

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**COMPORTAMIENTO DIGESTIVO DE
CERDOS PAMPA ROCHA EN LA ETAPA DE
CRECIMIENTO – TERMINACIÓN**

por

Pablo Andrés NAYA MONTEVERDE

**TESIS presentada como uno de
los requisitos para obtener el
título de Ingeniero Agrónomo.**

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2012**

Tesis aprobada por:

Director:

Ing. Agr. Nelson Barlocco

Antonio Vadell

Ing. Agr. Mariana Carriquiri

Fecha:

02 de octubre de 2012.

Autor:

Pablo Naya

AGRADECIMIENTOS

A quienes me ayudaron a comprender que la ciencia nunca es neutral
y que sólo tiene sentido si es una herramienta más
para mejorar las condiciones de vida de los más humildes.

A todos aquellos con quienes compartí el sueño de elaborar
un conjunto armónico de tecnologías que sirvieran a dicho fin.

A aquellos que descubrieron que en la cría de cerdos a nivel familiar,
ese objetivo sólo era posible, si se conjugaban
los conocimientos propios de los productores y el método científico;
y que era un requisito indispensable
que la Universidad y las organizaciones de productores
nos apropiáramos de toda la cadena de generación de conocimientos,
desde lo más básico a lo más concreto.

A los que a esto dedicaron años de su vida
y a los que se sumaron después, a los más jóvenes,
porque hacen posible la continuidad.

A todos los que con su enorme ayuda (y son muchos a los que debo mucho),
hicieron posible que esté aportando este trabajo a esa obra colectiva.

Pero también, y fundamentalmente, a aquellos que pelearon y pelean
por los mismos objetivos en otros frentes... cooperativos, gremiales, políticos.

A todos aquellos que resisten, de la forma que sea,
la implantación de un modelo concentrador
que amenaza terminar con la producción familiar en nuestro país.

Y fundamentalmente, a los criadores de cerdos Pampa,
a esos hombres tercos, solidarios y dignos,
que debieron soportar todo tipo de humillaciones
cuando el neoliberalismo era la religión hegemónica,
porque gracias a ellos, hoy esta genética existe.

Y si la producción familiar de cerdos desaparece,
con ella desaparecerá la raza Pampa, tal como la hemos conocido.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	ix
ABREVIATURAS UTILIZADAS.....	xii
I. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
II. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	5
A. EL CERDO CRIOLLO PAMPA.....	5
1. <u>Introducción</u>	5
2. <u>Características morfológicas de la raza Pampa Rocha</u>	7
3. <u>Orígenes de la raza Pampa Rocha</u>	7
4. <u>Rusticidad de los cerdos Pampa Rocha</u>	9
5. <u>Restricción de la ración balanceada a hembras Pampa Rocha gestantes bajo pastoreo</u>	11
6. <u>Comportamiento productivo de las madres Pampa Rocha</u>	12
7. <u>Baja incidencia de anestros en hembras Pampa Rocha e híbridas que incluyen Pampa Rocha</u>	13
8. <u>Longevidad de las madres Pampa Rocha</u>	14
9. <u>Comportamiento durante el destete y recría de genotipos que incluyen Pampa Rocha</u>	15
10. <u>Comportamiento en la etapa de terminación de genotipos que incluyen Pampa Rocha</u>	18
11. <u>Características de canal y calidad de carne en animales Pampa rocha y cruzamientos que incluyen Pampa Rocha</u>	20
12. <u>Morfometría del tracto gastrointestinal (TGI) de los cerdos Pampa Rocha</u>	24

13. <u>Capacidad de utilización del forraje por los cerdos</u>	
<u>Pampa Rocha</u>	25
B. EL COMPONENTE FIBRA DE LOS ALIMENTOS.....	27
1. <u>Los carbohidratos estructurales</u>	27
a. Composición; características y clasificación de los carbohidratos.....	27
b. Azúcares.....	28
c. Almidón.....	29
d. Polizacáridos no amiloideos (PNA).....	29
e. Celulosa.....	30
f. Hemicelulosa.....	30
g. Pectina.....	31
h. β -Glucanos.....	32
i. Arabinosilanos.....	32
j. La lignina.....	32
2. <u>Definición de fibra</u>	33
3. <u>Técnicas analíticas para la determinación de</u> <u>fracciones fibrosas</u>	34
a. Método Proximal de Weende.....	34
b. Método de Van Soest.....	37
4. <u>La fibra como alimento para el cerdo</u>	40
a. Particularidades del aparato digestivo del cerdo que afectan el aprovechamiento de alimentos con alto contenido de fibra.....	40
b. Utilización de fibra como alimento.....	41
c. Microflora intestinal.....	43
d. Sustrato y fermentación.....	46
e. Velocidad de tránsito de la digesta.....	52
f. Sitios de fermentación.....	54
g. Concentración intestinal de AGV.....	58
h. Absorción de AGV.....	58
i. Utilización energética de los AGV.....	60
j. Efecto del nivel y fuente de fibra sobre su utilización como alimento.....	63
5. <u>Efecto de la fibra sobre la digestibilidad de la</u> <u>dieta</u>	65

a. Generalidades.....	65
b. Efectos sobre la digestibilidad del contenido celular.....	66
c. Efectos sobre la digestibilidad de la pared celular.....	69
d. Efectos sobre la digestibilidad de la materia seca y la materia orgánica.....	70
e. Efecto sobre la utilización de la energía del alimento.....	71
f. Efecto sobre la cantidad de agua en heces.....	72
g. Interacciones entre niveles de consumo y nivel de fibra en el alimento.....	73
h. Efecto de la fuente de fibra sobre la digestibilidad.....	73
i. Efecto de la fibra a nivel de cada tramo del tracto gastrointestinal.....	74
j. Acostumbramiento a dietas fibrosas.....	76
k. Respuestas a nivel de patrón de consumo que interaccionan con la digestibilidad de alimentos en dietas ricas en fibra.....	77
6. <u>Relación entre el contenido de fibra de la dieta y el consumo</u>	77
7. <u>Relación entre el consumo de fibra y anatomía del tracto gastrointestinal</u>	80
8. <u>Efecto de la edad (o peso vivo) sobre la digestibilidad de alimentos con altos contenidos en fibra</u>	83
9. <u>Relación entre la inclusión de fibra en los alimentos y los parámetros productivos</u>	86
10. <u>Efectos de la utilización de alimentos fibrosos en alimentación de reproductores</u>	91
a. Alimentación de reemplazos.....	91
b. Sustitución de alimento concentrado en cerdas gestantes.....	92
c. La pastura como promotor de lactogénesis en cerdas.....	96

11. <u>Efecto de la inclusión de fibra en la dieta sobre el rendimiento de la canal y las características de carcasa</u>	96
C. DIGESTIBILIDAD DE ALIMENTOS RICOS EN FIBRA EN CERDOS DE TIPOS GENÉTICOS RÚSTICOS LOCALES: LOS CERDOS NATIVOS Y LOS CERDOS CRIOLLOS.....	99
1. <u>Metodología</u>	99
2. <u>Cerdos Mukota de Zimbabwe</u>	100
3. <u>Cerdos Meishan</u>	103
4. <u>Cerdos Mong Cai de Vietnam</u>	108
5. <u>Cerdos Ibéricos</u>	117
6. <u>Cerdos Pelón Mexicano</u>	131
7. <u>Cerdo Criollo Cubano</u>	140
III. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	151
A. HIPÓTESIS EXPERIMENTALES.....	151
B. DISEÑO EXPERIMENTAL.....	151
C. SITIOS EXPERIMENTALES.....	151
D. DIETA EXPERIMENTAL.....	153
E. ANIMALES.....	155
F. DESARROLLO DEL EXPERIMENTO.....	156
1. <u>Laboratorio metabólico</u>	156
a. Período de adaptación.....	156
b. Período de recolección.....	157
c. Muestras compuestas.....	157
2. <u>Análisis químicos</u>	158
3. <u>Determinaciones y análisis estadísticos</u>	158
IV. <u>RESULTADOS</u>	160
A. DIGESTIBILIDAD TOTAL APARENTE DE LA MATERIA SECA.....	160
B. DIGESTIBILIDAD TOTAL APARENTE DE CENIZAS....	161

C. DIGESTIBILIDAD TOTAL APARENTE DE LA MATERIA ORGÁNICA.....	163
D. DIGESTIBILIDAD TOTAL APARENTE DE LA PROTEÍNA CRUDA.....	164
E. DIGESTIBILIDAD TOTAL APARENTE DE LA FIBRA DETERGENTE NEUTRO.....	166
F. DIGESTIBILIDAD TOTAL APARENTE DE LA FIBRA DETERGENTE ÁCIDO.....	167
V. <u>DISCUSIÓN</u>	169
A. COMPARACIÓN CON EVALUACIONES DE DIGESTIBILIDAD DE CATEGORÍAS ANIMALES, FUENTES Y NIVELES DE FIBRA SIMILARES.....	169
B. ADAPTACIÓN DE LA RAZA PAMPA ROCHA A LA ALIMENTACIÓN CON DIETAS RICAS EN FIBRA.....	171
C. LOS TIPOS GENÉTICOS LOCALES Y EL APROVECHAMIENTO DE DIETAS RICAS EN FIBRA..	173
D. RELACIÓN ENTRE CARACTERÍSTICAS DEL CERDO PAMPA ROCHA Y EL INTERÉS ECONÓMICO DE LOS PRODUCTORES QUE LE DIERON ORIGEN.....	181
E. CONSIDERACIONES FINALES.....	183
VI. <u>CONCLUSIONES</u>	185
VII. <u>RESUMEN</u>	186
VIII. <u>SUMMARY</u>	187
IX. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	188
X. <u>ANEXOS</u>	227

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Parámetros productivos de cerdos Pampa Rocha y cruzas que lo incluyen, en posdestete y recría.....	16
2. Parámetros productivos de cerdos Pampa Rocha y cruzas que lo incluyen, en terminación.....	18
3. Consumo de MS de ración, pasturas y total; ganancia diaria y eficiencia de conversión de la ración, la pastura y total en cerdos Pampa Rocha en engorde a campo, con diferentes restricciones del concentrado.....	20
4. Rendimiento a la faena, largo de la canal y espesor de grasa dorsal de cerdos Pampa Rocha y sus cruzas.....	21
5. Porcentaje de grasa intramuscular; pH en jamón y lomo a la hora y a las 24 horas de faena; superficie del ojo del lomo y terneza del lomo en cerdos Pampa Rocha y sus cruzas.....	23
6. Diferencia entre el rendimiento considerado como la relación entre el peso de la canal y el peso vivo antes del ayuno (R1) y el rendimiento considerado como la relación entre el peso de la canal y el peso vivo inmediatamente antes de la faena (R2).....	24
7. Clasificación de los carbohidratos.....	28
8. Usos y limitaciones para alguno de los métodos de análisis más utilizados de estimación de fibra y componentes de la pared celular en forraje y nutrición de animales.....	39
9. Efecto del genotipo (Mong Cai o Yorkshire) y dieta (nivel de follaje de en peso vivo de las madres (kg), número de lechones nacidos vivos y peso de la camada al nacimiento (kg).....	117
10. Efecto del follaje y el genotipo (MC o Y) en la lactación y los lechones.....	118
11. Índices digestivos en cerdos Pelón Mexicano alimentados con distintos niveles de alfalfa.....	134

12. Digestibilidad aparente fecal e ileal en cerdos Pelón Mexicano y Yorkshire x Landrace en condiciones de confinamiento y pastoreo.....	134
13. Evolución del peso de cerdos Pelón Mexicano criados en Rosamora, con y sin acceso a pasturas.....	136
14. Rasgos de comportamiento de cerdos Pelón Mexicano criados en Rosamora con y sin pastoreo.....	136
15. Características del tracto digestivo en cerdos Pelón Mexicano de Yucatán.....	138
16. Digestibilidad rectal aparente de dietas con diferentes fuentes fibrosas en cerdos Criollo Cubano y genotipos mejorados.....	141
17. Digestibilidad ileal aparente en cerdos Criollo Cubano rústicos y mejorados alimentados con dietas cuya fuente de fibra es afrecho de trigo.....	142
18. Parámetros productivos de cerdos Criollo Cubano y sus cruzamientos, alimentados con dietas ricas en fibra.....	144
19. Tracto gastrointestinal de cerdos Criollo Cubano y CC21....	146
20. Morfometría de órganos digestivos en cerdos Criollo Cubano y CC21.....	147
21. Temperaturas registradas durante el ensayo.....	152
22. Composición de la dieta experimental.....	153
23. Aporte nutricional estimado de la dieta experimental.....	154
24. Composición química de la dieta experimental expresada en base fresca y base seca.....	155
25. Peso de los animales durante el ensayo.....	155
26. Digestibilidad total aparente de la materia seca.....	160
27. Digestibilidad total aparente de las cenizas.....	162
28. Digestibilidad total aparente de la materia orgánica.....	163
29. Digestibilidad total aparente de la proteína cruda.....	165
30. Digestibilidad total aparente de la fibra detergente neutro....	166
31. Digestibilidad total aparente de la fibra detergente ácido.....	167

Gráfico No.

1. Digestibilidad total aparente de la materia seca.....	161
2. Digestibilidad total aparente de las cenizas.....	162
3. Digestibilidad total aparente de la materia orgánica.....	164
4. Digestibilidad total aparente de la proteína cruda.....	165
5. Digestibilidad total aparente de la fibra detergente neutro....	167
6. Digestibilidad total aparente de la fibra detergente ácido.....	168

ABREVIATURAS UTILIZADAS

AA	Dieta alta en fibra durante el crecimiento y terminación.
AB	Dieta alta en fibra durante el crecimiento y baja en terminación.
Ac.	Ácido.
AFi.	Dieta con alto contenido de fibra.
AGCC	Ácidos grasos de cadena corta.
AGV	Ácidos grasos volátiles.
AOAC	Association of Official Analytical Chemists Arlington, Virginia.
Ara.	Arabinosa.
BA	Dieta baja en fibra durante el crecimiento y alta en terminación.
BB	Dieta baja en fibra durante el crecimiento y terminación.
BF	Base fresca. Base tal cual ofrecido.
BFi	Dieta con bajo contenido de fibra.
BS	Base seca.
CC	Criollo Cubano.
CHO	Carbohidratos.
CM	Cuadrado medio.
cm	Centímetros.
CMV	Consumo máximo voluntario.
Confinam.	Confinamiento
CP	Consumo de pasturas.
CR	Consumo de ración.

C.R.E.E.	Centro Regional de Educación y Experimentación, Barrancas, Rocha.
CT	Consumo total de alimentos (incluye pasturas).
DIEA	Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Estadísticas Agropecuarias. Uruguay.
Dig.	Digestibilidad.
DJ	Duroc Jersey.
E	Energía.
EB	Energía bruta.
ED	Energía digestible.
e.e.	Error estándar.
EGD	Espesor de grasa dorsal.
EC	Eficiencia de conversión del alimento.
ECR	Eficiencia de conversión de la ración (no incluye pastura).
ECT	Eficiencia de conversión del total del alimento (incluye pastura).
ED	Energía digestible.
EE	Extracto etéreo.
EFY	Ensilado de forraje de yuca.
EGD	Espesor de grasa dorsal.
EM	Energía metabolizable.
ELN	Extracto libre de nitrógeno.
ENN	Extracto no nitrogenado.
FB	Fibra bruta.
FC	Fibra cruda.

FDA	Fibra detergente ácido.
FDI	Fibra dietaria insoluble.
FDN	Fibra detergente neutro.
FDT	Fibra dietaria total.
FEDNA	Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal.
FR	Pastoreo y consumo fuertemente restringido de ración (50% del consumo máximo voluntario estimado; 6,1% del PV ^{0,75}).
Fru.	Fructosa.
g	Gramos.
Gal.	Galactosa.
GD	Ganancia diaria.
Gestac.	Gestación.
GIM	Porcentaje de grasa intramuscular.
GL	Grados de libertad.
Glu.	Glucosa
hs	Horas.
IG	Intestino grueso.
INIA	Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Uruguay.
IPPS	Intervalo entre parto y primer servicio posterior al mismo.
KCal	Kilocalorías.
KJ	KiloJoules.
Km	Kilómetros.
L	Landrace.

Lact.	Lactancia.
LC	Largo de la canal.
LDA	Lignina detergente ácido.
LR	Pastoreo y restricción leve de ración balanceada (85% del máximo consumo voluntario estimado; 10,3% del PV ^{0,75}).
LW	Large White.
m	Metros.
M	Mukota.
Man.	Manosa.
MC	Mong Cai
MFi	Dieta con contenido medio de fibra.
mg	Miligramos.
MGAP	Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca.
ml	Mililitros.
mm	Milímetros.
MO	Materia orgánica.
MR	Pastoreo y moderada restricción de ración (70% del consumo máximo voluntario estimado; 8,8% del PV ^{0,75}).
MS	Materia Seca.
MSh	Meishan.
MZ	Dieta experimental en base a maíz.
N	Nitrógeno.
PB	Proteína bruta.
PC	Proteína cruda.

PCN	Peso de la camada al nacimiento.
pHI1	pH a nivel del longissimus dorsii a la hora de faena.
pHI24	pH a nivel del longissimus dorsii 24 horas después de la faena.
pHs1	pH en músculo semimembranoso a la hora de faena.
pHs24	pH en músculo semimembranoso 24 horas después de la faena.
PF	Peso de faena.
PM	Pelón Mexicano.
PMD	Peso medio de lechones en el momento del destete.
PNA	Polisacáridos no amiláceos.
PR	Pampa Rocha.
PSE	Carnes pálidas, blandas, exudativas.
PTD	Peso total de la camada en el momento del destete.
PV	Peso vivo.
RC	Rendimiento a la faena.
R1	Rendimiento a la faena respecto al peso vivo anterior al ayuno.
R2	Rendimiento a la faena respecto al peso vivo en el momento inmediato anterior al sacrificio.
SB	Dieta experimental donde parte del maíz se sustituye por sorgo y bellotas.
SC	Suma de cuadrados.
SOL	Superficie del ojo del lomo.
Term.	Terminación. Engorde.
TGI	Tracto Gastrointestinal.

TM	Terneza del músculo a nivel de la novena costilla.
Trat.	Tratamientos.
UPC	Unidad de Producción de Cerdos, Facultad de Agronomía, Universidad de la República.
Vit.	Vitaminas.
Xil.	Xilosa.
Y	Yorkshire
YL	Yorkshire livianos (90,0 Kg.; 4 meses de edad)
YP	Yorkshire pesados (118,7 Kg.; 5 meses de edad)
α AA	α aminoácidos.
μ mol	Micromoles.

I. INTRODUCCIÓN

La producción porcina en Uruguay creció hasta el año 2000 donde se obtuvo una cifra record, con una faena de 26.000 toneladas y a partir de ese momento se observa una tendencia decreciente de la producción (Arenare et al., 2003), alcanzando en el año 2009 la cifra de 17.290 toneladas de carne en gancho (URUGUAY. MGAP. DIEA, 2010).

El consumo de carne de cerdo por habitante asciende entre 2002 y 2009, de 8,4 a 9,7 Kg anuales. Sin embargo, durante ese mismo período, la faena desciende de 266,1 miles de cabezas (19.565 toneladas de carne en gancho) a 236,8 miles de cabeza (17.290 toneladas de carne en gancho). Para que esto sea posible, las importaciones de carne de cerdo ascienden notablemente (de 8.090 toneladas a 15.156 durante el período considerado) (URUGUAY. MGAP. DIEA, 2010).

El número de explotaciones comerciales de cerdos se redujo en un 54% entre 2000 y 2006, de 6.069 a 2.808, según la Encuesta Porcina (URUGUAY. MGAP. DIEA e INIA, 2007).

Esta reducción estimada en 3.247 productores, se explica porque 1.990 productores abandonaron por completo el rubro y 1.257 pasaron a producción de autoconsumo (URUGUAY. MGAP. DIEA e INIA, 2007).

El 90% de esas explotaciones que abandonaron la producción comercial se encontraban en la categoría de menor tamaño considerada por los autores, con menos de 50 cerdos (URUGUAY. MGAP. DIEA e INIA, 2007).

El 66% de los productores que abandonaron, manifestaron haber tomado esta decisión debido a la escasa o nula rentabilidad de la producción comercial (Arenare et al. 2003, URUGUAY. MGAP. DIEA e INIA 2007).

La escasa rentabilidad también fue señalada como un factor preocupante para aquellos productores que aun mantienen actividad comercial, lo que hacía suponer a los autores que existía la posibilidad que este proceso lejos de revertirse, continuara profundizándose (URUGUAY. MGAP. DIEA e INIA, 2007).

Como se mencionó al principio, el rodeo porcino también descendió pero éste lo hizo a un ritmo menor que el número de explotaciones (23% menos de existencias frente a 54% en el número de explotaciones). Esto se traduce en mayor concentración de la producción, en un rubro que históricamente cumplió un rol alternativo para productores de escasos recursos (URUGUAY. MGAP. DIEA e INIA 2007, Vadell 2008).

La relación de precios del cerdo gordo con los insumos se ha deteriorado durante los 17 años comprendidos entre 1990 y 2008. Esto lo explica, analizando las relaciones de precios de los productos respecto a sus principales insumos y en ese sentido, menciona que en el año 2008, se necesitan 150, 122, 231 y 152 Kg de cerdo en pie, para pagar las mismas cantidades de maíz, sorgo, gasoil y mano de obra respectivamente que en el año 1990 podían adquirirse con 100 Kg (Errea, 2009).

El anuario 2007 de la Oficina de Planeamiento y Presupuesto, reconoce la existencia de un importante proceso de concentración de la producción y una mejora de la productividad que la asocian a predios de mayor escala y plantea interrogantes respecto a las explotaciones más pequeñas. Pero esto no les impide afirmar que “las perspectivas del sector son relativamente favorables en términos globales” (Errea e Ilindain, 2008).

En ese mismo trabajo, en el capítulo conclusiones se sostiene: “Las importaciones siguen demostrando ser un elemento importante en la competitividad de la fase industrial y pueden complementarse con la producción nacional” (Errea e Ilindain, 2008).

De modo que, pese a todos los cambios políticos que se han dado en el Uruguay de los últimos años, se sigue considerando favorable el proceso de concentración de la producción porque este mejora la productividad y se atribuye a la producción primaria nacional, un rol complementario de las importaciones en el desarrollo de la industria; ignorándose la importancia social del rubro (Errea e Ilindain, 2008).

En este marco, el desarrollo de tecnologías que permitan a los pequeños productores, obtener mayor independencia de los mercados, puede representar una contribución muy importante para su supervivencia.

La producción de cerdos en Uruguay se ha caracterizado por la inestabilidad de precios de los insumos y del producto final, de forma que a veces, por períodos prolongados la actividad se vuelve antieconómica. Dentro de los costos, la alimentación es el más importante, representando alrededor del 80% del costo de producción (Barlocco, 2007b).

Uruguay posee condiciones climáticas que permiten el desarrollo de sistemas pecuarios al aire libre basados en la utilización de pasturas naturales o sembradas. La mayoría de los productores de cerdos combinan varios rubros y realizan parte del proceso productivo en condiciones de campo, empleando pasturas naturales o cultivadas (68% de las explotaciones combinan la utilización de alimentos concentrados con pasturas o subproductos de la industria láctea mientras que sólo el 6% de los establecimientos emplea solamente concentrados). Las pasturas en Uruguay, se utilizan fundamentalmente en las etapas de gestación y lactancia aunque podría ser un buen complemento del concentrado en la recría y terminación de cerdos (Barlocco, 2007c).

Según Barlocco (2007c) la definición de un programa de producción de cerdos que atienda aspectos ambientales, económicos y de obtención de un producto con características diferenciales debe definir un plan de alimentación basado en pasturas y concentrado; realizar una adecuada selección de los animales que producirán en dicho sistema; definir técnicas de manejo acordes al sistema productivo a utilizar; emplear instalaciones acordes a los requerimientos de las distintas categorías e implementar un plan sanitario preventivo que atienda los principales problemas capaces de afectar la salud y productividad animal.

Esta tesis, pretende contribuir al esclarecimiento del segundo aspecto definido por Barlocco.

El tipo genético Pampa Rocha, es la única raza de cerdos criollos uruguayas; originaria del Departamento de Rocha en el sureste de la República Oriental del Uruguay (Vadell, 2008). Sus principales características son tratadas en el primer capítulo de la revisión bibliográfica.

Vadell (2008) menciona que los productores, basándose en sus experiencias, suelen resaltar las bondades en el consumo de pasturas de estos animales, lo que permite pensar en formas de producción de bajos costos debidos a una importante utilización de las pasturas como alimento.

Asumiendo como un hecho, la capacidad del cerdo Pampa Rocha para utilizar las pasturas, desde la Unidad de Producción Porcina de la Facultad de Agronomía, se han realizado numerosos ensayos donde se evalúa el comportamiento productivo de esta raza y sus cruzas con Duroc o Large White en sistemas donde parte de la alimentación se basa en pasturas sembradas (Vadell, 2008).

Sin embargo, hasta el momento, no existen antecedentes de pruebas de digestibilidad de cerdos Pampa Rocha de alimentos con elevada proporción de fibra que puedan confirmar o desmentir dicha afirmación.

En este trabajo, se plantean entonces como objetivos:

- Estudiar la capacidad de cerdos Pampa Rocha para digerir diferentes fracciones (materia seca, cenizas, materia orgánica, nitrógeno, fibra detergente ácido y fibra detergente neutro) de un alimento rico en fibra cuyas fuentes son harina de alfalfa y de girasol;
- Comparar dicha capacidad con la de cerdos cuyas aptitudes digestivas han sido estudiadas como la raza Duroc;
- Estudiar el efecto del peso vivo sobre la capacidad para digerir alimentos ricos en fibra en cerdos Pampa Rocha.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

A. EL CERDO CRIOLLO PAMPA

1. Introducción

En los años 90, llegaron a Sudamérica, grandes empresas que desarrollan criaderos filiales que replican planes productivos pensados para la producción de cerdos en Europa o Norte América. Nuestro país no fue una excepción, instalándose transnacionales de la genética porcina que comenzaron a vender reproductores con excelentes parámetros de producción (Vadell, 1999).

Si bien en nuestros países estas empresas pueden encontrar una franja de mercado que las haga viables, la mayoría de los productores de cerdos no tiene posibilidades económicas de acceder a estos proyectos (Vadell, 1999).

Sin embargo, la mayor carencia de estos sistemas está dada por la falta de elasticidad. Los cerdos de alta productividad son altamente dependientes de que se le suministre todos los requerimientos necesarios para que expresen su potencial, fundamentalmente los nutricionales (Vadell, 1999).

En Uruguay, la cría de cerdos, siempre estuvo asociada a la transformación de subproductos de la industria alimentaria que de no ser utilizados por los cerdos, no poseen prácticamente ningún valor. El empleo de genotipos de alta productividad, los llamados “híbridos sintéticos”, limita sustancialmente las posibilidades de utilizar ese tipo de alimentos, obligando a sostener la producción en el consumo de raciones balanceadas elaboradas con materias primas importadas, o incluso raciones importadas ya elaboradas (Vadell, 1999).

El genotipo debe estar en concordancia con el ambiente. Y el ambiente para la cría de cerdos en el Uruguay (considerado como país) incluye como componentes importantes el pastoreo y el aire libre (Vadel, 1999).

