL EFECTO DEL PERIODO	57
GRAFICO 4. PRODUCCIÓN DE GAS PARA CADA PERIODO EXPERIMENTAL	57
GRAFICA 5. DIGESTIBILIDAD DE LOS NUTRIENTES DE ACUERDO EL EFECTO DE RAZA	60
GRAFICO 6. PRODUCCIÓN DE GAS PARA CADA RAZA	61
GRAFICO 7. DIGESTIBILIDAD DE LOS NUTRIENTES DE ACUERDO AL EFECTO DE PESOI	63
GRAFICO 8. PRODUCCIÓN DE GAS DE ACUERDO AL PESO INICIAL	63
GRAFICO 9. INTERACCIÓN PESOI X RAZA PARA LA DIGESTIBILIDAD FECAL APARENTE DE LA MS	64
GRAFICA 10. INTERACCIÓN PESOI*RAZA PARA LA DIGESTIBILIDAD FECAL APARENTE DE LA PROTEÍNA	65
GRAFICO 11. INTERACCIÓN PESOI*RAZA PARA LA DIGESTIBILIDAD FECAL APARENTE DEL FDN	66
GRAFICO 12. INTERACCIÓN PESOI*RAZA EN LA DIGESTIBILIDAD FECAL APARENTE DEL FDT	67
GRAFICO 13. INTERACCIÓN PESOI*RAZA EN LA DIGESTIBILIDAD FECAL APARENTE DE LA ENERGÍA	67
GRAFICO 14. INTERACCIÓN RAZA*FIBRA PARA LA DIGESTIBILIDAD FECAL APARENTE DE LA MS	69

GRAFICA 15. INTERACCIÓN RAZA*FIBRA EN LA DIGESTIBILIDAD FECAL APARENTE DE LA PROTEÍNA	69
GRAFICO 16. INTERACCIÓN RAZA*FIBRA EN LA DIGESTIBILIDAD FECAL APARENTE DEL FDN	70
GRAFICO 17. INTERACCIÓN RAZA*FIBRA EN LA DIGESTIBILIDAD FECAL APARENTE DE LA ENERGÍA	71

INDICES DE ANEXOS

ANEXO 1. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA MATERIA SECA	90
ANEXO 2. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA MATERIA ORGÁNICA	90
ANEXO 3. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA PROTEÍNA	91
ANEXO 4. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EXTRACTO ETÉREO	91
ANEXO 5. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA FDN	92
ANEXO 6. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA FDA	92
ANEXO 7. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA FDT	93
ANEXO 8. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA ENERGÍA	93
ANEXO 9. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA ALMIDONES	94
ANEXO 10. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA PRODUCCIÓN DE GAS	94
ANEXO 11. DIGESTIBILIDAD ILEAL IN VITRO DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES	95

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo determinar la habilidad de los cerdos criollos colombianos en la capacidad de digerir y fermentar los nutrientes en dietas con altos niveles de fibra en comparación con los cerdos de razas mejoradas y utilizando cuatro diferentes fuentes de fibra: Micelio Seco, Torta de Palmiste, Cascarilla de Café y Cascarilla de Algodón. Para la cual se realizaron pruebas de digestibilidad fecal aparente a los diferentes nutrientes. De manera paralela se utilizó la técnica de producción de gas en jeringas para determinar la cantidad de gas producido durante la fermentación de los alimentos tratando de simular lo que ocurre en el intestino grueso de los cerdos. Se encontró que en el efecto de FIBRA se presentaron diferencias significativas ($P < 0,05$) en todas las variables de medición destacándose las dietas con Micelio Seco al obtener digestibilidades en MS del 88,06%, seguido de la Torta de Palmiste con 83,14%. Para el efecto de PERIODO queda claro que a medida que se aumenta los niveles de fibra en las dietas las digestibilidades de los diferentes nutrientes fueron disminuyendo sin embargo solo se encontraron diferencias significativas ($P < 0,05$) en las digestibilidades de materia seca, materia orgánica, proteína, energía y almidones. Para el efecto de RAZA hay que destacar el desempeño de las razas Casco de Mula y San Pedreño que en la gran mayoría de las digestibilidades manifestaron superioridad con respecto a la raza mejorada. Para el efecto de PESOI se encontraron diferencias significativas ($P < 0,05$) para las digestibilidades en materia seca, proteína energía y en las interacciones no se encontraron diferencias. Se concluye que hay que investigar más acerca del Micelio Seco y a pesar de encontrar diferencias significativas en algunas variables, no hay un resultado contundente que demuestre un mejor desempeño digestivo en los cerdos criollos colombianos.

ABSTRACT

The present thesis work had as objective to determine the ability of the colombian creoles pigs en its capacity of digesting and ferment the nutrient in high level fiber diets compared with the swine of improved breeds using four different sources of fiber: Dry Mycelium, Palmiste meal, Coffe's Bran, Cotton's Bran. By which several tests were performed of apparent fecal digestibility to the different nutrients. In a parallel way the gas production technique sing syringes as to determine the quantity of produced gas during the fermentation of the nutrient trying to simulate what goes on in the pigs large intestine. It was found under the FIBER effect meaningful differences ($P < 0,05$) in all of the variables remarking the diets with Dry Mycelium when obtained digestibility in dry matter of 88,06%, followed by the Palmiste Meal with 83,14%. As for the PERIOD effect states clear on the way the levels of fiber are coming up the digestibility of the different nutrients were lowering yet only meaning ful differences ($P < 0,05$) en the digestibility of dry matter, organic matter, protein, energy and starch. As for the BREED effect the remarking of the Casco de Mula breeds performances and San Pedreño which in the most digestibility cases manifested superiority compared with the improved breed. For the PESOI effect meaningful differences ($P < 0,05$) for the digestibility en dry matter, energy, protein and the interaction no differences were established. As for conclusión it is hended to research more on the Dry Mycelium and in spite of finding meaningful differences in some variables, there is no hard results to exhibit a better digestive performance in the colombian creoles pigs.

1. INTRODUCCION

La carne de cerdo es la más consumida en el mundo entero (el consumo per cápita a nivel mundial es de 15,4 kilogramos, por encima de la carne de ave con 12,2 kg. y la de res con 9,9 kg).

Para 2006 que el sector agropecuario con relación al PIB creció, en un 0,41% impulsado principalmente por la parte pecuaria que presentó un crecimiento del 5,80%. Los productos de mayor crecimiento fueron los huevos (16,62%), el ganado porcino (12,18%) y las aves de corral (9,22%). La producción de ganado bovino y leche aumentó 3,26% y 2,06%, respectivamente (Perspectivas Del Sector Agropecuario Segundo Semestre de 2006. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural).

La producción de carne con la especie porcina, presenta ventajas competitivas frente a la producción de carne con ganado bovino tales como alta prolificidad, periodo de engorde corto y buena conversión alimenticia y frente al sector avícola porque utiliza de diversas fuentes de materias primas inclusive no convencionales para su alimentación.

En los sistemas de producción porcina en los países tropicales de América, entre ellos Colombia, siempre se han introducido modelos de producción, basados en tecnologías desarrolladas en los países templados para razas con altos rendimientos, tales como la alimentación cuya base es principalmente el maíz como fuente energética y las tortas de oleaginosas como fuentes proteicas; en nuestro país estas materias primas en nuestro país deben ser importadas debido a que no son producidas en las cantidades necesarias, subsidiadas como en Estados Unidos, Brasil y Argentina. El maíz producido en Colombia es utilizado en

un 90% para la alimentación humana, y difícilmente compiten en precios con los alimentos concentrados para animales, lo cual agrava la problemática.

En países como Colombia, a pesar de tener condiciones ambientales favorables y biodiversidad en cultivos agrícolas, no existen las condiciones sociales ni económicas que permitan un avance tecnológico para aumentar la producción de fuentes energéticas y proteicas, convencionales o no, para satisfacer la creciente demanda que tienen las razas especializadas para la producción de carne. Sin embargo, se cuenta con algunos recursos genéticos que no han sido estudiados y que presumiblemente tienen un alto potencial para mejorar los requerimientos técnicos de razas comerciales, en cuanto a su alimentación y resistencia a enfermedades.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Comparar la eficiencia del cerdo criollo (Zungo, San Pedreño y Casco de mula) para digerir y fermentar los nutrientes de dietas con altos niveles de fibra con cerdos mejorados (línea comercial)

2.2 Objetivos Específicos

- Determinar la digestibilidad fecal aparente de la materia seca, materia orgánica, proteína, grasa, energía, fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente acida (FDA), fibra dietética total (FDT) y almidones, de dietas con niveles crecientes de fibra, con cuatro fuentes de fibra, en cerdos criollos y mejorados.
- Medir las tasas de fermentación en ciego y colon (*in vitro*) de los diferentes tipos de dietas por el cerdo criollo y compararlas con cerdo mejorado, mediante la producción total de gas.

3. JUSTIFICACION

A nivel mundial se ha reportado un cambio en la destinación de materias primas comúnmente usadas en alimentación, hacia la producción de biocombustibles; es el caso del maíz a nivel mundial y del aceite de palma y la caña de azúcar, en Colombia.

El uso de estos ingredientes en la producción de combustible esta generando el encarecimiento de las materias primas fuentes de energía y que su utilización en la alimentación animal en países como Colombia se dificulte aun más.

Es necesario la identificación de razas y/o genotipos adaptados que sean mas eficientes en satisfacer sus necesidades fisiológicas y productivas a partir de dietas con altos niveles de fibra como fuente de energía, con el fin de utilizar los subproductos generados en la industria, tales como cascarilla de algodón, cascarilla de café, mogolla de trigo, tortas de palmiste, etc.

El cerdo Criollo Colombiano se ha mantenido presente en las comunidades campesinas en pequeñas poblaciones de subsistencia como una fuente importante de ingresos y de proteínas de fácil acceso y bajo costo. Es posible que estos animales hayan desarrollado mecanismos de ajuste y adaptación al trópico lo que les permite producir y reproducirse, contrarrestando factores adversos como son la alimentación deficiente, escasez de agua, cruzamientos no apropiados, resistencia a enfermedades y manejo precario (Oslinger, 2003). En la actualidad los cerdos criollos han sido desplazados por animales seleccionados para alto rendimiento en canal y alta producción en biomasa, lo cual ha llevado a una disminución acelerada de los núcleos de estos animales a tal punto que su numero no supera el millón de individuos; algunos tipos de cerdos criollos podrían

estar al borde de la extinción sin haberse evaluado sus características de adaptación (Mazuera y Concha, 2002).

El cerdo presenta una serie de características que lo hace un elemento clave dentro del engranaje de cualquier sistema de producción integrado. Parte de estas ventajas, se derivan de su capacidad de adaptarse fácilmente a diferentes esquemas de manejo y alimentación, con la característica de ser en ciertos casos el perfecto reciclador dentro de un sistema pecuario, ó pecuario-agrícola.

El cerdo Criollo podría ser una opción ante este nuevo tipo de situación, si se tiene en cuenta que algunas razas chinas como la Meishan, pueden realizar un aprovechamiento digestivo ventajoso de ciertos nutrientes no convencionales (Delgado *et al* 1998; Ly 2000).

Colombia cuenta con razas de cerdos criollos como el Zungo, San Pedreño y Casco de Mula, que a través de los años han sufrido el proceso de adaptación al sistema de alimentación no tecnificados, en los cuales es frecuente el uso de desechos de alimentos para humanos, forrajes y subproductos agroindustriales como fuente única de alimentación.

Se presume que los cerdos nativos de una región pudieran manifestar la habilidad evidente para utilizar alimentos particularmente de tipo fibroso (Ly y Diéguez, 1995).

La identificación de razas con habilidad para utilizar residuos fibrosos podría conducir a la identificación de genes o grupo de genes que puedan ser utilizados en el mejoramiento de razas comerciales, como una alternativa que contrarreste el fenómeno del alto precio de materias primas altamente (maíz, aceites, grasas).

4. MARCO DE REFERENCIA

4.1 ASPECTOS GENERALES DE LOS CERDOS CRIOLLOS

4.1.1 Origen y Hábitat

A la Española (isla de Santo Domingo) llegaron en el segundo viaje de Colón en 1493, los primeros cerdos a América (Pinheiro, 1976). Años más tarde por exigencia de Carlos V, la expedición de Rodrigo Bastidas que partió de la española y fundó a Santa Marta en 1525, trajo 300 cerdos (Peña y Mora, 1977). Es posible que los cerdos traídos por Bastidas fueron los primeros que llegaron a Colombia. Parece que los primeros cerdos fueron introducidos al hoy Departamento del Córdoba, alrededor de los años 1500-1550 durante la época de la conquista. Se cree que eran de la raza española Lampiña o pelada. (Cabezas, 1976).

La presencia de los cerdos criollos originarios de las razas ibéricas se extiende desde México hasta el extremo sur de Argentina, desde el nivel del mar hasta los 4500 metros de altura como en la provincia del Chimborazo en el Ecuador y algunas regiones de Bolivia (Benítez, W. 2000).

Estos animales provenientes del *Sus scrofa mediterraneus* que pobló la región mediterránea de Grecia, Portugal, Italia y algunos países del norte de África, se desarrollaron en zonas de terrenos semiáridos con proximidad a las costas, de estos cerdos se han derivado una gran variedad de razas celtas e ibéricas desaparecidas con el tiempo o absorbidas mediante cruzamientos (Hernández et al 1997 citado por Benítez, W. 2000).

4.1.2 Características Morfológicas y Genéticas

En Colombia se consideran 3 razas de cerdos criollos: Zungo, San Pedreño y Casco de Mula.

Zungo: El nombre de “Zungo” resulta de un vocablo de origen popular que significa “sin pelos” (Obando, 1974). Presenta unas características similares a la raza ibérica Extremeña Negra Lampiña, que se cría en las regiones españolas de Extremadura y Andalucía; es de color negro, escasa cantidad de pelos, hocico de longitud media, orejas amplias y caídas, buena papada, cuerpo cilíndrico, grupa algo inclinada, extremidades finas y cortas (Díaz, 1995). El cerdo Zungo se encuentra distribuido en la costa Norte Colombiana, se halla principalmente en el alto Sinú y Valle del Río Sinú, en el departamento de Córdoba (Cabezas, 1976), desde el golfo de Urabá antioqueño, el piedemonte de este departamento hasta la península de la Guajira; región que abarca los siete departamentos costeros y parte de Antioquia. La razón por la cual el cerdo Zungo predomina en esta región de Colombia es por su rusticidad, pues es capaz de sobrevivir y reproducirse en las condiciones adversas del trópico, tales como alta temperatura y humedad. Existen tres tipos de cerdos Zungos: el tipo Choncho, mediano y chuzo siendo este más esbelto (Owen y Sabogal, 1977). El cerdo Zungo tipo “**Choncho**”, es un animal de cuerpo en esfera o redondeado y de tamaño pequeño, longitud corta, piel negra, poco pelo, trompa corta, orejas medianas y caídas, papada desarrollada, cola mediana y delgada, patas cortas, anca caída, poco jamón y muy graso. El cerdo Zungo tipo “**Mediano**”, es un animal de cuerpo rectangular y tamaño mediano, longitud mediana, piel negra, pelo escaso, trompa mediana, hocico semiagudo, orejas grandes, anchas y pendulosas, papada algo desarrollada, patas delgadas y falanges largas, anca caída. El cerdo Zungo tipo “**Chuzo**”, es un animal de cuerpo rectangular menos profundo que el mediano y de tamaño medio, longitud mediana, piel negra, poco pelo, hocico largo, recto y en forma de chuzo, orejas medianas, caídas o semirecta, papada poco desarrollada, cola mediana y delgada, patas largas y delgadas, anca caída, jamón escaso

regularmente graso. Las hembras de la raza Zungo presentan fertilidad alta, primer celo entre 5-7 meses de edad, con una duración de 3 a 5 días, el periodo de gestación dura de 111 a 115 días, número de lechones por camada de 7-8 (Sabogal y Owen, 1982).

San Pedreño: proviene de la raza “Extremeña negra lampiña” que habita en Extremadura y Andalucía. Según Pérez, (1989), el cerdo San Pedreño llegó a América en 1493 con Cristóbal Colón en su segundo viaje. Es un cerdo rústico, resistente a enfermedades, poco precoz y de crecimiento lento. Su tipo varía entre graso y medio. Natural de San Pedro (Antioquia) de tamaño mediano, capa y piel negra, pelo abundante, trompa corta a mediana y perfil entre cóncavo y subcóncavo.

Casco de Mula: Es un animal que se encuentra en estado salvaje, posiblemente por escapes de algunos ejemplares introducidos de España después del descubrimiento de América, en algunas zonas del país han sido domesticado, como en los Llanos Orientales y en el Piedemonte llanero. Este tipo de cerdo tiene la característica de Casco fundido, tamaño mediano, piel negra, pelaje rojo, anca caída, patas fuertes y cortas, es un cerdo rústico y prolífico con gran capacidad de adaptarse a toda clase de climas principalmente a los cálidos y húmedos. Las características del Casco de Mula puede traer beneficio a la pira nacional, con la posibilidad de no adquirir la fiebre aftosa, debido a que este tipo de casco no permite infección interdigital, como sucede con otras razas de cerdos. (Moreno, 2002 Comunicación personal). Algunas de las principales características fisiológicas de esta, incluyen la acumulación de grasa en el organismo, la capacidad de adaptarse a climas cálidos y húmedos y una fertilidad alta pero con camadas pequeñas en peso y número tanto al nacimiento como al destete, las características de edad y peso a la aparición del primer celo para las razas criollas está en promedio entre los 5 y 7 meses, con un peso promedio de 53.0 kg. Owen y Sabogal (1982) y Sabogal (1989).

4.1.3 Nutrición y Alimentación

Los cerdos criollos son explotados en su mayoría de la manera tradicional, sufriendo las consecuencias de los desequilibrios alimentarios, es por ello que su crecimiento al igual que su reproducción y productividad son inferiores cuando se les compara con los cerdos de razas mejoradas, este tipo de animales también requieren dietas equilibradas que les permita cubrir sus necesidades fisiológicas básicas. Sin embargo las condiciones en que se explotan los cerdos criollos están muy lejos de la realidad por lo que se hace necesario recurrir a estrategias en relación con la disponibilidad de alimentos, utilización de subproductos y residuos, es la calidad omnívora del cerdo en general y del criollo en particular una de las ventajas pues posibilita la utilización de variados alimentos (Benítez, 2000).

Los cerdos en general disponen de un estomago con capacidad mediana con posibilidad de almacenar hasta 6 kg cuando se trata de un animal de 100 kg su calidad de monogástrico no le permite almacenar por mucho tiempo el alimento ingerido, esto obliga al productor proveerle alimento todos los días, ahora bien sus intestinos pueden alcanzar hasta veinte veces el tamaño corporal, lo que le permite una buena adaptación a regímenes variados alimentarios y la asimilación de alimentos ricos en fibra (Benitez 2000).

4.1.4 Recursos alimentarios alternativos

Los recursos alimentarios alternativos utilizados en la alimentación de cerdos es muy variada y difieren según la región o país. En particular el caso cubano se destaca y se basa en los siguientes aspectos ((Figuroa y Sánchez 1997) citado por Benitez 2000):

- Disminuir al máximo la competencia de los cerdos con el hombre por los mismos alimentos
- Transformación de residuales contaminantes del medio en alimentos de alto valor biológico.

- Incorporación al sistema de cultivos de alto rendimiento

Se cita como recursos no convencionales para alimentación de cerdos los siguientes:

- Biodesperdicios del consumo humano procesados industrialmente
- Los subproductos y residuos agrícolas disponibles
- Los residuos de pesca y mataderos de animales, así como de animales muertos en la granja convertidos en pastas proteicas.
- La caña de azúcar como cultivo perenne de alto rendimiento asociado al sistema de reciclaje

Dentro de los alimentos alternativos se encuentra:

Desperdicios de Comida. Conocida como lavaza o sancocho y son aquellos resultantes de los residuos de comida y restaurantes, ha sido una practica arraigada en los sistemas tradicionales y continua siendo utilizada en la mayoría de los sectores rurales y aporta al mantenimiento de pequeñas explotaciones rurales, en la practica contribuye al ahorro sustancial de productos destinados a la alimentación humana y reduce la contaminación. Teóricamente y asumiendo desperdicios de 200 g por persona en la zona urbana en Latinoamérica hay la posibilidad de obtener 28000 toneladas de alimentos diarios, lo que equivale a 14000 toneladas de materia seca y 2200 toneladas de proteína lo que permitiría alimentar por esta vía a 5,6 millones de cerdos diarios en producción intensiva (Benitez, 2000).

Subproductos de molineria. Los países latinoamericanos están en la capacidad de producir la mayoría de los cereales, entre los cuales los mas importantes son maíz, arroz, trigo y cebada, estos productos para su comercialización son sometidos a procesos de industrialización dejando importantes residuos ricos en calorías y proteínas que son actualmente utilizados en la alimentación animal y a

su vez están muy demandados por los precios actuales de los ingredientes base en la dietas que son el maíz y la torta de soya.

Tubérculos y raíces. En la práctica la utilización de tubérculos en la alimentación de cerdos es antigua, la yuca producida en las regiones de clima tropical y subtropical es un alimento utilizado frecuentemente, sin embargo las yucas amargas no tratadas pueden producir alteraciones en el metabolismo y en la fisiología. De estas plantas también se utilizan sus hojas, tallos y cáscaras.

Otros subproductos. Entre los más importante están los cítrico como naranja y mandarina, las cáscaras de piña y en general las pulpas resultantes de la industrialización de frutas sin embargo por sus altos contenidos de humedad 85% hacen que sea necesario secarlos los que incrementan sus costo para la utilización en cerdos. Los subproductos del café y algodón en especial sus cascarilla actualmente ha estado siendo utilizadas en dietas para rumiantes y es muy poca la información que hay al respecto y de alguna manera han sido rechazadas para nutrición de monogástricos por sus altos contenidos de fibras.

4.2 ASPECTOS NUTRICIONALES EN LA ALIMENTACIÓN DE CERDOS CON DIETAS FIBROSAS

4.2.1 Aspectos generales sobre las fibras

La fibra dietética esta definida como la suma de lignina y polisacáridos que no son hidrolizados por enzimas endógenas del sistema digestivo de los mamíferos (polisacáridos sin almidón y lignina) (Wenk, 2001).

La celulosa es un polímero rígido y compacto y no accesible por las enzimas bacterianas. Las bacterias atacan la superficie de la molécula, pero el metabolismo enzimático se produce muy lentamente. La mayor parte de las pectinas y hemicelulosa se hallan dispuestas entre las fibras de celulosa, y esta

disposición dificulta el acceso a ellas por las enzimas. Pero, una vez las enzimas llegan a ellas, su hidrólisis es relativamente fácil (Soler, 1998).

Otras propiedades químicas de los componentes de la fibra que afectan a su degradación son la ramificación, metoxilación y gelificación, ya que por una parte impiden el acceso de las enzimas al complejo y, por otra, forman enlaces muy fuertes y resistentes al ataque enzimático (Soler, 1998). El acceso de las bacterias a los polisacáridos y las uniones naturales de sacárido parece jugar un papel preponderante en la variabilidad de la fermentación de la fibra.

Tamaño y porosidad de la fibra pueden afectar su accesibilidad por la bacteria (Guillon *et al*, 1995).

4.2.2 Fermentación microbiana de las fibras en el cerdo

La capacidad de los cerdos para digerir y utilizar la fibra está afectada por la fuente de la fibra y el contenido de lignina. La hemicelulosa es frecuentemente más digestible que la celulosa en animales no rumiantes, debido a los efectos hidrolíticos del ácido sobre la hemicelulosa (Udén y Van Soest citados por Dung , 2002).

Parece existir una influencia en la flora bacteriana de los individuos la edad y, sobre todo, la dieta. Fernández *et al* (2000); citados por Gómez (2002), encontraron que la capacidad de digerir fibra era en promedio 30% superior en animales adultos que en animales en crecimiento, en razón de la mayor cantidad de bacterias; el número de bacterias celulolíticas era 6.7 veces mayor en animales adultos.

La función fisiológica de la fibra dietética en el tracto digestivo del cerdo, puede variar considerablemente con la edad o masa corporal; también interactúa con los

procesos digestivos y un desarrollo de adaptación en el animal, en el tiempo de presentación de la dieta fibrosa (Wenk, 2001).

4.2.3 Efecto de la fibra sobre la morfología intestinal del cerdo

La fibra dietética influye en la morfología intestinal, así como en el rango de producción de células intestinales en el cerdo (Jin *et al*, 1994). Esto puede afectar la digestión de nutrientes, absorción y el metabolismo, las dietas con alto contenido de fibra, también causan un aumento significativo en la secreción de fluidos endógenos (Zebrowzka, *et al*, 1983).

El incremento en el contenido de fibra dietética de 50 a 180 g/Kg (principalmente fibra dietética soluble) causó una duplicación de la secreción de saliva y jugo gástrico en los cerdos de 50 Kg. No solamente se incrementaron los fluidos secretados del tracto digestivo superior, sino que el jugo pancreático casi se duplicó con la fibra dietética implementada, también se incrementó significativamente la bilis; la cantidad incrementada de fluidos digestivos secretados significa un esfuerzo extrametabólico o demanda para el cerdo (Zebrowzka *et al*, 1983).

De acuerdo a Jensen (2001), la fermentación microbiana en animales no rumiantes está altamente influenciada por la cantidad y tipo de sustrato disponible; los principales sustratos para la fermentación microbiana en el intestino grueso incluyen una alta variedad de residuos dietéticos que han escapado a la digestibilidad en el intestino delgado tales como componentes de fibras.

Como se mencionó anteriormente, los efectos de la fibra dietética difieren con la fuente y naturaleza de la fibra y su relación con la composición físico-química. El efecto de la celulosa pura es bajo en contraste con otros tipos de fibra como por ejemplo cáscaras, salvados, fibra de endospermo o pectina (Souffrant, 2001).

Al alimentar cerdos con fibra de endospermo y cáscaras de cebada, se observó un aumento en las pérdidas de nitrógeno endógeno de casi dos veces al alimentar los cerdos con la fibra del endospermo, comparada con las pérdidas ocasionadas alimentando con cáscaras, 331 vs. 180 mg N. X 100g de MS ingerida (Souffrant, 2001).

Las pérdidas endógenas de nitrógeno dependen de muchos factores, entre los que se encuentran la ingestión de alimento, peso corporal, contenido de factores antinutricionales, proteína y la fibra en la dieta. Hay muchos argumentos para explicar el incremento en la excreción de proteína endógena en respuesta al nivel de fibra dietética. La fibra dietética puede estimular directamente la secreción de las enzimas digestivas (Langlois *et al*, 1987). Y en términos mas generales los aminoácidos endógenos pueden no estar disponibles para la absorción a causa de las propiedades físico químicas de absorción de la fibra dietética.

La fibra con alta capacidad de retención de agua incrementa la excreción de proteína endógena ileal. Al alimentar cerdos con fibra del endospermo del guisante caracterizada por una muy alta capacidad de retención de agua (10 -12g agua/g materia seca) en comparación con otras fuentes de fibra con baja capacidad de retención de agua (celulosa de madera y cáscara de guisantes) en una dieta libre de proteína, se estudiaron los efectos sobre las pérdidas endógenas de proteína y pérdidas de aminoácidos en el cerdo, los investigadores observaron un incremento en la excreción de aminoácidos y nitrógeno endógeno ileal, si la dieta libre de proteína contenía fibra del endospermo de guisantes (Leterme *et al*, 1998).

La fibra dietética soluble incrementa la fermentación en el Íleon y post Íleon y se produce una cantidad considerable de ácidos grasos volátiles que son absorbidos y pueden también tener efectos específicos en el metabolismo intermedio (Wenk, 2001).

El nivel, fuente y composición de la fibra dietética pueden por lo tanto ser considerados como factores importantes que influyen tanto en la ocurrencia como en el rango de diferentes mecanismos de digestibilidad alimenticia en los cerdos, los efectos de la fibra dietética en la digestibilidad alimenticia y la absorción de nutrientes pueden estar altamente influenciados por las propiedades físico-químicas de la fibra y por lo tanto, observando el nivel de fibra dietética total, nos dará un cuadro claro sobre su influencia en la fisiología digestiva de los cerdos (Wenk, 2001).

4.2.4 Efectos de la inclusión de altos niveles de fibra en la dieta sobre el funcionamiento del tracto gastrointestinal

A continuación se mencionan algunos efectos de las altas cantidades de fibra en la dieta sobre el funcionamiento del tracto gastrointestinal (Rodríguez et al, 1999);

- Tienen propiedades físico-químicas como una gran capacidad de retención de agua que ejerce una acción fisiológica diversa a lo largo del tracto gastrointestinal.
- La fibra puede encapsular ciertos nutrientes impidiendo su hidrolización.
- Elevan la producción de secreciones gástricas, biliares y pancreáticas.
- Aumentan la viscosidad del alimento, principalmente por la presencia de fibras solubles.
- Reducen la digestión de los nutrientes en el intestino delgado, especialmente de las proteínas, aminoácidos y minerales, porque algunos nutrientes son absorbidos por partículas de fibra y llevados al intestino grueso.

- Provocan una peor difusión y transporte de lipasas y sales biliares en el lumen intestinal.
- Mayor dificultad en el contacto entre los nutrientes y las secreciones digestivas.
- Dificultan el transporte de los nutrientes hasta la superficie epitelial.
- Incremento de la secreción de mucus por parte de la mucosa con el consiguiente incremento de la viscosidad en la capa de agua adyacente a la misma, lo que perjudica la absorción de los nutrientes.
- Mayor secreción pancreático-biliar y menor capacidad de absorción de compuestos endógenos, lo que incrementa las pérdidas de sustancias endógenas.
- Reducen la velocidad de tránsito, lo que repercute a su vez en una reducción del consumo, y disminuye el contenido en materia seca de las deyecciones lo que puede incrementar la incidencia de camas húmedas.
- La menor velocidad de tránsito favorece el desarrollo de la población microbiana intestinal que parece agravar el efecto de la viscosidad al de conjugarse los ácidos biliares y/o adherirse a la superficie de la mucosa alterando su funcionamiento normal.
- Retrasan la absorción de minerales y vitaminas.- La fibra dificulta la absorción de Zn, Fe, Ca, Cu, Mg, Si y vitamina B12. Si la dieta supera la cantidad ideal de fibra, el organismo puede enfermar por déficit de cualquiera de los anteriores elementos.

- El grado de fermentación depende principalmente de la fuente de fibra y de la presencia de nitrógeno, minerales y *vitaminas que son esenciales para la total* nutrición de la población microbial que reside en el intestino grueso (Varel, 1997).

4.3 DIGESTIBILIDAD IN VITRO

La digestibilidad *in vitro* de los alimentos o materias primas puede ser estudiada mediante análisis a nivel de laboratorio los cuales simulan el proceso de digestión.

Estos métodos *in vitro* utilizados para obtener valores de digestibilidad deben tener la característica de ser menos costosos que los métodos *in vivo* ser fáciles de desarrollar en un tiempo menor, con respuestas eficaces y con condiciones experimentales mas exactas,

Las pruebas de digestibilidad *in vitro* han sido desarrolladas desde los años sesenta y aunque se encuentran muchos métodos de digestibilidad, las cuatro mayores técnicas hasta hoy utilizadas por los nutricionistas son la de Tilley y Terry, (1963), el método de Menke et al. (1979), método de producción de gas de Theodorou et al. (1994), y el método de digestibilidad in situ en bolsas de nylon de Mehrez y Orskov (1977). (Citados por Ruiz, 2005).

Como la digestión *in Vitro* puede simular precisamente todos los detalles de la digestión *in vivo*, cualquier cambio en las condiciones de la incubación *in vitro* puede alterar la relación entre la digestibilidad *in Vitro e in vivo* de un alimento. En particular, este puede ser el caso para los alimentos con una composición nutricional desbalanceada.

4.3.1 Técnica de producción de gas

Las técnicas de producción de gas son de mucho interés en la valoración de los animales por su habilidad para evaluar las dinámicas de digestión y su potencial para simular los procesos de digestión (Álvarez, 2001; Citado por Ruiz, 2005).

La técnica de producción de gas *in vitro* caracteriza los alimentos por su cantidad digestible de carbohidratos y por la tasa a la cual estos nutrientes son liberados. Por lo tanto este sistema hace útil evaluar rutinariamente los forrajes y materias primas fibrosas porque produce resultados con alta precisión y repetibilidad (Getachew et al., 1998; citado por Ruiz, 2005).

Pendong *et al*, (1996), mostraron que la técnica de producción de gas de Theodorou *et al*, (1994) usando forrajes templados (moderados, benignos) podría usarse para evaluar o determinar la desaparición de M.O. digestible, así como las dinámicas de fermentación.

Cuando un alimento es incubado con una mezcla de solución buffer y líquido ruminal *in vitro*, los carbohidratos son fermentados a ácidos grasos de cadena corta, gases (principalmente CO₂ y CH₄) y células microbiales. La producción de gas es básicamente el resultado de la fermentación de los carbohidratos a acetato, propionato y butirato (Wolin, 1960; Beuvink and Spoelstra, 1992; Blümmel and Orskov, 1993; citados por Getachew et al. 1998). La producción de gas proveniente de la fermentación de la proteína es relativamente pequeña en comparación con la producción de gas proveniente de la fermentación de los carbohidratos (Wolin, 1960; citado por Getachew et al., 1998). La contribución de la grasa a la producción de gas es insignificante. Cuando 200 mg de aceite de coco, aceite de palma o aceite de soya fueron incubados, solamente de 2.0 a 2.8 ml de gas fueron producidos, mientras que una cantidad similar de caseína y celulosa produjeron cerca de 23.4 ml y 80 ml de gas respectivamente (Menke and Steingass, 1988; Getachew et al., 1997; citados por Getachew et al., 1998).

El gas producido en la técnica de producción de gas, es el producido principalmente cuando el sustrato es fermentado a acetato y butirato. La fermentación del sustrato a propionato libera gas solamente de la formación del ácido y por lo tanto una producción de gas menor está asociada a la producción de propionato (Wolin, 1960; Hungate, 1966; Van Soest, 1994; citados por Getachew et al., 1998). Las proporciones molares de los diferentes ácidos grasos de cadena corta (acetato, propionato y butirato) producidas dependen del tipo de sustrato (Beuvink y Spoelstra, 1992 y Blümmel y Orskov, 1993, citados por Getachew et al., 1998). Por consiguiente la proporción molar de acetato y propionato es usada para evaluar las diferencias relacionadas con el sustrato. Los carbohidratos rápidamente fermentables producen relativamente mayores cantidades de propionato en comparación con acetato, y lo contrario ocurre cuando carbohidratos lentamente fermentables son incubados. Muchos investigadores reportan más propionato y así una menor proporción de acetato a propionato en el líquido ruminal de vacas alimentadas con dietas altas en granos. Si la fermentación de alimentos lleva a una alta proporción de acetato, habrá un incremento en la producción de gas comparado con un alimento con una alta proporción de propionato. En otras palabras un cambio en la proporción de ácidos grasos de cadena corta se verá reflejada por cambios en la producción de gas (Getachew et al., 1998).

Para los forrajes, cuando es usado un buffer bicarbonato, cerca del 50% del gas total es producido por la formación de ácidos grasos de cadena corta y el resto es producido directamente de la fermentación (Blümmel y Orskov, 1993; citados por Getachew et al., 1998). En altas proporciones molares de propionato (dietas a base de concentrados), la cantidad de CO₂ generado por la formación de ácidos grasos de cadena corta es cercana al 60 % de la producción total de gas. Cada mol de ácidos grasos de cadena corta producida por la fermentación libera 0.8 -1.0 mmol de CO₂ de la solución búfer con líquido ruminal, dependiendo de la cantidad de fosfato búfer presente (Beuvink y Spoelstra, 1992; Blümmel y Orskov, 1993; citados por Getachew et al. 1998).

Una correlación altamente significativa ha sido observada entre los ácidos grasos de cadena corta y la producción de gas (Beuvink y Spoelstra, 1992; Blümmel y Orskov, 1993; Makkar et al., 1995; citados por Getachew et al., 1998).

Los perfiles de producción de gas reflejan una concatenación de procesos de fermentación. A través de la incubación, estos procesos inician a su máxima proporción y luego declinan, o su proporción incrementa hasta un máximo y declina posteriormente. Esto permite la separación de procesos que difieren en su proporción de máxima fermentación y en el tiempo al cual su proporción máxima es alcanzada (Groot et al., 1996).

Cone et al. (1997), mostraron que los perfiles de producción de gas podían ser divididos en tres fases, representando la producción de gas causada por la fermentación de la fracción soluble en agua, la fracción no soluble y el cambio microbial. Sin embargo, las características de las diferentes fases en un perfil pueden ser deducidas a partir de los cambios en la medición de la proporción de fermentación (Groot et al., 1996).

Al inicio de la producción de gas existe un periodo de latencia, en el cual no hay producción de gas y los microorganismos presentes en el inculo desarrollan la capacidad de digestión del alimento en cuestión. La duración del periodo de latencia es a menudo intensificada por el método de laboratorio usado.

Los coeficientes de producción de gas parecen ser afectados por la variación en la digestibilidad de la grasa cruda y de la descomposición de la proteína.

Evidentemente, una pobre digestibilidad de la grasa cruda es frecuentemente asociada con una pobre digestibilidad de los carbohidratos y viceversa (Menke y Steingass, 1988).

Otro factor que puede influir en los coeficientes de producción de gas *in vitro*, es la actividad microbial del inocular (Getachew et al., 1998). La concentración del inocular también afecta la producción de gas debido al hecho de que a diluciones mayores que 10 X la concentración de microorganismos es baja y esto permite un mayor crecimiento de ellos (Aiple et al., 1992).

El animal y el inocular también tienen una considerable influencia en la producción de gas *in vitro*. Beuvink y Spoelstra (1992) citados por Getachew et al., (1998) incubaron glucosa, almidón de arroz y celulosa y encontraron diferencias significativas en la producción de gas debido a la diferente actividad del líquido ruminal tomado en diferentes días. Esto puede ser corregido introduciendo estándares con producción de gas conocida.

La cantidad de gas que es liberado cuando un alimento es incubado *in vitro* con líquido ruminal está muy relacionado con la digestibilidad y por consiguiente con el valor energético de los alimentos (Menke y Steingass, 1988).

La cinética de la acumulación de gas durante un proceso de fermentación, refleja no solamente la química y la estructura de un sustrato disponible, si no también la población microbial que está siendo usada como inocular (Williams et al., 2000).

4.3.1.1 Método de Menke.

Menke et al. (1979) utilizando una técnica de producción de gas *in vitro* desarrollaron un sistema de evaluación de alimentos. Este sistema de evaluación utilizaba jeringas de vidrio de 100 ml para las fermentaciones con capacidades por jeringa de 200 mg de muestra y con un inocular de líquido ruminal. El tiempo de incubación era de 24 horas y se podía predecir la energía metabolizable de las materias primas estudiadas. Al utilizar la cantidad de 200 mg de muestra el método era simple y se podían analizar un alto número de muestras simultáneamente, sin embargo este método no tenía la capacidad de colocar una

mayor cantidad de muestra (> 500mg) en cada jeringa debido a que estas eran estrechas. Cuando se utilizaba 200 mg de muestra no era necesario remover el gas que se iba produciendo, caso contrario a cuando se intentaba utilizar 500 mg de muestra. Esto conllevaba a un fuente de error (Ruíz, 2005).

Debido a estos inconvenientes el método fue modificado por Blummel y Orskov (1993), citados por Ruiz (2005), los cuales en vez de utilizar un rotor en un incubador como se hacia anteriormente, utilizaron un baño María termostáticamente controlado para incubar los alimentos, pero a pesar de esto la cantidad de muestra por jeringa seguía siendo 200 mg, entonces Blummel et al. (1993) y Makkar et al. (1995), citados por Ruiz (2005), modificaron nuevamente el método y utilizaron la cantidad de muestra de 500 mg e incrementaron la cantidad de solución buffer con líquido ruminal. Estas modificaciones tienen una gran ventaja sobre el método original las cuales se reflejan en una mínima variación de temperatura del medio durante el periodo de lectura de la producción de gas debido a la utilización de un baño María, lo cual es una ventaja cuando se estudia la cinética de fermentación de los alimentos en diferentes períodos de incubación (Ruiz, 2005). Igualmente, otra de las ventajas es la disminución de la fuente de error al determinar la digestibilidad in vitro y la digestibilidad verdadera (Getachew et al., 1998).

4.4 APLICACIÓN DE LA TÉCNICA DE PRODUCCIÓN DE GAS EN CERDOS

Debido a que no es tan común una técnica a nivel de laboratorio que permita identificar la eficiencia de la fermentación del tracto digestivo del cerdo para poder determinar el valor potencial de las materias primas que consume, se hace necesario explorar más acerca de este tema.

Sin embargo, y a pesar de estas diferencias entre los cerdos y los rumiantes, Argenzio y Stevens (1984), citados por Ruiz (2005), han demostrado según estudios realizados en una gran variedad de especies que el rumen y el intestino

grueso de los mamíferos tienen algunas similitudes con respecto a la digestión microbiana, secreción y absorción.

La proteína microbiana en la digesta de ambos órganos es sintetizada y degradada de una forma similar, Los AGV los cuales resultan de la fermentación de los carbohidratos son producidos en concentraciones similares, El pH de la digesta se mantiene gracias por el buffer adicionado por el fluido ileal o por la saliva, Los AGV son absorbidos a proporciones que por el epitelio del rumen y la mucosa del intestino grueso se hacen equivalentes. En ciertos casos, la producción de AGV produce efectos adversos similares (Argenzio y Stevens, 1984; citados por Ruiz, 2005).

A pesar de todo, cuando se va a aplicar la técnica de producción de gas en la medición de la fermentación microbiana en el colon de dietas para cerdos se encuentra el de la digesta, la cual llega al intestino grueso notablemente modificada en sitios digestivos previos y también incluyen células muertas y secreciones endógenas. Sin embargo para una evaluación de la fermentación microbiana de dietas para cerdos, parece mas apropiado usar un sustrato que provenga directamente del ciego, que ingredientes de dietas no modificadas (Fondevila et al., 2002; citado por Ruiz, 2005).

Por lo anterior Boisen y Fernández (1997) citados por Ruiz (2005) desarrollaron un método *in vitro* para predecir la digestibilidad total a través de tracto digestivo de la energía de toda clase de alimentos y dietas para cerdos, el cual ha sido estandarizado de tal forma, que el potencial máximo de digestibilidad de la fracciones de nutrientes es medido independientemente de su concentración en el alimento.

4.4.1 Fermentación en el intestino grueso. Ya es bien sabido que en el estomago y el intestino delgado los mamíferos no son capaces de producir enzimas que puedan degradar la fibra. La fibra es posible degradarla por acción de las enzimas producida por los microorganismos que se encuentran en el ciego

y colon de rumiantes y no rumiantes. El grado de fermentación depende de la fuente de fibra y de la presencia de nitrógeno, minerales y vitaminas que son esenciales para la nutrición total de las poblaciones microbiales presentes en el intestino grueso (Jensen y Jorgensen, 1994, citados por Ruiz 2005).

La fibra dietética es fermentada por los microorganismos intestinales, los cuales producen ácidos grasos de cadena corta que son absorbidos y metabolizados por el animal (McBurney y Sauer, 1993, Citados por Ruiz, 2005).

La única forma de energía disponible para el animal proveniente de la fermentación intestinal son los ácidos grasos de cadenas cortas producidos por los microorganismos. (Christensen et al, 1999, citados por Ruiz 2005).

Los ácidos grasos volátiles son rápidamente absorbidos por el intestino y pueden proveer mas del 30% para los requerimientos de energía de mantenimiento para cerdos en crecimiento y mucho mas para cerdos adultos (Ruiz, 2005).

5. MATERIALES Y METODOS

5.1 LOCALIZACION

Las pruebas de digestibilidad fecal aparente se realizaron en la Unidad de Metabolismo ubicada en la granja Mario González Aranda que cuenta con 12 jaulas metabólicas con sus respectivos comederos y bebederos diseñados especialmente para este tipo de experimentos. Los análisis químicos y pruebas de predigestion *in vitro* y fermentación en jeringas se ejecutaron en el Laboratorio de Nutrición Animal. Ambas localidades son propiedad de la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. En la Tabla 1, se presentan las características generales de la granja Mario González Aranda.

Tabla 1. Ficha Técnica Unidad de Metabolismo Granja Mario González

DESCRIPTOR	CARACTERISTICA
Predio	Granja Mario González Aranda
Propietario	Universidad Nacional de Colombia
Área Total	3,5 Ha
a.s.n.m.	1000 msnm
Precipitación media anual	1000 mm/año
Temperatura	25° C
Humedad Relativa	80%
Localización Geográfica	3 y 4 ° latitud norte y 77° Longitud Oeste
Municipio	Palmira
Corregimiento	El Porvenir

5.2 INSUMOS

Los materiales e insumos necesarios que se utilizaron para el desarrollo de las pruebas de digestibilidad fecal aparente y las pruebas de predigestión como para las de fermentación en jeringas se encuentran en detalle en la tabla 2.