Muchos productores, adoptan como estrategia de supervivencia, la explotación de cerdos en combinación de otros rubros que otorguen a la familia cierta seguridad alimentaria y económica. Los cerdos, en estos esquemas,

resuelven al menos en parte el problema de su alimentación, mediante el procesamiento de restos de otras producciones y el acceso a pasturas (Vadell y Gómez, 2003).

Si el reto es desarrollar un sistema de producción de cerdos, con un mínimo de inversión, aun a expensas de comprometer algunos parámetros productivos y de este modo poder atender las limitantes para mejorar la situación de los sectores mayoritarios en nuestro campo, se debe contar entre otros aspectos, con una propuesta genética adecuada. Se debe partir de la base de que existen limitantes en la alimentación de los animales por no poder contar con raciones balanceadas en forma suficiente durante todo el año. Se necesitan entonces, animales muy rústicos, que sean capaces de producir en estas condiciones, aprovechando las posibilidades nutricionales del pastoreo (Vadell y Gómez, 2003).

Son varios los trabajos que proponen que la genética requerida como componente de ese sistema, debe basarse en el genotipo criollo denominado Pampa Rocha (Vadell 1999, Monteverde 2001, Vadell y Gómez 2003, Vadell 2005, Barlocco y Vadell 2005c, Barlocco 2007a, Vadell 2008).

El genotipo Pampa Rocha es un tipo genético criollo relativamente abandonado y muchas veces menospreciado. De acuerdo con la afirmación de los productores que poseen cerdas de esta raza, a partir de sus experiencias empíricas, son grandes consumidoras de pasturas; buenas madres; muy dóciles y excelentes productoras de leche (Vadell, 1999).

Como se verá más adelante, las evidencias experimentales vienen confirmando la veracidad de estos conceptos (Gil y Urioste 2000, Monteverde 2001, Garin et al. 2002, Monteverde et al. 2002, Garin et al. 2003, Dalmas y Primo 2004).

Uno de los elementos relativamente negativo, correlacionado a su rusticidad, es el engrasamiento al peso de faena requerido en Uruguay (Vadell, 1999).

2. Características morfológicas de la raza Pampa Rocha

Es un cerdo de manto negro con seis puntos blancos ubicados en el hocico, la punta del rabo y las cuatro patas. En algunos ejemplares, puede faltar alguna de las manchas blancas o aparecer alguna otra localizada en otra parte del cuerpo. Posee una papada predominante, pescuezo corto y grueso, vientre pronunciado y jamones pequeños. Posee cabeza de perfil rectilíneo (en ocasiones tendiendo a cóncavo); sus orejas son grandes y caen sobre los ojos (de tipo céltico). Posee un número promedio de 12 pezones y el desarrollo de las ubres es significativo (Vadell y Barlocco s.f., Vadell et al. 1996, Barlocco y Vadell 2005c).

3. Orígenes de la raza Pampa Rocha

En el este de Uruguay, en el Departamento de Rocha, existe un extenso ecosistema que comprende 220.000 hectáreas denominado Bañados del Este y conformado por esteros, bañados y lagunas que ha sido declarado en 1976 por la Comisión MAB como Reserva Mundial de la Biósfera. La zona está caracterizada por una pradera natural de vegetación predominantemente herbácea, frecuentemente anegable, asociada a pajonales y elevada presencia de palmeras (*Butiá capitata*) (Urioste et al. 2002, Vadell 2005).

En este hábitat, durante muchas décadas, se reprodujeron cerdos en condiciones seminaturales, limitándose el hombre a extraer su producción de lechones y comercializarla para ser engordadas en las granjas del sur del país. Este proceso dio origen a un genotipo característico que los pobladores denominan Pampa (Vadell 1999, Urioste et al. 2002, Vadell y Gómez 2003, Vadell 2005).

Vadell et al. (1995) señalaban que esta zona está poblada mayoritariamente por pequeños productores y su rubro principal era la cría de cerdos (más del 50% de los productores tenían entonces cerdos en sus establecimientos y la escala media era de 7 madres por establecimiento). En dicho trabajo se señala que en la zona existían entonces 18.000 cerdos, de los cuales cerca de 5.000 pertenecían a la raza Pampa Rocha.

Los animales son criados en semi-libertad, pudiendo recorrer enormes distancias y su alimentación tiene en las pasturas un componente muy

importante durante todo el año. Es muy común la utilización de subproductos de la industria arrocera. En contraparte, el acceso a alimentos balanceados es prácticamente inexistente. De modo que la mayor parte de los alimentos a los que tienen acceso, son ricos en fibra (Urioste et al. 2002, Barlocco y Vadell 2005c).

Durante muchos años, en bastas zonas de esta región, no han ingresado nuevos reproductores, lo que ha permitido la generación de un genotipo con características propias, adaptado al sistema de producción que como se ha dicho, se caracteriza por el uso permanente de pasturas, con ocasionales aportes de alimentos concentrados. La supervivencia de este genotipo es mérito de los pequeños productores quienes les reconocen ventajas productivas en su sistema de producción (Barlocco y Vadell, 2005c).

Este proceso, de acuerdo con comunicaciones personales de productores, estuvo plagado de dificultades. Los animales Pampa Rocha fueron castigados en el precio de venta. Los planes gubernamentales de asesoramiento, promovieron la sustitución genética de los planteles por animales de manto blanco, negando el crédito e incluso en algunos casos el asesoramiento a aquellos productores que conservaban estos animales. La mayor parte de los técnicos consideraron por muchos años su existencia en los predios como sinónimo de atraso e ignorancia. Sólo la férrea convicción de productores muy pequeños sobre sus virtudes empíricamente confirmadas en un sistema productivo muy particular, hizo posible que aun exista su aporte genético.

Dos hechos importantes, si bien no revierten esa situación de marginación de los criadores de cerdos Pampa, al menos aseguran la supervivencia de este tipo genético: el primero es la creación de un centro de conservación, reproducción y estudio científico de la raza perteneciente a la Universidad de la República; el segundo es el proceso de organización de los productores que da lugar a la fundación de la Sociedad de Criadores de Cerdos Pampa Rocha en 1995, lo que permite en 1997 comenzar los trabajos de inscripción como raza (Vadell y Gómez 2003, Barlocco y Vadell 2005c, Vadell 2008).

En cuanto a su origen genético, este no es bien conocido; se presume que se vincula a animales introducidos por los colonizadores españoles y portugueses y posteriores aportes de otras razas como Berkshire y Poland

China, entre 1900 y 1920 (Kelly et al. 2002, Urioste et al. 2002, Kelly et al. 2004, Vadell 2005)

De acuerdo con los haplotipos del ADN mitocondrial, Kelly et al. (2002, 2004) encuentran en los animales Pampa, haplotipos europeo y asiático. Por lo tanto su origen materno podría ser europeo y asiático ya que se identificaron el haplotipo más frecuente en cerdos salvajes y domésticos europeos y el característico de las razas asiáticas como el Jabalí del Japón y la raza Meishan de China.

Este fenómeno también se describe en las razas Large White, Landrace, Berkshire, Duroc y en el cerdo Negro de Islas Canarias, lo que indicaría participación de razas asiáticas en su formación (Giuffra et al. 2000, Kijas y Andersson 2001, Kim et al. 2002, Alves et al. 2003, Alves et al. 2009). Por lo tanto, la procedencia del haplotipo asiático en Pampa Rocha podría provenir de las cruces con Poland China o del cerdo Negro de Islas Canarias que podría haber sido introducido durante la colonización ibérica (Kelly et al., 2004).

4. Rusticidad de los cerdos Pampa Rocha

Villa (2010) define el concepto de rusticidad en un animal o raza como el conjunto de características heredables que le permiten superar las variaciones aleatorias y adversas del medio ambiente, sin disminuir demasiado su capacidad productiva. Y sostiene que más que por la selección artificial, la rusticidad está dada por la selección natural. De modo que la rusticidad y el medio ambiente desfavorable o difícil son correlativas.

El origen mismo de la raza Pampa Rocha, donde los animales se reprodujeron durante décadas en condiciones seminaturales, en un ambiente hostil, sometidos a bajas temperaturas durante el invierno, lluvias, temporales, escasa disponibilidad de alimentos de calidad, ocasionó que estos animales resalten por su rusticidad y capacidad de pastoreo, según la apreciación de los productores (Vadell y Gómez 2003, Barlocco et al. 2003a).

Camacho et al. (2008) afirman que el cerdo Pelón Mexicano presenta un genotipo ahorrativo, que lo predispone a desarrollar obesidad que no se explica por hiperfagia sino que con consumos similares de alimento a los cerdos

Landrace-Yorkshire, mientras estos últimos transforman el alimento prioritariamente en proteína, los cerdos Pelón Mexicano lo destinan a deposición de grasa. Dichos autores sugieren que el genotipo ahorrativo es producto de una adaptación evolutiva para enfrentar períodos impredecibles de alimentación, por lo que se fijaron genes que favorecen el almacenamiento de energía en forma de grasa, la cual es utilizada en períodos de escasez alimenticia.

Varios autores han encontrado resultados consistentes en el sentido de que los cerdos Pampa Rocha presentan dicha tendencia a mayor engrasamiento de las canales cuando son alimentados con dietas similares a otros genotipos (Barlocco et al. 2000a, Galietta et al. 2002, Barlocco et al. 2003b, Barlocco 2007) por lo que podría suponerse que existen adaptaciones evolutivas similares.

Vincent et al. (2011) a partir de la comparación de cerdos Vascos y Large White en sus capacidades genéticas de engrasamiento y de respuesta inmunológica sugieren que el tejido adiposo puede jugar un rol importante en la regulación del sistema inmune.

Por otra parte, Mejía et al. (2010) sostienen que debido a la presión intensa de selección que se realiza actualmente en las razas de cerdos con alta explotación comercial, se ha propiciado una notable disminución de su variabilidad genética, lo que ha ocasionado la fijación de mutaciones genéticas indeseables y la disminución de resistencia a enfermedades. Dichos autores afirman que los cerdos criollos tienen mayor heterocigocidad, lo que puede ser determinante de una posible mayor resistencia a enfermedades.

Kelly et al. (2002, 2004), empleando marcadores moleculares sobre muestras de cerdos Pampa representativos de diferentes regiones criadoras (Norte: Paso Barranca, Lascano y Cebollatí; Sur: Valizas y Castillos) y cruza de animales de estas zonas, encuentran elevados índices de heterocigocidad, confirmando que esta última característica se cumple para la raza Pampa Rocha.

5. Restricción de la ración balanceada a hembras Pampa Rocha gestantes bajo pastoreo

Vadell et al. (1997) evaluaron la productividad sobre pasturas de cerdas de la raza criolla Pampa sometidas a un régimen de restricción severa de la ración balanceada durante la gestación (recibiendo 1,25 Kg/día de ración balanceada) o no (2,50 Kg/ día de concentrado) y siendo sometidos ambos grupos a un régimen convencional de oferta de ración durante la lactancia. No encontraron diferencias para ninguna de las características productivas (número de lechones nacidos totales: 9,3 y 10,2; número de lechones nacidos vivos: 9,1 y 9,9; número de lechones destetados: 8,4 y 8,6; peso de la camada al nacimiento: 12,19 y 11,46; peso de la camada a los 21 días: 47,64 y 41,90; peso de la camada al destete: 137,61 y 129,94; peso individual al nacimiento: 1,33 y 1,18; kilos totales de lechones destetados por cerda y por año: 281,6 y 261,99 para dieta normal y dieta restringida respectivamente) excepto un mayor intervalo entre destete y servicio fecundante en las cerdas que sufrieron restricción nutricional (8,19 para dieta normal frente a 11,63 para dieta restringida). Pero las diferencias en este último parámetro fueron pequeñas (3,44 días) y no compensan la ventaja del ahorro de alimento concentrado (0,94 Kg menos de ración consumida por la cerda por cada kg de lechón destetado en el tratamiento de dieta restringida). De modo que los autores concluyen que es viable la restricción de ración durante la gestación a cerdas de la raza Pampa Rocha, en sistemas que incluyan el pastoreo permanente y el manejo al aire libre, permitiendo producir una cantidad significativamente mayor de kilos de lechón por cada kilo de alimento consumido.

Bell (2010) trabajando con cerdas Pampa Rocha gestantes en el segundo tercio de la gestación (entre el día 38 y 76) de un peso promedio de 158,4 Kg evaluó el consumo de planta entera de sorgo dulce (*Sorghum saccharatum*, var. M81) como forraje diferido (una vez finalizado el ciclo de cultivo). Concluye que restringir el concentrado no favorece el consumo de MS; diferir el material en pie, deprime el consumo debido a los cambios en su composición química; mientras que el ensilaje conserva de mejor manera los nutrientes pero con este no se obtuvo un consumo diferente; y que el sorgo dulce es capaz de aportar el 42% de la ED requerida por la cerda gestante en otoño y entre el 26 y 29% en invierno cuando se lo difiere en pie o ensilado respectivamente.

6. Comportamiento productivo de las madres Pampa Rocha

Empleando la ganancia diaria desde el nacimiento hasta los 21 días como estimador de la producción de leche materna, se encuentra que para este indicador, las camadas de las madres de raza Pampa Rocha manifiestan una superioridad frente a las de las Duroc de 4,688 kg. La evidencia experimental sugiere en consecuencia, que las madres Pampa pueden mejorar la producción de leche en los rodeos a nivel de campo (Monteverde 2001, Monteverde et al. 2002).

Dalmás y Primo (2004) aportan parámetros productivos para madres de raza Pampa de la Unidad de Producción de Cerdos (UPC) de Facultad de Agronomía en Joanicó (1997 a 2002), de acuerdo al sistema de cría a campo impulsado por dicha institución (con parideras rústicas móviles tipo rocha y piquetes de 1.500 metros cuadrados delimitados por alambrados eléctricos): lechones nacidos totales, 10,73; lechones nacidos vivos, 9,44; lechones nacidos muertos, 0,447; lechones vivos a las 48 horas, 9,24; lechones vivos a los 21 días de edad, 8,90 y lechones destetados, 8,62.

Existiría alguna controversia en cuanto al número total de lechones nacidos dado que Dalmás y Primo (2004) encuentran superioridad de la raza Pampa Rocha frente a la Duroc mientras que Gil y Urioste (2000) reportaron valores menores para este parámetro.

Sin embargo, en el número de lechones destetados, ambos trabajos coincidirían en que no existen diferencias entre las razas Duroc y Pampa Rocha (Gil y Urioste 2000, Dalmás y Primo 2004).

Barlocco et al. (2009) publican indicadores reproductivos bastante más bajos para el criadero de cerdos de Facultad de Agronomía, en un período más reciente (junio 2007- mayo 2009): lechones nacidos vivos, 8,5 y 11; lechones nacidos totales, 8,8 y 11,6; lechones vivos a los 21 días, 7,5 y 9,8; lechones destetados, 7,3 y 9,5; mortalidad en lactancia, 15 y 12%; peso total de la camada al destete, 85,2 y 99,7 Kg y kilos de lechón destetado por cerda y por año, 174,7 y 198,8 kg para PR y DJxPR respectivamente.

En un estudio que se realizó fuera de la UPC (pero con un sistema productivo similar), en el criadero de cerdos de la Fundación Quebracho, en el departamento de Cerro Largo, Bideau et al. (2010), obtienen promedios aun

más bajos (7,3 lechones nacidos vivos; 0,5 lechones nacidos muertos; 7,1 lechones destetados; 2,8% de mortalidad al destete; 242,9 días entre partos; 84,2 días entre destete y servicio fecundante; 11,5 lechones destetados/cerda.año y 133,8 Kg de lechones destetados/cerda.año).

Los autores sugieren que el extremadamente alto intervalo entre partos y destete fecundante, puede deberse a elevadas temperaturas en determinados períodos del año asociado a deficiencias nutricionales originadas por el escaso valor de las pasturas que originarían un peso corporal muy bajo de las hembras reproductoras. Las deficiencias nutricionales originarían un bajo número de lechones nacidos totales y las madres saldrían de la lactación con muy bajo estado corporal limitándose su fertilidad.

7. Baja incidencia de anestros en hembras Pampa Rocha e híbridas que incluyen Pampa Rocha

De acuerdo con la experiencia de la Unidad de Producción Porcina de Facultad de Agronomía, las cerdas Pampa Rocha muestran una gran capacidad para mantenerse en los ciclos reproductivos; no presentándose anestros y el intervalo entre el destete y el celo fecundante es en promedio de 12 días (Vadell, 2005).

Alesandri et al. (2010) luego de analizar 809 ciclos reproductivos pertenecientes a 125 cerdas de la UPC, donde los servicios se realizan con monta natural y sin detección de celos (permaneciendo las hembras con el padrillo en un piquete de 1.500 m² por un período no menor a 30 días a partir del destete), encuentra que los intervalos destete-servicio fecundante son: 11,1; 8,9; 9,9 y 9,2 días para diciembre a febrero, marzo a mayo, junio a agosto y setiembre a noviembre respectivamente. Este estudio, no discrimina el tipo genético de las madres lo que limita las posibilidades de utilización de esta información pero pueden ser orientativos dado que la composición genética del plantel es mayoritariamente Pampa Rocha puro (70% PR según Dalmás y Primo, 2004).

Como ya se ha dicho, Bideau et al. (2010) publicaron datos no concordantes del criadero de la Fundación Quebracho donde, por problemas de manejo, el intervalo entre el destete y el servicio fecundante es de 84,2 días.

8. Longevidad de las madres Pampa Rocha

Dalmás y Primo (2004), Barlocco et al. (2009), Vadell et al. (2010) coinciden en destacar la longevidad de las cerdas Pampa Rocha del criadero de Facultad de Agronomía, lo que concuerda con las apreciaciones de los productores (Vadell, 2007).

Dalmás y Primo (2004) observan que los mayores valores de lechones nacidos totales se obtienen en el 7º parto. Sin embargo, en los partos siguientes, no se presenta un descenso pronunciado para dicha variable.

Estos autores sostienen que en la UPC, la mayoría de los animales que superan los 10 partos corresponden a la raza Pampa Rocha, representando un 84% del total de cerdas que pertenecen a ese estrato (Dalmás y Primo, 2004).

Barlocco et al. (2009) luego de analizar los partos ocurridos en el período junio 2007 - mayo 2009 en la UPC (127 y 46 partos de madres PR y DJxPR respectivamente), informan que la edad promedio de las reproductoras se encontraba en 6 partos (presentándose desde primerizas hasta partos numeral 17º). El 80% de las cerdas híbridas se encontraba entre su 2º y 6º parto mientras que en las Pampa Rocha puras se distribuían más uniformemente los partos entre los diferentes numerales, existiendo un 15% de cerdas con 12 o más partos.

Vadell et al. (2010) concluyen que el total de cerdas refugadas en el período 1996-2008, en el plantel de 40 cerdas de la UPC fue 67, siendo las principales causas: baja productividad (menos de dos lechones nacidos vivos por dos partos consecutivos), 55,2%; muerte, 20,9%; síntomas de vejez (sordera, dificultades para comer o movilizarse), 16,4% y fallas reproductivas (no preñez por dos períodos consecutivos), 7,5%. No se eliminaron cerdas por peso excesivo. La edad media de refugo fue de 4,8 años y el promedio de partos por cerda refugada de 9,0.

Estos datos contrastan fuertemente con los datos de granjas confinadas (3,3 partos promedio en el momento del refugo según Lucia et al., citados por Vadell et al., 2010).

Los partos de cerdas de 1º y 2º, 10º y 13º parto mostraron menores valores de número de lechones nacidos vivos que el resto de los ordinales de parto ($P < 0.05$). Sin embargo, el número de lechones destetados descendió en

los partos 13^o, 14^o y más partos. En cuanto al peso de la camada en el momento del destete, desciende desde el 12^o parto, siendo notoria la menor productividad en cerdas de 14 y más partos (Vadell et al., 2010).

Vadell et al. (2010) señalan no haber encontrado en la bibliografía consultada, ninguna referencia de producción del 14^o parto y posteriores para otros genotipos.

En la literatura, encontramos dos posibles causas de esta longevidad tan pronunciada de las cerdas Pampa Rocha produciendo en condiciones de campo: la tendencia a mayor engrasamiento asociada con la rusticidad que permite comenzar la vida reproductiva con mayores reservas corporales (Vadell et al., 2010); y una menor ganancia de peso durante cada ciclo del período reproductivo (menor al 10% del PV), con cerdas en el parto 12 que no superan los 200 Kg., lo que evitaría un aumento progresivo del aplastamiento con el numeral de parto (Vadell 2005, Vadell et al. 2010).

9. Comportamiento durante el destete y recría de genotipos que incluyen Pampa Rocha

Se han publicado varios trabajos que comparan el comportamiento productivo de cerdos Pampa Rocha y sus cruza simples con Duroc y Large White en sistemas donde se les suministra ración balanceada en forma restringida y tienen acceso permanente a pasturas. En general, los datos son coincidentes en que los cerdos Pampa ganan menos peso y convierten la ración en forma menos eficiente que los híbridos que los incluyen (Garin et al. 2002, 2003, Barlocco et al. 2005b, 2007b, Carballo 2007, 2009a, Carballo et al. 2009b).

De este hecho, se puede concluir que el cruzamiento con las razas tradicionales es una buena estrategia para mejorar las características productivas de animales en crecimiento.

Cuadro 1. Parámetros productivos de cerdos Pampa Rocha y cruzas que lo incluyen, en posdestete y recría

Geno- tipo	Edad Inic. (d)	Edad final (d)	Peso Inic. (Kg)	Peso final (Kg)	Trat	CC (Kg)	GD (Kg)	ECC	
Pampa LWxDJ			35,0 35,0	60,0 60,0	1 1				A A
Pampa DJ x PR	47 47	83 83			2 3 2 3	1,110 1,070	0,419 ^a 0,454 ^b	2,64 ^a 2,35 ^b	B B
Pampa DJ x PR	83 83	104 104			2 3 2 3	1,660 1,660	0,595 0,599	2,81 2,78	B B
Pampa DJ x PR	47 47	104 104			2 3 2 3	1,320 1,290	0,483 ^a 0,507 ^b	2,73 2,53	B B
Pampa DJxPR LWxPR	46 46 46	110 110 110	10,7 10,7 10,7	39,0 39,0 39,0	2 3 2 3 2 3	1,215 1,238 1,211	0,428 ^a 0,436 ^a 0,477 ^b	2,80 ^a 2,69 ^{ab} 2,61 ^b	D D D
Pampa DJxPR LWxPR	46 46 46		10,5 10,5 10,5	39,0 39,0 39,0	2 3 2 3 2 3	1,220 1,240 1,210	0,435 0,430 0,471	2,78 2,70 2,66	C C C
Pampa DJxPR LWxPR		177 177 177	39,0 39,0 39,0	110,2 110,2 110,2	4 3 4 3 4 3	2,700 2,660 2,640	0,697 0,730 0,706	3,89 3,63 3,77	C C C
Pampa DJxPR LWxPR	46 46 46	177 177 177	10,5 10,5 10,5	110,2 110,2 110,2	4 3 4 3 4 3	2,080 2,050 2,000	0,582 0,602 0,622	3,54 3,37 3,30	C C C
Pampa DJxPR LWxPR	46 46 46	71 71 71	10,7 10,7 10,7	20,2 20,2 20,2	2 3 2 3 2 3			2,66 ^{ab} 2,36 ^{bc} 2,12 ^c	E E E
Pampa DJxPR LWxPR	109 109 109	134 134 134	39,7 39,7 39,7	57,0 57,0 57,0	2 3 2 3 2 3			3,03 ^a 2,68 ^{ab} 2,90 ^a	E E E
Pampa DJxPR LWxPR	46 46 46	134 134 134	10,7 10,7 10,7	57,0 57,0 57,0	2 3 2 3 2 3	1,061 1,081 1,058	0,428 ^a 0,436 ^a 0,477 ^b	2,45 2,35 2,28	E E E

Tratamientos nutricionales:

- 1) Trebol blanco (*Trifolium repens*) picado a voluntad
- 2) 85% del consumo voluntario estimado (0,103 PV^{0,75})
- 3) Acceso a pasturas a voluntad
- 4) 85% del consumo máximo voluntario (RL) desde el destete hasta los 89 Kg y 70% (RM) a partir de 89 Kg.

a, b. letras diferentes en la misma columna, en el mismo trabajo, son diferentes ($P < 0,01$).

Fuentes: A. Garin et al. (2002, 2003), B. Barlocco et al. (2005b), C. Barlocco et al. (2007b), D. Carballo (2007), E. Carballo (2009a).

Carballo (2009a), Carballo et al. (2009b) aportan una estimación del consumo de pastura y la eficiencia de conversión de todo el alimento (pastura + concentrado) de animales sometidos a niveles leves de restringidos de ración balanceada (85% del consumo medio voluntario) y acceso a voluntad a pasturas en un régimen de pastoreo permanente. Estos autores encontraron un consumo de pasturas que rondaba en 0,097 Kg y 0,208 Kg diarios en animales Pampa de 10,7 a 20,2 Kg y 39,7 a 57,0 Kg de PV respectivamente. El consumo de pasturas no difirió significativamente entre genotipos en ningún momento del ensayo pero existió una tendencia a mayor consumo de los Pampa Rocha en el primer período y de los híbridos con Large White en el segundo período considerado.

Cuando en estos estudios, se compara el consumo total de MS tampoco existe diferencia entre genotipos pero en este caso, la tendencia es a un mayor consumo de los híbridos LWxPR durante todo el ensayo.

Los híbridos con Duroc o Large White manifiestan mejor eficiencia de conversión de todo el alimento (concentrado + pastura) en el primer período pero no se encuentran diferencias en el segundo.

El cuadro 1 resume los resultados experimentales referidos a los parámetros productivos de posdestete y recría.

10. Comportamiento en la etapa de terminación de genotipos que incluyen Pampa Rocha

Al igual que en el período de recría, los cerdos Pampa Rocha, en los diferentes ensayos realizados en terminación, han presentado menores ganancias diarias y peores eficiencias de conversión que los híbridos con genotipos tradicionales (a veces como tendencia, otras diferencias significativas); mostrando que este puede ser el camino para mejorar sus parámetros productivos durante el crecimiento y engorde (Barlocco et al. 2000b, 2003a, 2003b, 2003c, Battezzore 2006, Barlocco et al. 2007b).

Cuadro 2. Parámetros productivos en terminación

Genotipo	Peso Inicial (Kg)	Peso Final (Kg)	Tratamiento	CR (Kg)	GD (Kg)	ECR	Fuente
PR	41,6	106,9	(1)(3)		0,638 ^a	3,83 ^b	B
PR	41,6	106,9	(1)(4)		0,526 ^b	3,29 ^a	B
PR	35,0	105,0	(5)	2,950	0,786	3,81	A
DJxPR	35,0	105,0	(5)	2,940	0,866	3,40	A
1/4PR3/4DJ	35,0	105,0	(5)	2,920	0,849	3,45	A
1/4PR1/4DJ1/2LW	35,0	105,0	(5)	2,980	0,870	3,40	A
PR	44,0	107,6	(1)(3)	2,430	0,700	3,21	D
DJxPR	44,0	107,6	(1)(3)	2,320	0,780	2,99	D
PR	89,0	110,2	(1)(3)	2,700	0,697	3,89	E
DJxPR	89,0	110,2	(1)(3)	2,660	0,730	3,63	E
LWxPR	89,0	110,2	(1)(3)	2,640	0,706	3,77	E
PR	41,6		(1)(3)	2,040 ^a	0,674 ^a	3,14 ^b	F
PR	41,6		(1)(4)	1,370 ^b	0,527 ^b	2,64 ^a	F
PR	44,4	107,1	(1)(3)	2,430 ^b	0,701 ^b	3,41 ^b	C
DJxPR	43,8	111,6	(1)(3)	2,320 ^b	0,775 ^{ab}	2,99 ^a	C
DJxPR	41,1	109,4	(1)(2)	2,840 ^a	0,796 ^a	3,58 ^b	C

Tratamientos nutricionales

- (1): Acceso permanente a pasturas
- (2): LR, Ración balanceada equivalente a 10,3% del $PV^{0,75}$ (85% del CMV)
- (3): MR, Ración balanceada equivalente a 8,8% del $PV^{0,75}$ (70% del CMV)
- (4): FR, Ración balanceada equivalente a 6,1% del $PV^{0,75}$ (50% del CMV)
- (5): Ración balanceada de acuerdo a una escala de peso

a,b. Letras diferentes en la misma columna, en un mismo trabajo, son diferencias significativas ($P < 0,01$)

Fuente: A. Barlocco et al. (2000b), B. Barlocco et al. (2003a), C. Barlocco et al. (2003b), D. Barlocco et al. (2003c), E. Barlocco et al. (2007b), F. Battezzore (2006).

Cuando se comparó el comportamiento con diferentes niveles de restricción de concentrado y acceso permanente a pasturas, se observó que tanto los animales Pampa Rocha puros como sus cruza, al aumentar el nivel de la restricción, disminuye la ganancia diaria pero también mejora la eficiencia de conversión del concentrado (Barlocco et al. 2003a, Battezzore 2006).

El cuadro 2, resume los resultados experimentales de parámetros productivos durante el engorde de animales Pampa Rocha y sus cruza con Duroc y Large White.

Battezzore (2006) aporta datos sobre la terminación de cerdos Pampa Rocha en condiciones de acceso permanente a pasturas con aporte restringido de concentrado, incorporando al análisis la evaluación del aporte nutricional de las pasturas. Para esto, realiza un ensayo con animales de raza Pampa Rocha, machos castrados y hembras en partes iguales, con un peso inicial de 41,58 Kg, que asigna a dos tratamientos en función del nivel de oferta de concentrado: moderada restricción (MR) y fuerte restricción (FR), 70% (8,8% del $PV^{0,75}$) y 50% (6,1% del $PV^{0,75}$) del consumo máximo voluntario estimado, respectivamente. Se resumen los resultados en el siguiente cuadro.

Cuadro 3. Consumo de MS de ración (CR), pasturas (CP) y total (CT); ganancia diaria (GD) y eficiencia de conversión de la ración, (ECR) y total (ECT) en cerdos Pampa Rocha en engorde a campo con diferentes restricciones del concentrado

Trat.	CR	CP	CT	C/PV	GD	ECR	ECT
MR	2,04 a	0,88 b	2,94	3,78	0,65 a	3,14 b	4,51 a
FR	1,37 b	1,55 a	2,9	4,13	0,53 b	2,64 a	5,54 b

donde:

Trat., son Tratamientos; CR, consumo de MS de ración; CP, consumo de MS de pasturas; CT, consumo de MS total; C/PV, consumo de MS por Kg de PV expresado como porcentaje; GD, ganancia diaria (Kg/día); EFR, eficiencia de conversión de la MS de la ración; ECT, eficiencia de conversión de la MS total

MR, es moderada restricción de alimento concentrado y FR, fuerte restricción a, b. Letras diferentes en la misma columna son diferencias significativas ($P < 0,01$)

Fuente: Batteggazzore (2006).

Como se puede observar, los animales sometidos a fuerte restricción de concentrado, aumentaron el consumo de pastura, tendiendo a consumir similares cantidades de materia seca. Incluso, si el consumo total de MS, lo expresamos como porcentaje del peso vivo, el consumo de MS fue mayor en los animales de fuerte restricción. De todos modos, el aumento de consumo de pastura, no fue suficiente para compensar el menor consumo de ración y la ganancia diaria se vio disminuida. La eficiencia de conversión de la MS del concentrado, como era de esperarse, mejoró y la del total de MS, aumentó.

11. Características de canal y calidad de carne en animales Pampa Rocha y cruzamientos que incluyen Pampa Rocha

Los cuadros 4 y 5 resumen los resultados experimentales sobre características de las canales y calidad de carne de los cerdos Pampa Rocha puros y sus cruzas con Duroc y Large White.

Cuadro 4. Rendimiento a la faena, largo de la canal y espesor de grasa dorsal de cerdos Pampa Rocha y sus cruzas

Genotipo	Term.	PF	RC	LC	EGD	Fuente
PR	(1)	107,0	83,0	97,9		C
DJxPR	(1)	107,0	82,4	97,4		C
PR	(1)				38,1 b	A
DJxPR	(1)				33,6 a	A
PR	MR	106,9	83,3	97,8	36,8 a	D
PR	FR	106,9	82,4	99,2	29,5 b	D
PR	MR	107,4	77,6 b	97,9 b	38,1 b	E
DJxPR	MR	107,4	77,9 ab	97,4 a	33,6 a	E
DJxPR	LR	107,4	78,9 a	96,0	37,8 ab	E
DJxPR	LR	107,4	78,1 ab	97,1 ab	35,7 ab	E
PR	(2)	111,0	76,6 b	80,8	34,3	F
DJxPR	(2)	110,4	80,7 a	81,6	30,6	F
LWxPR	(2)	107,9	77,3 ab	80,5	32,9	F
PR	(3)	110,4	79,1	98,3	42,2 b	B
DJxPR	(3)	109,2	79,0	98,6	36,6 a	B
1/4PR3/4DJ	(3)	109,4	78,1	99,7	36,5 a	B
1/4PR1/4DJ1/2LW	(3)	107,5	78,5	99,5	35,0 a	B

donde: Term, es terminación; PF, peso de faena (Kg.); RC, rendimiento a la faena (%); LC, largo de la canal (cm); y EGD, espesor de grasa dorsal (mm)

Terminación: (1), pastoreo con ración restringida; (2); LR, pastoreo con restricción leve hasta los 89 Kg y media hasta la faena; (3); confinamiento; LR, pastoreo y restricción leve; MR; pastoreo y restricción media; y FR, pastoreo y restricción fuerte de ración.

a, b. Letras diferentes en la misma columna, en el mismo trabajo, son diferencias significativas ($P < 0,01$).

Fuente: A. Galletta et al. (2002), B. Barlocco et al. (2000a), C. Barlocco et al. (2002a), D. Barlocco et al. (2003b), E. Barlocco et al. (2003d), F. Barlocco et al. (2007b).

El rendimiento de la canal en las diferentes mediciones, ha manifestado una tendencia (Barlocco et al., 2000a, 2002a), o diferencias significativas (Galiotta et al. 2002, Barlocco et al. 2003d) a favor de los animales cruza cuando se los compara con los animales puros.

Barlocco et al. (2003d) comparan el rendimiento en animales Pampa Rocha y sus cruza, que fueron alimentados con ración restringida y pasturas a voluntad, sobre el peso de los animales inmediatamente antes de la faena y sobre el peso vivo de los animales 48 horas antes de la misma, durante las cuales los animales se mantuvieron en ayunas. Obteniendo valores de rendimiento de 83% y 77,6%, respectivamente. El rendimiento considerado sobre el peso vivo antes de comenzar el ayuno, mejora en forma significativamente cuando en lugar de cerdos Pampa Rocha, se consideran cerdos cruza PR x Duroc terminados en condiciones similares pero con una restricción menos severa del concentrado (oferta de concentrado de $0,103 PV^{0,75}$). Pero no ocurre lo mismo cuando se considera el rendimiento sobre el peso inmediato antes de la faena.

En cuanto al largo de la canal, las diferencias no han sido significativas y las tendencias parecerían ser contradictorias. Posiblemente, características como la edad en que se alcanza el peso de faena, esté interactuando con las particularidades del genotipo.

El espesor de grasa dorsal, en todas las mediciones ha mostrado ser mayor en animales Pampa Rocha. En Barlocco (2007c) esto se manifestó sólo como una tendencia pero en la mayoría de los trabajos las diferencias fueron significativas (Barlocco et al. 2000a, Galiotta et al. 2002, Barlocco et al. 2003d).

Los niveles de restricción del concentrado consistentemente disminuyen el espesor de grasa dorsal en forma significativa permitiendo ser utilizado como una de las formas de incidir sobre esta variable (Barlocco et al., 2003b, 2003d).

El porcentaje de grasa intramuscular también varía con el tipo genético, siendo mayor en los animales Pampa Rocha (Galiotta et al., 2002).

Los valores de pH a la hora y 24 hs obtenidos para Pampa Rocha puros y sus cruza en jamón y lomo, se encuentran dentro de los valores deseables y no presentan diferencias en ningún caso, mostrando ausencia de carnes PSE (Barlocco et al., 2002a, 2003b, 2003d).

Cuadro 5. Porcentaje de grasa intramuscular; pH en jamón y lomo a la hora y a las 24 horas de faena; superficie del ojo del lomo y terneza del lomo en cerdos Pampa Rocha y sus cruzas

Genot.	Term	GIM	pHI1	pHs1	pHI24	pHs24	SOL	TM	Fte
PR	(1)		6,5		5,7	5,8	32,2 a		C
DJxPR	(1)		6,4		5,5	5,7	25,4 b		C
PR	(1)	3,6 a						4,2	A
DJxPR	(1)	2,5 b						3,8	A
PR	MR			6,2	5,5	5,7			E
PR	FR			6,1	5,7	5,7			E
PR	MR			6,5	5,7	5,8	25,4 b		D
DJxPR	MR			6,4	5,5	5,7	32,2 a		D
DJxPR	LR			6,3	5,5	5,6	29,3 ab		D
DJxPR	LR			6,3	5,5	5,7	28,0 b		D

donde: Term, es terminación; GIM, porcentaje de grasa intramuscular; pHI1, pH a nivel del Longísimus dorsii a la hora de faena; pHs1, pH en músculo semimembranoso a la hora de faena; pHI24, pH a nivel del Longísimus dorsii a las 24 hs de faena; pHs24, pH en músculo semimembranoso a las 24 hs; SOL, superficie del ojo del lomo (cm²); y TM, terneza del músculo a nivel de la novena costilla.

Terminación: (1), pastoreo con ración restringida; (2); LR, pastoreo con restricción leve hasta los 89 Kg y media hasta la faena; (3); confinamiento; LR, pastoreo y restricción leve; MR; pastoreo y restricción media; y FR, pastoreo y restricción fuerte de ración.

a, b. Letras diferentes en la misma columna, en el mismo trabajo son diferencias significativas (P<0,01).

Fuente: A. Galiotta et al. (2002), C. Barlocco et al. (2002a), D. Barlocco et al. (2003d), E. Barlocco et al. (2003b).

Barlocco et al. (2002d) no encuentran diferencias entre biotipos para rendimiento de bondiola, paleta y lomo y sumatoria de los cuatro cortes nobles (jamón, bondiola, paleta y lomo) con y sin hueso. Encontraron sí diferencias (P<0,01) para el peso del jamón deshuesado (4,54 y 3,65 Kg, para PR y DJxLW).

De todo lo anterior (Barlocco et al., 2002a, 2002d, 2003d), puede concluirse que la carne proveniente de animales Pampa Rocha y sus cruzas con Duroc y Large White poseen buenas condiciones para la elaboración de cortes curados desde el punto de vista de la acidez a la hora y a las 24 horas posteriores a la faena (Arnau y Monfort 1998, Hamilton et al. 2000, Ruíz 2005b, Galián 2007).

Sin embargo, si el destino es el mercado convencional de carne fresca, es recomendable recurrir a cruzamientos a efectos de reducir el porcentaje de grasa (Barlocco et al., 2002a, 2003d).

12. Morfometría del tracto gastro intestinal (TGI) de los cerdos Pampa Rocha

No se encontró en la bibliografía ningún trabajo destinado al estudio de la morfometría del tracto gastrointestinal de cerdos Pampa Rocha. Sin embargo, de las investigaciones realizadas para evaluar el rendimiento a la faena, surgen algunas informaciones referidas al tema.

Barlocco et al. (2003d) comparan cerdos híbridos DJ x PR en tres condiciones diferentes de terminación: T1, confinamiento y ración a razón de 0,103 PV^{0,75}; T2, refugios de campo en potreros con acceso permanente a pastoreo y ración a razón de 0,103 PV^{0,75} y T3, similar a T2 pero con ración a razón de 0,085 PV^{0,75}. Y definen un cuarto tratamiento similar a T3 pero evaluando animales Pampa Rocha puros.

Cuadro 6. Diferencia entre el rendimiento considerado como la relación entre el peso de la canal y el PV antes del ayuno (R1) y el rendimiento considerado como la relación entre el peso de la canal y el PV inmediatamente antes de la faena (R2) (expresadas como porcentajes)

Tratam.	Genotipo	Sistema	Alim/PV^{0,75}	R1	R2
T1	DJxPR	Confinamiento	0,103	78,1	82,7
T2	DJxPR	campo	0,103	78,9	83,7
T3	DJxPR	campo	0,085	77,9	82,4
T4	PR	campo	0,085	77,6	83,0

Fuente: Barlocco et al. (2003d).

El cuadro 6 se elaboró de acuerdo a los datos de Barlocco et al. (2003d).

Los autores manifiestan que las diferencias encontradas entre los rendimientos considerados sobre el peso anterior al ayuno (R1) pueden ser adjudicadas al posible mayor desarrollo del aparato digestivo de los animales PR sometidos a un pastoreo más intenso y al mayor contenido del aparato gastrointestinal cuando fueron pesados al final del experimento. Las mermas registradas por efecto del ayuno y traslado a planta de faena variaron desde 5,4 hasta 6,4% según tratamiento (Barlocco et al., 2003d).

Este trabajo aporta algunos datos acerca del volumen del ciego donde no se encuentran diferencias significativas entre tratamientos pero existió una tendencia a manifestarse un mayor volumen al aumentar los niveles de pastoreo y en igualdad de condiciones (T3 y T4), mayor volumen del ciego en cerdos PR que en los híbridos (4,64% mayor en PR que en DJxPR).

Barlocco et al. (2003b) presenta datos de características de carcasa en animales Pampa Rocha engordados a campo, con dos niveles de restricción de la ración. Los datos presentados arrojan una tendencia a mayor rendimiento de los animales que recibieron mayor cantidad de concentrado (y en consecuencia, menos proporción de su alimentación proviene de la pastura). Los autores sostienen que el mayor consumo de pasturas de los cerdos en mayor restricción provocó un mayor peso de las vísceras y del tracto digestivo pero no publican los resultados en ese trabajo.

13. Capacidad de utilización del forraje por los cerdos Pampa Rocha

Como se ha mencionado, el cerdo Pampa Rocha proviene de un extenso ecosistema caracterizado por una pradera natural, de vegetación predominantemente herbácea, de la que es parte integral y está adaptado (Urioste et al. 2002, Vadell 2005).

Los animales fueron criados tradicionalmente en pastoreo, y esta característica ha sido respetada por el sistema de cría diseñado por la Facultad de Agronomía (Vadell, 1999, 2005, 2008)

Prácticamente todos los estudios de comportamiento realizados sobre este genotipo, refieren a condiciones pastoriles como puede desprenderse de todo lo anteriormente escrito.

Battegazzore (2006) estima el consumo de MS de las pasturas durante el engorde con los resultados que se presentan en el apartado referido al período de terminación de los cerdos Pampa.

Garin et al. (2002, 2003) encuentran mayor capacidad de cachorros Pampa Rocha entre 35 y 60 Kg, para consumir forraje picado (2,5 cm de largo) de trébol blanco (*Trifolium repens*) picado, ofrecido como único alimento en condiciones de confinamiento, frente a los híbridos Large White x Duroc. Los autores sugieren que los resultados podrían explicar una mejor adaptación al consumo de este tipo de alimento.

Sin embargo, no tenemos conocimiento de ningún trabajo que haga referencia a la digestibilidad de pasturas u otros alimentos ricos en fibra para este genotipo.

B. EL COMPONENTE FIBRA DE LOS ALIMENTOS

1. Los carbohidratos estructurales

a. Composición; características y clasificación de los carbohidratos

Los hidratos de carbono son los componentes mayoritarios de las principales materias primas utilizadas en la alimentación del cerdo y constituyen su principal fuente energética. Sin embargo, la cantidad varía entre ingredientes, siendo los cereales y sus subproductos los que contienen mayor proporción (hasta 80% BS mientras que los ingredientes considerados concentrados proteicos, leguminosas y sus tortas de extracción contienen alrededor de 40% (Church y Pond 1987, Back Knudsen 1997, Morales 2002b).

La estructura y composición química de los carbohidratos es heterogénea. Generalmente están constituidos por una gran cantidad de moléculas, desde los azúcares libres de bajo peso molecular hasta los polisacáridos de estructura más compleja (Church y Pond 1987, Morales 2002b).

Los carbohidratos se pueden clasificar, de acuerdo a su organización molecular en azúcares; oligosacáridos y polisacáridos, siendo los primeros los de estructura más simple (compuestos por una o dos moléculas de monosacáridos) y los últimos los más complejos (con más de nueve moléculas de polisacáridos (Morales, 2002b).

Los ingredientes que generalmente son utilizados en la alimentación porcina incluyen diferentes proporciones de cada grupo de carbohidratos. Los cereales, generalmente contienen mayor proporción de almidón mientras que las leguminosas presentan una mayor proporción de azúcares y polisacáridos no amiláceos (Morales, 2002b).

Cuadro 7. Clasificación de los carbohidratos

Grupo	Subgrupo	Componente	Monosacáridos ¹
Azúcares (1-2)	Monosacáridos		Glu, Gal, Fru, Xil, Ara
	Disacáridos	sacarosa	Glu, Fru
		maltosa	Glu
		lactosa	Glu, Gal
	celobiosa	Glu	
Oligosacáridos (3-9)	α -galactósidos	Rafinosa	Gal, Glu, Fru
		Estaquiosa	Gal, Glu, Fru
		Verbascosa	Gal, Glu, Fru
	Malto-oligosacáridos	Maltodextrinas	Glu
Polisacáridos (>9)	Polisacáridos No Amiláceos	Pectinas	Ac.galacturónico
		Celulosa	Glu
		Hemicelulosa	Xil, Glu, Man, Ara, Gal
		β -glucanos	Glu
		Arabinoxilanos	Xil, Ara
		Arabinogalactanos	Gal, Ara
Galactomananos	Man, Gal		

1. Ara, arabinosa; Glu, glucosa; Gal, galactosa; Fru, fructosa; Xil, xilosa; Man, manosa.

Fuente: Morales (2002b).

b. Azúcares

Comprenden los monosacáridos, disacáridos y oligosacáridos (estos últimos contienen 2 y de 3 a 9 unidades de monosacáridos, respectivamente). La sacarosa y los α -galactósidos son los más abundantes en las materias primas con que generalmente se alimenta a los Monogástricos. Como se ha mencionado, su presencia es poco importante en la mayor parte de los cereales (2 a 3% en BS) pero se presentan en mayor concentración en las leguminosas (5 a 15% en BS), principalmente bajo la forma de oligosacáridos (en su mayor parte α -galactósidos) (Morales, 2002b).

c. Almidón

Es un polímero compuesto por un solo monómero, la D-glucosa. Es el polisacárido de reserva más importante de los vegetales; encontrándose fundamentalmente en los granos de cereales, en los que llega a representar el 70 a 80 % de su materia seca (Morales, 2002b).

Químicamente está formado por dos tipos de estructuras, la amilosa y la amilopectina. La amilosa es una molécula lineal de alrededor de 500 unidades de D-glucosa unidas por enlaces $\alpha(1-4)$ y la amilopectina, también compuesta por unidades de glucosa, es más corta y ramificada (con enlaces $\alpha(1-6)$ cada 24 a 30 unidades de glucosa). La proporción de amilosa y amilopectina varía en el almidón en función de sus fuentes (Robyt, citado por Morales, 2002b).

Desde el punto de vista morfológico, el almidón se organiza en forma de gránulos compactos, parcialmente cristalinos con formas y tamaños que varían de acuerdo al origen de esta sustancia. En general en los cereales, los gránulos son pequeños y esféricos mientras que en las leguminosas tienen forma arriñonada (Morales, 2002b).

La composición y morfología molecular del almidón condicionan sus propiedades físico-químicas y funcionales (Morales, 2002b).

La digestión del almidón en el intestino delgado de los Monogástricos se produce por la acción de la α -amilasa segregada por el páncreas. Pero parte del almidón no es digerido a nivel de intestino delgado sino que llega al intestino grueso donde puede ser fermentado por la microflora (Morales, 2002b).

d. Polisacáridos no amiláceos (PNA)

Su contenido y composición es muy variable en los vegetales. Incluyen una gran cantidad de moléculas. Junto con la lignina, conforman la fracción denominada "fibra dietética" y representan los componentes estructurales más importantes de la pared celular de los vegetales (Morales, 2002b).

En la pared celular, microfibrillas de celulosa forman un esqueleto rígido, que está incluido en una matriz gelatinosa y amorfa compuesta por otros polisacáridos no amiloideos y por glucoproteínas. La pared celular vegetal primaria contiene (en BF): agua, 60%; celulosa, 10 a 15%; PNA; 5 a 10%; pectinas, 2 a 8%; lípidos, 0.5 a 3% y proteínas, 1 a 2%. Dentro de los PNA no amiloideos, los principales son hemicelulosa, β -glucanos y arabinoxilanos (Morales, 2002b).

e. Celulosa

Es el principal componente estructural de las paredes celulares de los vegetales y el polímero más abundante de la tierra (Maynard 1981, Savón 2005).

Desde el punto de vista químico, es un homopolímero conformado por cadenas lineales de glucosa unidas por enlaces β (1-4). A su vez, las cadenas se unen entre sí mediante enlaces de hidrógeno formando microfibrillas, lo que les confiere rigidez, resistencia a la degradación biológica, baja solubilidad en agua y resistencia a la hidrólisis ácida. Tiene un grado de polimerización de 8.000 a 10.000. No es digerida en absoluto por las enzimas del tracto gastrointestinal de los mamíferos por lo que su degradación está restringida a la fermentación microbiológica y ésta, en los monogástricos, es limitada (Morales 2002b, Savón 2005).

Representa del 40 a 45% de las cáscaras de leguminosas y semillas oleaginosas; 10 al 30% de forrajes y 3 a 5 % de las semillas de leguminosas (Savón, 2005).

f. Hemicelulosas

Siendo uno de los más importantes componentes de las paredes celulares de las plantas, son menos resistentes a la degradación química que la celulosa, siendo solubles en ácidos y álcalis (Maynard, 1981).

Las hemicelulosas son un grupo de polisacáridos de peso molecular muy inferior a la celulosa, con menor grado de polimerización. Están formados por cadenas lineales o ramificadas de xilosa, glucosa, arabinosa, galactosa y manosa. Estas cadenas se unen por una gran cantidad de enlaces de hidrógeno. Las hemicelulosas pueden ser solubles en agua. Al igual que la celulosa, no es digerida enzimáticamente a nivel del intestino delgado pero la fermentación en el intestino grueso (y su aprovechamiento por los animales monogástricos) es mucho mayor (Morales 2002b, Savón 2005).

Son los carbohidratos estructurales más asociados a la lignina (Maynard, 1981).

Constituyen entre el 10 y 25% de la MS de los forrajes y subproductos agroindustriales (afrecho, cáscaras, semillas y pulpas) y alrededor de 2 al 12% de los granos y raíces (Savón, 2005).

g. Pectina

Al igual que los anteriores, es un polisacárido. Está formado por una cadena lineal de moléculas de ácido galacturónico, en la que distintas proporciones de los grupos ácido se encuentran como metil ésteres y otros azúcares se encuentran ligados como cadenas laterales. Es soluble en agua (Morales, 2002b).

Normalmente se los hallan en la capa media de la pared celular, actuando como cementante, uniendo las células, especialmente en paredes celulares primarias, en tejidos jóvenes (Savón, 2005).

Se encuentran en gran proporción en las leguminosas y en la pared de los frutos. La alfalfa contiene entre 5 y 10% de pectina; en los cotiledones de leguminosas, las pectinas totales alcanzan entre el 4 y 14%. La remolacha y los frutos cítricos son fuentes importantes de pectina (Savón, 2005).

h. β -Glucanos

Son polisacáridos que al igual que la celulosa, están constituidos por cadenas de glucosa unidas por enlaces $\beta(1-4)$ pero sobre estas cadenas, se intercalan ramificaciones al azar por medio de enlaces $\beta(1-3)$ que por romper la linealidad, impiden la formación de fibrillas, aumentando su solubilidad y viscosidad (Morales, 2002b).

i. Arabinoxilanos

Polisacáridos constituidos por xilosa y arabinosa formando polímeros lineales de xilosa unidas por enlaces $\beta(1-4)$ y ramificaciones de arabinosa. Al igual que los β -glucanos, las ramificaciones ocasionan su solubilidad en agua y la formación de soluciones viscosas (Morales, 2002b).

j. La lignina

La lignina no es un carbohidrato. Es un compuesto que da soporte estructural a las paredes celulares de las plantas y por este motivo, suele tratárselo nutricionalmente junto a los carbohidratos. La lignina verdadera es un polímero amorfo de derivados del fenil-propano de elevado peso molecular; cuya estructura no está bien descrita y su forma puede variar de una planta a otra. Sus ligaduras químicas, fundamentalmente con la celulosa y la hemicelulosa disminuyen drásticamente la digestibilidad de los alimentos. En las gramíneas, estas ligaduras son ésteres mientras que en las leguminosas, son éteres. Pero en ninguno de los casos, pueden ser rotas por las enzimas segregadas por los mamíferos ni por las de los microorganismos anaerobios que habitan sus tractos digestivos. El contenido de lignina aumenta en la medida que las plantas maduran, reduciendo la digestibilidad de las mismas (Maynard, 1981).

2. Definición de fibra

“Fibra” (o “fibra dietética”) es el total de sustancias poliméricas de las plantas que son resistentes a las enzimas digestivas de los mamíferos. Está compuesta fundamentalmente por las fracciones de la pared celular de los vegetales. Esta definición contiene mayoritariamente sustancias como la lignina; celulosa y hemicelulosa. Pero incluye también, pectinas; gomas; galactanos; etc., que son materiales relativamente solubles. Estas sustancias pueden ser en parte degradadas a nivel de rumen o tracto posterior de los mamíferos, por la acción fermentativa de microorganismos anaeróbicos. La fibra actúa como un sustrato para la microflora intestinal, afectando la cantidad y calidad de productos microbianos (Van Soest y Robertson 1980, Rodríguez- Palenzuela et al. 1988, Varel y Yen 1997, Ogle 2006).

Las paredes celulares de los vegetales son las fuentes principales de fibra dietética en la mayoría de los alimentos. En consecuencia, puede definirse a la fibra nutricional como los polisacáridos y la lignina pertenecientes a la pared celular (Savón, 2005).