Tabla 2. Insumos Necesarios para la Elaboración del Proyecto

DESCRIPTOR	UNIDAD	CAN	OBSERVACIONES
1 Animales			
1.1 Cerdos Raza Zungo	Cerdos	3	Animales necesarios para las pruebas de digestión y fermentación
1.2 Cerdos Raza San Pedroño	Cerdos	3	
1.3 Cerdos Raza Cascomula	Cerdos	3	
1.4 Cerdos Línea Comercial	Cerdos	3	
2 Jaulas Metabólicas	Jaulas	12	Para realizar las pruebas de digestión y obtención de muestras para la fermentación
3 Materia Primas			
3.1 Maíz	Kg	600	Para la elaboración de las dietas en los 4 periodos de experimentación, igualmente para las pruebas de digestión in vitro.
3.2 Torta de Soya	Kg	300	
3.3 Soya Integral	Kg	150	
3.4 Torta de Palmiste	Kg	150	
3.5 Cascarilla de café	Kg	150	
3.6 Cascarilla de algodón	Kg	150	
3.7 Micelio seco	Kg	150	
3.8 Premezcla Vit-Min	Kg	50	
3.9 Oxido de Cromo	Kg	0,3	
4. Insumos			
4.1 Erlenmeyers 250 mi	Erlenmeyer	36	Para la prueba de predigestion
4.2 Crisoles con perforación	Crisoles	36	Para filtración de predigestion
4.3 Tela de Nylon de 42 µ	M ²	1	Para Filtración de predigestion
4.4 Crisoles No2 Filtración	Crisoles	36	Prueba Filtración FDN
4.5 Jeringas	Jeringa	36	Para prueba de fermentación
4.6 Micropipeta 1 mi	Micropipeta	1	Para prueba de fermentación
4.7 Micropipeta 5 mi	Micropipeta	1	Para prueba de fermentación
4.8 Bureta digital 50 mi	Bureta	1	Para prueba de fermentación
4.9 Probeta 250 mi	Probeta	1	Para prueba de fermentación
4.10 Tamiz de 250 µm	Tamiz	1	Para filtrar heces
4.11 Frasco Schoot Duran	Recipiente	1	Para prueba de fermentación
4.12 Beakers 50 mi	Beaker	2	Para la prueba de predigestión

4.13 Beakers 500 mi	Beaker	2	Para la prueba de predigestión
4.14 Beakers de 1000 mi	Beaker	1	Para la prueba de predigestión
4.15 Espátula	Espátula	1	Para la prueba de predigestión
4.16 Magnetos	Magneto	4	Para prueba de fermentación
4.17 Probeta 10	Probeta	1	Para la prueba de predigestión
4.18 Probeta 20 mi	Probeta	1	Para la prueba de predigestión
4.19 Probeta 50 mi	Probeta	1	Para la prueba de predigestión
4.20 Probeta 100 mi	Probeta	1	Para la prueba de predigestión
4.21 Probeta 250 ml	Probeta	1	Para la prueba de predigestión
4.22 Bolsas para el stomacher	Bolsa	10	Para prueba de fermentación
4.23 Recipiente térmico	Recipiente	1	Para prueba de fermentación
4.24 Termómetro	Termómetro	1	Para prueba de fermentación
4.25 Rampa de filtración	Rampa	1	Para realizar las filtraciones
4.26 Pinzas	Pinzas	1	Para coger objetos calientes
4.27 Bandejas de aluminio	Bandeja	2	Para colocar los crisoles
4.28 Vaselina	Tarro	1	Para lubricar los pistones
4.29 Baldes	Balde	24	Transporte de dietas y recolección de heces
4.30 Canecas	Caneca	8	Almacenar alimento
4.31 Palas	Pala	1	Suministro de alimento
4.32 Palustre	Palustre	1	Para recolectar muestras
4.33 Bandejas de aluminio	Bandeja	84	Para secar muestras
5. Maquinaria			
5.1 Balanza electrónica	Balanza	1	Para el pesaje de muestras
5.2 Molino con criba 1mm	Molino	1	Para moler las muestras
5.3 Baño María con agitación	Baño María	2	Para prueba de fermentación
5.4 Baño María de acrílico	Baño María	1	Para prueba de fermentación
5.5 pH-metro	pH-metro	1	Para medir pH de muestras
5.6 Sistema de vacío	Bomba	1	Para realizar las filtraciones
5.8 Stomacher	Stomacher	1	Para prueba de fermentación
5.9 Agitador magnético	Agitador	1	Para preparación de soluciones
5.10 Horno 39°C Horno	Horno	1	Para colocar las jeringas
5.11 Horno 60°C Horno	Horno	1	Para secado de muestras
5.12 Horno 105°C Horno	Horno	1	Para obtener materia seca
5.13 Mufla	Mufla	1	Para obtener cenizas y limpiar
5.14 Digestor fibras Gerhardt	Equipo	1	Para determinar la FDN
5.15 Termostato Julabo Heating	Termostato	2	Para el baño María de acrílico
5.16 Cilindro de CO ₂	Cilindro	1	Para prueba de fermentación
5.17 Secador de Pelo	Secador	1	Mantener caliente el cilindro CO ₂
5.18 Hidrolavadora	Hidrolavadora	1	Limpieza de instalaciones
5.19 Congelador	Congelador	1	Para Congelar muestras
6. Análisis de Laboratorio			
6.1 Predigestión	Predigestión	144	Para 4 fuentes de fibra
6.2 Fermentación en jeringas	Fermentación	144	Para residuos predigestion
6.3 FDN	FDN	64	Para residuos fermentación
6.4 Análisis Wendee	Análisis	64	Para 4 fibras y predigestion
6.5 Análisis Van Soest	Análisis	64	Para 4 fibras y predigestion

7. Papelería			
7.1 Papel	Resma	5	Para trabajos escritos
7.2 Tinta	Cartucho	3	Para impresión

5.3 METODOLOGIA

5.3.1 Digestibilidad Fecal Aparente

5.3.1.1 Animales y Alojamiento

Se emplearon 12 lechones 3 por cada una de las razas (Zungo, Casco de Mula, San Pedroño y Comercial) en evaluación con 60 días de edad y un peso promedio de 22 kg/animal. Cada animal se alojó individualmente en una jaula metabólica dotada para facilitar la respectiva recolección de excretas como de alimento sobrante con el propósito de calcular la cantidad precisa del alimento ingerido vs el excretado.

5.3.1.2 Dietas Experimentales.

Se formularon 16 dietas y se realizaron 4 periodos experimentales. Las primeras cuatro dietas del primer periodo experimental tendrán un nivel de fibra cruda de 8,5% y se hicieron incrementos porcentuales del 3% por cada periodo experimental, al final del cuarto periodo se tuvieron dietas formuladas con el 17,5% de fibra cruda. Hay que tener en cuenta que la fibra cruda no será una variable para análisis y que los valores utilizados de la misma en el ajuste de las dietas no corresponden a los verdaderos contenidos de fibra, estos incrementos se realizaron con el propósito de adaptar el sistema digestivo de los animales, los demás nutrientes especialmente la proteína y la energía metabolizable se mantuvieron iguales para los cuatro periodos, esto trae como consecuencia que la proporción en la inclusión de cada ingrediente variara, para que las dietas pudiesen ajustarse a las condiciones del experimento.

Se utilizo la fibra cruda como nutriente debido a que los programas de formulación que utilizan las compañías comerciales y con el que se realizo el balanceo de las dietas experimentales están en la obligación de usarlo particularmente en los monogasticos, por reglamentación del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA).

Las formulas tuvieron como ingredientes base maíz, torta de soya, soya integral, premezcla de vitaminas y minerales a las cuales se le adicionaron las materias primas fibrosas experimentales (Cascarilla de café, Cascarilla de algodón, Torta de palmiste, Micelio seco) en sus diferentes proporciones para obtener un nivel de fibra cruda por periodo de 8,5%, 11,5%, 14,5% y 17,5%. (Tablas 3, 4, 5 y 6).

Tabla 3. Composición de las Dietas Experimentales Primer Periodo

Ingrediente	% Dieta 3 C. Algodón	% Dieta 1 C. Café	% Dieta 4 T. Palmiste	% Dieta 2 Micelio Seco
Maíz (%)	58,88	59,19	53,54	57,74
Torta de Soya (%)	21,47	20,19	20,89	19,59
Soya Integral (%)	6,68	7,75	0,64	5,62
C. Algodón (%)	9,84	0	0	0
C. Café (%)	0	9,65	0	0
T. Palmiste (%)	0	0	21,52	0
Micelio Seco (%)	0	0	0	13,87
Hna. Hueso (%)	1,28	1,48	1,47	1,45
C. Calcio (%)	0,78	0,62	0,53	0,61
Sal (%)	0,3	0,3	0,3	0,29
Lisina (%)	0,24	0,26	0,4	0,28
Metionina (%)	0,14	0,15	0,22	0,15
L- Treonina (%)	0,08	0,09	0,17	0,07
Premezcla (%)	0,33	0,33	0,33	0,33
Proteína Cruda (%)	17	17	17	17
Energía Met. Kcal/kg	3200	3200	3200	3200
Fibra Cruda (%)	8,5	8,5	8,5	8,5

Tabla 4. Composición de las Dietas Experimentales Segundo Periodo

Ingrediente	% Dieta 3 C. Algodón	% Dieta 1 C. Café	% Dieta 4 T. Palmiste	% Dieta 2 Micelio Seco
Maíz (%)	51,53	52,01	42,39	49,81
Torta de Soya (%)	17,59	15,65	17,85	14,74
Soya Integral (%)	12,81	14,44	3,69	11,2
C. Algodón (%)	14,92	0	0	0
C. Café (%)	0	14,63	0	0
T. Palmiste (%)	0	0	32,57	0
Micelio Seco (%)	0	0	0	21,04
Hna Hueso (%)	1,2	1,51	1,48	1,45
C. Calcio (%)	0,82	0,58	0,45	0,57
Sal (%)	0,29	0,3	0,3	0,29
Lisina (%)	0,25	0,28	0,46	0,32
Metionina (%)	0,16	0,17	0,26	0,17
L- Treonina (%)	0,1	0,11	0,21	0,08
Premezcla (%)	0,33	0,33	0,33	0,33
Proteína Cruda (%)	17	17	17	17
Energía Met. Kcal/kg	3200	3200	3200	3200
Fibra Cruda (%)	11,5	11,5	11,5	11,5

Tabla 5. Composición de las Dietas Experimentales Tercer Periodo

Ingrediente	% Dieta 3 C. Algodón	% Dieta 1 C. Café	% Dieta 4 T. Palmiste	% Dieta 2 Micelio Seco
Maíz (%)	44,19	44,82	27,53	41,87
Torta de Soya (%)	13,71	11,11	18,91	9,89
Soya Integral (%)	18,94	21,13	6,91	16,79
C. Algodón (%)	20,01	0	0	0
C. Café (%)	0	19,62	0	0
T. Palmiste (%)	0	0	43,37	0
Micelio Seco (%)	0	0	0	28,21
Hna Hueso (%)	1,12	1,54	1,46	1,46
C. Calcio (%)	0,87	0,55	0,37	0,53
Sal (%)	0,29	0,3	0,3	0,29
Lisina (%)	0,26	0,3	0,38	0,35
Metionina (%)	0,18	0,19	0,26	0,19
L- Treonina (%)	0,11	0,13	0,19	0,09
Premezcla (%)	0,33	0,33	0,33	0,33
Proteína Cruda (%)	17	17	19	17
Energía Met. Kcal/kg	3200	3200	3200	3200
Fibra Cruda (%)	14,5	14,5	14,5	14,5

Tabla 6. Composición de las Dietas Experimentales Cuarto Periodo

Ingrediente	% Dieta 3 C. Algodón	% Dieta 1 C. Café	% Dieta 4 T. Palmiste	% Dieta 2 Micelio Seco
Maíz (%)	36,84	37,63	12,67	33,94
Torta de Soya (%)	9,83	6,57	19,95	5,05
Soya Integral (%)	25,08	27,82	10,13	22,37
C. Algodón (%)	25,09	0	0	0
C. Café (%)	0	24,6	0	0
T. Palmiste (%)	0	0	54,17	0
Micelio Seco (%)	0	0	0	35,38
Hna Hueso (%)	1,04	1,56	1,45	1,47
C. Calcio (%)	0,92	0,51	0,29	0,49
Sal (%)	0,29	0,3	0,3	0,28
Lisina (%)	0,27	0,32	0,3	0,38
Metionina (%)	0,2	0,22	0,26	0,21
L- Treonina (%)	0,12	0,14	0,17	0,1
Premezcla (%)	0,33	0,33	0,33	0,33
Proteína Cruda (%)	17	17	21	17
Energía Met. Kcal/kg	3200	3200	3200	3200
Fibra Cruda (%)	17,5	17,5	17,5	17,5

5.3.1.3 Periodo Experimental

5.3.1.3.1 Fase de Acostumbramiento

A la llegada de los animales a la unidad de investigación, se tomaron 10 días de adaptación a las jaulas metabólicas. Una vez los animales estuvieron completamente adaptados a las condiciones de estabulación, se iniciaron 7 días de acostumbramiento a la dieta por cada periodo, con el propósito de dar un mejor acondicionamiento del tracto digestivo para cada dieta.

5.3.1.3.2 Fase Experimental

Para la prueba de digestibilidad *in vivo*, la fase experimental tuvo una duración de 7 días para cada periodo, las dietas se suministraron a los cerdos a razón de 80 g de M.S./kg de peso metabólico ($W^{0,75}$) por día. Para ello los cerdos se pesaron de manera individual al iniciar cada periodo experimental.

Se suministraron 2 comidas al día (8:00 am y 4:00 pm), durante una hora tuvieron acceso a la dieta y el sobrante fue recogido y pesado para determinar el consumo final. Las heces se recogieron cada 24 horas, se pesaron en su totalidad por animal y se separo una submuestra correspondiente al 5% por cada animal, posteriormente se congelaron las heces para someterlas a los análisis correspondientes. Se destinaron 200 g de cada una de las heces recolectadas para ser llevada al horno y secadas a 105 grados centígrados por 24 horas para determinar la materia seca.

5.3.1.4 Diseño Experimental

Se utilizo un diseño de cuadrado latino con un arreglo de sobre cambio “Change-over” en el cual un animal recibe una dieta diferente en cada periodo. Para este arreglo se tendrán al tiempo tres cuadrados latinos: en el primer cuadrado se tendrán los animales más livianos de cada raza, en el segundo cuadrado los animales de peso intermedio y en el tercer cuadrado latino los animales de mayor peso. Las columnas las constituyen las razas (Zungo, San Pedreño, Casco de Mula y Mejorado) y las hileras serán los periodos (4 Periodos) En cada periodo se tuvieron 7 días de acostumbramiento y 7 días de toma y recolección de muestras.

Se utilizaron cuatro tratamientos con diferente fuente de fibra:

- Dieta con Micelio Seco
- Dieta con Torta de Palmiste
- Dieta con Cascarilla de Café
- Dieta con Cascarilla de Algodón

5.3.1.5 Variables a analizar:

- Digestibilidad Fecal aparente de la materia seca (DFAMS)
- Digestibilidad Fecal aparente de la materia orgánica (DFAMO)
- Digestibilidad Fecal aparente de la proteína (DFAPROT)
- Digestibilidad Fecal aparente de la energía (DFAENERG)
- Digestibilidad Fecal aparentes de la Fibra Detergente Neutra (DFAFDN)
- Digestibilidad Fecal aparente de la Fibra Detergente Acida (DFAFDA)
- Digestibilidad Fecal aparente de la Fibra Dietética Total (DFAFDT)
- Digestibilidad Fecal aparente de almidones (DFAALMID)
- Producción de gas mediante fermentación in Vitro (PGAS)
- Correlación entre las diferentes digestibilidades fecales aparentes y la fermentación in vitro

5.3.1.6 Análisis de Laboratorio

Se tomaron muestras de 2 Kg. de cada una de las fuentes de fibra, dietas y heces fecales las cuales fueron propiamente identificadas para realizar la respectiva caracterización física y química de cada uno. Los análisis de laboratorio para las muestras de materia prima, dietas y heces se realizaron en el laboratorio de la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira el cual cuenta con todos los elementos necesarios.

5.3.1.6.1 Weende

- **Materia seca:** Se utilizo el 5% de las heces recogidas durante la etapa de recolección de muestras en cada periodo y se llevaran a la estufa a 105°C hasta alcanzar un peso constante (12 a 24 horas).
- **Cenizas:** El contenido de minerales se determino calentando la muestra en una mufla a 550°C durante 6 horas
- **Proteína bruta:** El nitrógeno fue medido mediante la metodología de KJELDAHL utilizando el equipo Buchi. El nitrógeno orgánico será mineralizado por el ácido sulfúrico en presencia de un catalizador. El N amoniacal forma sulfato de amonio el cual es desplazado por la soda destilada; recogido y medido en una solución titulada con ácido sulfúrico. La concentración de nitrógeno se multiplicara por 6,26 para estimar el contenido de proteína bruta
- **Extracto Etéreo:** El extracto etéreo fue medido por extracción continua mediante el método de SOXHLET. Se colocara el disolvente en el balón y el dedal conteniendo la muestra a analizar, en el extractor SOXHLET, se calienta el balón hasta obtener la ebullición del disolvente. El ultimo en forma de gas para por el sifón, alcanza el refrigerante, se condensa y se acumula en la cámara con la muestra. Cuando el nivel del disolvente, cargado de grasa llega a la cima del sifón, todo estará sifoneado y regresa en el balón. Se hierve el disolvente otra vez pero la grasa se queda en el balón. Este proceso tiene una duración de 4 a 6 horas.
- **Extracto libre de nitrógeno:** el la resultante de restar el 100 % del peso de la muestra de los porcentajes de proteína, cenizas, extracto etéreo, humedad y fibra.
- **Fibra Bruta:** Para determinar la fibra bruta se trabajo con Beakers y Crisoles. El principio es adicionar a la muestra una solución de ácido diluido y luego una solución alcalina. Los residuos después de la filtración corresponderá la fracción fibrosa o fibra bruta.

5.3.1.6.2 Van Soest

- Fibra Detergente Neutra (FDN): La determinación se realizó por el método de Van Soest utilizando el equipo ANKOM. Se utilizaron bolsas de nylon las cuales se colocaron en una solución detergente neutra, dentro de un analizador de fibras ANKOM. Se enjuagaron las bolsas con agua caliente y se desengrasaron con acetona
- Fibra Detergente Ácida (FDA): Se realizó el mismo procedimiento de FDN pero utilizando una solución detergente ácida.

5.3.1.6.3 Energía Bruta

Se determinó utilizando una bomba calorimétrica (Parr 1341, Parr Instruments, Moline, MA, USA), cuyo principio consiste en quemar una muestra de cada uno de los materiales para análisis en una cámara de acero inoxidable rodeada de agua donde se mide el aumento de temperatura del agua.

5.3.1.6.4 Fibra Dietética

Se tomó 1 gramo de cada una de las materias primas y de las dietas y se determinó el porcentaje, utilizando la metodología recomendada por Leterme y Estrada (2006) en la guía de laboratorio.

5.3.1.6.5 Almidones Totales

Se realizó la determinación total de almidones mediante la gelatinización y dispersión del almidón en KOH 4 M seguida por una hidrólisis por una amiloglucosidasa termo resistente y la determinación específica de la glucosa por un reactivo glucosa oxidasa.

5.3.1.6.6 Predigestion *in Vitro* en cerdos

La predigestion tiene como objetivo simular la digestión realizada en el estomago e intestino delgado utilizando pepsina y pancreatina. Se tomaron 0,5 gr de muestra de cada una de las dietas, la cual tendrá un tamaño de 1mm y se colocaron en un erlenmeyer de 250 ml. y se cubrio con parafina para evitar posibles contaminaciones. En ese mismo día se prepararon las soluciones que se utilizaron excepto las de pepsina y pancreatina las cuales se elaboraron el mismo día de la prueba.

Etapa 1: Se agrego 25 ml de solución tampón fosfato (0,1 M, pH 6,0) se mezclo lentamente, posteriormente se adicionaron 10 ml de acido clorhídrico (HCL 0,2 M) y ajusto el pH a 2 con ayuda de las soluciones de HCL 1M y NaOH 1M. Luego se agrego 1 ml de la enzima pepsina y 0,5 ml de cloramfenicol, se cierra el erlenmeyer y se coloco en baño maría a 39 grados centígrados durante 2 horas.

Etapa 2: Al producto de la etapa 1 se le incorporo 10 ml de una solución tampón fosfato (0,2M, pH 6,8) y los 5ml de hidróxido de sodio (NaOH 0,6M) y ajusto el pH a 6,8 con ayuda de soluciones de NaOH 1M o de HCL 1M. Se mezclo suavemente agregando 1 ml de la enzima pancreatina, se cierra el erlenmeyer y se sometio a baño maría a 39 grados centígrados durante cuatro horas.

Etapa 3: Se coloco el residuo del erlenmeyer al sistema de crisoles filtrantes con porosidad 2 (p_2). Se lavo dos veces el residuo con 10 ml de etanol al 96% y dos veces con 10 ml de acetona al 95%. Luego se seco el crisol con el residuo en la estufa a 60 grados centígrados hasta obtener un peso constante.

5.3.1.6.7 Prueba de fermentación en jeringas

La prueba de fermentación en jeringas tiene como propósito fundamental simular la fermentación que ocurre en el intestino grueso de los cerdos, para ello se utilizo

el protocolo descrito por Boudry et al (2003). Con los residuos obtenidos en la predigestión enzimática para cada una de las dietas se realizó la prueba de fermentación en jeringas utilizando como inóculo las heces de cada uno de los cerdos que consumieron las diferentes dietas. La idea principal es poder observar si hay algún tipo de diferencia en las cinéticas de producción de gas entre las razas en evaluación.

5.3.1.6.7.1 Protocolo de fermentación en jeringas

Se pesaron aproximadamente 200 mg de cada muestra de alimento obtenido en la predigestión y se ubicó dentro de cada jeringa, los pistones se lubricaron con vaselina y se colocaron dentro de la jeringa teniendo cuidado de no desperdiciar el contenido de las mismas, una vez colocada la muestra y el pistón dentro de la jeringa esta fue sellada con un clip que se encuentra en la manguera. Una vez que estuvieron listas todas las jeringas se ubicaron en el horno a una temperatura de 39 grados centígrados. De igual manera se prepararon las soluciones que se utilizaron al día siguiente en la prueba las cuales son:

- Solución A (Micro minerales): se preparó una solución de $\text{CaCl}_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ (13,2 mg), $\text{MnCl}_2 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$ (10 gr), $\text{CoCl}_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ (1 gr) y $\text{FeCl}_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ (8 gr) en 100 ml de agua destilada
- Solución B (Micro tampón): se preparó una solución de 35 gr de NaHCO_3 y 4 gr de NH_4HCO_3 en 1 litro de agua destilada
- Solución C (Macro minerales): se preparó una solución de NaH_2PO_4 (5,7 gr), KH_2PO_4 (6,2 gr) y $\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ (0,6 gr) en 1 litro de agua destilada.
- Solución D (Indicador de oxidación-reducción): se preparó una solución de 100 mg de $\text{C}_{12}\text{H}_6\text{NO}_4\text{Na}$ en 100 ml de agua destilada.

- Solución E (Solución reductora): se preparo una solución de 5 ml de NaOH 1N y 1,425 mg de Na₂S 9 H₂O en 273,5 ml de agua destilada.

Antes de iniciar la prueba se mezclaron las soluciones A, B, C y D y se colocaron en baño maría a 39 grados centígrados y un flujo constante de CO₂, una vez se llevo a 39 grados centígrados se incorporo la solución E.

Como inculo se utilizaron heces obtenidas directamente del ano de cada uno de los animales con la precausion de que no se calleran al suelo y se pusieron en una bolsa plástica dentro de un recipiente con CO₂ y una temperatura de 39 grados centígrados con el objetivo de que los microorganismos no mueran.

Una vez colectadas las heces de los 12 animales, se pesaron 18 g en una bolsa de cada uno y se mezclara con un poco de la solución preparada siempre con un flujo constante de CO₂ y se homogenizo en un stomacher durante 1 minuto.

Posteriormente la mezcla se filtro a través de un tamiz de 250 micras, las jeringas se sacaron del horno y se llenaron con 30 ml de la solución tampón mezclada con las heces con ayuda de una bureta. Una vez lleno cada jeringa se le extrajo el exceso de aire, se sellaron herméticamente utilizando un clip y se colocaron en baño maría a 39 grados centígrados. Las lecturas se realizaron a las 2, 5, 8, 12, 16, 20, 24, 48 72 y 96 horas después de iniciarse la incubación. Cuando las producción de gas sobrepaso los 60 ml en el nivel de la jeringa, se evacuo todo el gas contenido en ella y el pistón se ubico en su posición inicial.

Se incluyeron jeringas blancos como factor de corrección de los resultados.

5.3.1.7 Cálculos

- Digestibilidad Fecal Aparente de los nutrientes

Se determinaron mediante la siguiente formula:

$$\text{Digestibilidad aparente del nutriente} = \frac{(\text{Nutriente Ing} - \text{Nutriente Exc})}{\text{Nutriente Ing}} \times 100$$

- Digestibilidad Enzimática *in Vitro* de la MS

$$\% \text{Div MS} = \frac{(\text{Pm} \times \text{MS}) - [(\text{Crisol} + \text{Residuos}) - \text{Residuos}]}{(\text{Pm} \times \text{MS})} \times 100$$

Donde:

Pm: Peso de la muestra

MS: Materia seca (%)

- Volumen de gas acumulado

El volumen de gas acumulado producido en un tiempo t (Vc; ml de gas /gr MS) se calculo mediante la siguiente formula:

$$Vc = ((Vt - Vo) - (Vo \sum (Vbt / Vbo))) \times (1000 \text{ MS} / M)$$

Donde:

Vt: Volumen en tiempo t en la jeringa (ml/g MS)

Vo: Volumen inicial de la jeringa (ml)

Vbt: Volumen de gas acumulado producido por el blanco en tiempo (ml/g MS)

Vbo: Volumen inicial del blanco (ml)

MS: Peso en materia seca de la muestra (g MS / g MF)

M: Cantidad de la muestra a incubar

5.3.1.8 Controles y registros

Consumo de alimento: Se tomo diariamente la información sobre el consumo de alimento y se plasmo en un formato elaborado para tal fin donde se anoto el alimento suministrado, el alimento sobrante y la materia seca del alimento sobrante en la mañana y en la tarde, el alimento sobrante fue secado en horno a 105 grados centígrados para obtener un consumo exacto de la materia seca.