Los principales componentes de la pared celular son: los homopolisacáridos (celulosa); heteropolisacáridos (hemicelulosa y pectina); las gomas (polisacáridos de reserva) y la lignina (compuesto fenólico que une a los grupos anteriores). Aunque también se hallan presentes alginatos; xiloglucanos, dextrana; inulina; glucanatos; pequeñas cantidades de proteína; polifenoles de alto peso molecular; cutinas; ácido fítico y almidón resistente (Savón, 2005).

La fibra dietética no puede ser considerada como la simple suma de sus componentes en forma aislada, sino que es una unidad biológica y su composición química y posibilidades de utilización como alimento varía con el tipo de planta de la cual proviene y el estado fisiológico en que se encuentra (Savón, 2005).

Los principales alimentos ricos en fibra son los forrajes de gramíneas y leguminosas; subproductos de molienda y destilación (Varel y Yen, 1997)

3. Técnicas analíticas para la determinación de fracciones fibrosas

a. Método Proximal de Weende

El análisis proximal de Weende es una combinación de los procedimientos analíticos desarrollados en Alemania hace más de un siglo con la finalidad de obtener una descripción rutinaria de los alimentos. Pese a sus múltiples fallas, aun continúa empleándose (Church y Pond, 1987).

Estos análisis descomponen analíticamente las diferentes sustancias estudiadas (alimentos, heces, etc.) en las siguientes fracciones: agua; proteína bruta ($N \times 6,25$); extracto etéreo; cenizas, fibra cruda y extracto no nitrogenado (Church y Pond, 1987).

La determinación de materia seca generalmente se realiza secando las muestras en una estufa a temperaturas entre 100 y 105°C. Este método es bastante preciso cuando se analizan sustancias con bajos contenidos de humedad y de sustancias volátiles (ácidos grasos o aceites esenciales por ejemplo). En estos casos, es conveniente recurrir a métodos especiales como es el secamiento a bajas temperaturas y baja presión obtenida mediante la utilización de bombas de vacío; deshidratación por congelamiento; destilación por tolueno. El contenido de agua de las muestras se obtiene por diferencia entre la materia tal cual es ofrecida y la materia seca (Church y Pond, 1987).

Las cenizas se determinan mediante la incineración de todo el material combustible en una mufla a temperaturas de entre 500 y 600°C. La cantidad de materia orgánica se calcula por diferencia entre la materia seca y las cenizas (Church y Pond, 1987).

Para realizar una estimación de la cantidad de proteína de una sustancia se recurre al método de Kjeldahl, por el cual, el material a analizar, se digiere en una solución concentrada de H_2SO_4 que convierte el N en NH_4SO_4 ; luego se enfría la mezcla; se diluye con agua y neutraliza con NaOH que transforma el N en una forma de amoníaco ionizado; finalmente se destila la mezcla y el destilado se titula con ácido. Este análisis es exacto y repetible pero toma demasiado tiempo y emplea sustancias peligrosas. Para solucionar estos inconvenientes, se han desarrollado métodos derivados del mismo como el micro-Kjeldahl. De todos modos, la principal debilidad es que no estima la

proteína utilizable por Monogástricos sino la cantidad de N que luego debe multiplicarse por 6,25 y de este modo estimar una cantidad teórica de proteína que se denomina “proteína cruda” o “proteína bruta”. De este modo, no sólo no se considera la calidad de la proteína sino que ni siquiera se estudia si el N es de origen proteico, lo que puede generar problemas considerables, fundamentalmente en los animales monogástricos que no están capacitados para aprovechar fuentes minerales de N (Church y Pond, 1987).

Para la determinación de lípidos, se procede a la extracción con éter por un período de cuatro horas o más. El método del extracto etéreo tiene validez cuando los lípidos de la sustancia estudiada, están compuestos mayoritariamente por grasas y ésteres de los ácidos grasos que pueden ser utilizables por los animales (Church y Pond, 1987).

La estimación de los carbohidratos estructurales (fibra bruta o fibra cruda), se realiza empleando una muestra desengrasada que se hierva en ácido diluido; luego en una base diluida; se seca y se quema en un horno. La fibra bruta es la diferencia entre la materia antes y después de quemarse en el horno (Church y Pond 1987, Morales 2002b).

Finalmente, la estimación de los glúcidos solubles (extracto no nitrogenado o extracto libre de nitrógeno, ENN) se realiza por diferencia. Es decir, el extracto libre de nitrógeno es todo aquello que no es agua; cenizas; proteína bruta; extracto etéreo ni fibra. La primera crítica que podría hacerse es que arrastra los errores de todas las demás estimaciones (Church y Pond, 1987).

La fracción FB del análisis de Weende, se corresponde con la antigua convicción de que representa la parte no digerible de los alimentos y se estima el valor nutritivo de estos sobre la base de la estimación de dicha fracción. El descubrimiento de la digestibilidad de la fibra y la celulosa en los herbívoros por Haubner rompió el modelo teórico en que se basaba dicho análisis (Van Soest, 1964).

Posteriormente, estudios de Henneberg y Stohmann en 1864, mostraron que en algunos casos, la fibra cruda es más digestible que el extracto no nitrogenado (ENN) y que la parte no digestible de este, representaba un componente no carbohidrato, al que se denominó lignina (Van Soest, 1964).

Van Soest cuestiona el análisis proximal de Weende por partir del supuesto que la fibra cruda estima la celulosa y que la celulosa representa la fracción indigestible de los alimentos y sostiene que ambos conceptos son incorrectos (Van Soest, 1964, 1967).

La mayor parte de la lignina y hemicelulosa, en el método de Weende, se extrae junto con el ENN, fracción que se asume que representa a los carbohidratos disponibles (Van Soest, 1963, 1967).

Antes de definir un método práctico para el análisis de la fibra, sostiene Van Soest (1967), debe empezarse por definir claramente desde el punto de vista químico y nutricional, esta fracción. Esto implica establecer adecuadamente que fracciones químicas lo componen y cuál es la relación que cada una de ellas tiene con la digestibilidad. Esta definición no es simple en el caso de la fibra puesto que no está compuesta de una sustancia homogénea, con un significado nutricional similar.

Van Soest (1965), propone una nueva clasificación de los alimentos de origen vegetal para animales domésticos basadas en conocimientos más recientes de su valor nutricional.

Define una primera categoría, que se corresponde con el contenido celular de los alimentos en la que incluye: azúcares, carbohidratos solubles, almidón, pectina, nitrógeno no proteico, proteína, lípidos y otros solubles. Este grupo de alimentos se caracteriza por su alta digestibilidad tanto para rumiantes como no rumiantes (Van Soest, 1965, 1967).

Una segunda categoría se corresponde con los constituyentes de la pared celular. A estos los divide a su vez de acuerdo a sus posibilidades de aprovechamiento por los animales (Van Soest, 1965, 1967).

Un primer subgrupo, representado por la hemicelulosa y la celulosa, tendría una disponibilidad parcial para los rumiantes y baja para no rumiantes debido a que las enzimas que hidrolizan la celulosa y hemicelulosa no son secretadas por los animales superiores y existe una considerable diferencia en la capacidad para realizar mediante simbiosis con microorganismos, la fermentación necesaria para poder utilizar estos carbohidratos estructurales (Van Soest, 1965, 1967).

El resto de los componentes de la pared celular (proteínas dañadas por el calor y lignina) son considerados indigestibles tanto para rumiantes como no rumiantes (Van Soest, 1965, Van Soest 1967).

La pared celular del forraje no es nutritivamente uniforme. Sullivan (1966) ha demostrado que la digestibilidad de la hemicelulosa en muchos casos es menor que la de la celulosa, pero en cualquier caso, estrechamente relacionada con la de la celulosa y la lignificación de la planta (Van Soest, 1967).

La hemicelulosa ha sido pasada por alto como un componente importante de forrajes y sin embargo parece ser una de las fracciones más importantes relacionadas con el carácter nutritivo de las gramíneas y leguminosas. Esta fracción es un componente importante de la pared celular y es muy variable en su valor nutritivo por lo que impide asimilar el concepto “fibra cruda” como estimador del valor nutricional de las plantas (Van Soest, 1967).

Las gramíneas y las leguminosas contienen contenidos similares de celulosa, sin embargo, su digestibilidad es muy distinta por lo que el uso de la cantidad de celulosa como forma de estimar los carbohidratos estructurales es muy peligrosa. Las leguminosas pueden contener hasta cuatro veces el contenido de hemicelulosa que las gramíneas (Van Soest, 1967).

b. Método de Van Soest

Van Soest (1964, 1967) propone entonces, a partir de estas consideraciones, un método alternativo al análisis de Weende, para caracterizar con mayor precisión el fraccionamiento de los polisacáridos de origen forrajero. Se trata de un método que utiliza soluciones detergentes para separar la fracción insoluble en detergente neutro (fibra detergente neutro, FDN); detergente ácido (fibra detergente ácido, FDA) o insoluble en ácido sulfúrico concentrado (lignina detergente ácido; LDA). Por diferencia entre ellas se obtiene el contenido en celulosa, hemicelulosa y lignina.

El método propuesto por Van Soest lo podemos resumir del siguiente modo (Van Soest y Robertson, 1980):

1. Hervir la muestra de alimento con detergente neutro (Lauril sulfato de Na, EDTA sódico a pH7). La acción del detergente neutro solubiliza azúcares, proteínas y otras sustancias solubles, permaneciendo insolubles los componentes de paredes celulares (FDN, hemicelulosa; celulosa; lignina; minerales y sustancias asociadas a la lignina).
2. Hervir la FDN con detergente ácido (bromuro de cetil trimetil-amonio en H_2SO_4 1N). La acción del detergente ácido, disuelve la hemicelulosa, permaneciendo como residuos la celulosa, lignina, minerales y otras sustancias asociadas a la lignina (FDA).
3. Disolver la celulosa de la FDA en H_2SO_4 al 72% y obteniendo un residuo compuesto mayoritariamente por lignina y minerales.
4. Incineración final para eliminar la lignina.

De modo que:

Hemicelulosa = FDN – FDA

Celulosa = FDA – residuo de disolución con H_2SO_4 al 72%

Lignina = residuo de disolución con H_2SO_4 al 72% - cenizas.

Este método también presenta algunas limitaciones dado que gran parte de los polisacáridos no amiláceos hidrosolubles y las pectinas, no quedan recogidas en la fracción FDN y otros componentes como almidón y proteína pueden contaminar esta fracción (Thenader y Åman, 1980).

Ante estos inconvenientes del método, Van Soest y Robertson (1980) proponen algunas correcciones para poder aislar la proteína indisoluble debido a reacción de Maillard (sometiendo a la FDA a Kjeldahl) o la cutina (sometiendo a la FDN a $KMnO_4$ y luego a H_2SO_4).

En las últimas décadas se ha dado un gran desarrollo de nuevas técnicas analíticas con el fin de estudiar la estructura química de la fibra y su relación con el valor nutritivo de los alimentos pero cada una de ellas tiene sus propias limitaciones (cambio de propiedades y estructuras; insuficientes extracción o no representatividad de las mismas) (Morales, 2002b).

Cuadro 8. Usos y limitaciones para alguno de los métodos de análisis más utilizados de estimación de fibra y componentes de la pared celular en forraje y nutrición de animales

Método de análisis	Fracción de forraje medida	Limitaciones del método
Fibra cruda	Porción de pared celular de las plantas, recuperación total de la celulosa	Remoción de más polisacáridos no celulósicos y lignina
Fibra detergente neutro (FDN)	Fracción del alimento de digestión incompleta; recuperación casi completa de pared celular de hierbas.	Remoción casi completa de la pectina, proteína y almidón recuperado de pared celular del pasto puede ser un problema
Fibra detergente ácido (FDA)	Porción de pared celular de las plantas, completa recuperación de la celulosa.	Se solubiliza una porción significativa de la lignina
Fibra dietética	Completa recuperación de los polímeros de la pared celular	Puede ser dificultosa la remoción de proteína y almidón
Fibra dietética Uppsala	Recuperación del total de la pared celular y composición de la pared celular	Complejidad del método
Crampton-Maynard	Celulosa	Pequeña cantidad de contaminación con xilanos
FDA menos LDA	Celulosa	Suma los errores y limitaciones de los métodos de FDA y LDA
FDN - FDA	Hemicelulosa	Suma los errores y limitaciones de los métodos de FDN y FDA
Lignina detergente ácido (LDA)	Lignina	Solubilización de lignina en paso FDA, especialmente en pastos
Lignina Klason	Lignina	Posible contaminación con proteína y carbohidratos

Fuente: Hans-Joachim (1997).

En la fracción FDN se retira casi completamente la pectina; la eliminación de la proteína y el almidón vinculado a la pared celular de los vegetales puede ser un problema. La determinación de la fracción FDA, tiene el inconveniente de que una parte importante de la lignina se solubiliza (Hans-Joachim, 1997).

Los métodos de determinación gravimétricos como el de la fibra cruda de Weende y el de la fibra detergente neutra no son totalmente precisos y recuperan cantidades variables de la pared celular pero siguen siendo populares debido a su facilidad de uso y a la gran cantidad de información recopilada en bases de datos de alimentos que existe para estos métodos. Los métodos de FDN se han semiautomatizado de modo de aumentar la capacidad de manipulación de muestras (Hans-Joachim, 1997).

Por el momento, parece poco probable que puedan adoptarse en forma generalizada, métodos más sofisticados de análisis de pared celular de los alimentos; al menos hasta que no se demuestre la superioridad de estos métodos a la hora de formular dietas y predecir la respuesta de los animales (Hans-Joachim, 1997).

4. La fibra como alimento para el cerdo

a. Particularidades del aparato digestivo del cerdo que afectan el aprovechamiento de alimentos con alto contenido de fibra

El cerdo es considerado un fermentador intestinal caudal, esto es, que la actividad fermentativa se concentra en las partes posteriores del TGI (ciego y colon). Tiene un estómago relativamente grande e intestino delgado relativamente largo cuando se lo compara con otros animales domésticos monogástricos. El intestino grueso está formado por el ciego, el colon y el recto. El intestino grueso mide aproximadamente de 4 a 4,5 metros y tiene un diámetro considerablemente mayor que el intestino delgado. El ciego es relativamente pequeño si se lo considera con el de monogástricos herbívoros como el conejo (Church y Pond, 1987).

El intestino delgado es el responsable de la mayor parte de la absorción del aparato digestivo y está cubierto con una serie de proyecciones con forma

de dedo, denominadas vellosidades, que sirven para aumentar el área de absorción. Cada vellosidad contiene una arteriola y una vénula, junto con un tubo de drenaje del sistema linfático. Las vénulas drenan al sistema sanguíneo portal que va directamente al hígado; el conducto linfático desemboca a través del conducto torácico a la vena cava. La primera sección del intestino delgado (duodeno) produce varios jugos digestivos y recibe las secreciones del páncreas y el hígado. En esta sección se produce un volumen considerable de absorción (Church y Pond, 1987).

El intestino grueso funciona como una zona de absorción de agua y de secreción de algunos elementos minerales como el Ca. En el ciego y el colon se lleva a cabo una cantidad considerable de fermentación bacteriana. El ciego en el cerdo tiene un tamaño relativamente pequeño si se lo compara con especies monogástricas herbívoras como el caballo o el conejo. Debido a que las proteínas y otras moléculas grandes que tienen su origen en el ciego y en el colon, no reciben la acción de jugos digestivos, se supone que el cerdo no tiene posibilidades de absorberlas. Puede absorber en cambio, los ácidos grasos de cadena corta, producto de la fermentación y emplearlos como fuente energética (Church y Pond, 1987).

b. Utilización de fibra como alimento

Axelsson y Eriksson (1953), Baird et al. (1970) coinciden en que la capacidad del cerdo para utilizar la fibra, puede haber sido subestimada.

En ese sentido Keys, citado por Pond et al. (1980) sugiere que los cerdos pueden obtener ganancias de peso satisfactorias con dietas que contienen más del 20% de pared celular, por contener heno de alfalfa en un 50% o *ochrad grass* en un 40% de la dieta.

Varel y Yen (1997) afirman que la microflora del intestino grueso porcino, es capaz de adaptarse a los forrajes lignificados y subproductos industriales alimenticios, ricos en fibra, mucho mejor que la microflora de los seres humanos. Arriesgan incluso a plantear que, a la luz de la síntesis de algunas de las bacterias fibrolíticas aisladas en el tracto gastrointestinal de los cerdos, la

fermentación de fibra en su intestino grueso, se asemeja más a la de los rumiantes que a la de los seres humanos.

Forbes y Hamilton sostenían en 1952:

“The variation in crude fiber digestibility previously reported has not been satisfactorily explained and may be the result of differences in source of fiber employed, level of fiber in the diet, the character of the non-fibrous portion of the ration, the plane of nutrition, and/or the age of the pigs” (La variación en la digestibilidad de la fibra cruda se informó anteriormente, no se ha explicado satisfactoriamente y puede ser el resultado de diferencias en la fuente de la fibra empleada, el nivel de fibra en la dieta, el carácter de la parte no fibrosa de la ración, el plano de la nutrición, y /o la edad de los cerdos) (Forbes y Hamilton, 1952).

Pese a los inmensos avances de la investigación sobre el tema, más de cincuenta años después, todos esos conceptos siguen siendo válidos.

Por ejemplo, Ogle (2006) afirma:

“The negative effects of fiber on diet digestibility and pig growth are well documented, and it is generally accepted that diets containing more than 7-10% of fiber result in decreased growth rates” (los efectos negativos en la digestibilidad de las dietas sobre el crecimiento de los cerdos están bien documentados y, es generalmente aceptado que dietas conteniendo más de 7 a 10 % de fibra, resultan en una disminución de los niveles de crecimiento)

y luego:

“However, the mechanisms involved and the extent of the reduction in nutrient digestibility and growth performance are complex and depend on a number of factors, including for example the fiber source and composition, level of feed and processing method, and the age and breed of the pig. The mechanisms involved in the decrease in diet digestibility, in addition to the presence of the indigestible components in fibrous forages, include the shielding effect of the plant cell contents by the indigestible cell walls, and increased rates of passage of digesta as a result of its increased bulk and water-holding capacity, and also due to irritation of the gut wall mucosa by VFA produced in the hind-gut. In addition reduced feed and energy intake as a result of the presence of anti-nutritional factors, bulkiness and energy dilution, and possibly also heat stress, can also contribute to reduced daily gains” (Sin embargo, los mecanismos involucrados y la magnitud de la reducción de la digestibilidad de

los nutrientes y el crecimiento son complejos y dependen de una serie de factores, como por ejemplo la fuente de fibra y la composición, el nivel de alimentación y método de elaboración, y la edad y la raza de los cerdos. Los mecanismos implicados en la disminución de la digestibilidad de la dieta, además de la presencia de los componentes no digeribles de los forrajes fibrosos, incluyen el efecto protector de los contenidos de las células vegetales por las paredes celulares no digeribles, y el aumento de las tasas de pasaje de digesta, como resultado de su aumento de volumen y capacidad de retención de agua, y también debido a la irritación de la mucosa de la pared del intestino por AGV producidos en el intestino grueso. Además de reducciones en la alimentación y el consumo de energía como resultado de la presencia de factores antinutricionales, el volumen y la dilución de la energía y el estrés; posiblemente, el calor, también puede contribuir a la reducción de las ganancias diarias)

Savon (2005), en la misma sintonía, afirma que la eficiencia de utilización de la fibra por los monogástricos depende de la naturaleza y nivel de la fibra; vaciado gástrico y velocidad de tránsito; especie, raza, categoría y estado fisiológico; localización y grado de fermentación de los microorganismos del TGI; nivel de absorción de los ácidos grasos de cadena corta producto de la fermentación.

Haremos una breve recopilación de conocimientos acumulados sobre los diferentes procesos que intervienen en el aprovechamiento de la fibra por los cerdos, a los efectos de poder comprender las posibles adaptaciones que los diferentes genotipos pueden haber ido desarrollando para obtener una mejor utilización de los recursos disponibles en los sistemas productivos en los que se han ido desarrollando.

c. Microflora intestinal

Ni el estómago, ni el intestino delgado de los mamíferos producen enzimas capaces de degradar la fibra dietética. La fibra es degradada por la actividad de especies de microbios que producen celulasas, hemicelulasas, pectinasas y otras enzimas (Varel y Yen, 1997).

Los componentes de la dieta no digeridos completamente en el intestino delgado de los cerdos proporcionan un sustrato para el crecimiento microbiano

que permite al animal utilizar parte de la energía de estos sustratos como productos de la fermentación bacteriana (Yen et al., 1991b).

Forbes y Hamilton (1952) confirmaron el papel de la microflora intestinal en la digestibilidad de la fibra en cerdos, al suministrar harina de alfalfa con o sin la adición de un bacteriostático y encontrar que la digestibilidad de las fracciones fibrosas descendieron (de 40,9% a 29,3%; 49,4% a 36,6% y 4,0% a 0,4% para las digestibilidades de FC, celulosa y lignina respectivamente) por la acción del bacteriostático.

El intestino grueso contiene algunos microorganismos aerobios y aerobios facultativos pero predominan los anaerobios obligados. La microflora fecal tiende a ser similar a la del colon pero posiblemente no sea representativa del ciego (Varel y Yen, 1997).

Salanitro et al. (1977) identifica en las heces porcinas, dos bacterias Gram Positivas que identifican como *Streptococcus* y *Eubacterium*, que constituirían el 90% de la microflora.

Russell (1979) realiza un examen de varios sitios del intestino grueso y 90% de las bacterias aisladas fueron Gram Positivas consistentes en cocos Gram Positivos, *Lactobacilos*, *Eubacterias* y *Clostridios*.

Sin embargo, Robinson et al. (1981) identifican numerosas bacterias Gram Negativas en la flora fecal como *Prevotella ruminicola* (35%), *Selenomonas ruminantium* (21%), *Butyrivibrio fibrisolvens* (6%) y *Bacteroides uniformis* (3%) y varias Gram Positivas como *Lactobacillos acidophilus* (7,6%), *Peptostreptococcus productus* (3%) y *Eubacterium aerofaciens* (2,5%).

Moore et al. (1987) encuentran que las cepas más comunes son las del género *Streptococcus* y representan el 27,5% de todos los aislamientos.

A diferencia del rumen, el intestino grueso no posee protozoos ni hongos anaerobios, y los microorganismos presentes en el intestino grueso del cerdo, deben además, ser resistentes a la bilis (Varel y Yen, 1997).

Varel et al. (1984a) identifican dos de las bacterias celulolíticas predominantes en el rumen y en las heces de cerdos, un bacilo anaerobio gram-negativo, el *Fibrobacter (Bacteroides) succinogenes* y un coco gram-positivo, el *Ruminococcus flavefaciens*.

Posteriormente, se aíslan otras bacterias celulolíticas, *Ruminococcus albus* y *Butyrivibrio sp.*, en el contenido intestinal de cerdos (Varel y Yen, 1997).

Varel y Pond (1992) publican la identificación de una nueva cepa de *Clostridium* celulolítica que es identificada como una nueva especie y designada *Clostridium herbivorans*. Esta bacteria posee similar o superior capacidad celulolítica que los microorganismos ruminales (Varel et al., 1995)

Varel et al. (1984b), Anugwa et al. (1989) relacionan una mayor cantidad de fibra en las dietas con un mayor número de bacterias celulolíticas en las heces y mayor actividad celulolítica, confirmando que el contenido de fibra (en ambos casos utilizando alfalfa como fuente) afecta el metabolismo bacteriano intestinal y el número y la actividad de la población celulolítica.

Anugwa et al. (1989) observan un aumento del total de bacterias celulolíticas en colon al administrarse una dieta alta en fibra a partir del día 17. Pero una vez que a los animales se les suministra una dieta normal, el número de bacterias celulolíticas vuelve a ser similar al de los que recibieron siempre la dieta normal, demostrando que la población bacteriana se va ajustando a las disponibilidades de sustrato.

También existe un aumento de las bacterias hemicelulolíticas cuando aumenta la concentración de fibra en la dieta. *Prevotella (Bacteroides) ruminicola*, *Fibrobacter succinogenes*, *Ruminococcus flavefaciens*, son todas bacterias presentes en la materia fecal de los cerdos y que poseen capacidad para hidrolizar el xilano y digerir la hemicelulosa (Varel y Yen, 1997).

Varel y Pond (1985) enumeran las bacterias celulolíticas en muestras de heces de cerdas gestantes con diferentes fuentes y niveles de fibra en la dieta. Para ello definen una dieta testigo a base de maíz y soya (T1), con inclusión de 20% de mazorcas de maíz (T2), 40% y 96% de harina de alfalfa (T3 y T4 respectivamente). El número de bacterias celulolíticas más probable encontradas en las heces fueron $23,3 \times 10^8$, $15,2 \times 10^8$, $45,1 \times 10^8$, y $52,5 \times 10^8$ por gramo de MS para T1 a T4 respectivamente. Mientras que en la dieta control, las bacterias celulolíticas representaban el 1,1% del total de bacterias, cuando se suministró 96% de harina de alfalfa, estas alcanzaban el 17,0%, no encontrándose diferencias en el recuento de bacterias viables entre ambos tratamientos. En consecuencia, la actividad celulolítica (expresada como miligramos de glucosa liberada a partir de carboximetilcelulosa por gramo de

MS de las muestras fecales cada 30 minutos) también aumentó con la inclusión de fibra en la dieta (17,0, 19,9, 23,8 y 20,3 para T1 a T4 respectivamente).

Anguita et al. (2006) manifiestan que en la fermentación in vitro de heces, los recuentos de enterobacterias y levaduras disminuye con el tiempo de fermentación. Por el contrario, las bacterias anaerobias totales aumentan después de las 12 y 24 hs. Pero los valores encontrados después de las 48 hs no difieren de los iniciales.

d. Sustrato y fermentación

En el intestino grueso, la microflora presente está formada por más de 500 especies distintas de bacterias, mayoritariamente anaerobias estrictas Gram negativas. Los principales mecanismos de control cuantitativo de la microflora son el tipo y la cantidad de sustrato, y las condiciones ambientales de la digesta (pH; concentración de amoníaco; proceso de mezcla y velocidad de tránsito) (Bach Knudsen et al. 1993, Morales 2002b). La composición del sustrato es el principal determinante de la composición de la población microbiana del tracto digestivo (Gibson y McCartney, Jensen, citados por Morales, 2002b).

Los carbohidratos son la principal forma de acumulación de energía en los vegetales y en consecuencia, son la principal fuente energética en los alimentos de este origen (Bach Knudsen, 1997).

En la mayoría de las dietas mixtas suministradas a los cerdos, la principal fuente de hidratos de carbono la constituye el almidón que es digerido en el intestino delgado por acción enzimática. Pero casi la totalidad de los polisacáridos no amiláceos, comúnmente denominados fibra dietética, sobrepasan el intestino delgado sin ser digeridos y son fermentados en distinta medida por las bacterias del ciego y del colon (Jensen, citado por Morales et al., 2002c).

La diversidad de los carbohidratos (azúcares de bajo peso molecular, almidón, PNA), proporcionan un sustrato heterogéneo para la fermentación (Bach Knudsen, 1997).

Todos los carbohidratos que escapan a la digestión en el intestino delgado pueden ser fermentados por la flora del intestino grueso. Esto sucede con la mayor parte de ellos, estimándose que en las heces sólo aparecen alrededor del 15% de los PNA ingeridos (Bach Knudsen et al., 1993).

Aunque también pueden ser utilizadas como sustrato por los microorganismos, secreciones endógenas, células de descamación del epitelio, proteínas endógenas y sales biliares (Jørgensen et al., Stewart et al., Edward y Parrett, citados por Morales, 2002b).

Los carbohidratos, para ser absorbidos a través de la mucosa del TGI, deben ser previamente reducidos a monosacáridos. La digestión requiere de la hidrólisis completa hasta sus componentes monoméricos. El proceso de digestión de las estructuras poliméricas es esencialmente enzimático. Pero el cerdo no segrega enzimas que puedan hidrolizar los polisacáridos no amiláceos (como ocurre con los diferentes tipos de almidón a nivel de la porción anterior del TGI) y en consecuencia, la digestión de estos compuestos queda subordinada a la posible acción de enzimas microbianas que se desarrolla esencialmente en el tracto digestivo posterior (Morales, 2002b).

Los carbohidratos son más susceptibles de ser fermentados cuanto más accesibles resulten a la microflora. Cuánto más soluble y cuánto menor sea el tamaño de las partículas, mayor será la fermentación. Los carbohidratos de estructura más simple como el almidón, pectinas o β -glucanos, son los primeros sustratos degradados, desapareciendo en su totalidad. Aquellos que tienen estructura más compleja como arabinoxilanos, hemicelulosa y celulosa, aparecen en cantidades variables en las heces dado que no son totalmente digeridos (Bacch Knudsen y Canibe 2000, Jensen, citado por Morales 2002b).

La digestibilidad de la fibra bruta total y en particular de la celulosa contenida en los alimentos, estarían asociadas fundamentalmente a los niveles de lignificación de las paredes celulares vegetales aunque también existen diferencias en las características de la celulosa misma que puede estar afectando la digestibilidad como el tamaño de las cadenas que componen su estructura molecular (Forbes y Hamilton, 1952).

Key et al. (1970) informan que en cerdos alimentados con una dieta restringida, con niveles variables de pasto ovillo (20 a 60%, FDN, 14,46 a

36,07% y FDA, 7,73 a 20,68%), la hemicelulosa en todos los casos fue más digestible que la celulosa.

La fermentación microbiana de los carbohidratos es el proceso mediante el cual determinadas bacterias extraen la energía para el mantenimiento de sus funciones celulares, crecimiento y multiplicación. Este proceso, produce como resultante, mayoritariamente ácidos grasos de cadena corta (fundamentalmente acético, propiónico y butírico), pero también otros compuestos como ácido láctico, alcohol, y varios gases como hidrógeno, metano y dióxido de carbono. La fermentación de los aminoácidos ramificados da como resultado la producción de AGCC ramificados (MacFarlane et al., Cumming et al., Annison y Topping, Jensen, citados por Morales, 2002b).

La fermentación de proteínas produce también otros residuos como amoníaco, aminas, fenoles e índoles. Estos productos pueden tener efectos negativos sobre la calidad bromatológica de la canal (Jensen et al., citados por Morales, 2002b).

Fondevila et al. (2002) trabajando con fermentaciones in vitro a partir de digesta ileal de cerdos alimentados con dietas bases de maíz o sorgo y bellotas, encuentra que las producciones de valerato son mayores con la dieta cuya base es maíz.

En análisis in vitro se ha comprobado que la cantidad y perfil de los AGV producidos depende fundamentalmente del tipo de substrato fermentado (Salvador et al. 1993, Casterline et al. 1997, Ferguson y Jones 2000, Monsma et al. 2000).

Morales et al. (2002c) encuentran una asociación negativa entre la concentración de AGV de la digesta y el pH de la misma.

Los valores de pH intestinales muestran cambios significativos después de las comidas sólo a nivel de estómago y estos cambios no están relacionados a las concentraciones de AGV y ácido láctico. Las concentraciones de ácidos grasos volátiles constituyen el 92% de los ácidos orgánicos presentes en el intestino grueso. Estas concentraciones varían marcadamente al pasar el tiempo, después de la ingestión de alimentos (entre 150 y 230 mmol/l) pero en

todo momento, los AGV son los mayores aniones en el contenido del intestino grueso (Clemens et al., 1975).

La concentración y composición de la fibra afecta la digestibilidad de la pared celular y la producción de ácidos grasos volátiles. El origen de la fuente dietética afecta la digestibilidad de la materia seca, pared celular, celulosa, hemicelulosa y proteína (Ehle et al., 1982).

Estudios in vivo realizados en ratas indicarían que la fermentación del almidón conduce a una concentración relativamente alta de butirato (Mathers et al., 1997).

La naturaleza y las asociaciones entre los azúcares y la fibra son los factores clave en las variaciones de la fermentación in vitro. La naturaleza y la cantidad de AGCC producidos está estrechamente relacionada con la fermentación in vitro de los principales azúcares disponibles. Los ácidos urónicos parecen estar relacionados con la producción de ácido acético. La producción de ácido propiónico puede ser promovida por la fermentación de glucosa y en menor medida por la de xilosa y arabinosa. La xilosa tiende a tener un impacto mayor que los ácidos urónicos y la glucosa en la producción de ácido butírico (Salvador et al., 1993).

Casterline et al. (1997) a partir de fermentaciones in vitro con inóculo fecal humano concluyen que la digestión de las fracciones de la fibra dietética y la producción de los diferentes AGCC difieren en función del alimento.

Friend et al. (1962), al aumentar los niveles de celulosa por agregar salvado a las raciones, observan variaciones en las proporciones de AGV, aumenta la concentración de ácido acético ($P < 0.01$) y disminuye de la de ácido butírico ($P < 0.05$).

Friend et al. (1963) encuentran que mayores concentraciones de celulosa en la dieta ocasionaron menor concentración total de ácidos orgánicos en la digesta en cada uno de los tramos del TGI, pero aumentó la concentración de acetato en la digesta. Las proporciones entre los diferentes AGV en el ciego fueron: acético, 60; propiónico, 32,5 y butírico, 7,5.

Mortensen et al. (1988) observan que en la incubación fecal in vitro, todos los mono y di-sacáridos aumentaron la producción de acetato. La producción de propionato aumentó con ramnosa, arabinosa, xilosa, ribosa, ácido galacturónico y ácido glucurónico. Y la síntesis de butirato se incrementó cuando el sustrato fue sorbitol, ácido galacturónico y glucurónico y, en menor grado, con la ribosa. Estos autores especulan que la fermentación de carbohidratos siempre resulta en la formación de acetato y que la composición relativa de los ácidos grasos de cadena corta está relacionada con la composición en monosacáridos de la fibra dietética disponible para las bacterias del colon.

Según Anguita et al. (2006) las relaciones molares de AGCC en las heces son afectadas por la dieta. Estos autores encuentran en las heces de los cerdos alimentados con una dieta alta en fibra (10,7%), una menor proporción de ácido butírico y una tendencia a mayor concentración de acético (64,4%) y de ácidos grasos de cadena ramificada. Pero independientemente de las dietas, la mayor proporción, siempre es de ácido acético, seguida de propiónico, butírico y valérico.

Los AGV isobutirato, valerato, isovalerato y hesanoato no se debe probablemente a la fermentación de sacáridos sino que son de origen polipéptido (Mortensen et al., 1988).

Friend et al. (1962), al agregar a las raciones suero de leche, observó que aumentaba la concentración en heces de ácido valérico.

La alimentación con carbohidratos fermentables a cerdos recién destetados aumentó el contenido de ácidos acético, propiónico y butírico a nivel del colon y disminuyó el de valérico y caprónico (Jeurond et al., 2008).

Los productos resultantes de la fermentación están condicionados por el tipo de flora presente, el que a su vez está condicionado por el sustrato y la velocidad de flujo de la digesta. Pese a la variabilidad en la producción y concentración, el acetato siempre es el ácido graso volátil que más se produce, seguido del propionato y el butirato. En el íleon, el acetato es casi el único AGV identificado (Imoto y Namioka, 1978).

Los resultados de Pluske et al. (1998) muestran claramente que el peso del intestino grueso, el pH de la digesta en diferentes partes del mismo, la producción de AGV y de ATP, son influenciados por la porción de los alimentos que llega al intestino grueso, sirviendo como sustrato de la microflora. En ese sentido, una dieta conteniendo almidón resistente y goma guar dio como resultado un pH más bajo en todas las partes del intestino grueso que una dieta a base de paja, cebada y arroz o una dieta en base a proteína animal y arroz. Existe cierta correlación positiva entre el pH y el peso de los diferentes tramos del intestino grueso. Lo mismo ocurrió con la producción de acetato, butirato y propionato que fueron más bajas cuando la fuente de carbohidratos fue paja y cebada. Esto a su vez se reflejó en la producción de ATP donde los mayores niveles se encontraron cuando la dieta contenía almidón resistente.

Pero Kass et al. (1980b) ya habían encontrado que los aumentos de fibra originaban un aumento en la concentración total de AGV en el intestino grueso y modificaban su composición (aumentando la concentración de ácido acético: ácidos propiónico + butírico) a nivel del ciego. En su ensayo no encontraron modificaciones de la composición relativa de los AGV a nivel de colon. Estos autores encuentran que el pH en el ciego y colon tenía un valor de 5,9 que atribuían a los ácidos grasos producto de la fermentación.

Morales et al. (2003b) encuentran resultados que consideran contradictorios al suministrar a cerdos raciones en base a maíz o a bellota y sorgo: la ración a base de bellota, con una cantidad de sustrato susceptible de fermentación mayor, proporcionó un mayor desarrollo de la flora microbiana en la digesta del ciego y en menor medida del colon. Pero a su vez, esta mayor flora microbiana, tendió a desarrollar una menor actividad enzimática.

Fondevila et al. (2002) comparando la fermentación in vitro de digesta ileal de cerdos encuentran que existe un efecto de la dieta sobre la concentración de los diferentes azúcares del sustrato. Encuentran que en la digesta derivada de una dieta a base de sorgo y bellota, las proporciones de arabinosa + xilosa vinculadas a la fibra eran menores que en una dieta a base de maíz. Y lo contrario ocurrió con los azúcares solubles. Observan también que en la dieta a base de sorgo y bellota, la producción de gas es mayor durante todo el período de incubación. Pese a que todos los rangos de fermentación decrecen con el tiempo, la pendiente de esta curva es mayor

cuando a los cerdos se los alimenta con maíz. En esta experiencia, la dieta a base de sorgo y bellota, produjo menores concentraciones de propionato pero mayores de acetato

Las diferencias entre razas y en el alimento administrado generan variaciones en la expansión y actividad de la microflora del tracto digestivo posterior: los cerdos Landrace presentan una cantidad de microorganismos superior en ciego e inferior en colon que los Ibérico pero la actividad enzimática microbiana en el contenido fecal de los Landrace resultó inferior (Morales et al., 2002a).

Ehle et al. (1982) plantearon que una disminución en la digestibilidad del alimento, disminuye la producción de ácidos orgánicos en el intestino grueso.

e. Velocidad de tránsito de la digesta

Debido al carácter tubular del flujo en el intestino delgado, las posibilidades de digestión de una porción de la fibra en este lugar depende de la velocidad de tránsito de la digesta y de las características y cantidad de los PNA de la dieta (Cyran et al., citados por Morales, 2002b).

El crecimiento bacteriano a nivel del intestino grueso se ve favorecido por el tránsito lento respecto al del estómago e intestino delgado. La fermentación de polisacáridos de estructura compleja es un proceso lento y por este motivo, sólo puede tener lugar en el intestino grueso (Van Soest et al., citados por Morales, 2002b).

El estómago evacúa rápidamente las pequeñas partículas y su pasaje por el intestino delgado y el ciego es también relativamente rápido. Sin embargo, los fluidos y pequeñas partículas son retenidas en el colon medio ascendente y descendente. Las grandes partículas son retenidas en el estómago más de 60 horas. La ingesta puede ser retenida durante tiempos prolongados en el estómago y el colon. Los fluidos pasan por el estómago, más rápidamente que las partículas sólidas y estas últimas, son retenidas más tiempo en la medida en que su tamaño es mayor. La región pilórica aparentemente actúa evitando el escape de partículas de mayor tamaño. Pero

este efecto es menor con líquidos y partículas pequeñas (Clemens et al., 1975).

El pasaje de fluidos y partículas sólidas por el intestino delgado es rápido y en ese lugar no es retenida gran cantidad de digesta. El rol del ciego como lugar de retención de la digesta, parece ser limitado en los cerdos. No se observó acumulación de partículas sólidas ni fluidos en esta porción del TGI. La retención de fluidos en el intestino grueso indica que este lugar es el principal órgano regulador de la tasa de pasaje para las sustancias solubles ingeridas. Aparentemente, la regulación de la tasa de pasaje de fluidos por el TGI se produce a nivel del colon medio, en la conjunción del colon ascendente y el colon descendente (en el punto donde el colon ascendente forma una espiral centrípeta que es continuada por una espiral centrífuga del colon descendente), indicando algún mecanismo anatómico o fisiológico que restringe los movimientos de fluidos. Esto ocasiona que el colon ascendente sea el principal punto de retención de fluidos. El segundo lugar de retención de fluidos es el colon descendente. La diferente tasa de absorción permite suponer que ambas secciones del colon medio cumplen diferentes funciones en lo que refiere a la absorción de nutrientes (Clemens et al., 1975).

Las pequeñas partículas (2mm a 1cm) generalmente siguen el mismo patrón de movimientos dentro del tracto gastrointestinal que los fluidos. Pero estas partículas tardan más tiempo en salir del estómago y su pasaje por el colon es más rápido que el de los fluidos. En consecuencia, sufren un proceso de concentración en las heces (Clemens et al., 1975).

La retención extensiva de la digesta a nivel del colon, provee un medio ambiente más estable para los microorganismos, permitiendo la digestión microbiana mediante procesos fermentativos y el posterior aprovechamiento de la energía de los AGV (Clemens et al., 1975).

El aumento en el nivel de fibra en el alimento aumenta el flujo de digesta a través del íleon terminal, aumentando la cantidad de materia orgánica que se fermenta diariamente en el intestino grueso. En consecuencia, aumentan el peso del tracto gastrointestinal (estómago, ciego y colon vacíos) y la longitud del colon en cerdos alimentados con dieta rica en fibra (Jørgensen et al., 1996).

Estudios in vitro sobre la fermentación han concluido que el tiempo de incubación afecta la proporción de sustrato fermentado de forma diferenciada entre los diferentes componentes (Morales, 2002b).

La velocidad de tránsito de la digesta es un factor muy correlacionado con el sustrato disponible. Los principales mecanismos del control del tránsito en intestino grueso son el volumen de la digesta y las características del sustrato (Glitsø et al., 1998). La fibra dietética tiene efecto significativo sobre el tiempo de tránsito intestinal (Ehle et al., 1982).

Morales et al. (2002a) compara cerdos Landrace e Ibérico, a los que suministra dos raciones que diferían en la composición de sus ingredientes mayoritarios: maíz en la testigo y en la otra, bellota y sorgo. Encuentra que los cerdos Ibérico presentan una ingestión voluntaria de alimento superior a los Landrace y como consecuencia de estas diferencias o por características intrínsecas a la raza, los cerdos Ibérico presentan un menor tiempo de retención de la digesta y una menor digestibilidad del alimento tanto a nivel del íleon como en el recto, fundamentalmente por los carbohidratos.

Morales et al. (2002c) atribuye al mayor tiempo de retención de la digesta en el intestino grueso de los cerdos Landrace, una mayor concentración de microflora microbiana.

f. Sitios de fermentación

A lo largo de todo el tracto digestivo del cerdo, está presente una microflora activa desde los primeros días de vida, siendo cualitativamente importante en la porción distal del intestino delgado y en todo el intestino grueso. A lo largo del estómago y del intestino delgado se producen simultáneamente ambos tipos de digestión enzimática, pero predomina la endógena sobre la microbiana. En el tramo distal del intestino delgado va disminuyendo drásticamente la digestión amilásica e incrementándose la microbiana (Bach Knudsen et al., 1993).

Las altas concentraciones de AGV a nivel de estómago e intestino grueso indican que en ambos lugares existe digestión microbiana de carbohidratos. A nivel de estómago, la fermentación microbiana se refleja en

producción de ácido láctico y pequeñas cantidades de AGV. A este nivel, se dan cambios importantes en el pH y la concentración de ácidos orgánicos a medida que pasan las horas posteriores a la ingestión de alimentos. En el intestino grueso, la fermentación da como producto principal, ácidos grasos volátiles que son producidos en grandes cantidades, fundamentalmente a nivel de colon (Clemens et al., 1975).

Una proporción importante de los polímeros no amiláceos (a veces superior a las dos terceras partes), desaparece en el intestino delgado. Lo que indica que existe acción fermentativa bacteriana en los primeros tramos del TGI. Pero la celulosa, no sería digerida en absoluto hasta llegar al intestino grueso (Morales, 2002b).

Bach Knudsen y Canibe (2000) encuentran que mientras el almidón es degradado en más del 99% antes de llegar al intestino grueso, el lugar donde son degradados los PNA depende de la fuente de fibra. Los β -glucanos fueron parcialmente digeridos antes de llegar al intestino grueso pero no ocurrió lo mismo con la celulosa que pasó a este tramo del TGI sin ser prácticamente alterada.

Resultados publicados por Morales et al. (2002c) indican que en cerdos Landrace e Ibérico, una porción considerable de la glucosa asociada a los polisacáridos no amiláceos y la mayoría del almidón, desaparecieron en la parte superior del intestino.

Keys y DeBarthe (1974) estudiaron la digestibilidad en cerdos de alfalfa, sorgo, Kleingrass Texas y pasto bermuda en dietas conteniendo 30% de componentes de la pared celular. Las digestibilidades de la materia seca encontradas oscilaban entre el 66 y 75% y alrededor del 58% de la digestión se produjo en el intestino delgado. Los datos indican que la digestión de la pared celular, celulosa y hemicelulosa ocurrió prácticamente sólo en el intestino grueso, excepto para la dieta de pasto bermuda donde la mayor parte de la digestión de estas fracciones parecería haberse dado en el intestino delgado. Pero los autores cuestionan los datos referentes al pasto bermuda, dado que la ingesta de esta dieta fue baja y los índices de digestibilidad, altos.

Jørgensen et al. (1996) encuentran que sólo pequeñas cantidades de PNA y sus azúcares constituyentes fueron degradados antes del íleon, pero en

el intestino grueso, la fermentación total de los PNA fue alta (alrededor de 77% en una dieta alta en fibra).

La degradabilidad de la fibra digestible en el intestino grueso y el lugar donde esta degradación ocurre (colon o ciego), varía en función de la cantidad, calidad y origen de la fibra (Glitsø et al., 1998).

Gargallo y Zimmerman (1980) comparan el comportamiento digestivo de cerdos a los que se les extirpa el ciego con cerdos enteros (todos de 30 Kg, ingiriendo una dieta con tres diferentes niveles de celulosa pura de madera) y encuentran que la cecectomía no afectó de forma importante la capacidad digestiva pese a una ligera disminución de la digestibilidad de la celulosa que no resultó significativa.

Lloyd et al. (1958) habían observado que los cerdos a los que se les extirpaba el ciego, disminuían levemente pero en forma significativa la digestibilidad de la FC, sin afectarse en forma significativa la digestibilidad de extracto etéreo, proteína cruda y extracto libre de nitrógeno.

La principal zona de fermentación se encuentra en los tramos más proximales del intestino grueso. 90% de los PNA fermentados lo hacen en este lugar (Glitsø et al. 1998, Morales 2002b).

El contenido de masa microbiana encontrado en la digesta fue máximo en el ciego y significativamente menor en el colon medio según Morales (2002b).

Morales et al. (2003b) encuentran que la mayor proliferación microbiana (tanto si se toma como indicadores la concentración y flujo de bases púricas como la relación guanina:adenina), es mayor en el ciego que en el colon, y sugieren que la mayor parte del desarrollo microbiano se produce en el ciego y primeros tramos del colon, a partir de donde se produce una gran autólisis de la población microbiana.

Las pectinas y β -glucanos se digieren prácticamente en su totalidad a nivel de ciego y colon proximal. Los arabinoxilanos son degradados más lentamente en todo el intestino grueso (Bach Knudsen et al., 1993).

La digestión de la celulosa a nivel de intestino delgado es prácticamente inapreciable, y a nivel de intestino grueso es el más resistente de los PNA, siendo su degradación altamente condicionada por el nivel de lignificación. De modo que al envejecer el vegetal y depositarse cada vez más lignina entre cadenas de celulosa, esta última se va haciendo inaccesible para las enzimas (Morales, 2002b).

Ehle et al. (1982) sin embargo, concluyen que no existen diferencias en la degradación de la pared celular entre diferentes zonas del intestino grueso.

Morales et al. (2002c) encuentran que las proporciones de AGV de cadena ramificada aumentaron desde la parte proximal a la distal del colon. También encuentran que en los cerdos Landrace fueron mayores que en los Ibérico y esto lo asocian con un menor consumo de alimento y menor velocidad de tránsito de la digesta en los Landrace que podría estar generando que los carbohidratos se hicieran limitantes como sustrato para la fermentación microbiana.

Gargallo y Zimmerman (1980) encuentran que en cerdos cecectomizados, la digestibilidad aparente del N tuvo una leve tendencia a aumentar frente a los cerdos enteros. Esta diferencia que no se explica por una mayor digestibilidad de la MS, la atribuyen a la menor excreción de N microbiano en cerdos en los que faltaba el ciego.

A medida que la digesta va avanzando por el colon, van desapareciendo progresivamente los carbohidratos de forma de transformarse en un factor limitante para el crecimiento de la microflora. En consecuencia, cada vez se va haciendo más importante la proteína como sustrato de la fermentación y va aumentando en consecuencia la concentración de ácidos grasos ramificados. Aunque estos, nunca sobrepasan el nivel del 5% del total de AGV (MacFarlane et al., Cumming et al., Annison y Topping, Jensen, citados por Morales, 2002b).

Freire et al. (2003) comparan cerdos Ibéricos Alentejanos y DJxL, a los que suministran dietas a las que se les sustituye parcialmente el trigo por salvado de trigo (de forma de obtener una concentración de 10 o 17 % de FDN). Encuentran una influencia marcada del genotipo en la producción de ácido acético: ácido propiónico. Pero en este caso, el nivel de fibra no influyó ni en la producción de ácidos grasos ni en la producción de amoníaco.

Fondevilla et al. (2009) estudiando cerdos ibéricos y Landrace, a los que suministran dietas de bellotas y sorgo, o maíz, encuentran resultados contradictorios con los anteriores en donde el genotipo no tuvo una influencia marcada en la producción de gas por métodos in vitro pero la dieta con mayor contenido de fibra originó una mayor producción de gas.

g. Concentración intestinal de AGV

Las concentraciones de ácidos grasos volátiles son menores en la parte posterior del intestino grueso que en el ciego y en el intestino grueso anterior (Ehle et al., 1982).

La interacción entre el tipo y cantidad de carbohidratos del alimento y el tramo anatómico del tracto digestivo es el principal factor condicionante de la concentración total y el perfil de los AGV en cada tramo del TGI. La concentración de ácidos grasos volátiles en los diferentes tramos del intestino grueso del cerdo es superior en los tramos más proximales del intestino grueso, ciego y colon proximal y desciende progresivamente hasta el recto. La concentración de cada uno de los ácidos grasos volátiles varía en función de la fuente de carbohidratos que sirve de sustrato. Las concentraciones de H^+ se reducen a lo largo del intestino grueso y se correlacionan positivamente con las concentraciones de ácidos grasos volátiles en el colon medio (Topping et al., 1993).

Coincidiendo con lo anterior, Morales et al. (2002c) encuentran que las concentraciones de ácidos grasos volátiles alcanzan las más altas concentraciones en la digesta del colon terminal y medio, y van disminuyendo al acercarse al recto.

h. Absorción de AGV

A nivel de intestino grueso se producen AGV en grandes cantidades. Sin embargo, las concentraciones de AGV en la digesta se mantienen relativamente constantes. Esto sugiere que la absorción de AGV y agua es muy rápida a nivel de colon (Clemens et al., 1975).

La inclusión de celulosa pura en la dieta disminuye la absorción de azúcares reductores y N-amino, mientras que la absorción de AGV tiende a ser mayor. La absorción de AGV tiende a aumentar en la medida que el animal se adapta a la dieta independientemente del nivel de fibra de la misma. Al sustituir la celulosa pura por harina de alfalfa como fuente de fibra, la absorción de azúcares reductores se mantiene alta pero la absorción del N-amino baja. Cuando se añade celulosa pura a la dieta, la eficiencia energética se reduce, pero esto no ocurre cuando la fuente de fibra es harina de alfalfa (Giusi-Perier et al., 1989)

Giusi-Perier et al. (1989) cuantifican la absorción de nutrientes a través del lumen intestinal suministrando a los cerdos alimento cada ocho horas y midiendo la concentración de metabolitos en sangre e hígado. Diferencian dos fases en lo que respecta a la asimilación de los nutrientes digeridos: absorción (las cuatro a cinco primeras horas posteriores a la alimentación) y post-absorción (las siguientes 3 a 4 horas). Observan un pico post-prandial importante de glucosa en vena porta y sangre arterial durante la fase de absorción que va declinando durante la segunda fase en que aumentan los niveles de AGV y lactato, productos de la fermentación.

Yen et al. (1991b) encuentran resultados no concordantes con los de Giusi-Perier et al. (1989), dado que en su ensayo los cerdos mantuvieron una concentración pre y postprandial relativamente constantes de AGV en sangre. Las concentraciones en plasma de ácidos acético, butírico, isovalérico y valérico, fueron mayores en la vena porta que en el plasma arterial. En este aspecto, los resultados sí son congruentes con los de Giusi-Perier et al. (1989). Los resultados son también mucho mayores que los publicados por Rerat et al. (1987), lo que los autores adjudican a un mayor consumo de alimento de los animales y que, como el volumen de sustancias no digeridas y fermentables en el intestino grueso del cerdo es proporcional al consumo de alimento, esto originó mayor producción y concentración de AGV en el TGI y luego en plasma.

Los porcentajes postprandiales de ácido acético, propiónico y butírico encontrados por Rerat et al. (1987) a nivel portal fueron 61,7, 27,7 y 7,8 y los de Yen et al. (1991b), 64,0, 23,3 y 9,6% respectivamente (expresados sobre el total de AGV). A nivel arterial, Rerat et al. (1987) encontraron que el 90% era

ácido acético mientras que los resultados de Yen et al. (1991b), ubican la proporción de acetato en un 94% de los AGV totales.

A pesar de las grandes diferencias en concentraciones absolutas encontradas, la proporción de los diferentes ácidos grasos de cadena corta son concordantes entre ambos estudios.

Cada uno de los AGV presenta destinos y utilidades metabólicas diferenciadas. La mayor parte del ácido butírico es oxidado a CO₂ o a cuerpos cetónicos en la mucosa del colon durante su transporte al torrente circulatorio. El ácido propiónico es parcialmente metabolizado por la pared intestinal pero su mayor parte es absorbida, llegando al hígado a través de la vena porta, donde es utilizado como recurso gluconeogénico. Esto explica que el ácido acético represente más del 90% de los ácidos grasos volátiles en la circulación periférica (Yen et al., 1991b).