Recolección de Excretas: durante los 7 días de recolección de muestras en cada periodo experimental se recolectaron la totalidad de las excretas a las 8 de la mañana, posteriormente se pesaron y congelaron para sus respectivos análisis. Esta información fue consignada en un formato diseñado para tal fin.

Lectura producción de gas: Al finalizar cada periodo se realizara la prueba de gas en jeringas y se tomaron lecturas a los 2, 5, 8, 12, 16, 20, 24, 48 72 y 96 horas después de la incubación utilizando un formato diseñado para esta prueba

5.3.1.9 Análisis Estadístico

Los registros de las variables que fueron estudiadas y analizadas, se sometieron a un ANDEVA de acuerdo al diseño experimental utilizado (Steel y Torrie, 1980) Contenido el paquete estadístico de SAS.

El ANDEVA fue el siguiente:

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD
Entre pesos	2
Razas	3
Razas x Peso	6
Periodos	3
Periodos x Peso	6
Dietas	3
Raza x Dieta	9
Error	15
TOTAL	47

Para ANDEVAS donde se presentaron diferencias ($P < 0,05$) se utilizo la prueba de rango múltiple de Duncan para la separación de medias (Steel y Torrie, 1980).

6. RESULTADOS

6.1 Análisis Bromatológico

En la tabla 7 se puede observar que los ingredientes utilizados como la principal fuente de fibra en las dietas, presentan unos niveles porcentuales bastante variables en los diferentes nutrientes, destacándose el nivel de proteína de 14,23% y 17,15% en el Micelio y la T. Palmiste respectivamente, en contraste con la Cascarilla de Algodón y Cascarilla de Café que presentan unos valores de 4,59% y 3,42 % de proteína respectivamente.

Para los niveles de fibra en los ingredientes se encontró que la C. de Café y C. de Algodón tienen los valores más altos en FDN con 84,46% y 85,7%; FDA con 62,78% y 55,68%; Lignina Detergente Acida (LDA) con 19,87% y 18,74%; FDT con 89,67% y 87,53% respectivamente.

Es importante destacar los niveles del extracto etéreo de 2,36% y 2,23% para la T. Palmiste y C. Café respectivamente los cuales son valores superiores a los encontrados para Micelio y C. Algodón de 0,12% y 1,16% lo que da como resultado encontrar unos niveles mayores en energía bruta tanto para T. Palmiste de 4662,16 kcal/kg y para la C de Café 4411,05 kcal/kg.

En la tabla 8 se observa el análisis bromatológico de las dietas utilizadas y suministradas a los animales durante el primer periodo experimental; la idea fundamental fue mantener los mismos niveles o lo mas cercano posible de cada uno de los nutrientes entre si para cada una de las dietas, especialmente para la proteína con valores entre 19,4% y 20,6%; la energía bruta con valores entre 4475,49 kcal/kg y 4558,53 kcal/kg; la FDN con valores entre 12,07% y 14,81%.

Tabla 7. Análisis bromatológico de Micelio, T. Palmiste, C. Algodón y C. Café como principales fuentes de fibra en las dietas; tomados en base seca.

Item	Micelio	T. Palmiste	C. Algodón	C. Café
Materia Seca %	91,19	82,26	88,01	90,71
Materia Orgánica %	90,51	81,32	84,97	89,7
Proteína %	14,23	17,15	4,59	3,42
Extracto Etéreo %	0,12	2,36	1,16	2,23
Cenizas %	0,68	0,94	3,04	1,01
FDN %	52,02	73,52	85,7	84,46
FDA %	23,01	46,29	55,68	62,78
LDA %	2,21	11,79	18,74	19,87
FDT %	57,01	76,36	87,53	89,67
FDI %	35,53	68,3	84,67	87,14
Energía Bruta Kcal/kg	3715,50	4662,16	3808,9	4411,05
Almidones %	16,18	1,6	0,13	0

Es interesante ver las diferencias entre FDT y Fibra Dietética Insoluble (FDI) de las dietas con Micelio y T. Palmiste de 4 y 5 puntos porcentuales respectivamente esto nos indica que presentan un mayor nivel de pectinas y gomas (PNA solubles) que las dietas que contienen C. Algodón y C. Café que tienen una diferencia de 2 puntos porcentuales.

Hay que destacar que los valores de proteína están entre 2 y 3 puntos porcentuales por encima de lo formulado inicialmente, esto puede ser debido a que el programa de formulación fue ajustado para mantener un rango entre 17% y 20% de proteína en la fórmula, otra posible explicación puede ser las diferencias que pueden haber entre los laboratorios de la compañía que facilitó el programa de balanceo de raciones y el laboratorio de la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira.

Tabla 8. Análisis bromatológico en materia seca de las dietas para el primer periodo experimental

Item	Dieta 1 C. Café	Dieta 2 Micelio	Dieta 3 C. Algodón	Dieta 4 T. Palmiste
Materia Seca %	88,44	86,55	88,6	88,96
Materia Orgánica %	82,93	80,78	82,71	83,4
Proteína %	19,63	20,6	19,52	19,04
Extracto Etéreo %	4,61	4,29	4,57	6,98
Cenizas %	5,51	5,77	5,89	5,56
FDN %	13,06	12,07	14,81	14,69
FDA %	6,54	5,16	4,68	4,35
LDA %	1,32	1,19	2,01	1,89
FDT %	15,09	20,61	17,06	23,47
FDI %	12,94	16,85	15,16	18,51
Energía Bruta Kcal/kg	4481,70	4475,49	4558,53	4552,10
Almidones %	51,22	44,01	49,14	41,92

En la tabla 9 se observa que se conservan los valores para proteína en las dietas utilizadas para el segundo periodo experimental entre 19 y 20% excepto en la dieta 2 que nos da un valor de 16,7% pero mantiene el rango dentro del programa de formulación de entre 17 y 20% de proteína. La energía se encuentra entre 4333,65 kcal/kg y 4571,48 kcal/kg. La FDN esta entre 17,23% y 21,5% es decir que aumento su nivel entre 5 y 7 puntos porcentuales respectivamente con respecto a las dietas utilizadas en el primer periodo experimental situación que se esperaba.

El nivel de almidones también ha decrecido esto generado por la presión que ejerce la mayor inclusión de fibra dentro de las dietas disminuyendo en porcentajes 2,46, 0,02, 1,79 y 2,27 de la dieta 1 a la 4 respectivamente. Los valores de extracto etéreo ya comienzan a presentar rangos variables ya que en

algunos casos se necesito incluir una mayor cantidad soya integral para lograr el nivel de energía deseado, tratando de evitar el uso de ingredientes como el aceite de palma o sebo por la dificultad que estos generarían al momento de realizar la mezcla.

Tabla 9. Análisis bromatológico en materia seca de las dietas para el segundo periodo experimental

Item	Dieta 1 C. Café	Dieta 2 Micelio	Dieta 3 C. Algodón	Dieta 4 T. Palmiste
Materia Seca %	89,17	89,47	89,16	90,72
Materia Orgánica %	83,99	84,93	82,39	84,93
Proteína %	19,71	16,71	20,75	19,19
Extracto Etéreo %	4,83	3,77	5,39	6,28
Cenizas %	5,17	4,53	6,77	5,78
FDN %	17,23	19,67	18,64	21,5
FDA %	5,32	6,63	5,15	7,89
LDA %	1,88	1,25	2,51	1,77
FDT %	21,08	30,81	19,34	28,11
FDI %	15,76	16,78	11,30	19,66
Energía Bruta Kcal/kg	4571,48	4453,18	4333,65	4471,07
Almidones %	48,76	43,99	47,35	39,65

En la tabla 10 se observa que mantienen los rangos de la proteína dentro de lo esperado 17,05% y 20,37%. Como en el caso de las dietas del segundo periodo experimental el nivel de energía bruta ha decrecido por la presión en la inclusión de fibra y ya se encontraron valores entre 4052,49 kcal/kg y 4297,73 kcal/kg.

Al observar la tabla 11 finalmente se puede indicar que los niveles de proteína, y energía para las dietas elaboradas en los cuatro periodos de experimentación se conservaron dentro de un rango tolerable sin presentar mayores diferencias entre si, mientras que para la FDN donde inicialmente se planteo unos incrementos

graduales, se observa que la dieta 4 (T. Palmiste) en el cuarto periodo experimental presento un valor muy superior al de las otras dietas dentro del mismo periodo esto debido a que la fuente de fibra incluida en esta dieta sobrepaso mas del 50% en el total de la dieta.

Tabla 10. Análisis bromatológico en materia seca de las dietas para el tercer periodo experimental

Item	Dieta 1 C. Café	Dieta 2 Micelio	Dieta 3 C. Algodón	Dieta 4 T. Palmiste
Materia Seca %	88,85	88,88	89,09	91,24
Materia Orgánica %	83,13	83,93	83,14	85,04
Proteína %	18,61	18,56	17,05	20,37
Extracto Etéreo %	6,37	4,8	5,91	7,48
Cenizas %	5,72	4,94	5,95	6,20
FDN %	20,82	22,2	21,43	27,46
FDA %	8,63	7,18	7,03	12,57
LDA %	2,72	1,83	2,69	2,55
FDT %	20,99	23,47	22,92	29,13
FDI %	13,74	15,9	16,10	27,54
Energía Bruta Kcal/kg	4228,29	4145,97	4052,49	4297,73
Almidones %	47,05	41,72	43,95	35,19

Tabla 11. Análisis bromatológico en materia seca de las dietas para el cuarto periodo experimental

Item	Dieta 1 C. Café	Dieta 2 Micelio	Dieta 3 C. Algodón	Dieta 4 T. Palmiste
Materia Seca %	90,16	89,98	91,93	91,91
Materia Orgánica %	83,19	85,72	86,08	85,35
Proteína %	20,53	18,36	17,97	21,58
Extracto Etéreo %	6,47	4,9	8,08	6,06
Cenizas %	6,97	4,26	5,85	6,56
FDN %	24,33	27,06	23,71	33,20
FDA %	8,34	10,98	9,5	18,33
LDA %	1,93	2,24	2,80	4,11
FDT %	26,78	27,33	24,21	37,06
FDI %	24,15	21,31	23,08	32,98
Energía Bruta Kcal/kg	4109,36	4092,65	3965,89	4125,64
Almidones %	38,94	39,13	40,43	27,96

6.2 Estadísticas Generales

En la tabla 12 se pueden observar los resultados generales para cada una de las variables de medición.

En total se obtuvieron 47 observaciones para todas las variables de medición. Hay que destacar los promedios para las FDAMS, FDAMO, DFAPROT, DFAENERG, DFAALMID de 82,32%, 88,08%, 85,88%, 81,50% y 94,70% respectivamente, con unas desviaciones por debajo del 5,5% esto indica que estas variables dependientes se comportan de igual manera independientemente del peso inicial de los animales, periodo experimental, raza de los animales y tipo de fibra en la dieta.

Tabla 12. Valores de la media, desviación estándar, rango mínimo y máximo para las variables de medición en los cuatro periodos de experimentación.

Variable	Obs.	Media	DS	Mínimo	Máximo
DFAMS	47	82,32	4,79	73,85	91,94
DFAMO	47	88,08	5,20	77,52	97,99
PGAS	47	361,29	123,84	96,90	641,55
DFAPROT	47	85,88	4,06	74,89	91,70
DFAEE	47	79,36	15,31	19,63	95,00
DFAFDN	47	61,37	21,96	20,51	90,87
DFAFDA	47	32,49	49,76	-90,51	90,83
DFAFDT	47	59,73	21,37	22,22	88,91
DFAENERG	47	81,50	5,25	71,77	92,85
DFAALMID	47	94,70	2,01	88,64	98,04

Situación diferente ocurrió con las variables PGAS, DFAEE, DFAFDN, DFAFDT, que presentaron unos rangos entre mínima y máxima lo suficientemente distanciados entre si como para pensar que si hubo algún efecto debido al peso inicial de los animales, periodo experimental, raza de los animales y tipo de fibra en la dieta.

Para el caso puntual de DFAFDA los rangos son mucho mas amplios he inclusive con valores negativos.

6.3 Análisis de Varianza

Tabla 13. Cuadrados medios de las fuentes de variación.

	PESOI	RAZA	PERIODO	FIBRA	PESOI*RAZA	PESOI*PERIODO	RAZA*FIBRA
DFAMS	17,79*	16,79**	43,26**	235,53**	3,93	4,59	1,78
DFAMO	4,13	13,51*	49,33**	302,24**	5,62	2,86	3,24
DFAPROT	30,61*	25,72*	40,05*	36,99*	21,96*	7,29	14,68
DFAEE	137,99	231,86	209,50	1480,47**	103,33	28,70	63,40
DFAFDN	37,96	71,34	29,93	5893,37**	122,04	13,28	97,93
DFAFDA	177,51	2740,50*	742,05	26468,62**	844,69	313,92	754,41
DFAFDT	13,85	92,24	11,28	6186,13**	10,07	30,86	81,71
DFAENERG	15,90*	21,85**	131,69**	203,90**	5,20	8,17	1,79
DFAALMID	3,39	3,38	14,78**	18,79**	1,47	0,38	0,85
PGAS	3012,86	10905,26	2217,04	170892,1**	3099,26	1800,95	1168,99

* Probabilidades entre 0,01 y 0,05

** Probabilidades < 0,01

En la tabla 13 se presentan los resultados de los análisis de varianza y cuadrados medios para las diferentes fuentes de variación y las respectivas interacciones. A grandes rasgos se puede indicar que el efecto de FIBRA fue muy superior a los otros efectos con diferencias estadísticamente altamente significativas ($P < 0,01$) en todas las variables de medición a excepción de la digestibilidad fecal aparente de la proteína que solo presentó diferencias significativas ($P < 0,05$). El efecto de PERIODO fue altamente significativo ($P < 0,01$) en las digestibilidades fecales aparentes de materia seca, materia orgánica, energía y almidones, mientras que solamente fue significativo ($P < 0,05$) en la digestibilidad de la proteína. El efecto de RAZA que es la fuente de variación de principal interés marco diferencias altamente significativas ($P < 0,01$) únicamente en las digestibilidades de materia seca y energía y solamente significativas ($P < 0,05$) en la digestibilidad de la materia orgánica, proteína y FDA. El efecto de PESOI no marco grandes diferencias únicamente fue significativo ($P < 0,05$) en las digestibilidades de materia seca, proteína y energía.

Finalmente para las interacciones PESOI*PERIODO y RAZA*FIBRA no se encontraron diferencias estadísticas significativas; únicamente se encontró diferencias significativas ($P < 0,05$) para la interacción PESOI*RAZA en la

digestibilidad fecal aparente de la proteína. Esta circunstancia es debido a un fenómeno matemático debido a las pocas repeticiones dentro del trabajo de investigación.

6.4 Efecto de FIBRA

Tabla 14. Medias de las variables de acuerdo a la fuente de fibra en las dietas

Item	Micelio Seco	Torta Palmiste	C. Café	C. Algodón
DFAMS (%)	88,06 ^a	83,14b	80,02c	77,84d
DFAMO (%)	94,60a	89,00b	85,42c	83,10d
DFAPROT (%)	83,72b	85,54ab	86,36a	87,95a
DFAEE (%)	63,22b	84,72a	88,73a	81,54a
DFAFDN (%)	86,24a	73,03b	48,11c	36,99d
DFAFDA (%)	82,57a	55,70b	14,92c	-24,68d
DFAFDT (%)	84,37a	73,28b	44,73c	35,29d
DFAENERG (%)	86,96a	82,12b	79,11c	77,60c
DFAALMID (%)	96,49a	93,69b	94,33b	94,24b
PGAS (ml/gMS a 96 h)	517,14a	375,67b	308,83c	239,18d

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes

Las diferencias entre las fuentes de fibra en las dietas se muestran en la tabla 14 y se observa una clara superioridad del Micelio Seco en la mayoría de las variables en evaluación con valores por encima del 80%, es importante destacar las digestibilidades de FDN, FDA y FDT donde muestran unos resultados bastante importantes con relación a las otras fuente de fibra utilizadas en las dietas y se encontraron diferencias además de significativas ($P < 0,01$) con 49,25, 107 y 49 puntos porcentuales por encima del ingrediente con el menor valor que en estos tres casos coincidentalmente resulto ser la Cascarilla de Algodón. Las digestibilidades de proteína y extracto etéreo para el Micelio seco resultaron ser los valores más bajos comparándolos con los otros tres ingrediente aunque para el caso de la digestibilidad de la proteína se mantiene por encima del 80% mientras que para el extracto etéreo estuvo 25,5 puntos porcentuales por debajo del mejor

resultado que lo obtuvo la Cascarilla de Café. Hay que tener en cuenta que las dietas que contenían Micelio fueron las de los niveles más bajos de extracto etéreo, si ser esto el motivo principal de la baja digestibilidad podría decirse que puede haber alguna reacción de este ingrediente puede interrumpir la absorción de grasas.

La digestibilidad de los almidones para las tres fuentes de fibra estuvo por encima del 90% lo que indica que no generaron mayor impedimento en la utilización de este nutriente por parte de los animales pero si se vieron mas favorecidos al usar Micelio logrando una digestibilidad del 96,49%.

Con el Micelio seco hay que hacer algunas consideraciones debido a que es un ingrediente proveniente de un microorganismo mas concretamente de un hongo *Aspergillus níger* que por lo tanto no es considerado como un vegetal y la totalidad de la fracción de fibra corresponde a la pared celular que esta compuesto principalmente por quitina y b-glucanos, ello explica en parte la superioridad de los resultados al calcular la fibra dietética soluble que fue del 22% en comparación con la torta de palmiste, cascarilla de café y cascarilla de algodón que fue de 8%, 3% y 2% respectivamente.

Con el Micelio Seco hay que tener la precaución de no incluir en las dietas mas de un 20% ya que niveles por encima generan heces blandas situación que se presento cuando se incluyo en la dieta niveles del 28% y 35%.

La Torta de Palmiste resulto ser el segundo mejor ingrediente como fuente de fibra para las dietas especialmente en las digestibilidades del materia seca, materia orgánica, FDN, FDA, FDT y energía siendo superado únicamente por el Micelio Seco, mientras que no presento diferencias significativas con la Cascarilla de Café y Cascarilla de Algodón para las digestibilidades de proteína, extracto etéreo y almidones. Estos resultados plantean la posibilidad de que algunas fuentes de fibra en las dietas generen mayor descamación del epitelio intestinal o una mayor

secreción de fluidos intestinales. Situación que se evidencio al ver heces fecales blandas especialmente en las dietas con Micelio seco como fuente de fibra.

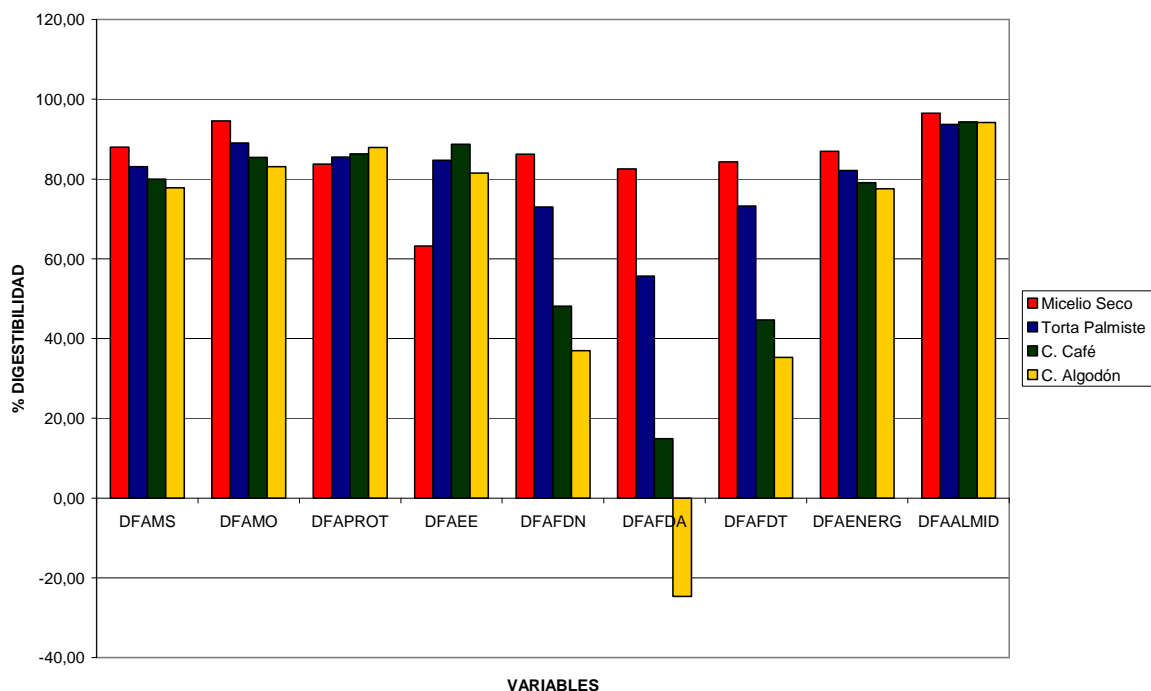
La Cascarilla de Algodón presento los mejores resultados de digestibilidad en proteína y la Cascarilla de Café la mejor digestibilidad para el extracto etéreo posiblemente ocasionado por una mayor retención del alimento a través del tracto gastrointestinal, pero obtuvo los valores más bajos para las digestibilidades de materia seca, materia orgánica, FDN y FDT, se debe hacer hincapié en el resultado de la digestibilidad del FDA que presento un valor negativo -24,86% situación poco común e inexplicable en términos fisiológicos.

Para los demás ingredientes hay que tener un especial cuidado ya que en el caso de la C. Café que con un nivel de inclusión en las dietas del 24,6%, se perdió una unidad experimental (Cerdo Mejorado) por un problema de prolapso rectal ya que las heces de los animales que consumieron esta dieta eran muy duras lo que dificultaba la excreción por parte de los animales.

Hay que considerar la Torta Palmiste como un ingrediente de alto potencial para la nutrición de cerdos debido a que no presento mayores problemas en el transcurso de todo el trabajo de investigación y fue en ingrediente con mayor inclusión en las dietas con un 54%.