A los ácidos propiónico y butírico se les han atribuido la mayor parte de los efectos locales: circulación sanguínea del tracto gastrointestinal (propionato); proliferación del epitelio del intestino grueso manteniendo su integridad (propionato); energía consumida por el colon (butirato); efecto antimicrobiano selectivo (Mortensen et al., Sakata, Simth y German, citados por Morales, 2002b). El ácido acético al ser mayoritariamente absorbido, contribuye al aporte energético para el animal.

Varel et al. (1984b) proponen que este fenómeno puede ser una de las causas de la menor eficiencia de utilización de la fibra en el cerdo frente a los rumiantes, dado que estos últimos utilizan con mayor eficiencia el propionato como fuente de energía que el ácido acético.

i. Utilización energética de los AGV

Existen evidencias de que la fermentación de los constituyentes de la pared celular en los niveles posteriores del tracto gastrointestinal, pueden proporcionar a los cerdos cantidades considerables de energía disponible (Forbes y Hamilton 1952, Clemens et al. 1975, Argenzio y Southworth, citados por Pond et al. 1980).

Forbes y Hamilton (1952) encuentran relaciones entre la energía digestible de diversas fuentes fibrosas y la energía metabolizada que se encuentran entre 94,7% y 98,6%, lo que les permite deducir que los ácidos orgánicos producto de la fermentación intestinal, son altamente utilizados por los animales.

Dietrick et al., citados por Ly (1995) sostienen que los ácidos grasos de cadena corta hacen una contribución pequeña pero importante al metabolismo energético del cerdo. Estos metabolitos provienen fundamentalmente del ataque microbiano de las distintas fracciones fibrosas del alimento, y en dietas con altos niveles de fibra, el aumento de su excreción fecal implica pérdidas energéticas para el animal (Ly, 1995).

La cantidad de energía que por esta vía es absorbida en el intestino grueso de los cerdos no es despreciable y puede contribuir hasta en un 25% de los requerimientos de la energía para mantenimiento según Yen et al. (1991b).

Sin embargo, la energía derivada de productos finales de fermentación se utiliza con menor eficiencia que la energía absorbida en el intestino delgado, y puede determinar en cierta medida los valores de energía digestible de los componentes (Noblet et al., 1994).

La contribución de los productos de la fermentación en el intestino grueso a la energía disponible, aumenta con el aumento de las cantidades dietéticas de PNA (Anguita et al., 2006).

La integración de los métodos in vivo e in vitro es una herramienta valiosa para estimar cuantitativamente el efecto de la dieta y la concentración de PNA en la misma, sobre la cantidad de AGCC producidos en el intestino grueso y la cantidad de energía disponible como producto de la fermentación en el TGI. Se puede predecir la cantidad de energía disponible a partir de la fermentación microbiana en el intestino grueso de los diferentes polisacáridos no amiláceos de la dieta, utilizando cerdos canulados. La energía disponible se calcula a partir de las cantidades de ácidos grasos de cadena corta (AGCC) producidos. Esta técnica es muy importante para compensar la contribución fecal de AGCC en el cálculo de la cantidad de AGCC producidos a partir de la digesta ileal durante la fermentación in vitro. La cantidad de PNA digeridos in vitro se comparó con los datos obtenidos de los estudios in vivo y no siempre

existe una buena correlación entre los datos obtenidos in vivo e in vitro (Christensen et al., 1999).

Christensen et al. (1999) estiman por combinación de los métodos in vivo e in vitro el rendimiento energético de la fermentación, entre el 40 y 47%. Anguita et al. (2006), obtienen valores más altos: la energía liberada como AGCC, representaron en este caso entre 67 y 74% de la desaparición de energía en el intestino grueso.

La concentración en sangre de glucosa y triglicéridos séricos tiende a ser menor en cerdos alimentados con 20% de harina de alfalfa que en aquellos en que la dieta sólo se compone de maíz y harina de soya pero las diferencias sólo fueron significativas en algunas mediciones puntuales. En cambio, no varió el nivel de colesterol en suero con la dieta (Pond et al., 1980).

Los niveles de glucosa y triglicéridos en sangre dependerían más del genotipo estudiado que de los niveles de fibra en la dieta, de acuerdo con los resultados hallados por Pond et al. (1980). Según estos datos, no habría interacción entre dieta y grupos genéticos para la concentración en sangre de colesterol, glucosa ni triglicéridos.

Sin embargo, estos autores encuentran que los cerdos alimentados con una dieta de mayor contenido en fibra, presentaron en varias mediciones correspondiente a diferentes momentos del período de crecimiento-engorde, menores niveles de concentración de glucosa sérica. Las extracciones de sangre, las realizaron sin suprimir en ningún momento el alimento a los animales. Suponen que si las mediciones se hubieran realizado con sangre extraída de cerdos en ayunas, los resultados podrían ser más consistentes (Pond et al., 1980).

Los AGV obtenidos por fermentación contienen entre el 60 y el 75% del contenido energético de los carbohidratos dado que la energía restante es utilizada en parte por la flora microbiana para su crecimiento y otra parte se pierde en la producción de metano o calor (Bergman, Jensen, citados por Morales, 2002b). Bergman, citado por Morales (2002b) valora las pérdidas de energía en un 6% para la producción de calor, 18% para la producción de gas (fundamentalmente CH₄), y cerca de un 20% incorporada a la masa bacteriana. La fermentación anaerobia posee una ineficiencia en la utilización de la energía de los carbohidratos de aproximadamente 25 a 30% si se la compara con la hidrólisis enzimática (Robertfroid et al., citados por Morales, 2002b).

La absorción de los AGV es menor que su producción debido a su oxidación metabólica por los tejidos (Giusi-Prerier et al., 1989).

Kass et al. (1980b) observan que en el intestino posterior de los cerdos se producen grandes cantidades de ácidos grasos que los cerdos pueden absorber. Estos autores estiman el aprovechamiento energético de dietas con diferentes concentraciones de harina de alfalfa como fuente de fibra, partiendo del supuesto que toda la desaparición de ácidos de AGV se explica por la absorción de energía, obteniendo valores similares a 12% de la energía de mantenimiento de los cerdos en crecimiento-terminación cuando se suministra 60% de harina de alfalfa.

El aporte energético de los AGV puede representar hasta un 25 a 30 de la energía digestible según Yen et al. (1991b). A partir de dietas isoenergéticas con diferentes fuentes de carbohidratos, se obtienen mejores rendimientos productivos con aquellas que pueden ser degradadas por vía enzimática a glucosa como el almidón, frente a las que deben sufrir la vía de degradación fermentativa a AGV. De todos modos, el aporte de los AGV puede llegar a ser muy importante en el cerdo (Yen et al. 1991b, Bergan, citado por Morales 2002b).

Las pérdidas de CH₄ e H₂ junto al calor de fermentación y una menor eficiencia de utilización de los ácidos grasos volátiles en la digestión post-ileal, hacen que la vía fermentativa sea energéticamente menos eficiente que la digestión enzimática y la absorción prececal (Varel et al., 1984b).

j. Efecto del nivel y fuente de fibra sobre su utilización como alimento

La cantidad de fibra del alimento influye sobre la degradabilidad al modificar la velocidad de tránsito, modificar la microflora del TGI y dificultar el acceso de las enzimas al sustrato (Varel et al., 1988).

Macías et al. (2003b), en cerdos de dos diferentes genotipos alimentados con dietas que contienen diferentes fuentes energéticas y concentraciones de fibra (testigo a base de cereal y soya; miel final de caña y palmiche, con 6,90, 4,08 y 25,13% de FC respectivamente), encuentran que en

los animales que consumieron mayor cantidad de FC, se halló más digesta fresca ($P < 0,001$), se determinaron valores más altos de MS y más bajos de AGCC y amoníaco en la digesta cecal.

Estos resultados son congruentes con los encontrados por Macías et al. (2008b), al comparar cerdos Criollos Cubanos, rústicos y mejorados, a los que se les suministra una dieta base de miel B y soya, a la que se agrega un 20% de afrecho de trigo como fuente fibrosa. Estos autores concluyen que la inclusión de afrecho de trigo determina una salida ileal y fecal mayor ($P < 0,05$) de MS y un descenso del pH ileal y fecal.

Resultados similares encontraron Domínguez et al. (2004), Díaz et al. (2005), Domínguez et al. (2007). En todos estos ensayos, aumenta el flujo de digesta ileal y rectal, al aumentar la proporción de fibra en la dieta.

Las diferencias en el contenido de PNA en la dieta, tiene una influencia significativa en el flujo de MS en el íleon terminal y en la excreción fecal de MS. Al aumentar la cantidad de fibra en la dieta, se incrementa la cantidad de MS de entrada en el ciego por Kg de MS del alimento. La excreción fecal de MS, PNA, proteínas y AGCC es menor en cerdos alimentados con una dieta baja en fibra. En los cerdos alimentados con una dieta alta en fibra, existe un mayor flujo ileal y en consecuencia, una mayor fermentación en la parte posterior del intestino. Por lo tanto, las diferencias entre la excreción fecal y la digesta ileal, son mayores que los cerdos que reciben una dieta baja en fibra (Anguita et al., 2006).

El aumento en la concentración de PNA de la dieta, origina una disminución de la energía digerida en el intestino anterior y en todo el tracto gastrointestinal. El aumento de la fermentación en el intestino posterior de los animales alimentados con altas concentraciones de fibra, no es capaz de compensar la reducción significativa de la energía digerida en el intestino anterior (Anguita et al., 2006).

Varel et al. (1984b) encuentran que una dieta alta en fibra debido a la inclusión de alfalfa, disminuyó la cantidad total de nitrógeno amoniacal y de ácidos orgánicos en la digesta del ciego y colon y en heces. También aumentó la relación entre acetato y propionato debido a una disminución de este último ácido graso. Los autores sugieren que la menor concentración de nitrógeno puede estar indicando una menor actividad catabólica de las proteínas o un

mayor consumo del mismo por las bacterias intestinales, al aumentar el nivel de fibra. La mayor producción de ácidos orgánicos coincide con una mayor actividad de bacterias celulolíticas encontrada en este mismo ensayo.

Ly y Diéguez, citados por Macías (2006b) hallan que tanto en cerdos Criollo Cubano como en cerdos especializados, los flujos de AGCC y NH_3 son considerablemente más elevados en las dietas con altos niveles de fibra.

Morales et al. (2002a) observan que el tipo de dieta afecta la forma en que se absorbe la energía. Con una dieta a base de sorgo y bellotas, la proporción de energía absorbida como ácidos grasos es mayor que en una dieta a base de maíz. Este efecto es mayor en cerdos Landrace que en Ibérico. Existe interacción entre genotipo y dieta.

Urriola y Stein (2010b) estudian en el efecto del tiempo consumiendo una dieta con alto contenido de fibra cuya fuente son los residuos de destilería en cerdos en terminación. Las digestibilidades aparentes del tracto total de la MS, energía, FDN, FDA y fibra dietaria total (FDT) no variaron durante todo el tiempo considerado (45 días) pero la digestibilidad ileal de la FDA, FDN y FDT aumentó entre el segundo y el cuarto período de 9 días. La concentración de todos los ácidos grasos volátiles, excepto isobutirato, fue mayor en muestras de ciego del cuarto período, con respecto al segundo. La digestibilidad de la MS y la energía no fue influenciada por el período de recolección pero sí la concentración de AGV en la digesta cecal y las heces aumentaron a medida que el tiempo transcurría.

5. Efecto de la fibra sobre la digestibilidad de la dieta

a. Generalidades

La inclusión creciente de una fuente fibrosa en la dieta de los cerdos determina una caída en la digestibilidad de los distintos nutrientes en el alimento (Low, Ly et al., citados por Ly, 1995).

La fibra tiene propiedades físico químicas tales como una gran capacidad para retener agua, que ejerce una acción fisiológica diversa a lo largo del tracto gastrointestinal. El flujo de digesta húmeda a nivel del íleon terminal, fue 5 a 6 veces mayor en cerdos alimentados con una dieta alta en fibra que en los cerdos alimentados con una dieta baja (Jørgensen et al., 1996).

A nivel del intestino delgado, la fibra origina mayor producción de secreciones gástricas, biliares y pancreáticas; disminución de la absorción debido a las capacidades de retención de agua; erosión mecánica y adsorción de nutrientes a la fibra. Todos estos procesos, terminan atenuando la importancia de la contribución energética de los ácidos grasos volátiles (Varel y Yen, 1997).

La forma en que la fibra ejerce estos efectos depende de su naturaleza química, la asociación con otros componentes, su concentración en la dieta, la edad y peso de los animales, su estado fisiológico, y el tiempo de tránsito en el tracto gastrointestinal (Varel y Yen, 1997).

A nivel de intestino grueso, la fibra actúa como sustrato de la actividad microbiana, de forma que cualquier cambio en la concentración y composición de la fibra, generará cambios en su actividad enzimática (Varel y Yen, 1997).

La inclusión de fibra puede involucrar diferentes procesos que generen a su vez, diferentes magnitudes de reducción de la digestibilidad de los nutrientes y el del crecimiento. Estos procesos son complejos y dependen de una serie de factores tales como la fuente de fibra, su composición, el nivel de alimentación, el método de elaboración, y la edad y raza del cerdo. Pueden estar implicados efectos protectores de los contenidos de las células vegetales por las paredes no digeribles, por un aumento de las tasas de pasaje de la digesta por el TGI por aumento del volumen y capacidad de retención de agua o debido a la irritación de la mucosa de la pared del intestino grueso por la producción de AGV. En algunos casos la fibra está asociada a factores antinutricionales (Ogle, 2006).

b. Efectos sobre la digestibilidad del contenido celular

Farrell (1973) al incluir en la dieta aproximadamente la mitad de su composición de heno de alfalfa encontró que la inclusión disminuía la digestibilidad de las fracciones del contenido celular. En este caso, la digestibilidad aparente de la materia seca de la alfalfa fue de 53%.

Rodríguez y Figueroa (1995) analizan alimentos de diferentes orígenes botánicos pero todos con alta concentración de FDN. Realizan análisis de regresión y obtienen que el nitrógeno asociado a la fibra detergente neutra, influye negativamente sobre la digestibilidad del nitrógeno.

Withing y Bezeau (1956a) encuentran que, en cerdos en crecimiento, cuando el nivel de la celulosa en la ración se incrementa, aumenta la excreción de N fecal por unidad de alimento consumido. En su experimento, cuando elevan el nivel de celulosa de 5% a 10 y 15%, encuentran que las excreciones de N aumentan un 17 y 35% respectivamente. Este aumento de la excreción de nitrógeno fecal, origina una disminución en la digestibilidad aparente de la proteína (digestibilidad del N, 86%, 83% y 81% para 5%, 10% y 15% de celulosa en la dieta, respectivamente) pero no en la digestibilidad real.

Estos autores estiman regresiones para explicar la excreción de N fecal en función de los niveles de fibra y la concentración de PC en la dieta para cerdos de entre 15 y 50 Kg de PV:

Para 5% de celulosa en la ración: $y = 0,102 + 0,017x \pm 0,012$

Para 10% de celulosa: $y = 0,126 + 0,020x \pm 0,017$

Y para 15% de celulosa: $y = 0,125 + 0,023x \pm 0,012$

Donde, y = la excreción de N fecal ; x = el % de PC en la ración en BF (90% de MS).

El nivel de celulosa en la ración también modificó la digestibilidad verdadera de la proteína cuando se corrigió por excreción de nitrógeno metabólico fecal ($p < 0,001$; 91%, 90% y 88% para 5%, 10% y 15% de celulosa). Los autores concluyen que la celulosa parece interferir con la absorción de la proteína.

Whiting y Bezeau (1956b) encuentran que diferentes fuentes de fibra afectan en mayor o menor medida la digestibilidad aparente de la proteína.

Un aumento del nivel de alfalfa en la dieta de cerdos de hasta 89 Kg, de 0 a 60%, originó una disminución de la digestibilidad del N, desde 69,8% a 40,9% (Kass et al., 1980a).

Gargallo y Zimmerman (1980) encuentran que la digestibilidad aparente del N disminuye al aumentar los niveles de celulosa pura de madera en las dietas.

Pond et al. (1986) incluyendo en una dieta, alfalfa o marlos de maíz, encuentran que la inclusión de fibra, reduce la digestibilidad del contenido celular y la PC.

Ngoc y Ogle (2007), trabajando con lechones de 30 días a los que se les suministra dietas con 10 y 20% de FDN, encuentran que la digestibilidad ileal y total aparente de la PB y los α AA es menor en la dieta alta en fibra.

Los resultados de Len et al. (2009b) indican que la retención de nitrógeno y la ingesta de nitrógeno se vieron afectadas negativamente por el nivel de fibra de la dieta; los coeficientes de de digestibilidad ileal aparentes y de digestibilidad aparente en todo el tracto, de los nutrientes, se vieron afectados negativamente al aumentar el nivel de fibra.

Zervas y Zijlstra (2002) encuentran que la excreción de nitrógeno (y en consecuencia, la digestibilidad del N) fue afectada por la cantidad de fibra y por la interacción entre niveles de proteína y cantidad y tipo de fibra. El N fecal aumentó cuando se suministraron dietas ricas en fibra. Los mayores niveles de fibra aumentaron la excreción urinaria de N y redujeron la fecal, de modo tal que no varió la excreción total de nitrógeno. El nivel de urea plasmática disminuyó a las 4 hs después de comer pero aumentó en el plasma preprandial, con las dietas ricas en fibra.

Gargallo y Zimmerman (1980) observan que al aumentar el nivel de celulosa en la dieta (celulosa pura de madera), no es afectado en forma significativa el nivel de urea plasmática y tiende a aumentar, lo que los lleva a concluir que el nivel de celulosa no modificó el valor biológico de la proteína consumida.

Len et al. (2007), ensayando con animales de 3 meses y medio de edad y tres niveles de fibra (FDN en BS, 20%, 26% y 32%) por inclusión en las dietas de salvado de arroz, harina de residuos de yuca y harina de torta de maní sin descascarar, encuentran que la digestibilidad de la PC y EE disminuyen a medida que aumenta el nivel de fibra. En promedio, un aumento de 1% en los niveles de FDN, ocasionó un descenso en la digestibilidad de la la PC, de 0,75% y del EE, 0,42% (r^2 , 83% y 82% respectivamente). No hubo efecto negativo en el nivel de nitrógeno retenido como proporción del N consumido.

Kennelly y Aherne (1980), trabajando con cerdos de 67 Kg, aumentaron el contenido de fibra por incluir un 22% de cascarilla de avena o ajustando las dietas para que sean isoprotéicas o isoprotéicas e isoenergéticas. Sin embargo,

no se modificó en ninguno de los casos la excreción total ni la digestibilidad del N. En la digestibilidad de aminoácidos, el único que se vio afectado negativamente fue la prolina en la dieta que tenía menores niveles de energía y proteína. En la dieta isoprotéica e isoenergética, se obtuvieron coeficientes de digestibilidad mayores que el testigo para extracto etéreo y algunos aminoácidos (isoleucina, leucina, lisina, treonina, ácido aspártico y serina) pero en este caso intervienen otros factores como la inclusión de sebo y harina de soya.

En sintonía, Kanengoni et al. (2001) observan que al aumentar la FDN desde 27,64 a 52,35%, por inclusión de marlos de maíz, disminuyen la digestibilidad de la MO y la pared celular pero la retención del N, no se ve afectada.

c. Efectos sobre la digestibilidad de la pared celular

Farrell (1973) concluye que la inclusión de aproximadamente un 50% de harina de alfalfa en la dieta, no afecta la digestibilidad de las fracciones de la pared celular.

Esto contrasta con los resultados de Kass et al. (1980a) quienes al elevar el nivel de alfalfa de 0% hasta un 60% en la dieta de cerdos de hasta 89 Kg de PV, encuentran que decreció la digestibilidad de la pared celular (62,5% a 26,9%); la FDA (56% a 0,7%), la hemicelulosa (67,1% a 22,5%) y la celulosa (58,7% a 6,8%).

Kennelly y Aherne (1980) al aumentar el contenido de fibra de la dieta de cerdos de 67 Kg, incluyendo 22% de cáscarilla de avena, observan que se deprime la digestibilidad de la FC, FDN y FDA. Este efecto se mantuvo con dietas donde ésta simplemente se diluyó en un 22% de cascarilla de avena como cuando se ajustó la ración para que tenga la misma cantidad de la proteína o la misma cantidad de energía y proteína que la dieta testigo.

Al aumentar los niveles de celulosa por inclusión de celulosa pura de madera, disminuyó la digestibilidad aparente de la celulosa (Gargallo y Zimmerman, 1980).

Pond et al. (1986) encuentran que la inclusión de fibra (alfalfa o marlos de maíz), reduce la digestibilidad de la lignina detergente ácido pero aumenta la digestibilidad de la FDN y FDA.

El aumento de niveles de fibra por inclusión de marlos de maíz (FDN aumenta desde 27,64 a 52,35%), en los ensayos de Kanengoni et al. (2001) ocasionaron disminución de la FDN, FDA y hemicelulosa.

Similares resultados obtienen Ngoc y Ogle (2007) trabajando con lechones de 30 días a los que les suministran dietas con 10 y 20% de FDN y observan que desciende la digestibilidad aparente ileal y total de FB, FDN y FDA.

En animales de 3 meses de edad con tres niveles de fibra (FDN en BS, 20%; 26% y 32%) por inclusión en las dietas de salvado de arroz, harina de residuos de yuca y harina de torta de maní sin descascarar, Len et al. (2007) encuentran que la digestibilidad de la FDN y FC disminuyen al aumentar el nivel de fibra.

d. Efectos sobre la digestibilidad de la materia seca y la materia orgánica

Whiting y Bezeau (1956a) observan que elevados niveles de celulosa (15% de celulosa) en sustitución del almidón de la ración causan una reducción en la digestibilidad de la MS, lo que atribuyen en parte a una posiblemente mayor excreción fecal de residuos metabólicos pero también al hecho de que la celulosa tiene menor digestibilidad que el almidón que reemplaza.

Kass et al. (1980a) al elevar el nivel de alfalfa de 0% hasta un 60% en la dieta de cerdos de hasta 89 Kg de PV, encuentra que decreció la digestibilidad de la MS (77,2% a 28,0%).

La digestibilidad de la MS en cerdos de 67 Kg, se deprimió por la inclusión de cascarilla de avena hasta un 22% como forma de elevar el contenido de pared celular de la dieta. Y este efecto se mantuvo independientemente de que se formularan dietas para contener los mismos niveles de proteína o de proteína y energía que la dieta testigo (Kennelly y Aherne, 1980).

La digestibilidad de la materia seca disminuyó por la inclusión de mayores niveles de fibra en la dieta, independientemente de si la fuente fue alfalfa o marlos de maíz en los experimentos de Pond et al. (1986).

Jørgensen et al. (1996) encuentran que al aumentar el nivel de fibra en la dieta, disminuye la digestibilidad de la MS.

Al agregar marlos de maíz en la dieta y en consecuencia, elevar el nivel de FDN desde 27,64 a 52,35, Kanengoni et al. (2001) encuentran que la digestibilidad de la MO disminuye.

Ngoc y Ogle (2007) observan que en lechones de 30 días, al suministrarles dietas con 10 y 20% de FDN, la digestibilidad ileal y total aparente de la MO disminuye en la dieta alta en fibra.

Len et al. (2007) empleando salvado de arroz, harina de residuos de yuca y harina de torta de maní sin descascarar, tres niveles de fibra y cerdos de 3 meses y medio de edad, concluyen que cada 1% de aumento en el nivel de FDN ocasiona un descenso promedio en la digestibilidad de la MO de 0,67% (r^2 , 83%).

Rodríguez y Figueroa (1995) obtienen resultados que les permiten concluir que el nitrógeno asociado a la fibra detergente neutra, influye significativamente sobre la digestibilidad de la MS.

e. Efecto sobre la utilización de la energía del alimento

King y Taverner (1975) determinan los valores de energía digestible en 15 dietas para cerdos (de entre 4360 y 4920 Kcal de EB/Kg MS; 2750 hasta 4070 kcal ED/Kg MS; 2,8 a 15,8% de FC; 2,4 a 21,1% de FDA; y 7,3 a 33,8% de FDN), trabajando con animales de 8 a 18 semanas de edad y empleando los procedimientos estándar de estimación de la digestibilidad. A partir de estos resultados, estimaron ecuaciones de predicción de la energía digestible que resultaron altamente significativas:

- Cuando se utilizó la FDN como medida del nivel de fibra, la ED se pudo predecir con bastante exactitud, de acuerdo con la regresión:

$$ED(Kcal) = 4314 \times 37,22 \text{ FDN}(\%) \quad (\text{e.e.} \pm 265).$$

- La inclusión de la EB en la ecuación mejoró considerablemente su precisión:

$$ED(Kcal) = 1.514 \text{ EB}(Kcal) - 2579 \times 39,37 \text{ FDN}(\%) \quad (\text{e.e.} \pm 127).$$

- Pero encontraron que la inclusión de semillas de altramuz dulce en las dietas, ocasionaba un aumento en la digestibilidad en relación a

cuando se utilizaban suplementos proteicos más comunes. Esto no permitía que esas dietas se ajustaran adecuadamente a la ecuación. Omitiendo los resultados de las cuatro dietas que contenían estas semillas, hallaron una ecuación más precisa:

$$ED(\text{Kcal}) = 1.177 EB(\text{Kcal}) - 1085 \times 40,22 \text{ FDN}(\%) \text{ (e.e. } \pm 107\text{)}.$$

Zerbas y Zijlstra (2002) observan que la digestibilidad de la energía disminuyó por la inclusión de fibra y la interacción entre fibra y proteína.

Jørgensen et al. (1996), encuentran que al aumentar el nivel de fibra en la dieta, disminuye la digestibilidad de la energía y disminuye también el porcentaje de la energía metabolizable medida como una relación con la cantidad de energía fermentada en el intestino grueso.

Len et al. (2007), al analizar el efecto de tres niveles de fibra (FDN, 20%, 26% y 32%, BS) y tres fuentes de fibra (salvado de arroz; harina de residuos de yuca y harina de torta de maní sin descascarar), estiman que cada 1% de aumento en el nivel de FDN, origina un descenso en la digestibilidad de la energía de 0,42% (r^2 , 80%).

f. Efecto sobre la cantidad de agua en heces

Al aumentar el nivel de fibra en el alimento, disminuye la proporción de materia seca en las heces (Varel et al., 1984).

A mayor capacidad de retención de agua de una fibra dada, mayor es el incremento en peso de las heces y menor es la absorción intestinal de nutrientes y energía (Goñi y Saura Calixto, citados por González, 1996).

Kass et al. (1980a) observan que el porcentaje de materia seca de la digesta en todas las secciones del tracto gastro intestinal, se correlaciona negativamente con el contenido de pared celular de la dieta y de la digesta. Asocian este mayor contenido de agua de la digesta con una mayor velocidad de paso por el intestino y sugieren que esta puede ser una de las explicaciones para la menor digestibilidad de las dietas cuando aumentan los niveles de fibra.

g. Interacciones entre niveles de consumo y nivel de fibra en el alimento

Cunningham et al. (1962) concluyen que al aumentar los niveles de celulosa pura de madera en la dieta, se reduce la digestibilidad de la MS, FC y N; pero que una restricción del consumo tiene un efecto considerable en amortiguar la disminución de digestibilidad. Los autores atribuyen este hecho a que ambas situaciones repercuten en un mayor tiempo de permanencia de la digesta en el intestino, lo que permitiría una mayor retención de nutrientes. Encuentran también, un efecto similar al aumentar el tamaño corporal.

Cuando Friend et al. (1962) restringieron la alimentación hasta el nivel de mantenimiento, entonces el aumento de los niveles de inclusión de fibra cruda, no modificó la digestibilidad de la misma.

Sin embargo, Key et al. (1970), realizan un experimento con cerdos alimentados con dietas que contienen 20, 40 y 60% de heno de pasto ovillo para determinar la digestibilidad de los componentes de la pared celular y de la proteína bruta en condiciones de consumo restringido y concluyen que la digestibilidad de la proteína cruda y la materia seca estuvieron inversamente relacionadas con el nivel de inclusión de forraje en la dieta.

h. Efecto de la fuente de fibra sobre la digestibilidad

Si bien, al aumentar el nivel de fibra, independientemente de la fuente, Pond et al. (1986) encontraron depresión en la digestibilidad de la MS, contenido celular, PC y LDA, y aumento en la digestibilidad de la FDN y FDA, la digestibilidad de la FDA y la celulosa fueron mayores con alfalfa que con mazorcas de maíz como fuente de fibra.

En sintonía, Whiting y Bezeau (1956a) encuentran que el efecto depresor de los niveles de fibra sobre la digestibilidad de la proteína, es mayor cuando la fuente es celulosa pura de madera que cuando es cascarilla de avena.

Zervas y Zijlstra (2002) encuentran que la excreción de nitrógeno (y en consecuencia, la digestibilidad del N) fue afectada por la cantidad y calidad de la fibra y por la interacción entre niveles de proteína y cantidad y tipo de fibra. El N fecal aumentó cuando se suministraron dietas ricas en fibra. Pero al aumentar el nivel de N en la dieta, la reacción fue diferente cuando la fuente de fibra fue cascarilla de soja o pulpa de remolacha azucarera.

Taysayavong y Preston (2010b) estudiando la digestibilidad de dietas ricas en fibra a base de salvado de arroz, sustituidas en parte por espinaca de agua, para alimentar cerdos Mong Cai (MC), encuentran que la inclusión de espinaca de agua en un 15% de la dieta, aumentó la digestibilidad aparente de la MS y la PC. Estimando la digestibilidad de la espinaca de agua mediante diferencias, encuentran valores de digestibilidad de 99 y 150%, lo que les permite concluir que la acción de la espinaca de agua y el salvado de arroz en la digestibilidad de la dieta fueron sinérgicos.

Danley y Vetter (1973) encuentran en maíz y sorgo, que existe una interacción significativa entre el tipo de forraje y la madurez de la planta para la concentración de MS, PC, celulosa, hemicelulosa, lignina, FDA, nitrógeno soluble no protéico. La madurez afecta la composición química pero no siempre las diferencias son significativas.

Existe también interacción entre el tipo de forraje y la madurez para la digestibilidad de la energía y materia seca. En consecuencia, la madurez no tiene el mismo efecto en todos los forrajes (Danley y Vetter, 1973).

Esta relación refleja las diferencias en el uso de material fotosintético para la acumulación de material de reserva y su posterior utilización para la producción de material vegetativo y semillas. Los datos indican que las diferencias entre forrajes ocurren fundamentalmente durante el período de crecimiento vegetativo. Esto es particularmente cierto cuando se hacen comparaciones entre variedades de sorgos forrajeros y maíz (Danley y Vetter, 1973).

Estos autores encuentran que con la madurez de los forrajes, ocurre una disminución de la digestibilidad y el valor nutritivo. En los sorgos forrajeros, la relación entre el contenido de lignina y los componentes totales de la pared celular explicó las disminuciones de digestibilidad ($r = -0,95$). Pero en el caso del maíz, esto no se dio, dado que se encontró un coeficiente de correlación positivo entre ambas variables ($r = 0,51$). En ambos casos, la concentración de lignina en la materia seca, explica ($P < 0,01$) las reducciones de digestibilidad ($r = -0,88$ y $r = -0,51$ para sorgo y maíz respectivamente) (Danley y Vetter, 1973).

i. Efecto de la fibra a nivel de cada tramo del tracto gastrointestinal

Wilfart et al. (2007) cuantifican los procesos digestivos en los diferentes tramos del TGI y evalúan el impacto de la fibra sobre la digestibilidad de

nutrientes, en cerdos de 30 Kg, alimentados con diferentes niveles de fibra por sustitución de trigo y cebada por 0, 20 o 40% de salvado de trigo en las dietas, baja en fibra (BFI), media en fibra (MFI), y alta en fibra (AFI), respectivamente.

La digestibilidad duodenal aparente de las cenizas resultó negativa en todas las dietas, lo que los autores explican por los aportes de las diferentes secreciones endógenas. Lo que indicaría que no afectó el nivel de secreciones endógenas (páncreas e hígado). El nivel de fibra no afectó la digestibilidad ileal o duodenal de cenizas pero la dieta alta en fibra redujo la digestibilidad fecal en comparación con la dieta baja en fibra (51,3% y 34,4% para BFI y AFI) (Wilfart et al., 2007).

La digestibilidad aparente de la PC a nivel de duodeno fue baja en todas las dietas y el nivel de fibra no la afectó significativamente. Esto se explicaría por el aporte de mucinas, enzimas y proteínas de las células descamadas procedentes de la boca, esófago, duodeno proximal, páncreas e hígado. La hidrólisis de las proteínas y la absorción de aminoácidos puede comenzar en el estómago o en el duodeno proximal, inmediatamente después del estómago. Las digestibilidades aparentes a nivel ileal y fecal fueron muy positivas (entre 73 y 84%). La digestibilidad ileal aparente no manifestó diferencias debidas al nivel de fibra. En cambio, la digestibilidad fecal fue menor, al aumentar la cantidad de salvado de trigo (87,3% y 81,3% para BFI y AFI respectivamente) (Wilfart et al., 2007).

Se obtuvieron datos negativos de digestibilidad ileal de fibra dietética. Lo que los autores sugieren que puede atribuirse a una combinación de errores de muestreo, de análisis y a la variabilidad relativamente alta de los resultados. Prácticamente todo el almidón se digiere en el extremo del intestino delgado y su digestibilidad no fue afectada por la dieta (Wilfart et al., 2007).

La digestibilidad fecal de extracto etéreo, disminuyó con el contenido de fibra dietética (77,0 y 65,2% para BFI y AFI, respectivamente) (Wilfart et al., 2007).

La digestibilidad aparente de la MO en los diferentes tramos del TGI sigue las tendencias de cada uno de los nutrientes. Es modesta hasta el duodeno proximal y va aumentando en los segmentos posteriores del tracto digestivo. En asociación con la digestibilidad aparente negativa de las cenizas a nivel duodenal, la digestibilidad de la MS se reduce en este tramo en relación a la de la MO. El aumento en los niveles de fibra origina una disminución de la digestibilidad fecal de la MO, pero no tiene efecto sobre la digestibilidad ileal y

tiende a disminuir a nivel duodenal. La digestibilidad de la energía repite el mismo patrón que la de la MS y la MO (Wilfart et al., 2007).

Teniendo en cuenta la alta digestibilidad del almidón en el íleon y que el aumento de fibra se dio por la sustitución de esta fracción, podría suponerse de antemano que disminuiría la digestibilidad ileal de la MO con la adicción de fibra. Pero esto no es lo que manifiestan los resultados (Wilfart et al., 2007).

Estos autores observan además un efecto de cada cerdo individual sobre la digestibilidad fecal de la MS, MO, fibra dietética total, ceniza y una tendencia para la PC. Pero no para la digestibilidad ileal o duodenal. Lo que indica que existe una especificidad individual de los procesos digestivos en la etapa fecal (Wilfart et al., 2007).

j. Acostumbramiento a dietas fibrosas

Gargallo y Zimmerman (1980) encuentran que la disminución de la digestibilidad de diferentes fracciones del alimento por la inclusión de niveles crecientes de celulosa en la dieta, va disminuyendo con el tiempo. Existe un efecto de acostumbramiento de los animales a los alimentos fibrosos que los autores sugieren que puede deberse a un aumento del tamaño del tracto gastrointestinal como resultado de su consumo.

La microflora del tracto gastrointestinal posterior, con el aumento de consumo de fibra por un tiempo prolongado, va desplazándose, de modo que va aumentando el número de bacterias celulolíticas y hemicelulolíticas, según Varel (1987).

Los resultados de Varel et al. (1984) son concordantes en lo esencial con las observaciones anteriores puesto que ellos encuentran que la actividad celulolítica de las bacterias del TGI de animales alimentados con dietas ricas en fibra, va aumentando con el transcurso del tiempo, lo que les sugiere que existe una adaptación progresiva, en este caso a la alimentación con harina de alfalfa. Cuando se les suministra una dieta con mayor contenido de fibra, existe aumento de la actividad celolítica desde el día 5 a los 53 días en que esta actividad se estabiliza.

k. Respuestas a nivel de patrón de consumo que interaccionan con la digestibilidad de alimentos en dietas ricas en fibra

Epifanio y Scalone (1990) observan alteraciones en la digestibilidad de forrajes debido a una particular forma de seleccionar el alimento cuando el alimento que se les ofrece contiene altos contenidos en fibra. Estos autores, evaluaron la composición química, patrón de consumo y digestibilidad del sorgo forrajero NK Sordan para dos grados de desarrollo del cultivo: 40 a 60 cm (T1) y 70 a 90 cm (T2) de altura en cerdos adultos a partir 94 a 193 Kg de peso vivo. El sorgo forrajero fue cortado y picado en trozos y suministrado como único alimento. A medida que la planta se desarrolla, disminuyó el contenido de proteína cruda y aumentó el de fibra cruda. El patrón de consumo mostró que cuando el sorgo tenía entre 70 y 90 cm de altura, el rechazo de alimento fue prácticamente el doble con respecto al primer tratamiento, aunque a diferencia de este último, el forraje rechazado estaba constituido por una masa muy masticada y luego escupida. La digestibilidad de la MS, MO, PC, y EB fue superior ($P < 0.05$) para el tratamiento 2 (MS, 48,2 y 66,7; MO, 52,6 y 70,2; PC 50,1 y 59,8; EB, 50,5 y 66,4% para T1 y T2 respectivamente). No hubo efecto de tratamiento para la digestibilidad de la fibra cruda (56,7 y 68,0% respectivamente). Los autores concluyen que la utilización digestiva fue mayor con el sorgo entre 70 y 90 cm de altura debido a que los cerdos realizaron una importante selección del material a nivel del aparato bucal.

6. Relación entre el contenido de fibra de la dieta y el consumo

La primera limitante para la inclusión de alimentos fibrosos en las dietas reside en su voluminosidad o baja densidad, lo que limita el consumo por razones físicas y, en segundo plano, el grado de lignificación de dichos alimentos (Keys, citado por Ly, 1996).

Si los alimentos son secados y molidos, puede pensarse que se elimina el efecto limitante de la voluminosidad. Entonces, son los componentes de la pared celular, los que pasan a ocupar el primer lugar como causa del empeoramiento relativo del comportamiento productivo de los cerdos. En consecuencia, para compensar la disminución de la concentración energética debería existir un aumento relativo del consumo voluntario de alimento (Ly, 1996).

Sin embargo, de los resultados experimentales es difícil extraer conclusiones claras.

Halimani et al. (2005), trabajando con leguminosas locales de Zimbabwe, encuentran que su inclusión en las dietas aumenta el consumo total de alimento.

En la misma dirección, Pond et al. (1980) citan varios trabajos donde incluyendo fibra de diversos orígenes, se confirmaría que, al aumentar el contenido de pared celular en la dieta, aumentaría el consumo: celulosa purificada (Teague y Hanson); salvado de trigo (Hochstetler et al.); residuos de molino (Cole et al.); cascarilla de algodón (Baird et al.) y residuos de molienda de arroz (Baird et al.).

Sin embargo, Pond et al. (1980) no verifican un aumento del consumo en ninguno de los genotipos estudiados al aumentar el nivel de harina de alfalfa en la dieta.

Existen también, varios trabajos que se encuentran en sintonía con estos resultados.

Heitman y Meyer (1959) emplean harina de alfalfa como fuente de energía, considerando tres etapas de madurez (16% yema, 3% de la floración y la floración 34%), tres métodos de preparación (secado al sol, deshidratada y expeller deshidratado y molido) y tres niveles de inclusión (5, 20 y 40%), y en todos los casos, la inclusión creciente de harina de alfalfa, disminuyó el consumo.

Anugwa et al. (1989), en cerdos en terminación que venían consumiendo una dieta estándar de maíz y soya y empiezan a recibir una dieta donde parte de la ración es sustituida por alfalfa (40%), también observan depresión del consumo.

Existen también trabajos donde no se observan diferencias en el consumo al modificarse el nivel de fibra de las dietas.

Powley et al. (1981) sustituyen la harina de soya por harina de alfalfa como fuente protéica hasta en un 60% y no encuentran diferencias en el nivel de consumo.

Chimonyo et al. (2001) suministrando a cerdos híbridos LW x Mukota dietas con diferentes cantidades de fibra aportada por marlos de maíz (entre 27,64 y 52,35% de FDN), no encuentran un relacionamiento lineal significativo entre el consumo y el nivel de fibra del alimento.

Díaz et al. (2010), trabajando con Criollo Cubano y CC21 a los que se les suministró una dieta comercial con o sin inclusión de 20% de palmiche molido como fuente de fibra (fruto de *Roystonea regia*) (12,9% y 6,42% de FC respectivamente), no hallaron una correspondencia directa entre los índices de voluminosidad de la dieta y los índices del patrón de consumo medidos, aún cuando el nivel de fibra de la dieta experimental duplicara los valores de la dieta control.

Len et al. (2008b) encuentran que variaciones en el contenido de FDN entre 20 y 30% en dietas isoenergéticas e isoprotéicas, en las categorías de recría y terminación, no generan diferencias en el consumo de los cerdos Mong Cai, (Mong Cai x Yorkshire) ni (Yorkshire x Landrace).

Existen resultados donde una misma fuente, en diferentes niveles, resulta en efectos contrarios sobre el consumo. En ese sentido, Kass et al. (1980a) encuentran que el consumo aumentó al elevar los niveles de inclusión de harina de alfalfa en la dieta hasta 40% pero tendió a disminuir en 60% (consumo, 2,26, 2,48, 2,55 y 2,18 Kg/día para 0, 20, 40 y 60% de harina de alfalfa en la dieta respectivamente).

Y existen trabajos donde diferentes fuentes de fibra originan cambios en el consumo. Taysayavong y Preston (2010b), al sustituir parcialmente el salvado de arroz en dietas ricas en fibra por espinaca de agua, para alimentar cerdos Mong Cai, encuentran que la inclusión de espinaca de agua en un 15% de la dieta, aumentó el consumo voluntario.

Macías et al. (2008c) trabajando con cerdos alimentados con mieles enriquecidas de caña de azúcar y afrecho de trigo, y Díaz et al. (2010) con palmiche como fuentes de fibra, encuentran que con el aumento en los niveles de fibra aumenta el tiempo de ingestión y disminuye la velocidad de ingestión. Díaz et al. (2010) comparando cerdos a los que se les suministró palmiche como fuente de fibra, recalcan la importante correspondencia hallada entre el nivel de fibra de la dieta y su capacidad de retención de agua pero que esta diferencia no se vio reflejada en el patrón de consumo de los cerdos.

Existen varias experiencias que demuestran que el consumo de una dieta fibrosa estaría determinado por numerosos factores. Pond et al. (2002) citan varias experiencias que explicarían desde diferentes ángulos las variaciones del consumo en dietas donde la fuente de fibra es la alfalfa: en función de la composición de la alfalfa (Van Soest y Moore), concentración de saponinas (Cheeke et al.), método de procesamiento (Myer y Cheeke, Peo et al.) y diferencias debidas a los grupos de animales (King y Taverner).

Ogle (2006) basándose en Yen, afirma que el consumo de dietas altas en fibra pueden ocasionar un aumento del calor basal que sumado al calor de la fermentación a nivel de intestino grueso, puede reducir el consumo de alimentos cuando la temperatura ambiental es elevada.

Pond et al. (1980) sugieren que la ausencia de un aumento en el consumo al pasar de 0 a 20% el consumo de alfalfa en la dieta de los animales, en su experimento, puede deberse a que el contenido de pared celular (FDN) de la dieta con 20% de alfalfa, fue relativamente alto (26,2%).

Halimani et al. (2005) atribuyen las diferencias en el consumo a una mayor palatabilidad de las dietas que contenían follaje de leguminosas.

Díaz et al. (2010) proponen que las irregularidades halladas en la frecuencia de ingestión de las dietas se pueden deber a otro factor vinculado al contenido graso del fruto de *Roystonea regia* (palmiche) y no a la voluminosidad del alimento. El consumo total del alimento evidencia que no existieron limitantes en cuanto a la palatabilidad o aceptación.

7. Relación entre el consumo de fibra y anatomía del tracto gastrointestinal

Existe evidencia experimental de que en el cerdo, el tracto gastrointestinal se hace más pesado y voluminoso cuando ingiere alimentos ricos en fibra, lo que se considera un reflejo de una mayor actividad bacteriana, característica de la degradación de la pared celular vegetal (Ly, 2008a).

Bohman et al. (1953, 1955) observan que al elevar los niveles de inclusión de harina de alfalfa en la dieta de cerdos en crecimiento-engorde, se produce un aumento marcado del peso del estómago y el intestino grueso.

Pluske et al. (1998) encuentran que las variaciones en la composición de los alimentos, fundamentalmente en el origen de los carbohidratos sobrepasantes, genera cambios en el peso del intestino grueso. Cerdos alimentados con arroz hervido y proteína animal presentaron intestinos gruesos más livianos; cerdos alimentados con una combinación de almidón resistente y goma guar presentaron los intestinos gruesos más pesados; mientras que a los que se alimentó con una mezcla de fuentes fibrosas (avena y paja de cereales) mantuvieron un nivel intermedio. De modo que, cuanto mejor era la calidad del sustrato que llegaba al intestino grueso, esto repercutía en un mayor peso de esta porción del TGI.

Pond et al. (1980) proponen que existe interdependencia entre el aumento de la longitud del intestino grueso en cerdos alimentados con dietas de alto contenido en fibra, con la digestión de ésta en ese sitio.

Estos autores no encuentran diferencias debidas al efecto del nivel de fibra para peso vacío del estómago, intestino delgado, ciego o colon, ni en el largo del intestino delgado. Pero sugieren que el aumento del peso del colon al aumentar el nivel de fibra (pese a ser sólo una tendencia), estaría en consonancia con lo que se esperaba de acuerdo con los resultados de experimentos anteriores (Pond et al., 1980).

Estas observaciones no concuerdan con las de Kass et al. (1980a), quienes encuentran que el peso del total del TGI y de cada uno de sus segmentos (excepto el estómago) se incrementaron al aumentar el contenido de fibra en la dieta.

Coey y Robinson (1954), Bohman et al. (1955) también observaron modificaciones en la distribución corporal de la ganancia de peso, en cerdos alimentados con dietas de alto contenido de fibra, como evidencia su menor rendimiento de la canal con respecto al peso vivo.

Pond et al. (1988) encuentran que una dieta con 80% de harina de alfalfa originó un aumento del peso del hígado y estómago, y volumen y peso del ciego y colon vacíos.

Len et al. (2009a) observan que en lechones alimentados con dietas fibrosas, el TGI es más pesado, y con similares niveles de fibra, este efecto es mayor con harina de residuos de yuca que con salvado de arroz o follaje de boniato. La longitud del colon + recto fue mayor en los animales que recibieron harina de residuos de yuca que en todas las demás dietas pero entre estas no hubo diferencias (incluso con la dieta base con bajos niveles de fibra).

Anugwa et al. (1989) comparan cerdos en terminación que habían sido alimentados con una dieta estándar de harinas de maíz y soya y pasan a ser alimentados con una dieta con 40% de alfalfa, con cerdos que siguen recibiendo una dieta en base a maíz y soya. A los 17 días del cambio de dieta, los cerdos que recibieron la dieta alta en fibra, presentaron el hígado más liviano y el estómago más pesado (en relación al peso corporal). A los 34 días, el estómago y el total del tracto gastrointestinal fue más pesado. Una vez que los cerdos que fueron alimentados con la dieta rica en fibra volvieron a recibir la dieta estándar, las diferencias fueron desapareciendo hasta no existir diferencias salvo en el peso del hígado.

Macías et al. (2010b) evaluando dietas con diferentes fuentes y niveles de fibra cruda (cereal y soya, miel B de caña, y palmiche con 6,90, 4,08 y 25,13% de FC respectivamente) en dos diferentes genotipos, encuentran que el ciego varió en función de la dieta, siendo más largo ($P < 0.01$) y pesado en los animales que recibieron la dieta con mayor nivel de FC ($P < 0,05$). Estos presentaron también más digesta fresca ($P < 0.001$; 4.77 g/Kg PV frente a 2,01 y 1,44 g/Kg PV, en los que recibieron la dieta testigo y la de miel final, respectivamente).

Jørgensen et al. (1996) publican que los cerdos en crecimiento alimentados con una dieta alta en fibra entre los 45 y 120 Kg, tuvieron ciegos y colon considerablemente más grandes y un contenido de los intestinos más pesado, que los alimentados con una dieta baja en fibra.

Macías et al. (2010b) encuentran que en cerdos Criollos Cubanos e híbridos comerciales, cuando se aumenta el nivel de fibra de la dieta por sustituir una dieta convencional a base de cereales por palmiche como fuente de energía y un núcleo de vitaminas y minerales, aumenta el peso del estómago, colon y ciego + colon. El peso de todo el TGI tendió a aumentar

también pero las diferencias no fueron significativas. Lo mismo ocurrió con el ciego. El intestino delgado, en cambio, tendió a disminuir su peso.

Qin et al., citados por Ly (2008) afirman que existen diferencias genéticas en la habilidad digestiva de los cerdos que se manifiestan cuando se comparan razas con grandes contrastes en su material genético. Esas diferentes capacidades digestivas tienen expresiones morfométricas en los órganos del tracto gastrointestinal. Y esas diferencias morfométricas pueden favorecer a uno u otro animal en la digestión de una u otra dieta. Esto debe tenerse en cuenta al formular el tipo de alimentación que se brindará a cada genotipo animal.

Anugwa et al. (1989) concluyen que la composición de la dieta (cantidad de fibra y de proteína) juega un papel específico sobre la hipertrofia de órganos viscerales. De modo que un aumento en la cantidad de fibra (o proteínas), indirectamente, pueden aumentar los requerimientos de mantenimiento del animal, causando una desviación de nutrientes desde las partes comestibles de la carcasa a los órganos viscerales.

Yen et al. (1998) coinciden sosteniendo que la vía fermentativa para la digestión de alimentos ocasiona un mayor consumo energético en el tracto gastrointestinal.

Hedemann et al. (2006) concluyen que alimentar a los cerdos con dietas de alto contenido en fibra insoluble, mejora la morfología intestinal por aumentar la longitud de las vellosidades y una mayor actividad enzimática de la mucosa, en comparación con los cerdos alimentados con dietas que contienen pectina. Y sugieren que los cerdos alimentados con dietas altas en fibra insoluble pueden estar mejor protegidos contra las bacterias patógenas que los cerdos alimentados con dietas altas en PNA solubles.

8. Efecto de la edad (o peso vivo) sobre la digestibilidad de alimentos con altos contenidos en fibra

Existen evidencias que la digestibilidad y el aprovechamiento de alimentos ricos en fibra, aumenta con la edad y peso de los animales.

Goey y Ewan (1975) estiman que cerdos de 6 Kg de PV promedio, cuando se los alimentó con niveles de 0 a 0,60% del PV de celulosa diaria no fueron capaces de digerir nada de celulosa. Cuando aumentaron los niveles de celulosa añadida a la dieta basal, los coeficientes de digestión aparente de MS, N y energía, disminuyeron ($P < 0,01$). La energía digestible y metabolizable se redujeron ($P < 0,01$) debido al aumento del nivel de fibra en la dieta. El porcentaje de energía digestible que es metabolizable no se vio afectado por la dieta ($EM = 0,941 ED$, $r = 0,997$). Con el aumento de niveles de celulosa, el porcentaje de nitrógeno corporal se redujo ($P < 0,05$).

Whiting y Bezeau (1956a) encuentran que en cerdos de entre 24 y 65 Kg a los que se les administraron raciones semi-sintéticas con niveles de inclusión de hasta un 15% de celulosa, la excreción fecal de N metabólico por unidad de alimento consumido disminuye al aumentar el peso del animal. No encontraron diferencias en los valores de excreción fecal por Kg de alimento consumido entre cerdos de 50 y 65 Kg. Tampoco en cerdos que consumieron una ración con 22% de PC, independientemente del peso de los animales (15 a 65 Kg de PV). Los datos indican que la excreción fecal de N en cerdos entre 15 y 50 Kg alimentados con dietas entre 5,4 y 18% de PC, varían inversamente al $PV^{0.3}$ ($r = -0,76$, $y = -0,12$). Dicho de otro modo, la excreción fecal de N (en % del consumo) por Kg de PV, varía directamente con el $PV^{0.7}$.

Whiting y Bezeau (1956b) confirmarían la existencia de un aumento de la digestibilidad aparente de la proteína en dietas con alto contenido de fibra al aumentar la edad de los cerdos. Hallaron nuevamente un coeficiente de regresión entre las excreciones de N fecal y el $PV^{0.3}$ pero esta vez, el coeficiente de regresión fue menor ($y = -0,06$).

Cunningham et al. (1962) concluyen que las digestibilidades de la MS; FC y PC en dietas con altos niveles de celulosa, son afectadas positivamente por la edad y el peso corporal de los animales.

Gargallo y Zimmerman (1980) encuentran que los animales, durante el transcurso de su experimento, van reduciendo las distancias entre las digestibilidades de dietas con diferentes concentraciones de fibra. La forma en que estuvo diseñado el experimento, no permitió concluir si este fenómeno se debe a una mayor digestibilidad debida al crecimiento o a un efecto de acostumbamiento. Sugieren que el efecto es demasiado importante como para deberse exclusivamente al crecimiento.

Noblet y Shi (1994) con la finalidad de evaluar el efecto del peso corporal sobre la digestibilidad de alimentos ricos en fibra, alimentan ad libitum cerdos de 45, 100 y 150 Kg, con una dieta base y otra rica en fibra y miden la digestibilidad de la energía y los nutrientes y las pérdidas de nitrógeno urinario, metano y energía. Encuentran que los coeficientes de digestibilidad de los nutrientes y la energía fueron mayores a los 100 Kg con respecto a los 45 Kg. Cuando los animales pesaban 150 Kg, la mejoría con respecto a los 100 Kg fue pequeña. El coeficiente de digestibilidad de la energía fue 82,6, 85,0 y 85,8% para 45, 100 y 150 Kg, respectivamente. Cuando el nivel de fibra de la dieta aumentó, las diferencias en las digestibilidades de las diferentes fracciones y de la energía entre diferentes pesos corporales, aumentó. Este efecto se vio atenuado por mayores pérdidas de metano, nitrógeno urinario y energía al aumentar el tamaño corporal.