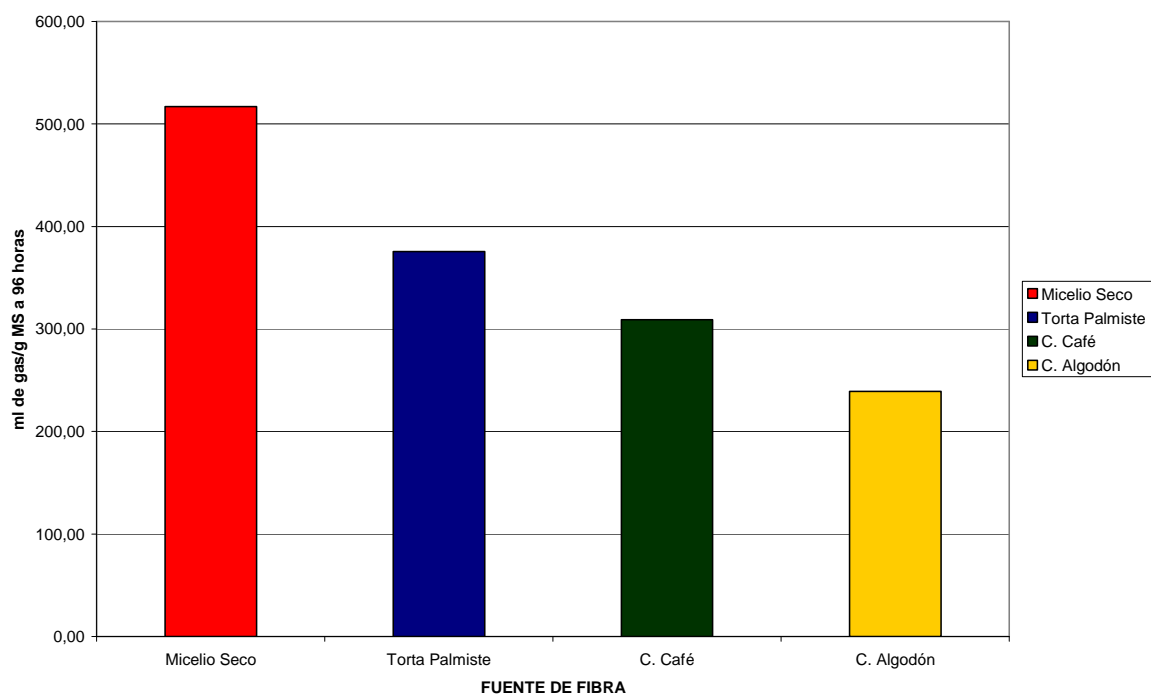
Las diferencias entre ingrediente se observa con mayor claridad en la grafica 1.

Grafica 1. Digestibilidades de los nutrientes de acuerdo al efecto de FIBRA



Para la variable de producción de gas se observa como en las fuentes de fibra en dietas hay diferencias significativas ($P < 0,01$) destacándose el Micelio Seco que genero un mayor volumen de gas acumulado a 96 horas de incubación esto es un muy buen indicativo de la fermentación de fibras en el intestino grueso por la actividad de microorganismos que producen ácidos grasos volátiles como fuente de energía. La Torta de Palmiste, Cascarilla de Café y Cascarilla de Algodón generaron 142, 209 y 278 ml de gas/g de MS a 96 horas de incubación, menos respectivamente con relación al Micelio mostrando como la Cascarilla de Algodón en dietas no permite una mejor fermentación de la fibra en el intestino. Habría que tener en cuenta al Micelio en otro tipo de trabajos e incluyéndolo como complemento en dietas con altos niveles de fibra mezclado con otros ingredientes de tipo fibroso. En el grafico 2 se pueden ver claramente las diferencias.

Grafico 2. Producción de gas de acuerdo la fuente de fibra de las dietas



6.5 Efecto del PERIODO

Tabla 15. Medias de las variables de acuerdo al periodo experimental

Ítem	Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3	Periodo 4
DFAMS (%)	84,77a	82,98b	80,74c	80,61c
DFAMO (%)	90,67a	88,95b	86,37c	86,19c
DFAPROT (%)	87,75a	87,13a	84,36b	84,12b
DFAEE (%)	85,40	76,81	75,47	79,78
DFAFDN (%)	57,94	60,44	58,50	69,25
DFAFDA (%)	40,19	16,23	30,79	43,69
DFAFDT (%)	57,80	59,18	57,64	64,71
DFAENERG (%)	85,53a	82,83b	78,65c	78,75c
DFAALMID (%)	96,11a	95,59a	94,00b	92,94c
PGAS (ml/gMS a 96 h)	402,09	369,56	362,28	306,70

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes

Las diferencias entre periodos se muestran en la tabla 15, donde se observa una marcada superioridad y con diferencias significativas ($P < 0,01$) en la digestibilidad fecal aparente de la materia seca, materia orgánica y energía durante el primer periodo de experimentación con relación a los tres siguientes periodos, en segundo lugar, para las variables mencionadas anteriormente y significativamente diferente ($P < 0,01$) se ubico el segundo periodo experimental mientras que entre el tercer y cuarto periodo experimental ya no se presentaron diferencias significativas.

Para la digestibilidad de la proteína no se observan diferencias entre el primer y segundo periodo experimental como tampoco entre el tercer y cuarto pero si se encontró una diferencia de 3 puntos porcentuales a favor de los dos primeros periodos y en contra de los dos últimos periodos. Situación muy parecida ocurrió con la digestibilidad del almidón excepto que en el cuarto periodo se obtuvo la digestibilidad mas baja, lo realmente interesante para esta variable fue encontrar digestibilidades por encima del 90% en todos los periodos experimentales.

Hay que considerar que los niveles fibra fueron incrementando a medida que se iniciaba un nuevo periodo experimental, es decir las dietas utilizadas para el primer periodo experimental presentaron un menor nivel de fibra y las dietas utilizadas en el cuarto periodo presentaron el mayor nivel de fibra, lo que desencadeno que en el ultimo periodo hubiese un menor porcentaje en la digestibilidad de la materia seca, materia orgánica, proteína, extracto etéreo, energía y almidones.

Es importante aclarar que se utilizaron los mismos animales en los cuatro periodos experimentales y que se esperaba que por ir aumentando en edad y peso habría una mayor adaptación y acondicionamiento del tracto gastrointestinal situación que queda claramente establecida cuando se manejaron niveles de FDN entre el 23% y 33% en la dietas del cuarto periodo y se obtienen digestibilidades fecales

aparentes de materia seca, materia orgánica, proteína, energía y almidones por encima del 75%.

En contraste con los resultados de las variables ya mencionadas, las digestibilidades de FDN, FDA, FDT no presentaron diferencias significativas en los cuatro periodos experimentales, sin embargo se observa como en el cuarto periodo experimental se obtuvieron los valores de digestibilidad más altos con relación al primer periodo experimental de 12, 3 y 7 puntos porcentuales respectivamente es así como podría asegurarse que los animales independientemente de la raza y el tipo de fibra son capaces de fermentar y utilizar las fracciones de fibras en las dietas siempre y cuando se haga un incremento gradual de las mismas dentro de las dietas teniendo en cuenta la etapa fisiológica para facilitar una mejor adaptación del tracto gastrointestinal en los animales.

Las diferencias entre cada una de las variables para el efecto de PERIODO se observan con mayor claridad en el grafico 3.

Para la variable de producción de gas no se presentaron diferencias entre periodos experimentales pero si se observa como en el primer periodo experimental se genero un mayor volumen de gas con 402,09 ml gas/g MS a 96 horas y el cuarto periodo genero el menor volumen de gas con 306,7 ml gas/g MS a 96 horas ver grafica 4, situación que nos indica para este trabajo en particular, que las dietas con menores niveles de fibra tendrán un mayor nivel de fermentación in Vitro que las dietas con mayores niveles de fibra esto nos indica que el sustrato del primer periodo favorece el tipo de población microbial presente en las excretas de ese momento. Este fenómeno no entra en concordancia con los resultados obtenidos para las digestibilidades de FDN, FDA y FDT in vivo, ya que se esperaría un mayor nivel de fermentación y/o producción de gas in Vitro en las dietas con altos niveles de fibra es decir para el cuarto periodo de experimentación.

Grafico 3. Digestibilidades de los nutrientes de acuerdo al efecto del PERIODO

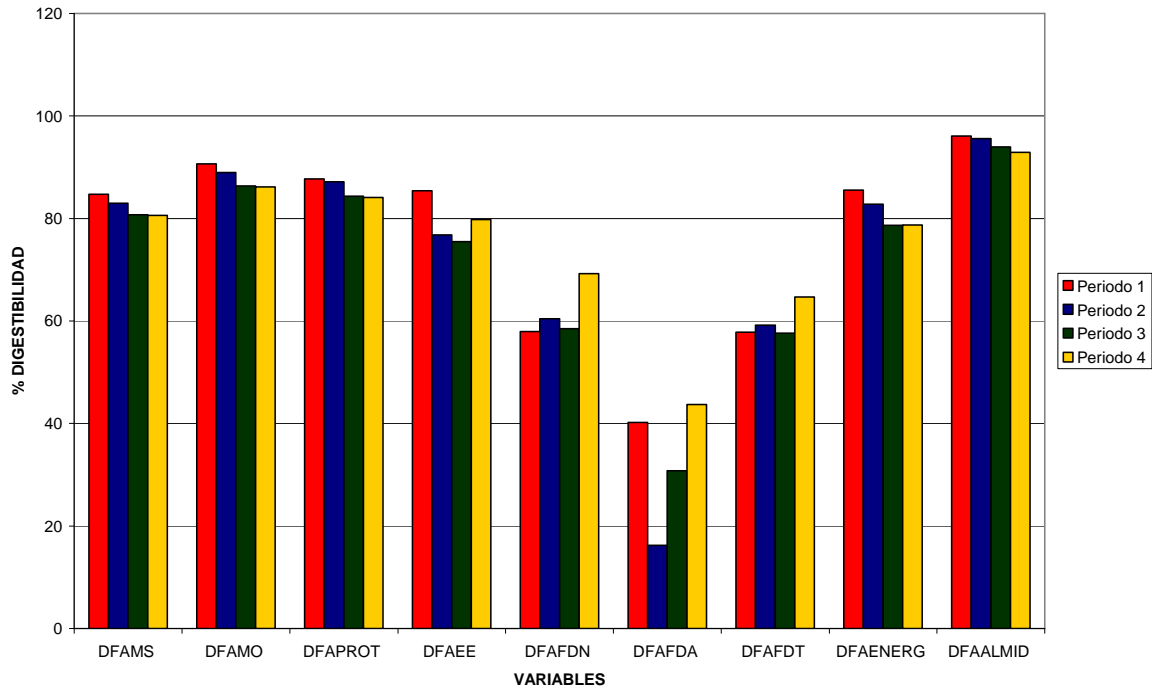
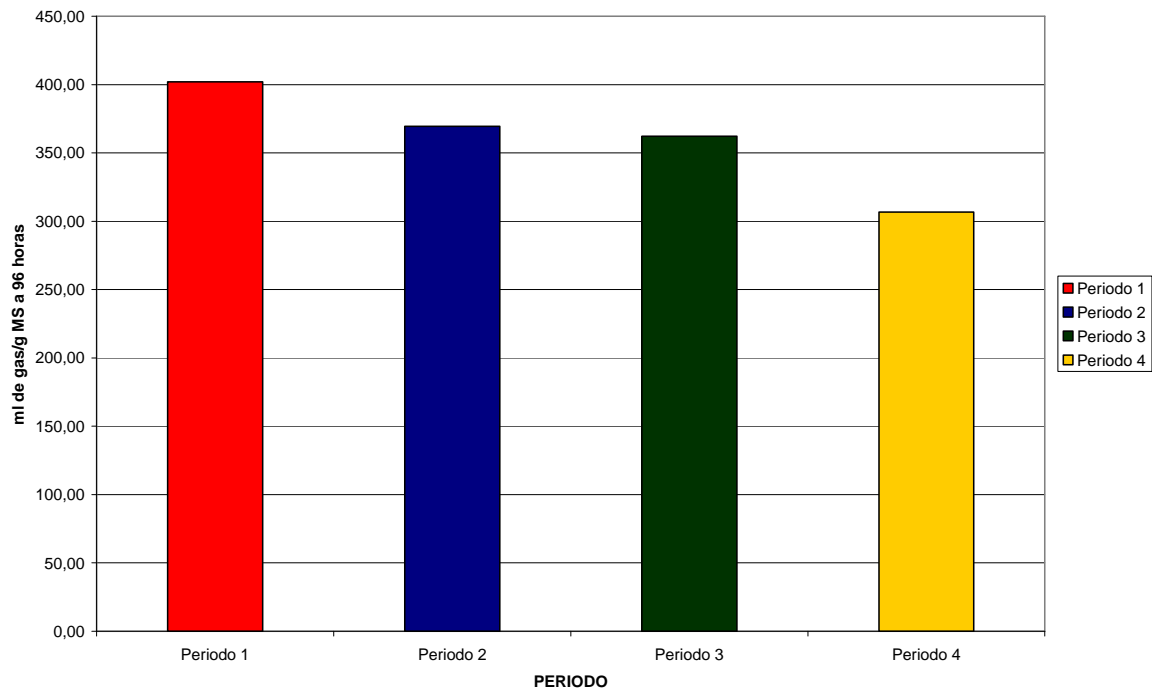


Grafico 4. Producción de gas para cada periodo experimental



6.6 Efecto de RAZA

Tabla 16. Medias de las variables de acuerdo a la RAZA

Ítem	Casco de Mula	San Pedroño	Zungo	Mejorado
DFAMS (%)	83,53a	82,87ab	81,74bc	81,00c
DFAMO (%)	88,99a	88,71a	87,44ab	87,11b
DFAPROT (%)	87,62a	86,06ab	84,05b	85,78ab
DFAEE (%)	85,37	76,78	81,02	73,79
DFAFDN (%)	62,67	63,97	60,49	58,08
DFAFDA (%)	36,73a	47,49a	33,43a	10,49b
DFAFDT (%)	61,89	62,14	56,47	58,30
DFAENERG (%)	82,64a	82,51a	80,69b	80,04b
DFAALMID (%)	95,18	94,93	94,55	94,07
PGAS (ml/gMS a 96 h)	317,05	386,69	372,47	369,68

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes

Las diferencias entre razas se observa en la tabla 16, donde la digestibilidad fecal aparente de la materia seca y de la energía son las que presentaron diferencias altamente significativas ($P < 0,01$) entre razas, en la primer variable mencionada se destaca la raza Casco de Mula sin ser significativamente diferente con la raza San Pedroño, pero si con la raza Mejorada con 2,5 puntos porcentuales por encima, la raza Zungo resulto obtener un porcentaje de digestibilidad que resulto no ser significativamente diferente con respecto a las razas San Pedroño y Mejorado. Ya en la digestibilidad de la energía se manifiesta con claridad la agrupación de las razas siendo el primer grupo conformado por Casco de Mula y San Pedroño con los porcentajes más altos por encima del 82% y sin ser significativamente diferente entre ellos, el segundo grupo lo conforman el Zungo y Mejorado con los porcentajes mas bajos, del orden del 80% y al igual que en el primer grupo sin ser significativamente diferentes entre ellos, pero si hay diferencias entre el primer y segundo grupo.

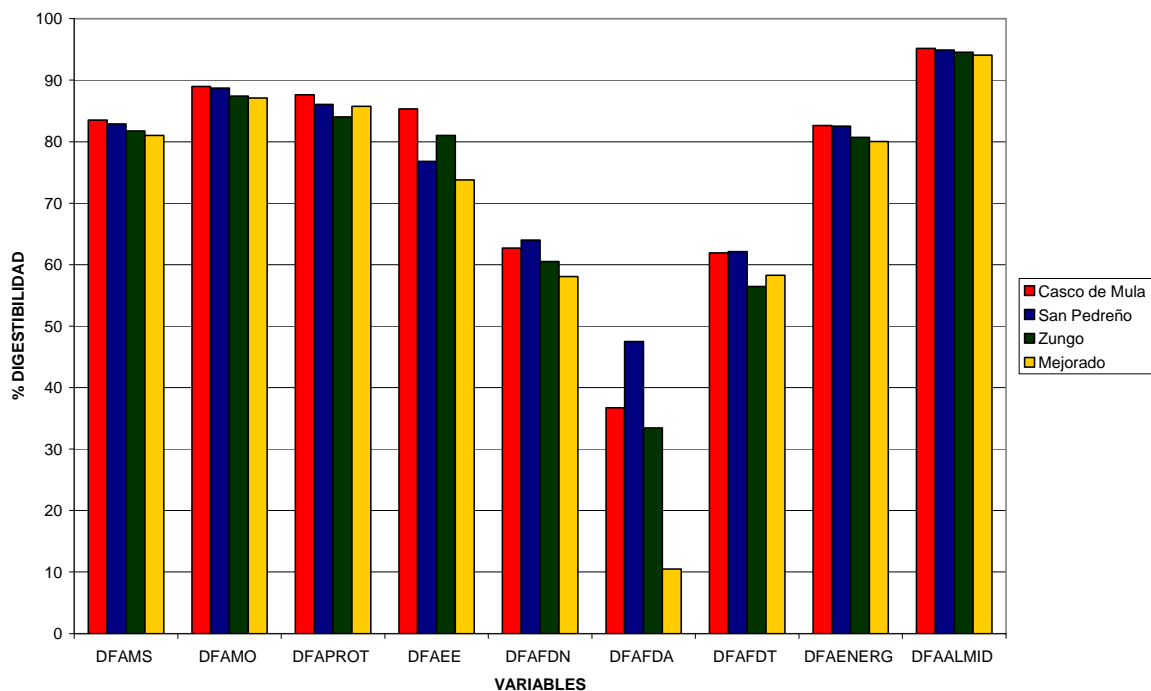
La digestibilidad fecal aparente para las variables: materia orgánica, proteína y FDA presento diferencias significativas ($P < 0,05$) entre razas. Para el caso de la materia orgánica no se observa una evidente superioridad de alguna raza en particular cuando se obtienen diferencias de 1,89% entre el mayor y menor resultado aunque se mantienen las razas Casco de Mula y San Pedreño con la digestibilidad por encima de las razas Zungo y Mejorado. En la variable proteína la situación es similar a la de la materia orgánica donde el Casco de Mula es la raza que continúa destacándose, sin embargo pasa a ocupar el último lugar la raza Zungo siendo significativamente diferente con los animales Cascos de Mula pero no con los San Pedreños y Mejorados. La digestibilidad de la FDA presento la característica de no ser significativamente diferente entre las tres razas criollas con porcentajes por encima del 30%, pero si hay diferencias significativas y una inferioridad en la digestibilidad de la raza mejorada con un porcentaje bastante bajo (10,49%), esta tendencia se observa con claridad en las digestibilidades de FDN y FDT sin que se hayan presentado diferencias entre las cuatro razas, para las dos últimas variables, este es un indicativo de que en los animales mejorados el desarrollo del intestino grueso es menor que el de las razas criollas colombianas particularmente los Casco de Mula y San Pedreño.

Estos resultados se explican debido a que las razas criollas han sido sometidas a dietas provenientes de residuos de cocina, raíces y plantas que puedan consumir es decir que han sufrido un proceso de adaptación al suministro de dietas poco nutritivas y altas en contenidos de fibra. Se debe tener en cuenta que los animales que fueron utilizados dentro del trabajo de investigación eran todos destetos y se le dieron las mismas condiciones de alimentación para su cuarentena una vez llegaron a la unidad de metabolismo animal de la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira.

Probablemente haya que considerar el hecho que en la última fase del trabajo con los animales hubo la pérdida de una unidad experimental que resulto ser un animal de raza mejorada por un problema de prolapso rectal ocasionado por los

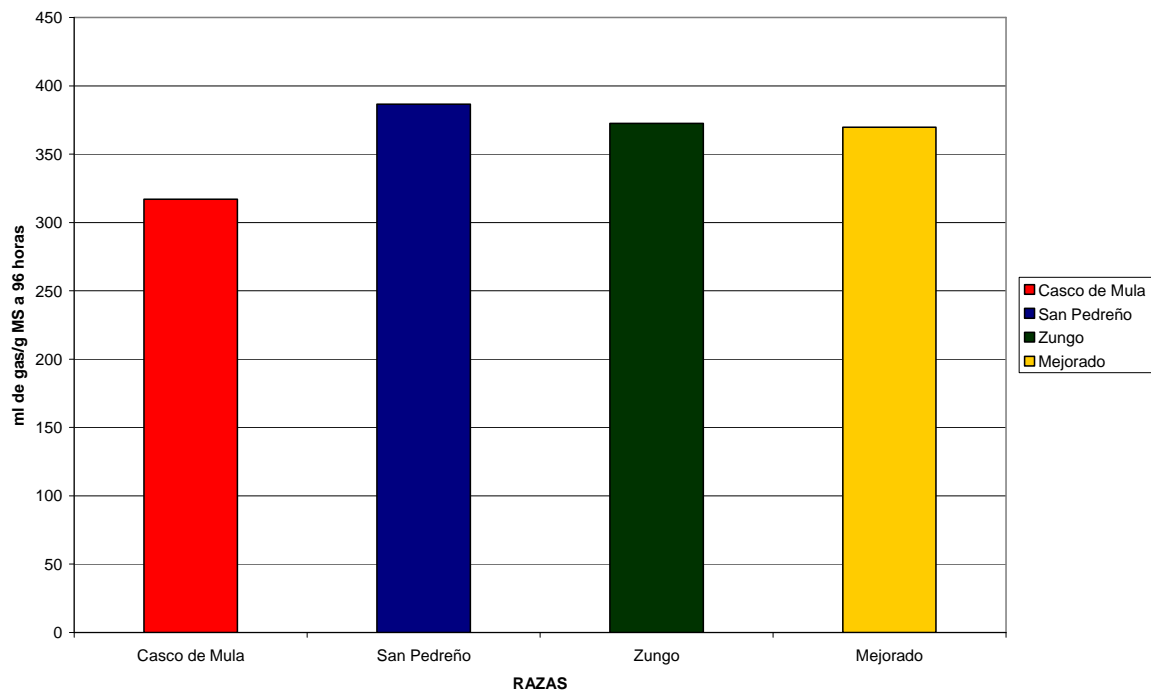
altos niveles de fibra en ese ultimo periodo los cuales estuvieron entre el 23% y 33% de FDN en las dietas. Al observar la digestibilidad del almidón contundentemente se puede afirmar que no hay efecto de la raza y estuvieron por encima del 90%.

Grafica 5. Digestibilidad de los nutrientes de acuerdo el efecto de RAZA



En la variable producción de gas in Vitro no se encontraron diferencias entre las razas pero es importante destacar el hecho de que las heces de los animales Casco de Mula que se utilizaron para la incubación generaron el menor volumen de gas con respecto a las demás razas incluyendo a los mejorados, este resultado no concuerda con los obtenidos en las diferentes digestibilidades de los nutriente y en especial de la fracciones de fibras, como si ocurrió con la producción in Vitro de gas para la raza San Pedroño que ocupó el primer lugar en la cantidad de ml generados a 96 horas de incubación con 386,69 ml de gas/g MS. Bajo estas circunstancias y en particular para este trabajo esta variable no resulta ser un buen indicativo de la fermentación de dietas altas en fibra con el propósito de identificar que tipo de raza o cruce es mas eficiente en la utilización de estos alimentos. Las diferencias se observan en el grafico 6.

Grafico 6. Producción de gas para cada raza



6.7 Efecto del PESOI

Tabla 17. Medias de las variables de acuerdo al PESOI

Ítem	Livianos	Medianos	Pesados
DFAMS (%)	80,98b	83,26a	82,75 a
DFAMO (%)	87,35	88,71	88,24
DFAPROT (%)	84,36b	86,24ab	87,06a
DFAEE (%)	76,29	79,90	81,91
DFAFDN (%)	59,51	62,63	62,04
DFAFDA (%)	29,78	32,04	35,62
DFAFDT (%)	58,63	60,14	60,44
DFAENERG (%)	80,23b	82,38a	81,94a
DFAALMID (%)	94,11	95,24	94,78
PGAS (ml/gMS a 96 h)	373,16	357,61	352,89

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes

Las diferencias entre peso inicial se observan en la tabla 17 son relativamente muy pocas donde solamente se encontró diferencias significativas ($P < 0,05$) en las digestibilidades fecales aparentes de materia seca, proteína y energía con medias superiores en los animales de peso inicial mediano en las variables de materia orgánica y energía con 83,26% y 82,38% respectivamente, mientras que para la digestibilidad de la proteína fueron los animales de mayor peso inicial los que presentaron un mayor porcentaje con 87,06%. Es interesante observar que en las tres categorías de peso inicial se mantienen digestibilidades por encima del 80%.

En la digestibilidades de las fracciones de fibra es decir FDN, FDA y FDT no hay diferencias estadísticas pero si una tendencia a mantener una mayor porcentaje en animales de peso inicial medianos y altos, esto concuerda con lo dicho anteriormente donde los animales de mayor peso tienen un mayor desarrollo del tracto gastro intestinal favoreciendo la fermentación de las fibras.

Para la digestibilidad de los almidones no se encontraron diferencias significativas de acuerdo a peso inicial y se mantuvo por encima del 90% siendo un indicador de la poca importancia que tiene el peso inicial sobre el comportamiento de este nutriente en la alimentación de cerdos en la etapa de levante.

En la variable producción de gas no se encontraron diferencias significativas entre pesos iniciales sin embargo fueron los animales de mas bajo peso inicial los que generaron un mayor volumen de gas con 373 ml gas/g MS a 96 horas, igualmente este resultado in Vitro no tiene concordancia con las diferencias en las tasas de fermentación in vivo de FDN, FDA y FDT de los animales de mayor peso inicial, nuevamente este no seria un método efectivo para identificar las habilidad de un animal en fermentar fibras de acuerdo a su peso corporal. Ver grafica 8.

Grafico 7. Digestibilidad de los nutrientes de acuerdo al efecto de PESOI

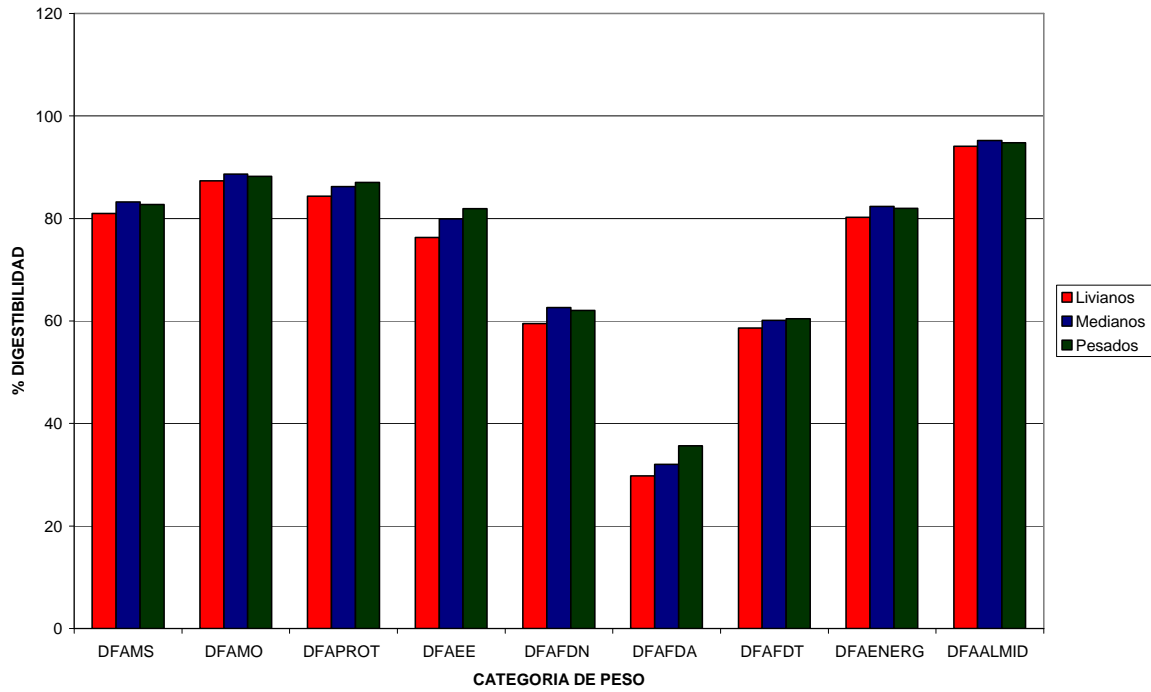
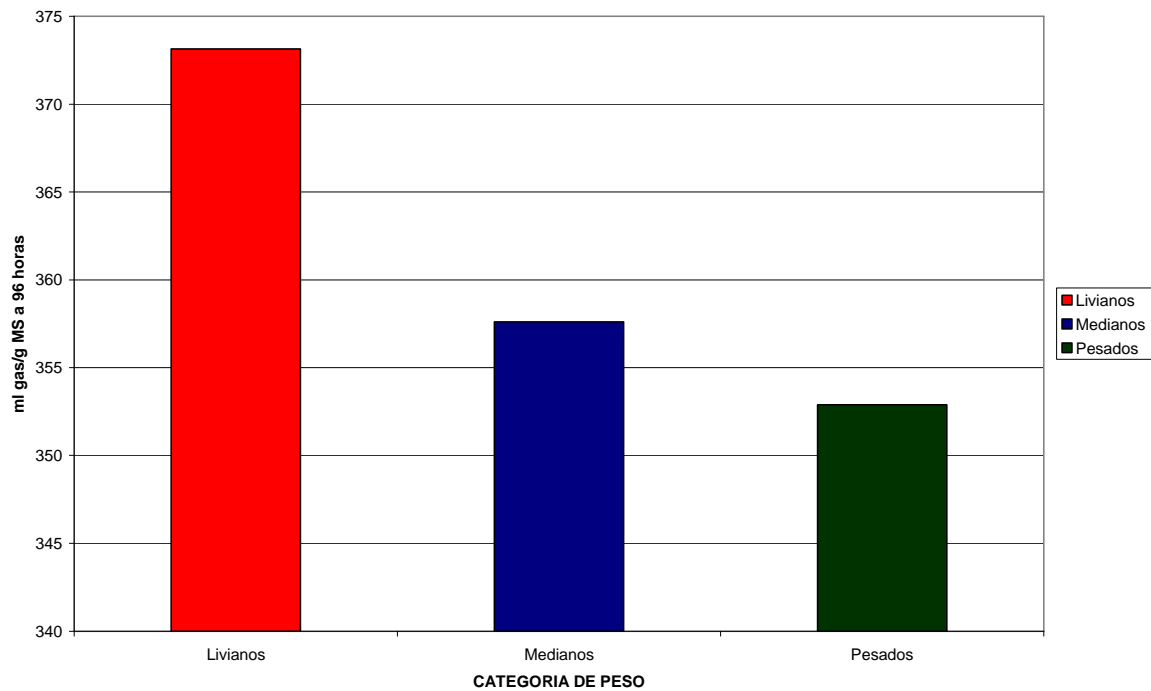


Grafico 8. Producción de gas de acuerdo al peso inicial.

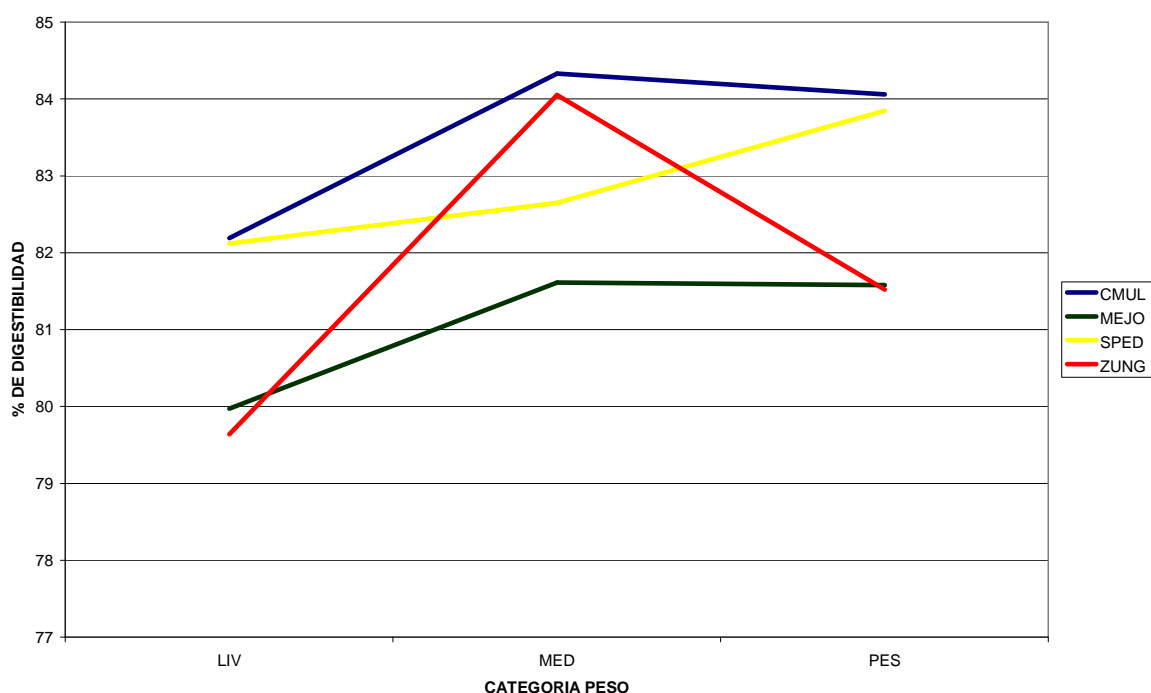


6.8 Interacciones

6.8.1 Interacción PESOI*RAZA

Como se evidencio en el análisis de varianza únicamente se encontró diferencias significativas ($P < 0,05$) en la digestibilidad fecal aparente de la proteína mientras que para las otras variables no se encontraron diferencias.

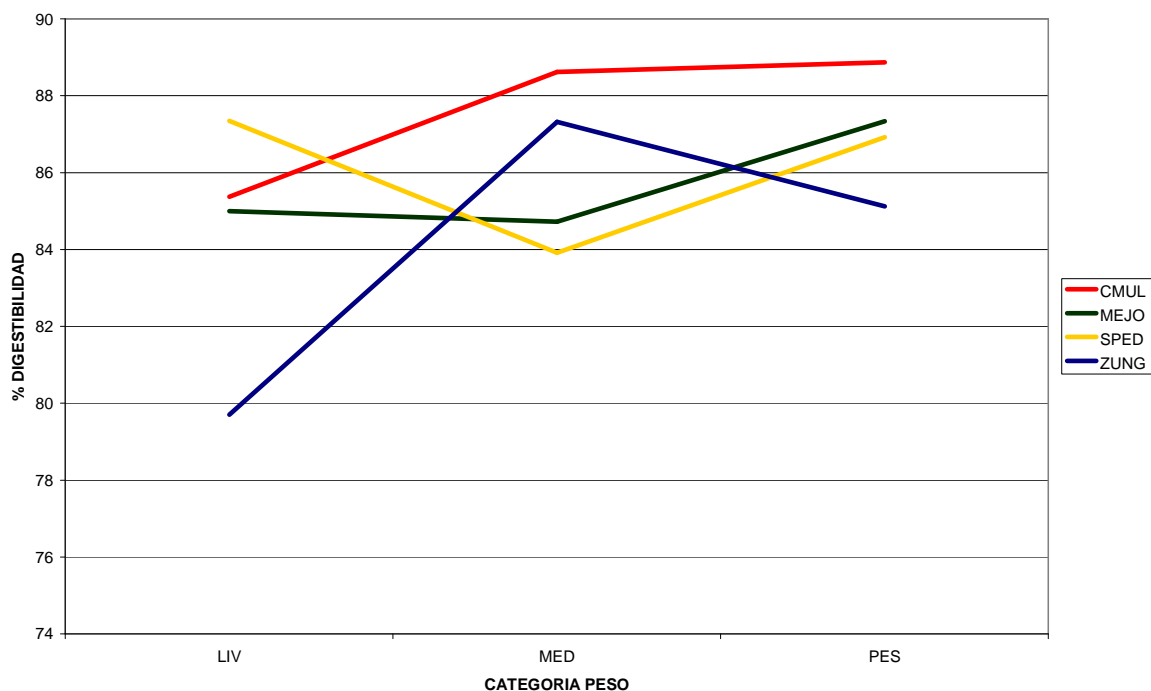
Grafico 9. Interacción PESOI x RAZA para la digestibilidad fecal aparente de la MS



Sin embargo cuando se observa con detalle la interacción en algunas variables se pueden manifestar ciertas tendencias como en la digestibilidad de la materia seca donde en las tres categorías de peso inicial son las razas Casco de Mula y San Pedrero las que mantienen una ligera diferencia con los animales de Raza mejorada; La raza Zungo no mantiene la tendencia de las otras razas cuando se observa una mejor digestibilidad en los animales de peso mediano que los animales de mayor peso ver grafico 9. Cuando se revisa la digestibilidad de la proteína el comportamiento es mas variable dentro de las razas de acuerdo a su peso inicial, es así como en los animales de peso inicial bajo en la raza San

Pedreño los que presentaron una mayor digestibilidad con respecto a las otras 3 razas sin embargo es la raza Casco de Mula la que supera las demás ya en los animales de peso inicial medianos y altos. Llama la atención el hecho de que en los animales de raza Zungo se mantiene la tendencia de obtener los mayores porcentajes de digestibilidad para la categoría de mediano peso superando a los animales de mayor peso, situación contraria se observo en los animales de raza Mejorada y San Pedreño donde son los de la categoría de mediano peso en ambas razas las que presentaron los porcentajes mas bajos con respecto a las otras dos categorías ver grafica 10.

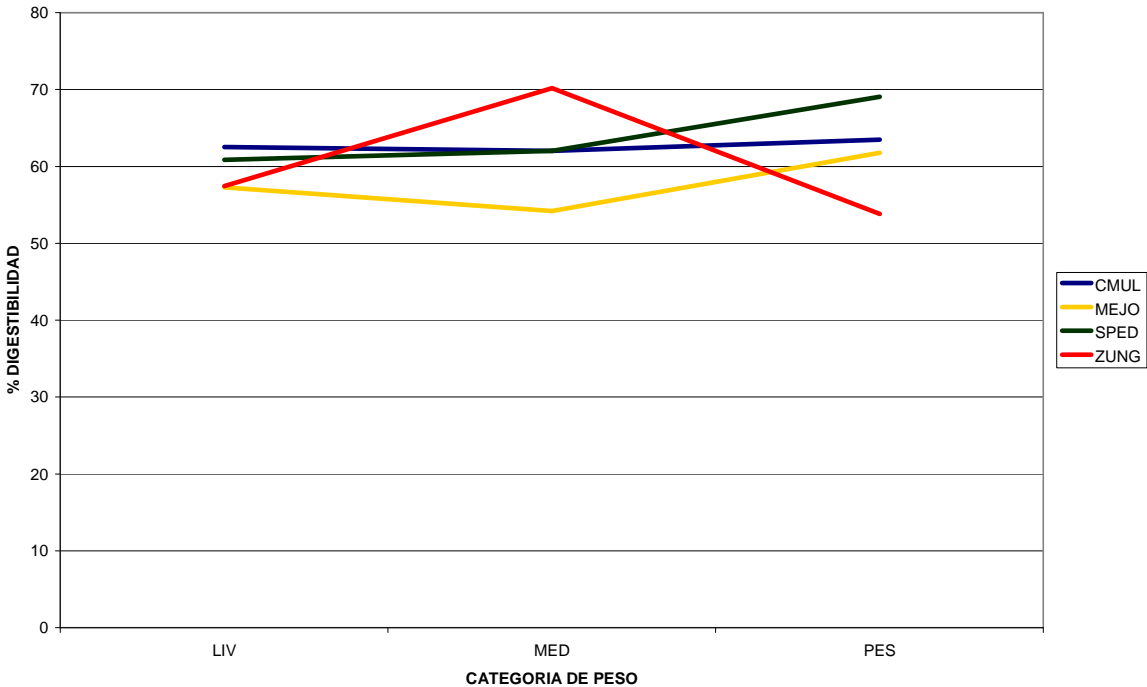
Grafica 10. Interacción PESOI*RAZA para la digestibilidad fecal aparente de la Proteína.



En el grafico 11 se observa la respuesta de la digestibilidad fecal aparente del FDN dentro de la interacción, mostrando que en los animales livianos y para las cuatro razas no hay una marcada diferencia en la digestibilidad, mientras que en los animales de peso mediano y en las cuatro razas, se destaca los animales de raza Zungo donde de igual manera confirma su comportamiento de presentar un

mayor porcentaje de digestibilidad con respecto a las otras dos categorías de peso dentro de su misma raza, con el agravante de presentar los menores porcentajes para los animales de mayor peso inicial e inclusive comparado con las otras tres razas.

Grafico 11. Interacción PESOI*RAZA para la digestibilidad fecal aparente del FDN



En la grafica 12 se observa como la digestibilidad de FDT dentro de la interacción son muy parejos en las razas Casco de Mula y San Pedroño y de valores crecientes según el peso inicial, es decir los animales livianos con menor digestibilidad y los animales pesados con mayor digestibilidad. En la raza mejorada ocurre la misma situación con las categorías de peso pero con valores de digestibilidad por debajo de las dos razas criollas mencionadas anteriormente. Para el caso del Zungo se presenta una situación particular y es que el comportamiento de la digestibilidad es bastante irregular y diferente a los demás animales y razas evaluadas, donde los animales de peso inicial alto presentan un menor valor de digestibilidad que los animales de peso mediano.

Grafico 12. Interacción PESOI*RAZA en la digestibilidad fecal aparente del FDT

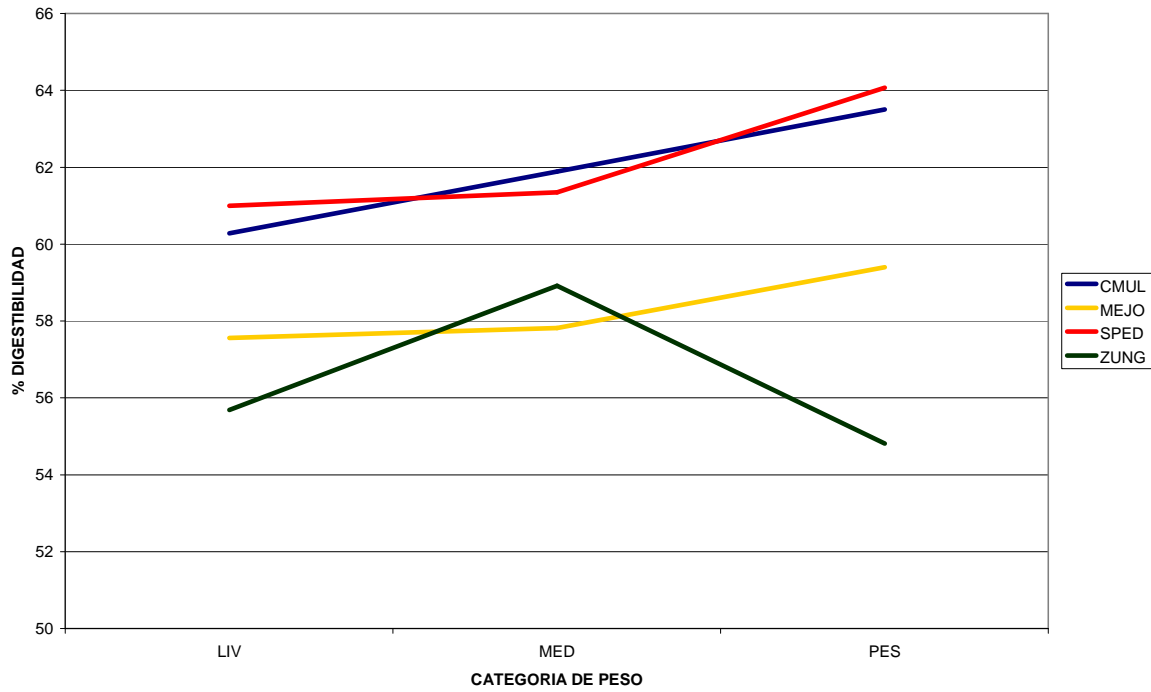
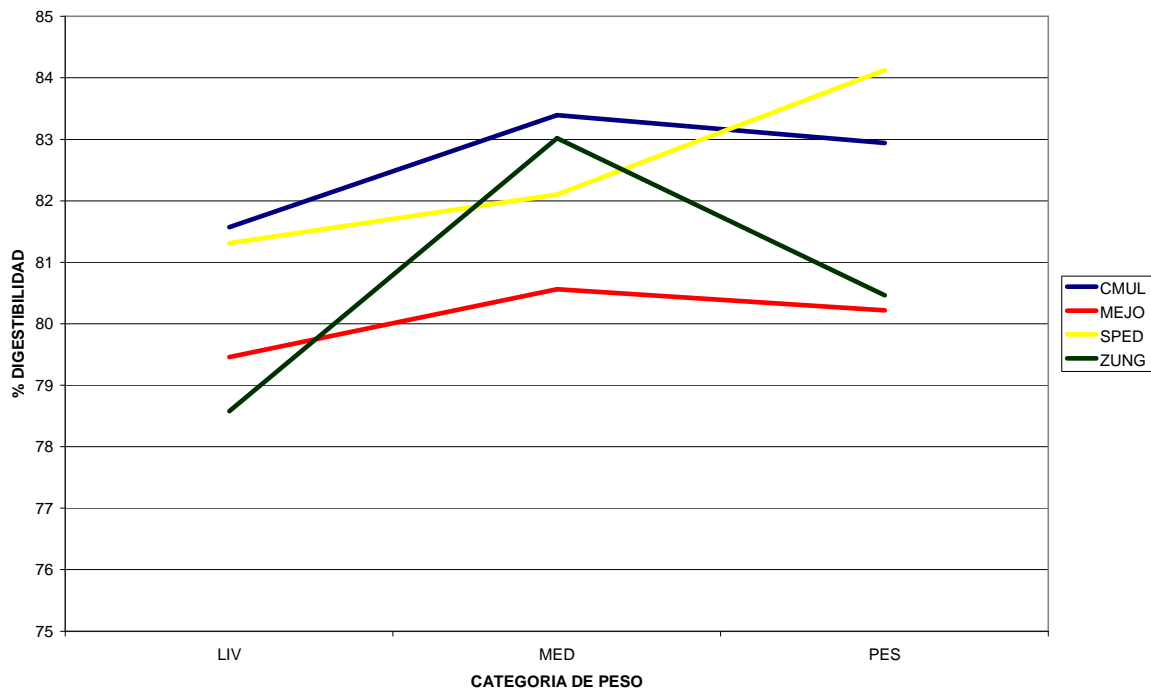


Grafico 13. Interacción PESOI*RAZA en la digestibilidad fecal aparente de la Energía



En el grafico 13 ya se observa el comportamiento de la digestibilidad de la energía dentro de la interacción con la tendencia de los animales de la raza Zungo continua de igual manera con una mayor digestibilidad en la categoría de los animales de mediano con un 83,02% peso comparándolo con los animales de bajo y alto peso inicial. En esta variable los animales de raza Casco de Mula y San Pedreño y en las tres categorías de peso mantienen su marcada superioridad con relación a los animales de razas Mejorada.

6.8.2 Interacción PESOI*PERIODO

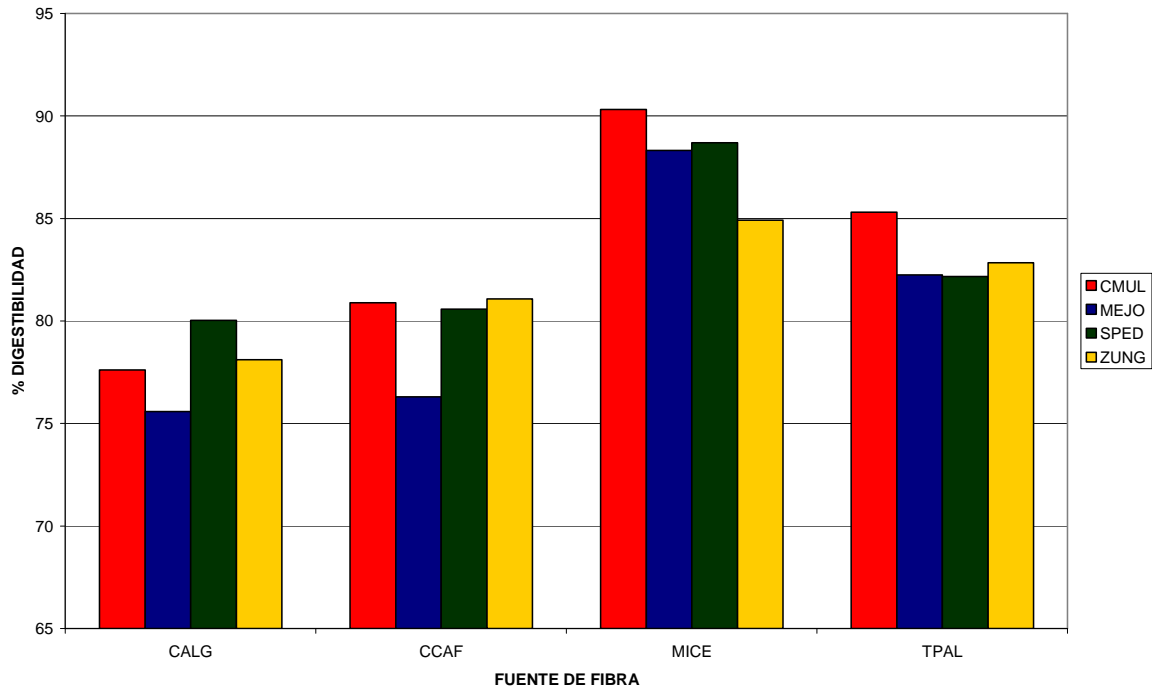
En esta interacción no se encontraron diferencias significativas en ninguna de las variables en estudio por lo tanto no será objeto de análisis.

6.8.3 Interacción RAZA*FIBRA

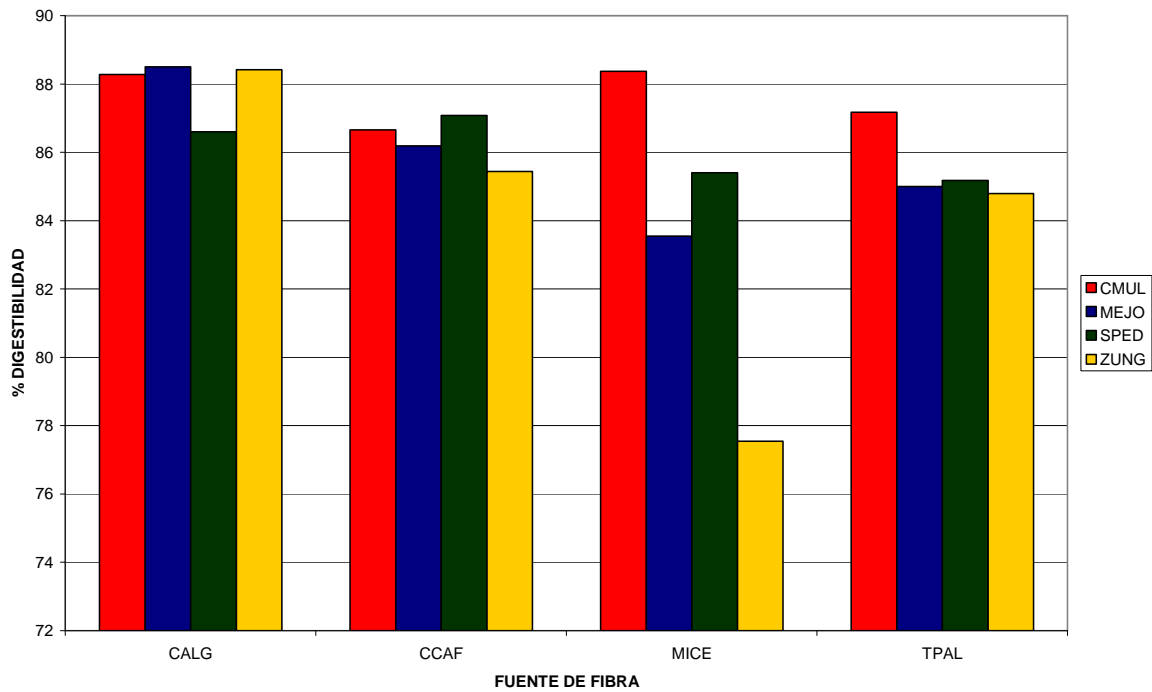
En esta interacción no se encontraron diferencias significativas aunque por estar involucrado dos efectos de importancias (RAZA y FIBRA) se considera que hay ciertas tendencias de importancia sobre todo a nivel de industria porcina que podrían tenerse en cuenta en futuros trabajos de investigación.

En el grafico 14 se puede analizar la digestibilidad de la MS en esta interacción y aunque no se hayan presentado diferencias estadísticas significativas se puede indicar que el Micelio como fuente de fibra es el ingrediente con mejor nivel de digestibilidad en todas las razas seguido de la Torta de Palmiste y este comportamiento se repite en la mayoría las variables. Es interesante observar como la raza comercial presento los menores niveles de digestibilidad con relación a las otras razas en evaluación para los ingredientes como Cascarilla de Algodón y Cascarilla de Café, de otra parte se evidencia la superioridad de la raza Casco de Mula al utilizar fuentes de fibra como Micelio Seco y Torta de Palmiste.

Grafico 14. Interacción RAZA*FIBRA para la digestibilidad fecal aparente de la MS



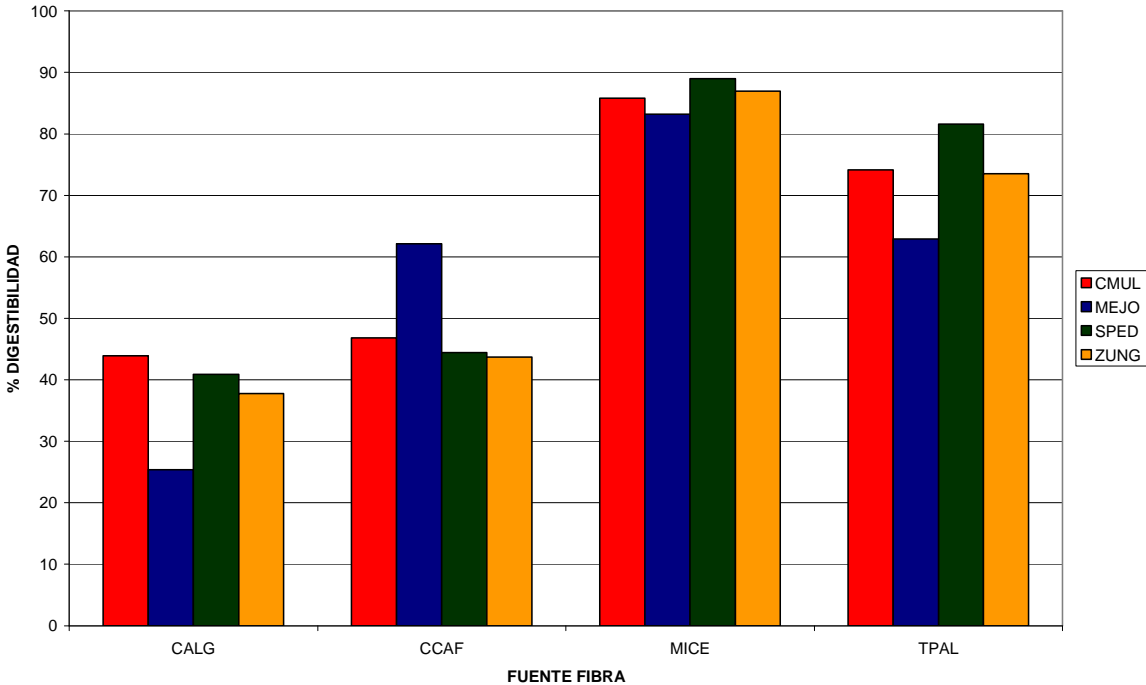
Grafica 15. Interacción RAZA*FIBRA en la digestibilidad fecal aparente de la proteína.



En la digestibilidad de la proteína dentro de la interacción el comportamiento de las raza es muy variable y se observa como en dietas con Micelio y Torta de Palmiste la raza Casco de Mula presento los porcentajes más altos con 88,37% y 87,17% respectivamente, entre tanto en dietas con Cascarilla de algodón y Cascarilla de Café el comportamiento de las cuatro razas fue mas homogéneo con digestibilidades para todos por encima del 85%.

La raza Zungo durante este trabajo fue la raza que presento los niveles de digestibilidad de proteína mas bajos en las dietas con Cascarilla de Café, Micelio y Torta de Palmiste. Grafica 15

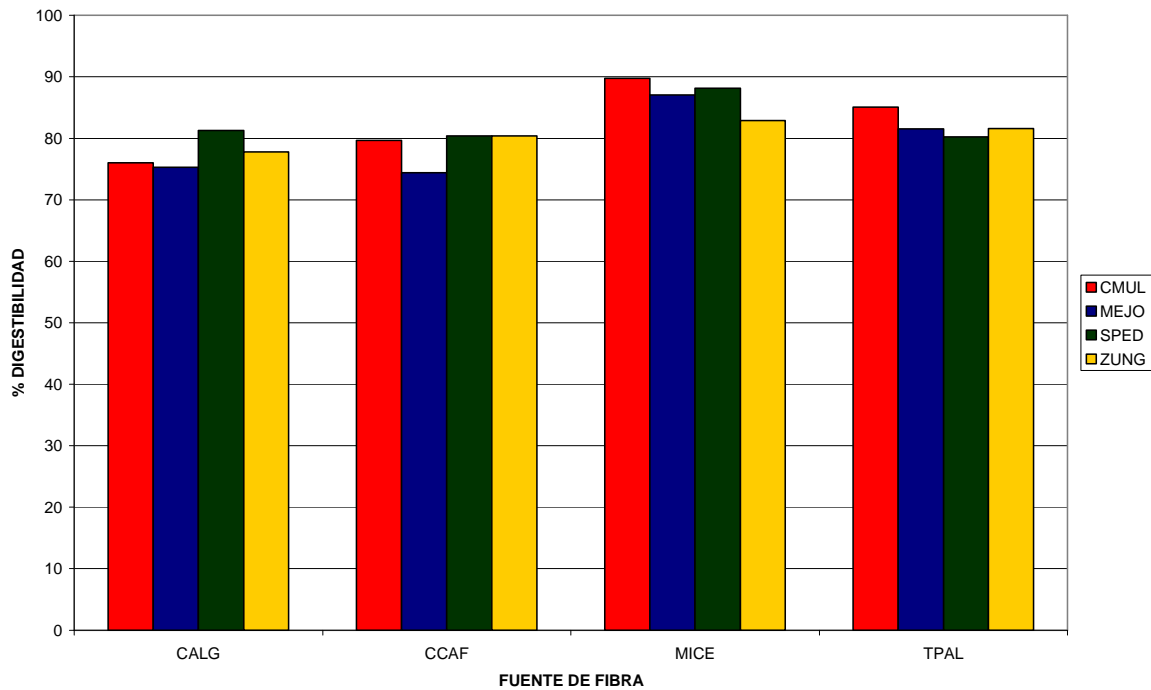
Grafico 16. Interacción RAZA*FIBRA en la digestibilidad fecal aparente del FDN



Las dietas con cascarilla de algodón y cascarilla de café se caracterizaron por generar las menores digestibilidades de FDN en las cuatro razas comparándolas con las otras dos fuentes de fibras con porcentajes por debajo del 46% excepto la raza mejorada que obtuvo una digestibilidad del 62% en las dietas con cascarilla de café. De otro lado las dietas con Micelio y Torta de Palmiste mantuvieron digestibilidades por encima del 63% en las cuatro razas aunque se destacan las

razas criollas con respecto a la mejorada por presentar valores superiores a 85% con Micelio y 73% con Torta de Palmiste ver grafico 16.

Grafico 17. Interacción RAZA*FIBRA en la digestibilidad fecal aparente de la Energía.



La digestibilidad fecal aparente de la energía dentro de la interacción no muestra marcadas diferencias con dentro de las diferentes fuentes de fibra dentro de las dietas ni en las razas, aunque el Micelio y la Torta de Palmiste mantuvieron niveles para las cuatro razas por encima del 80% destacándose la raza Casco de Mula como la que presentó los mejores resultados con 89,79% para dietas con Micelio y 85,08% para dietas con Torta de Palmiste. Ver grafico 17.

Cabe anotar que en las dietas con cascarilla de algodón y cascarilla de café las razas criollas presentaron un comportamiento en la digestibilidad de la energía superior a la raza comercial.

6.9 Correlaciones

Tabla 18. Coeficientes de Correlación para las variables de análisis

	DFAMS	DFAMO	DFAPROT	DFAEE	DFAFDN	DFAFDA	DFAFDT	DFAENERG	DFAALMD	PGAS
DFAMS	1,000									
DFAMO	0,96**	1,000								
DFAPROT	0,05	-0,05	1,000							
DFAEE	-0,24	-0,29*	0,54**	1,000						
DFAFDN	0,76**	0,78**	-0,32*	-0,38**	1,000					
DFAFDA	0,78**	0,77**	-0,31*	-0,22	0,87**	1,000				
DFAFDT	0,80**	0,82**	-0,31*	-0,39**	0,95**	0,86**	1,000			
DFAENERG	0,96**	0,93**	0,15	-0,17	0,64**	0,67**	0,68**	1,000		
DFAALMID	0,70**	0,66**	0,22	-0,28	0,20	0,25	0,25	0,75**	1,000	
PGAS	0,76**	0,82**	-0,37**	-0,53**	0,72**	0,71**	0,73**	0,71**	0,52**	1,000

* Probabilidades entre 0,01 y 0,05

** Probabilidades < 0,01

Se determino la matriz de correlación entre todos los índices de digestibilidad estudiados e incluyendo la variable de producción de gas y se observa como hay una interdependencia positiva altamente significativa ($P < 0,01$) de esta variable con la mayoría de los índices de digestibilidad analizados, excepto en la digestibilidad de proteína y extracto etéreo cuya interdependencia es negativa.

La digestibilidad del almidón no presento interdependencia con las digestibilidades de proteína, extracto etéreo, FDN, FDA y FDT situación completamente explicable si se tiene en cuenta que los procesos metabólicos en los que se encuentran implicados los almidones son completamente diferentes a los otros nutrientes.

La digestibilidad de la materia seca no presenta interdependencia con la digestibilidad de la proteína y extracto etéreo, situación que se presenta de igual manera para la digestibilidad de la energía.

7. DISCUSION

La composición bromatológica de las cuatro fuentes de fibra en las dietas mostraron unos niveles de FDN muy variables con porcentajes de 52,02% para Micelio, 73,52% para Torta de Palmiste, 85,7% para Cascarilla de Algodón y 84,46% para Cascarilla de Café, en el caso de Micelio Seco Sucromiles S.A. 2006 reporta valores mas bajos de FDN con 47,6% pero hace la salvedad de que los análisis de fibra cruda o Van Soest no son los indicados para este material dado que la estructura de su pared celular es completamente diferente a la de las plantas y sugieren hacer análisis diferentes para determinar los contenidos de quitinas b-glucanos y Pectinas, Sucromiles S.A. reporta valores para estos componentes en la pared celular del hongo de 31,8%, 68,2% y 7,5% respectivamente. Esta situación es completamente coincidente cuando comprobamos el contenido de fibra dietética soluble (FDS) del 21,54% cifra muy superior a los encontrados en T. Palmiste, C. Café y C. Algodón. Para las otras tres fuentes de fibra Italcol de Occidente Ltda. 2007 reporta también valores muy similares de FDN con contenidos de 69,51% para Torta de Palmiste, 87,71 para Cascarilla de Algodón y 75% para Cascarilla de Café; Si observamos los niveles de FDA en las tres fuentes de fibra de origen vegetal, 46,29% para Torta de Palmiste, 55,68 para Cascarilla de Algodón y 62,78% para Cascarilla de Café, Italcol de Occidente Ltda., reporta niveles más bajos para Torta de Palmiste pero un nivel de 16,95 puntos porcentuales por encima para la Cascarilla de Algodón, en el caso de la Cascarilla de Café no hay reporte.

El Micelio Seco y Torta de Palmiste mostraron los más altos niveles de proteína con valores de 14,23% y 17,15% comparativamente con los obtenidos por la C. Algodón y C. Café de 4,59% y 3,42% respectivamente información que coincide con lo reportado por Sucromiles S.A. 2006 en el caso del Micelio, sin embargo con

diferencias por los reportado por Itacol de Occidente Ltda. 2007 con niveles más bajos para T. Palmiste pero más altos para C. Algodón. C. Café.

Para la digestibilidad fecal aparente de los diferentes nutrientes se encontró que las dietas con Micelio Seco como fuente de fibra presento los valores mas altos mostrando digestibilidades de 88,06% para MS, 94,60% para MO, 86,24% para FDN, 82,57% para FDA, 84,37% para FDT, 86,96% para energía bruta y 96,49% para almidones, el segundo lugar ocupado por la Torta de Palmiste y se hallo que las dietas con C. Café presentaron los valores mas bajos para esta mismas variables. Estos datos al ser cotejados con las determinaciones de la tasa de fermentación mediante la técnica de jeringas mantuvo el mismo orden, entre tanto para las digestibilidades in Vitro realizados en el transcurso de este mismo trabajo se encontró que la tendencia del Micelio es igual al obtener un 71,61% de digestibilidad, sin embargo llama la atención que el segundo lugar lo ocupo las dietas con C. Algodón con 70,90%, mientras que la T. Palmiste presento el nivel mas bajo con 60,05%.

Para la digestibilidad de la proteína curiosamente son las dietas con Micelio los que presentaron los niveles mas bajos con 83,72% y si lo correlacionamos con la producción de gas mediante la técnica de jeringas se puede indicar que en la heces habrá una mayor población microbiana que mediante análisis de nitrógeno calculado se tomaría como nitrógeno excretado y no digerido por el animal.

Low, 1985 citado por Ly, et al 1995 afirman que en general la fibra cruda o los componentes de la pared celular vegetal son los responsables en la disminución de la digestibilidad de diferentes nutrientes presentes en los alimentos, sin embargo Rodríguez y Figueroa 2000, citados por Botero 2004 concluyen que es la naturaleza fibra la que influye sobre la digestibilidad, debido quizás por el tipo de enlace y asociación que se establece en la fibra con el nitrógeno.

Leterme et al, 1998 demostró que la celulosa de la madera incorporada en dietas libres de proteína no afecta las pérdidas endógenas de proteína, esta situación explica de igual manera como las dietas con T. Palmiste, C. Café y C. Algodón de origen vegetal y con celulosa, presentaron los niveles más altos de digestibilidad en Proteína que las dietas con Micelio Seco.

Lai y Rodríguez, 1998 determinaron digestibilidad fecal de MS y proteína en dietas utilizando recursos forrajeros en Vietnam obteniendo resultados similares a los encontrados con digestibilidades en MS de 87% y 86% en dietas con arbustos forrajeros y hojas ensiladas de cassava respectivamente sin embargo las digestibilidades de proteína estuvieron en el orden de 61,7 y 64,5% respectivamente resultados muy inferiores obtenidos en este trabajo para las diferentes fuentes de fibra las cuales se mantuvieron por encima del 80%. La digestibilidad fecal de las proteínas no refleja bien su digestibilidad real, el intestino grueso no puede absorber aminoácidos, además la microflora va a fermentar los componentes alimenticios no digeribles y a cambiar la cantidad y el perfil de aminoácidos Leterme, 2002, citado por Botero 2004, es por ello que se sugiere medir digestibilidad a nivel ileal.

Trejo 2005 en un experimento utilizando 25% de *Panicum maximum* seco en dietas para cerdos de 40 kg con unos niveles de proteína del 12,5% y de fibra cruda del 8,32% encontró unas digestibilidades fecales aparente en MS, proteína y FDN de 75,8%, 74,55% y 48,75% cifras ya muy cercanas a las obtenidas en dietas con Cascarilla de Algodón y Cascarilla de Café.

Son muchos los trabajos de investigación donde han utilizado gran variedad de fuentes de fibra y diferentes niveles de inclusión sin embargo no se encontró ensayos donde hayan utilizado los mismos materiales presentes en este trabajo de investigación por lo tanto se hará la discusión en base a los resultados encontrados en base a la inclusión de materiales con altos niveles de fibra.

Ly, 1995 manifiesta que la inclusión creciente de una fuente de fibra y/o los niveles porcentuales de este nutriente en las dieta de los cerdos determina una caída en la digestibilidad de los distintos nutrientes de los alimentos, fenómeno que demostró al suministrar dietas con niveles crecientes de FDN iniciando con 12,3% (0% de inclusión de harina de caña) y finalizando con 42,3% (60% de inclusión de harina de caña), decreciendo los niveles de digestibilidad con diferencias significativas para contenido celular con porcentajes de 67,75% para materia orgánica (60% de inclusión de harina de caña) mientras que para las digestibilidades de las fracciones de pared celular donde los niveles de digestibilidad para la FDN estuvieron entre 45% y 50% no se encontraron diferencias significativas en los diferentes niveles de inclusión de harina de caña y son resultados muy cercanos a los obtenidos en este trabajo. Ly y Dieguez 1995, en otro experimento donde se utilizaron dietas con bajo (3,78% de fibra cruda) y alto (11,3% de fibra cruda) nivel de fibra en cerdos criollos encontraron resultados mas ajustados numéricamente pero con la misma tendencia a la disminución de las digestibilidades de los nutrientes es así como obtuvieron valores de 93,8% y 82,4% para materia seca, 95,2% y 83,1% para materia orgánica, 88,9% y 66,6% para proteína y 94,3% y 82,9% para energía en bajo y alto nivel de fibra respectivamente. Resultados que coinciden con la premisa de la disminución los porcentajes de digestibilidad teniendo en cuenta que se manejaron niveles de FDN en el primer periodo de experimentación entre 12% y 14% y en el cuarto periodo de experimentación entre 23% y 33% sin embargo las diferencias numéricas son mas coincidentes con el segundo experimento cuando se mantuvieron digestibilidades en todos los periodos experimentales por encima del 80% en materia seca, materia orgánica y energía, ya en la digestibilidad de la proteína no concuerdan los resultados porque en este caso en particular las digestibilidades se mantuvieron en el orden de 80% sin importar el nivel de inclusión aunque estadísticamente se hayan presentado diferencias significativas.

González, et al 2000 determino la digestibilidad de nutrientes en dietas utilizando follaje de yuca como fuente de fibra, utilizando cerdos en etapa de levante y

niveles de FDN y proteína en dieta 22,35% y 14,54% respectivamente para dietas sin follaje de yuca y 28,10% y 19,23% respectivamente con inclusión del 30% en la dieta. Las dietas con inclusión de 30% de follaje muestran unos valores porcentuales de los diferentes nutrientes muy cercanos a los utilizados en las dietas del cuarto periodo experimental del presente trabajo. Los resultados de digestibilidad de nutrientes muestra claramente como decrece a medida que se incrementa los niveles de FDN con digestibilidades de 76,09% para materia seca, 63,43% para FDN y 69,13% para proteína en las dietas con el 30% de follaje de yuca situación que se acerca con los resultados de digestibilidad del 80,61% para materia seca, 69,25% de FDN sin embargo difiere con la digestibilidad de la proteína que coincidentalmente se repite con otros trabajos siendo significativamente superior con los materiales utilizados en este trabajo de investigación.

De acuerdo a las conclusiones de varios trabajos realizados especialmente con cerdos criollos en Cuba no hay evidencia contundente en que estos manifiesten una habilidad ventajosa en la digestión de dietas con altos niveles de fibra, en cambio se evidencia un marcado aprovechamiento de la fracción lipídica considerablemente mas alta en los cerdos criollos y en contraste con un mejor nivel de digestibilidad de la fracción proteica en los cerdos mejorados estas afirmación se demostraron cuando Ly y Dieguez 1995 añadieron un 25% de Bejuco de boniato a una dieta básica de miel B de caña de azúcar y harina de soya para alimentar cerdos especializados y cerdos criollos cubanos, no hallaron un efecto marcado del genotipo en cuanto a la habilidad de los animales para digerir eficientemente con una alta proporción de fibras, mostrando como los cerdos especializados mostraron valores superiores en la digestibilidad de la materia seca, energía, la fibra cruda y el nitrógeno con porcentajes de 88,8%, 89,9%, 72,2% y 78% respectivamente comparándolos con el 87,3%, 88,1%, 71,5% y 75,9% respectivamente obtenidos por los cerdos criollos cubanos. Nuevamente Ly y Dieguez 1998 compararon la digestión de dietas altas en fibra basadas en harina de follaje de plátano y mieles enriquecidas de caña de azúcar

entre cerdos criollos cubanos y cerdos especializados y de acuerdo a los resultados obtenidos, la digestibilidad fecal aparente de la materia seca, materia orgánica, energía, FDN, FDA y proteína fue menor en los cerdos criollos que en los cerdos especializados con diferencias de 5,9, 5,7, 5,3, 10, 19,8, 11,8 puntos porcentuales respectivamente a favor de los cerdos mejorados, nuevamente concluyeron la no evidencia de una mejor habilidad en la digestibilidad de nutrientes de los cerdos criollos. Los resultados de estos dos experimentos contrastan con los de este trabajo en la digestibilidad de la materia seca y proteína donde se presentaron diferencias significativas a favor de las razas criollas colombianas particularmente el Casco de Mula. Ya en las digestibilidades de las fracciones de fibra no se presentaron diferencias significativas, sin embargo continúan las razas locales superando a la mejorada.

La habilidad que pudiese tener las razas criollas en la digestión de la grasa dietética también fue estudiada y es así como Ly et al 1999 evaluó dietas con un contenido relativamente alto y bajo de extracto etéreo y de acuerdo a los resultados obtenidos los cerdos criollos mostraron una mayor digestibilidad de la grasa cruda con un nivel de 71,5% contra el 62,4% mostrado por los cerdos mejorados. Ly et al 2000 realizaron un experimento con el objetivo de evaluar el efecto del Palmiche y comparar la habilidad digestiva y el balance de nitrógeno de los cerdos criollos con animales de raza mejorada. Al comparar los dos genotipos se encontró que la digestibilidad fecal del extracto etéreo fue considerablemente mayor en los cerdos criollos con 71,5%, que en los cerdos mejorados con 62,4%. Pero la influencia del genotipo no fue evidente en ninguno de los otros índices de digestibilidad medidos. Para el caso de la digestibilidad del extracto etéreo los resultados coinciden al no presentarse para este trabajo de investigación diferencias significativas y los cerdos criollos colombianos superando al mejorado, destandose nuevamente la raza Casco de Mula seguido por el Zungo.

Trejo 2005 en un experimento utilizando dietas con maíz una gramínea *Panicum maximum* como fuente de fibra, comparo las digestibilidades de materia seca,

FDN y proteína cruda entre el cerdo criollo Mexicano y cerdos mejorado encontrando de igual manera que no se hallaron diferencias entre las dos razas pero a comparación de los trabajos realizados en Cuba, el cerdo criollo Mexicano presento una ligera superioridad en la digestibilidad de materia seca con 75,8%, FDN con 45,9% y proteína cruda con 74,9% con respecto a los mejorados con 75,1%, 48% y 74,2% respectivamente, a pesar de presentar resultados por debajo a los obtenidos resulto coincidir con el hecho de manifestar una ventaja del cerdo Pelon Mexicano que es equivalente al cerdo Zungo Colombiano sobre las razas mejoradas.

Lai y Rodríguez 1998 al comparar cerdos Mong cai y Large White alimentados con fuentes de fibra locales no encontraron diferencias entre las razas pero si hubo una mayor digestibilidad de la materia seca en los cerdos Mong cai con 87,2% que en los cerdos Large White con 85,8%, sin embargo para digestibilidades fecales de proteina fue superior los animales mejorados con 64,5% con respecto a los cerdos Mong cai con 61,7%.

Ly et al 2003 en un experimento alimentando cerdos Mong cai y Large White de 20 kg de peso con dietas altas en fibra basadas en salvado de trigo y de acuerdo a los resultados observados no se evidencio diferencias significativas para la digestibilidad de la materia orgánica, las digestibilidades de FDN y fibra cruda según los autores fueron relativamente altos pero no significativos, con una ligera superioridad de los cerdos Mong cai sobre la raza mejorada con unas diferencias de 3,5 y 5 puntos porcentuales a favor del Mong cai. Ya en la digestibilidad de la proteina se presentaron diferencias significativas donde la raza mejorada presento una mejor digestibilidad con 84,65% con respecto al Mong cai con 78,6%.

8. CONCLUSIONES

Las cuatro fuentes de fibra en las dietas experimentales mostraron resultados altos en las digestibilidades fecales aparentes de materia seca, materia orgánica proteína, energía y almidones, aunque hay una marcada superioridad del Micelio y T. Palmiste.

Por las observaciones y los resultados de campo se recomienda no incorporar mas de 20% de Micelio seco en las dietas para evitar problemas de heces blandas y hasta un 15% de Cascarilla de Café y Cascarilla de Algodón ya que se puede manifestar estreñimiento en los animales, la Torta de Palmiste a pesar de tener un nivel de incorporación en la dieta del 53% para el cuarto periodo de experimentación, no presento ninguna situación que pudiese comprometer la salud de los animales que la consumieron.

El uso de Micelio en dietas con altos niveles de fibra posiblemente favorezca la fermentación de estas a nivel de intestino grueso sin embargo manifiesta un efecto negativo en la digestibilidad del extracto etéreo.

La Cascarilla de Café y Cascarilla de Algodón resultaron ser las fuentes de fibra en las dietas que presentaron una menor digestibilidad de FDN, FDA y FDT indicativo del menor aprovechamiento de estos nutrientes como fuente de energía para la alimentación de cerdos.

La prueba de fermentación en jeringas resulto ser un buen indicativo para la determinación de la capacidad de fermentación de dietas con altos niveles de fibra y con diferentes fuentes de fibras.

En términos de niveles de inclusión de altos niveles de fibra en las dietas se observó como a medida que se fue incrementando, las digestibilidades de los nutrientes fueron disminuyendo, si embargo considerando los altos niveles utilizados durante el transcurso de este trabajo los valores son muy interesantes y superan los reportados por la literatura inclusive cuando estas manejaron niveles de fibras más bajos.

A pesar de haber encontrado diferencias significativas en las digestibilidades en la materia seca, materia orgánica, proteína, FDA y energía, no hay un resultado contundente que manifieste un mayor aprovechamiento de los nutrientes por parte de los cerdos criollos colombianos con relación al desempeño de los cerdos mejorados, aunque mostraron una tendencia generalizada en obtener los valores de digestibilidades más altos.

Se reafirma el mejor aprovechamiento de la fracción de extracto etéreo por parte de las razas criollas reportados por otros autores.

Dentro de las razas evaluadas se destacan la Casco de Mula y la San Pedroño por haber manifestado en la mayoría de las fracciones de nutrientes los mejores resultados en la digestibilidad fecal aparente.

No se encontró una diferencia visible en la capacidad de digestión de los nutrientes en el efecto de peso inicial de los animales.

9. RECOMENDACIONES

Por los resultados obtenidos en las dietas con Micelio como fuente de fibra se debe continuar con el estudio de este ingrediente realizando pruebas de digestibilidades ileales y mezcla asociada a otras fuentes de fibra preferiblemente de origen vegetal.

Se debe desarrollar un trabajo con animales en fase de engorde con el propósito de establecer posibles diferencias entre razas en sistemas digestivos mas desarrollados.

De manera alterna es importante trabajar en el conocimiento de la colonización, tipo y formar de acción de las poblaciones microbianas dentro del tracto gastrointestinal del cerdo que facilitan los procesos fermentativos.

Continuar con nuevas investigaciones que permitan desarrollar e implementar estrategias para darle importancia a la conservación y utilización de los recursos zogeneticos es pos de que sean económicamente viables a nivel rural e industrial.

10. FINANCIACION

La investigación hace parte del programa de **“CARACTERIZACION DE RECURSOS ZOOGENETICOS CON FINES DE CONSERVACION Y UTILIZACION”** y esta financiado por DIPAL (División de investigación de la Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira. Mediante código No 06CGC0001 y código Quipu 2020100476.

11. BIBLIOGRAFIA

Abeledo, C., Santana, I., Perez, I., Brache, F., (2004). Rasgos de comportamiento y canal de cerdos Criollo y CC21 alimentados con palmiche como unica fuente de energia. Revista computarizada de produccion porcina. Vol 11(2): 96-104.

Aiple, K.P.; Steingass, H. and Menke, K.H. (1992) Suitability of a buffered faecal suspensión as the inoculum in the Hohenheim gas test. En: Journal of Animal Nutrition. Vol 67; p 57-66.

Benítez, W. (2000). Los cerdos criollos en America Latina. En: Los cerdos locales en los sistemas de producción tradicionales. Estudio FAO producción y sanidad animal 148. 191p.

Botero, J.M. (2004) Valor nutricional de forrajes arbustivos para cerdas adultas. Tesis de la Maestría en Ciencias Agrarias énfasis Producción Animal Tropical. Universidad Nacional de Colombia, Palmira.

Boudry, C, (2003). Interest of in vitro pre-digestion to estimate fermentability of feedstuffs in pig large intestine. En: 9 international Symposium on Digestive Physiology in Pigs. Banff. Canada Vol 2; p 49-51-

Cone, J.W.; Van Gelder, A.H. and Driehuis, F. (1997) Description of gas production profiles with a tree phasic model. En: Animal Feed Science and Technology. Vol. 66; p 31-45.

Cone, J.W.; Van Gelder, A.H. and Bachmann, H. (2000) Influence of inoculo source, dilution and storage of rumen fluid on gas production profiles. An EAAP Satellite Symposium: Gas production: Fermentation kinetics for feed evaluation and assess microbial activity. Wageningen International Conference Centre. Wageningen. The Netherlands. p 15-16.

Cone, John W., et al. (2002) Comparison of organic matter degradation in several feedstuffs in the rumen as determined with the nylon bag and gas production techniques. En: Animal Feed Science and Technology. Vol. 96; p 55-67.

Colombia. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. 2002. Situación de los Recursos Zoogenéticos en Colombia. Bogotá, 119 p.

Delgado, J.V., Vega, J.L., Barba, C., Martinez, A., Zamorano, M. (1998). Caracterización Morfológica y genéticas de las variedades del tronco Iberico. Solo Cerdo Iberico (Madrid), 1: 27-44.

Dung, N. (2002). Tropical fibre source for pigs digestibility, digesta retention and estimation of fibre digestibility in Vitro. Animal Feed Science and Tecnology. 102:109-124

Getachew, G., et al. (1998). In vitro gas measuring techniques for assessment of nutritional quality of feeds: a review. En: Animal Feed Science and Technology. Vol 72 ; 261-281.

Gonzalez, D., A., Gonzalez, C., Diaz, I., Ly, J., Vecchionacce, H., (2000). Determinación de la digestibilidad de nutrientes de dietas de follaje de yuca amarga (*Manihot esculenta* Crantz) y aceite de palma en cerdos. Tesis. Universidad Central de Venezuela. Maracay. Venezuela.

Gómez, M. (2002). Bore Alocacia macrorrhiza (linneo) Schott, una especie con potencial para la agroferreteria pecuaria. Tres especies vegetales promisorias, Nacedero, Trichanthera gigantea, Boton de oro, Tithonia diversifolia y Bore, Alocacia macrorrhiza. Cali (Colombia), p 13.25.

Guillon, F.;Renard, C; Hospers, J. Thibault, J. And Barry, J. (1995). Characterization of residual fibres from fermentation of pea and apple fibres by human faecal bacteria. J Sci. Food Agric. 68:521-529.

Groot, J.C.J. et al. (1996) Multiphasic analysis of gas production kinetics for in vitro fermentation of ruminant feed. En: Animal Feed Science and Technology. Vol 64; p 77-89.

Jensen. B.B., (2001). Possible way of modifying type and amount of products from microbial fermentation in the gut. The Nottingham University press, Nottingham, pp. 274-291.

Jin, L., Reynolds, L., Redner, D., Caton, U., Crenshaw, J. (1994). Effects of dietary fiber on intestinal growth, cell proliferation and morphology in growing pigs. Journal of Animal Science 72: 2270-2278.

Jones, R.J. and Barnes, P. (1996) In vitro digestibility assessment of tropical shrub legumes using rumen fluid or faecal fluid as the inoculum source. En: Tropical grassland. Vol. 30; p 374-377.

Langlois, A., Corring, T., Fevrierc., (1987). Effect of Wheat Bran on exocrine Pancreas secretion in the Pig. Reprod. Nutr. Dev. 27, 929-939.

Letterme, P., Leeuwen, P., Thewis, A., Huisman, J., (1996). Chemical composition of pea inner fibre isolates and their effect on the endogenous digestive secretions in pig. J. Agric. Food. 72.127-134.

Letterme, P., Froidmond, E., Rossi, F., Thewis, A. (1998). The high water-holding capacity of pea inner febres affect the ileal flow of endogenous amino acid in pigs, J. Agic. Food. Chem. 46. 1927-7934.

Letterme, P., Estrada, F. (2006). Analisis de los alimentos y forrajes destinados a los animales. Notas de Laboratorio. Universidad Nacional de Colombia. Sede Palmira. 79 p.

Lai, V., N., Rodríguez, L., 1998. Digestión and N metabolism in Mong Cai and Large White pigs having free access to sugar caine juice or ensiled cassava root supplemented with duckweed or ensiled cassave leaves. Livestock Research for Rural Development. Vol 10(2).

Ly, J. (1995). Harina de caña biotransformada (Saccharina) en dietas para cerdos. Digestion de la pared celular e indices fermentativos fecales. Instituto de Investigaciones Porcinas. La Habana. Cuba.

Ly, J. (2000). Una reseña corta sobre los procesos digestivos en el cerdo criollo cubano. Revista Cubana de Ciencias Agrícolas, 34: 185-192.

Ly, J., Dieguez, F.J., (1995). Utilización digestiva de dietas de miel B y altos niveles de fibra en cerdo criollo y CC21. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal, 3: 27-36.

Ly, J., Dieguez, F.J., Martinez, R.M., Garcia, A. (1998). Digestión of a diet very high in fibre in Cuban Creole Pigs. Animal Feed Science and Technology. 72: 397-402

Ly, J. Santana, I., Macias, M. (2000). Estudios de digestibilidad de palmiche en cerdos criollos cubanos. Revista Cubana de Ciencia Agrícola. 34:315-322.

Mauricio, R.M. et al. (2001) Comparison of bovine rumen liquor and bovine faeces as inoculum for an in Vitro gas production technique for evaluating forages En: Animal Feed Science and Technology. Vol 89; p 33-48.

Ly, J., Ty, C., Samkol, P. (2003). N balance studies in young Mong Cai and Large White pigs fed high fibre diets based on wheat bran. Livestock Research of Rural Development. 15(1).

Menke, K.H. and Steingass, H. (1988) Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and in vitro gas production using rumen fluid. En: Anim. Rev. Dev. Vol 28; p 7-55.

Menke, K.H. et al. (1979) The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feeding stuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor in Vitro. En: J. Agric. Sci. Camb. Vol 93; p 217- 222.

Pendong, A., Barbi, J.H.T., Owen, E., Deaville, E.R. (1996). Prediction of in vitro digestibility of forages using in vitro techniques; comparison of the two – Tilley y Terry method with a gas production method. British Society of Animal Science.

Rodríguez , P., Garcia, J & De Blass, C. (1999) Fibra soluble y su composición en nutrición animal: Enzimas y probióticos. Avances en nutrición y alimentación animal. Tomado de www.fedna.com/avances/fibra/nutrianimal.html .

Ruiz, M. A. (2005) Desarrollo de una metodología in vitro para estimar la tasa de fermentación de los forrajes en el intestino grueso del cerdo. Tesis de la Maestría en Ciencias Agrarias énfasis Producción Animal Tropical. Universidad Nacional de Colombia, Palmira, 2005.

Santana, I., Garcia, A., Abeledo, C. M., Macias, M. (2006). Evaluación de distintos factores que influyen en la ceba de cerdos Criollo Cubano. Revista computarizada de Producción Porcina. 13: 65-71.

Soler, L. (1998). La fibra alimentaria (y II). Metabolismo implicaciones fisiológicas. Medicina Clinica. 110:32-37.

Souffrant, W.B. (2001). Effect of dietary fibre on ileal digestibility and endogenous nitrogen losses in the pig. Animal Feed Science and Technology. 90: 93-102.

Trejo, W., (2005). Strategies to improve the use of limited nutrient resources in pig production in the tropics. Journal of agriculture and Rural development in the tropics and subtropics. Supplement 85.

Varel, V & Yen, G. (1997) Microbial perspective on fiber utilization by Swine. Journal Animal Science. 75:2715-2722.

Wenk, C. (2001). The role of dietary fibre in the digestive physiology of the pig. Animal Free Science and Tecnology. 90. pag. 21-23.

Williams, B.A.; Taminga, S. and Vertegen, M.W.A. (2000) Fermentation kinetics to assess microbial activity of gastro intestinal microflora. An EAAP Satellite Symposium: Gas Production: Fermentation kinetics for feed evaluation and assess microbial activity. Wageningen International Conference Centre. Wageningen. The Netherlands. p 97-100.

Zebrowska, T., Low, A.G., Zebrowska, H. (1983). Studies on gastric digestion of protein and carbohydrate, gastric secretion and exocrine pancreatic in the growing pig. Br. J. Nutr. 49, 401-410.

12. ANEXOS

Anexo 1. Análisis de varianza para Materia Seca

Fuente de Variación	DF	CM	Pr > F	S
PESOI	2	17,79	0,0139	*
RAZA	3	16,79	0,0095	**
PESOI*RAZA	6	3,93	0,3399	NS
PERIODO	3	43,26	0,0003	**
PESOI*PERIODO	6	4,29	0,2652	NS
FIBRA	3	235,53	<,0001	**
RAZA*FIBRA	6	1,78	0,7586	NS

S: Significancia

NS: No significativo

* Probabilidades entre 0,01 y 0,05

** Probabilidades < 0,01

Anexo 2. Análisis de varianza para Materia Orgánica

Fuente de Variación	DF	CM	Pr > F	S
PESOI	2	4,13	0,2813	NS
RAZA	3	13,51	0,0172	*
PESOI*RAZA	6	5,62	0,1464	NS
PERIODO	3	49,33	0,0001	**
PESOI*PERIODO	6	2,86	0,4600	NS
FIBRA	3	302,24	<,0001	**
RAZA*FIBRA	6	3,24	0,4163	NS

S: Significancia

NS: No significativo

* Probabilidades entre 0,01 y 0,05

** Probabilidades < 0,01

Anexo 3. Análisis de varianza para Proteína

Fuente de Variación	DF	CM	Pr > F	S
PESOI	2	30,61	0,0373	*
RAZA	3	25,72	0,0428	*
PESOI*RAZA	6	21,96	0,0400	*
PERIODO	3	40,05	0,0167	*
PESOI*PERIODO	6	7,29	0,4564	NS
FIBRA	3	36,99	0,0129	*
RAZA*FIBRA	6	14,68	0,1346	NS

S: Significancia

NS: No significativo

* Probabilidades entre 0,01 y 0,05

** Probabilidades < 0,01

Anexo 4. Análisis de varianza para Extracto Etéreo

Fuente de Variación	DF	CM	Pr > F	S
PESOI	2	137,99	0,4960	NS
RAZA	3	231,86	0,3301	NS
PESOI*RAZA	6	103,33	0,7654	NS
PERIODO	3	209,50	0,3524	NS
PESOI*PERIODO	6	28,70	0,9595	NS
FIBRA	3	1480,47	0,0017	**
RAZA*FIBRA	6	63,40	0,9085	NS

S: Significancia

NS: No significativo

* Probabilidades entre 0,01 y 0,05

** Probabilidades < 0,01

Anexo 5. Análisis de varianza para FDN

Fuente de Variación	DF	CM	Pr > F	S
PESOI	2	37,96	0,6479	NS
RAZA	3	71,34	0,4922	NS
PESOI*RAZA	6	122,04	0,2599	NS
PERIODO	3	29,93	0,7090	NS
PESOI*PERIODO	6	13,28	0,9577	NS
FIBRA	3	5893,37	<,0001	**
RAZA*FIBRA	6	97,93	0,3776	NS

S: Significancia

NS: No significativo

* Probabilidades entre 0,01 y 0,05

** Probabilidades < 0,01

Anexo 6. Análisis de varianza para FDA

Fuente de Variación	DF	CM	Pr > F	S
PESOI	2	177,51	0,7348	NS
RAZA	3	2740,50	0,0129	*
PESOI*RAZA	6	844,69	0,2392	NS
PERIODO	3	742,05	0,2952	NS
PESOI*PERIODO	6	313,92	0,6982	NS
FIBRA	3	26468,62	<,0001	**
RAZA*FIBRA	6	754,41	0,2959	NS

S: Significancia

NS: No significativo

* Probabilidades entre 0,01 y 0,05

** Probabilidades < 0,01

Anexo 7. Análisis de varianza para FDT

Fuente de Variación	DF	CM	Pr > F	S
PESOI	2	13,85	0,6778	NS
RAZA	3	92,24	0,0820	NS
PESOI*RAZA	6	10,07	0,9338	NS
PERIODO	3	11,28	0,7276	NS
PESOI*PERIODO	6	30,86	0,4930	NS
FIBRA	3	6186,13	<,0001	**
RAZA*FIBRA	6	81,71	0,0778	NS

S: Significancia

NS: No significativo

* Probabilidades entre 0,01 y 0,05

** Probabilidades < 0,01

Anexo 8. Análisis de varianza para Energía

Fuente de Variación	DF	CM	Pr > F	S
PESOI	2	15,90	0,0300	*
RAZA	3	21,85	0,0057	**
PESOI*RAZA	6	5,20	0,2639	NS
PERIODO	3	131,69	<,0001	**
PESOI*PERIODO	6	8,17	0,1087	NS
FIBRA	3	203,90	<,0001	**
RAZA*FIBRA	6	1,79	0,8065	NS

S: Significancia

NS: No significativo

* Probabilidades entre 0,01 y 0,05

** Probabilidades < 0,01

Anexo 9. Análisis de varianza para Almidones

Fuente de Variación	DF	CM	Pr > F	S
PESOI	2	3,39	0,1025	NS
RAZA	3	3,38	0,0853	NS
PESOI*RAZA	6	1,47	0,3840	NS
PERIODO	3	14,78	0,0007	**
PESOI*PERIODO	6	0,38	0,8752	NS
FIBRA	3	18,79	<,0001	**
RAZA*FIBRA	6	0,85	0,6841	NS

S: Significancia

NS: No significativo

* Probabilidades entre 0,01 y 0,05

** Probabilidades < 0,01

Anexo 10. Análisis de varianza para Producción de Gas

Fuente de Variación	DF	CM	Pr > F	S
PESOI	2	3012,86	0,4722	NS
RAZA	3	10905,26	0,0689	NS
PESOI*RAZA	6	3099,26	0,5785	NS
PERIODO	3	2217,04	0,5721	NS
PESOI*PERIODO	6	1800,95	0,7578	NS
FIBRA	3	170892,12	<,0001	**
RAZA*FIBRA	6	1168,99	0,9261	NS

S: Significancia

NS: No significativo

* Probabilidades entre 0,01 y 0,05

** Probabilidades < 0,01

Anexo 11. Digestibilidad ileal in vitro de las dietas experimentales

	Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3	Periodo 4	Promedio
D 1 C. Café	67,68	65,92	64,89	55,46	63,48
D 2 Micelio	70,59	74,54	76,64	64,69	71,61
D 3 C. Algodon	69,68	75,11	73,85	65,03	70,90
D 4 T. Palmiste	64,75	64,30	55,64	55,52	60,05
Promedio	68,17	69,96	67,75	60,17	