Le Goff y Noblet (2001) comparan la digestibilidad total de la energía y de los diferentes nutrientes para 77 dietas distintas en cerdos en crecimiento (61 Kg) y cerdas adultas no lactantes ni preñadas. Los resultados muestran que la digestibilidad total de energía o nutrientes fue mayor en las cerdas adultas (Digestibilidad de energía: 85,2 y 82,1%, de la proteína: 85,1 y 80,3%, del extracto etéreo: 37,1 y 31,6% y de la FDN: 64,4 y 56,3%, para cerdas adultas y cerdos en crecimiento respectivamente). La diferencia en los valores de ED entre cerdas adultas y cerdos en crecimiento no fue constante pero aumentó con el contenido de fibra dietética (3,3, 8,6 y 10,1 KJ por cada gramo que aumenta en la dieta la FDN, la FDA y la FC respectivamente). Esto sugiere que el origen de la diferencia entre las dos etapas fisiológicas se debe principalmente a una mayor tasa de degradación de la fibra a nivel del intestino grueso de las cerdas.

Varel y Pond (1985) calcularon que había 6,7 veces más bacterias celulolíticas en el intestino grueso de cerdas adultas en comparación con los cerdos en crecimiento cuando se dio la misma dieta alta en fibra (conteniendo 40% de harina de alfalfa) durante 3 meses, lo que explica por qué las cerdas pueden digerir alimentos fibrosos más eficiente que los cerdos en crecimiento.

Coincidiendo con lo anterior, Varel (1987) sostiene que esta puede ser una posible explicación para la observación general de que los cerdos adultos tienen un mayor potencial para digerir material celulósico.

Len et al. (2009a) encuentran que a medida que los animales crecen, aumenta el peso relativo del TGI, hígado, corazón y riñones, y la longitud de los intestinos se reduce (expresados en función del peso específico). El desarrollo relativo del TGI post-destete fue superior al pre-destete.

Sin embargo, Kass et al. (1980a) obtienen datos que no son concordantes con los anteriores al observar que cerdos de 89 Kg presentaron digestibilidades menores que cerdos de 48 Kg cuando fueron alimentados con dietas ricas en alfalfa (0 a 60% de la MS). Estos autores observan en cerdos de mayor tamaño, un menor tiempo de tránsito de la digesta por el estómago, intestino delgado y colon y total del TGI. Sugieren que la mayor velocidad de tránsito puede ser el origen de la depresión de la digestibilidad.

9. Relación entre la inclusión de fibra en los alimentos y los parámetros productivos

La información que existe a nivel mundial es escasa y contradictoria respecto a los indicadores físicos (velocidad de crecimiento y eficiencia de conversión), dado que existen numerosos factores que influyen en los resultados (pastura, sistema de pastoreo, calidad y nivel del suplemento, momento del año, entre otros) (Barlocco, 2005a).

Boham et al. (1953) citan a Ellis et al., quienes sostienen que el nivel más deseable de heno de leguminosas para cerdos en crecimiento y engorde se encuentra entre el 5 y 15% de la ración y a una serie de autores (Edward, Oliver y Potter, Headley, Fargo et al.) que fijan un nivel óptimo donde se encuentran las mejores ganancias de peso y eficiencias de conversión, con una inclusión de 5 a 6% de fibra.

Sin embargo, Boham et al. (1953) realizan una serie de ensayos para evaluar el efecto de la inclusión de niveles crecientes de alfalfa en la dieta de cerdos en crecimiento-terminación. En un primer experimento encuentran una tendencia no significativa ($P > 0,05$) a disminuir la ganancia diaria y la eficiencia de conversión al elevar el nivel de inclusión de alfalfa de 10 a 60%. En un segundo ensayo prácticamente similar, encontraron diferencias significativas al elevar la inclusión de alfalfa de 10 a 50% para los dos parámetros productivos considerados (GD y EC). Pero encuentran que las diferencias entre incluir 10 y 30% siguen siendo no significativas para estos parámetros. En cuanto a la eficiencia de conversión, al pasar de 10 a 60 o 50% (ensayo I y II), esta empeora si se considera la totalidad del alimento, pero si se refiere sólo al concentrado, esta mejora.

Powley et al. (1981) sustituyen la harina de soya de una dieta que fue suministrada a voluntad, por harina de alfalfa como fuente protéica en diferentes niveles, hasta un 60% y encuentran que al aumentar los niveles de alfalfa,

disminuye la ganancia diaria y empeora la eficiencia de conversión, sin modificarse el consumo diario. Los autores atribuyen estos resultados a un menor aporte energético de la alfalfa que no fue compensado por mayores niveles de consumo.

Axelsson y Eriksson (1953) experimentan con cerdos desde los 30 a los 100 Kg para encontrar el nivel de fibra cruda que permita maximizar los parámetros productivos de ganancia diaria y eficiencia de conversión. Para ello, sustituyen harina de trigo por paja de cereales en dietas que mantienen constante todos los aspectos, excepto el contenido de fibra cruda. En esas condiciones, hallan que el contenido de fibra cruda que permite optimizar la ganancia de peso se encuentra en 6,57% y el que optimiza la eficiencia de conversión, en 7,26%.

Bohman et al. (1955) ensayan con cerdos en crecimiento-terminación con niveles crecientes de harina de alfalfa (0, 10, 30 y 50% con niveles de FC de 4,3%, 6,9%, 12,6% y 17,6%, respectivamente para las raciones de recría y 3,6%, 7,0%, 13,0% y 17,1%, respectivamente para las raciones de terminación). Encuentran que al aumentar los niveles de alfalfa, la ganancia diaria disminuye (825g, 780g, 621g y 458g, respectivamente) y la eficiencia de conversión del alimento total empeora (3,06:1, 3,57:1, 4,04:1 y 5,40:1, respectivamente). Los autores aclaran que la calidad de la alfalfa no fue tan buena como la de experimentos anteriores.

Al suministrar a cerdos en crecimiento-engorde, una dieta deficiente en proteína (8,8% de PC) y adicionar harina de alfalfa deshidratada como suplemento proteico en niveles de 0, 10, 20, 30 y 40% (8,81%, 10,44%, 12,12%, 13,75% y 15,42% de PC y 2,36%, 3,74%, 5,10%, 6,43% y 7,87% de FC respectivamente), se encontró que los parámetros productivos no incrementaron significativamente. Por el contrario, la tendencia fue a que con niveles superiores a 10% de harina de alfalfa, la ganancia diaria disminuyera (544g, 616g, 576g, 385g y 367g, respectivamente) y la eficiencia de conversión empeorara (4,41, 4,39, 5,25, 5,46 y 6,01 Kg de alimento por Kg de ganancia, respectivamente) al aumentar los niveles de alfalfa (Becker et al., 1956).

Cuando además de la harina de alfalfa, se suministraron otras fuentes protéicas como harina de soya o harina de pescado (sábalo), los parámetros productivos mejoraron significativamente (ganancias diarias, 721g y 703g y eficiencias de conversión, 3,89 y 3,90 Kg alimento/Kg ganancia, para harina de soya y pescado respectivamente). Estos autores concluyen que estos resultados indicarían que la harina de alfalfa no es un buen suplemento proteico para el cerdo (Becker et al., 1956).

Sin embargo, Myer et al. (1975) evalúan la utilización de un concentrado proteico compuesto por alfalfa, no encontrando resultados adversos en crecimiento y engorde. Pese a que en uno de los ensayos encontraron que la sustitución de harina de soya por expeler de alfalfa redujo el crecimiento ($P < 0,05$), los autores sugieren que, debido a la complementariedad de la composición de aminoácidos de los cereales y el follaje de alfalfa, esta última tiene potencial como suplemento proteico para cerdos. Es claro que al menos parte de la proteína de la alfalfa pudo ser utilizada por los cerdos en estos ensayos, no concordando con lo publicado por Becker et al. (1956).

Kidwell y Hunter (1956) evalúan el efecto de suministrar harina de alfalfa en un 50% de la composición de la dieta durante todo el período de crecimiento-engorde. Encuentran una ganancia diaria 635 g/día, menor a la del grupo testigo (816 g/día). La eficiencia de conversión total del alimento fue peor cuando los cerdos consumieron alfalfa (4,50:1 frente a 3,39:1) pero consumieron 1,140 Kg menos de concentrado por Kg de aumento de peso que el grupo control (2,25:1 frente a 3,39:1 del control), que sustituyeron por 2,25 Kg de alfalfa por Kg de ganancia. Concluyen entonces que se puede asumir a los efectos de cálculos económicos, que 1 Kg de alfalfa reemplaza 0,51 Kg de concentrado. Estos autores comparan la alfalfa suministrada con la de los experimentos de Bohman et al. (1955), observando que la de estos últimos, tenía mayor proporción de fibra y menor de proteína cruda.

Heitman y Meyer (1959) realizan un experimento para determinar el valor de la harina de alfalfa como fuente de energía para los cerdos con tres niveles de inclusión (5, 20 y 40%), tres etapas de madurez (16% yema, 3% de floración y 34% de floración) y tres métodos de preparación (secado al sol, deshidratada y expeler deshidratado y molido). Encuentran que las tasas de ganancias fueron menores cuando la alfalfa fue secada al sol en comparación con los otros métodos de preparación. La mayor madurez disminuyó el valor nutritivo. Los valores de sustitución por concentrado en este caso fueron menores que los encontrados por Kidwell y Hunter (1956), 0,28 Kg de concentrado por cada Kg de harina de alfalfa.

Con el objetivo de aclarar si es la dilución de la energía de las dietas lo que motiva la depresión en los parámetros productivos o es un efecto inherente a la inclusión de fibra, Bair et al. (1970) experimentan con cerdos que fueron alimentados desde el destete hasta el peso de faena (91 Kg), con dietas conteniendo diferentes niveles de FC (cuya fuente principal es el salvado de arroz) y dos niveles diferentes de energía metabólica. Encuentran que en general, en estas condiciones, el mayor nivel de fibra en las dietas no tiene efecto significativo sobre la ganancia ni la eficiencia de conversión. El efecto del

nivel de energía fue mayor que el de la inclusión de fibra. Con un aumento de 15% de energía metabolizable en la dieta, aumentó la velocidad de crecimiento.

Pond et al. (1980) encuentran que la harina de alfalfa al incorporarse en un 20% a una dieta de maíz y harina de soya, disminuye la ganancia diaria de los animales de todos los genotipos considerados (cerdos magros, obesos y contemporáneos) empeora la eficiencia de conversión y no aumenta el consumo de alimento. No encuentran ninguna interacción entre genotipo y dieta para ganancia diaria, eficiencia de conversión ni características de la canal.

Pond et al. (1988) con una inclusión en la dieta del 80% de harina de alfalfa, observan que el crecimiento de cerdos de seis meses de edad se detiene (o incluso algunos animales pierden peso), mientras que los cerdos que fueron alimentados con una dieta baja en fibra mantuvieron un crecimiento de 220 g al día. Atribuyen este fenómeno a un déficit energético.

Estos resultados contrastan con los de Forbes y Hamilton (1952), Kass et al. (1980b), Ellis y King, citados por Pond et al. (1980), los que no encontraron resultados adversos de agregar 20% de harina de alfalfa en la ganancia de peso diaria.

Si bien Kass et al. (1980a) no encontraron diferencias en la ganancia diaria con 0 y 20% de inclusión de alfalfa en la dieta. Cuando los niveles de alfalfa fueron 40 y 60%, entonces la ganancia diaria sí se deprimió con el aumento de pared celular de la ración (0,67 Kg/día y 0,70 Kg/día para 60% y 0 % de alfalfa).

Varel et al. (1984b) en cerdos de 26 a 32 Kg, con dietas administradas ad libitum conteniendo un 35% de harina de alfalfa, obtienen registros de crecimiento 17,3% menores que con una dieta baja en fibra. La eficiencia de conversión en este caso, también empeora.

Estos datos concuerdan con los hallados por Anugwa et al. (1989) en cerdos alimentados ad libitum con una ración estándar en base a harinas de maíz y soya o con un 40% de harina de alfalfa, donde los cerdos que recibieron la dieta rica en fibra tuvieron peores ganancias de peso y eficiencia de conversión (incluso perdieron peso durante los primeros 17 días).

Key et al. (1970), incluyendo niveles de entre 20 y 60% de heno molido de pasto ovillo en una dieta de cerdos en crecimiento (FDN entre 14,46% y

36,07%) que es administrada en forma restringida, encuentran que la tasa de crecimiento disminuye al aumentar el nivel pared celular de la ración.

Partridge et al. (1982) suministran a dos lotes de cerdos desde los 20 a los 80 Kg, ración balanceada en forma restringida a un 85% de lo necesario para cubrir los requerimientos de crecimiento. A uno de los lotes se les suministra además 150 gramos de celulosa pura de madera. No encuentran diferencias entre los tratamientos para la ganancia diaria, lo que repercutió en una peor eficiencia de conversión para los que recibieron celulosa pura.

Santos e Silva et al. (2005) ensayan con cerdos Bísaro criados al aire libre, alimentados ad libitum hasta los 85 Kg de PV y luego transferidos a un sistema de cubierta, con acceso libre a una zona de pastoreo donde se les suministran tres dietas diferentes (ad libitum, 75% del consumo voluntario estimado + hierba a voluntad, 50% de concentrado + hierba ad libitum). El consumo de pasturas fue proporcional a la reducción de concentrado en la dieta. Las ganancias diarias fueron significativamente diferentes (641g, 467g y 356g para 100%, 75% y 50% del consumo voluntario de concentrado respectivamente).

Chimonyo et al. (2001) publican que en un ensayo con híbridos LW x Mukota que recibieron diferentes niveles de fibra cuya fuente son marlos de maíz, la ganancia diaria decreció con el aumento en el nivel de fibra y la eficiencia de conversión alcanzó su punto más alto con 40,29% de FDN.

Len et al. (2008a) no encuentran diferencias en los parámetros de crecimiento (ganancia diaria y eficiencia de conversión) en cerdos de diferentes genotipos durante el período de terminación que consumieron dietas isoprotéicas e isoenergéticas con diferentes niveles de fibra (20 y 30% de FDN). Pero sí encontraron diferencias entre estos niveles de FDN en la dieta durante el período de recría que se traducen en diferencias en todo el período de crecimiento-engorde.

Según Len (2008b) los efectos negativos del nivel de fibra sobre el rendimiento se ven claramente en el período de crecimiento pero son pequeños en el período de finalización.

De las experiencias realizadas en la UPC de Facultad de Agronomía sobre crecimiento y engorde en condiciones de pastoreo, se desprende que las ganancias de peso en la recría son menores a las obtenidas durante el engorde

pero la eficiencia de conversión del concentrado es mejor. Con los niveles de restricción utilizados, a medida que disminuye el suministro de concentrado, aumenta la eficiencia de conversión del mismo. La restricción de concentrado disminuye la velocidad de crecimiento (Barlocco, 2005a).

A partir de estos ensayos, Barlocco (2005a) concluye también que el consumo de pasturas evoluciona a medida que el animal avanza en peso y edad, y depende de la oferta de concentrados.

A medida que aumenta el aporte de MS por la pastura en la dieta, empeora la eficiencia de conversión del total del alimento (incluyendo a la pastura), lo que demuestra que el cerdo es menos eficiente en el uso de este alimento en comparación con la ración y este efecto es mayor cuanto más fuerte es la restricción de alimento concentrado (Barlocco, 2005a).

El crecimiento de los cerdos alimentados con alfalfa con alto contenido en saponinas se deprime, como resultado de una reducción del consumo de alimento (Cheeke et al., 1977).

Pese a las diferencias entre los diferentes ensayos, parecería ser una constante, el hecho de que mayores niveles de inclusión de fibra en las dietas repercute en una pérdida en velocidad de crecimiento, un empeoramiento de la eficiencia de conversión del total del alimento pero un consumo menor de los demás alimentos. En consecuencia, la utilización de alimentos fibrosos, puede en algunas condiciones, ser una opción conveniente desde el punto de vista económico pese a no ser la que maximice los parámetros productivos.

10. Efectos de la utilización de alimentos fibrosos en la alimentación de reproductores

a. Alimentación de reemplazos

Seleguín y Lorenzo, citados por Bauzá (2005b) evaluaron la sustitución de alimento balanceado por pasturas en cachorras de reemplazo desde los 30 Kg hasta la pubertad y concluyen que las cachorras sobre pasturas y con alimentación restringida, independientemente del tipo de alimento concentrado utilizado, retrasaron su pubertad en 20 días y lo que es más importante, la alcanzan con un peso inferior. Surge de estos resultados que cuando recibe una dieta concentrada restringida, el animal no logra obtener de la pastura los

nutrientes necesarios para completar sus requerimientos de crecimiento y desarrollo (especialmente en energía).

Bauzá (2005b) sostiene que si bien las pasturas realizan un importante aporte en elementos nutritivos, cuando se las utiliza durante el crecimiento de hembras de reemplazo, las consecuencias son más drásticas que cuando los animales serán destinados a la faena. Esto se debe a que las cerdas alcanzan la pubertad al llegar a determinada edad, y que una restricción nutricional severa causaría que las cachorras alcancen la pubertad a un peso inadecuado para iniciar su vida reproductiva.

En la cría de los reemplazos de los reproductores, la pastura tiene un efecto beneficioso dado por el aporte de proteínas, vitaminas y minerales, así como el bienestar y el fortalecimiento muscular que le genera la realización de ejercicio. Puede reducirse muy poco la cantidad de concentrado pero puede actuarse sobre su calidad, prescindiendo, gracias al uso de pasturas, del uso de complementos vitamínico-mineral (Bauzá, 2005b).

Bauzá (2005b) recomienda no restringir la cantidad de alimento concentrado suministrado a las cachorras de reposición que están sobre pasturas, aunque sí simplificar la composición de la dieta.

b. Sustitución de alimento concentrado en cerdas gestantes

Las cerdas gestantes poseen bajos requerimientos de nutrientes, mayor tamaño y en consecuencia mayor capacidad de consumo que otras categorías, y alto grado de desarrollo del intestino grueso que podría estar relacionado con un mayor tiempo de la ingesta en su interior. La combinación de estas características determinan que sea la categoría mejor adaptada a la alimentación con pasturas (Varel, 1987).

Adicionalmente, las cerdas gestantes normalmente reciben dietas restringidas con el fin de evitar el exceso de grasa y que esto genera estrés en los animales relacionado con sensación de hambre y estos síntomas pueden ser evitados por la inclusión de pasturas en la dieta (Ogle, 2006).

Danielson y Noonan (1975) ensayaron alimentando cerdas gestantes con dietas conteniendo hasta un 96.75% de harina de alfalfa, observando que no se afectaron los parámetros reproductivos e incluso en algunos casos mejoraron.

Pollmann et al. (1980) ensayaron alimentando cerdas en gestación con dietas peleteadas que contenían o no, un 50% de alfalfa durante tres ciclos productivos. Terminaron los tres ciclos un porcentaje mayor de cerdas que consumieron alfalfa de las que no. No hubo diferencias en el número de nacidos vivos entre tratamientos. El peso al nacimiento fue mayor en las hembras que no consumieron alfalfa. Sin embargo, el porcentaje de vivos a los 14 días fue mayor en las camadas de las cerdas que sí consumieron (la tasa de supervivencia fue 8% superior para este grupo). Las cerdas que consumieron alfalfa ganaron menos peso durante la gestación que las que no lo hicieron.

Similares resultados obtienen Calvert et al. (1985) donde encuentran que con la adición de diferentes niveles de harina de alfalfa en la dieta de cerdas gestantes, se afecta la digestibilidad pero eso no repercute negativamente en los parámetros reproductivos. En este caso, sólo un nivel de 95% de alfalfa ocasionó una disminución significativa del peso de lechones al nacimiento, sin afectar ningún otro parámetro reproductivo.

En los trabajos donde se evaluó la alimentación de cerdas gestantes con sorgo forrajero en pastoreo, la utilización de la pastura estuvo alrededor del 70% del ofrecido, disminuyendo a medida que avanza la madurez de la planta (Bauzá, 2005b).

Di Doménico et al., citados por Bauzá (2005b) estiman una carga óptima para el sorgo forrajero de 70 a 80 cerdas gestantes por hectárea y Arenare et al. citados en el mismo trabajo, realizan una estimación para la alfalfa de 60 gestantes por hectárea. Bauzá aclara que estos valores sólo deben tomarse como un avance que debería ser corroborado a nivel experimental.

Bauzá (2005b) estima sobre una base netamente empírica, la asignación de ente 20 y 30 hembras gestantes por hectárea sobre praderas convencionales.

Epifanio y Scalone, citados por Bauzá (2005b) indican para el sorgo forrajero, una digestibilidad promedio de la MS variable entre 48% y 67% para 40 a 60 cm (23,3% de FB) y 70 a 90 cm (27,4% de FB) de altura de corte respectivamente. Lo que Bauzá explica por la masticación y selección del material ingerido cuando a los cerdos se les ofrece materiales fibrosos. De acuerdo con estos datos, los autores estiman que el sorgo forrajero realiza un aporte promedio de 2,5 Mcal de energía digestible y 120 g de proteína por Kg de MS.

Pastoreando sobre otras especies vegetales, Bauzá (2005b) sostiene que debería esperarse un mayor aporte nutritivo. Menciona que se acepta que el valor promedio de las pasturas sería del orden de las 2,8 Mcal de ED y 150 g de proteína digestible por Kg de MS.

De acuerdo con estos datos, absolutamente empíricos, Bauzá deduce que el pastoreo de sorgo forrajero podría sustituir casi el 25% de la energía y el 20% de la proteína en cerdas gestantes. Concluyendo que el sorgo no puede constituir el único alimento para cerdas gestantes (Bauzá, 2005b).

Pero, de acuerdo con los resultados experimentales, es posible bajar considerablemente el costo de alimentación durante la gestación sustituyéndola por el pastoreo de sorgo forrajero, granos de cereal y suplemento mineral (Bauzá, 2005b).

La utilización de otras especies forrajeras de mayor aporte nutricional, permite aumentar la proporción de alimento concentrado reemplazado por pastoreo (Bauzá, 2005b).

Feippe et al., citados por Bauzá (2005b) sustituyeron el 50% del alimento concentrado en los dos primeros tercios de la gestación y no realizaron sustitución en el último tercio de la gestación, sin que se resintieran la ganancia en gestación, el tamaño ni el peso de la camada al nacimiento.

Los mismos autores, ensayaron suprimir totalmente el concentrado en los primeros dos tercios de la gestación y suministrando 2 Kg en la fase final. En este caso, sin que se resintieran los resultados productivos, disminuyó la ganancia neta de gestación, lo que puede tener repercusiones negativas sobre la producción de leche y el estado corporal al destete (Bauzá, 2005b).

La temperatura ambiente influye sobre el tiempo que los cerdos dedican al pastoreo. Según Bauzá (2005b) las temperaturas altas reducen notablemente el consumo de pasto de los animales que buscan lugares sombreados.

Los cerdos poseen una selectividad muy alta (cuando tienen la posibilidad) y buscan consumir las partes más tiernas de las plantas, rechazando las más fibrosas. Este es un aspecto que debe tenerse en cuenta en el manejo del pastoreo (Bauzá, 2005b).

Cuando a los cerdos se les ofrece un forraje altamente fibroso, mastican todo el bocado, ingiriendo la parte tierna y rechazando la porción fibrosa. De

este modo, disminuye el consumo total pero mejora notablemente la digestibilidad de lo ingerido. En ensayos con pastoreo directo, se encontraban tirados en el campo los bolos de fibra del forraje masticado pero no ingerido (Bauzá, 2005b).

El consumo de forraje por cerdas gestantes posee una alta variabilidad explicada por el comportamiento de las cerdas en pastoreo. Existen animales que consumen más forraje que otros. Esto no siempre está necesariamente relacionado con el peso vivo. El acostumbamiento al pastoreo es un aspecto que influye mucho sobre el consumo. El consumo es menor cuando el forraje es más fibroso (Bauzá, 2005b).

Bauzá (2005b) cita valores de consumo en experiencias de Facultad de Agronomía: 750 g de MS diarios para sorgo forrajero (Correia) y 720 g de MS para alfalfa cortada (Arenare et al.), y reconoce que estos valores son mucho menores que los citados por Bassewitz et al., quienes mencionan consumos del orden de los 2 Kg de MS de forraje. Infiere que un permanente acceso a la pastura podría aumentar el consumo de forraje. Propone que las diferencias en palatabilidad de las diferentes pasturas, podrían reflejarse en el consumo.

Al momento de definir la carga animal por hectárea de pastura, debe considerarse la interacción que existe entre la eficiencia de utilización del forraje disponible, el consumo por los animales y el valor nutritivo del forraje consumido. Los cerdos realizan una elevada selección del forraje aun con altas presiones de pastoreo. El porcentaje de utilización del forraje está positivamente relacionado con la presión de pastoreo. La cantidad de nutrientes obtenidos de la pastura está en relación inversa con la presión de pastoreo. Para alcanzar tasas elevadas de crecimiento de los animales es necesario aceptar un importante desperdicio de forraje (Bauzá, 2005b).

Seerley y Wahlstrom (1965) realizan dos ensayos para evaluar el efecto de la harina de alfalfa deshidratada en raciones para cerdas en confinamiento. Encuentran diferencias para número de camadas paridas, número de lechones destetados, peso de lechones individuales y de la camada el destete. Pero estos resultados parecerían tener poco valor práctico y ser difíciles de interpretar.

c. La pastura como promotor de lactogénesis en cerdas

Existe consenso sobre el efecto favorable de las pasturas sobre la producción de leche de las cerdas, lo que es avalado por el mayor desarrollo y estado general de las camadas de cerdas que son mantenidas sobre pasturas. Posiblemente, esto sea producto de una combinación de mayor producción de leche por consumo de forraje verde y mejor estado sanitario como producto de la cría al aire libre (Bauzá, 2005b).

La fermentación de hemicelulosa y celulosa a nivel de intestino grueso, produce ácidos grasos volátiles que actúan como una fuente energética de disponibilidad inmediata y son incorporados rápidamente al proceso de síntesis láctea, produciendo una mayor producción de leche de cerdas mantenidas sobre pasturas (Bauzá, 2005b).

Los ácidos grasos volátiles provenientes de pasturas estimulan la síntesis láctea pero no debe entenderse que esta fuente energética es suficiente en el cerdo para sostener la lactosíntesis. Ésta, sólo es posible recurriendo a otras fuentes de energía como el suministro de alimento concentrado o el consumo de las reservas corporales depositadas durante la gestación (Bauzá, 2005b).

Ogle (2006) propone que la causa más probable de mayor lactogénesis en cerdos en pastoreo se deba a un suministro de vitamina A.

11. Efecto de la inclusión de fibra en la dieta sobre el rendimiento de la canal y las características de carcasa

Axelsson y Eriksson (1953) encuentran que al aumentar el nivel de fibra cruda, existe una leve tendencia a obtener canales más magras.

Bohman et al. (1953) encuentran que el rendimiento de carcasa y los cinco cortes primarios, no se vieron afectados por una variación del nivel de inclusión de harina de alfalfa, desde 10 a 50%.

En cambio, Bohman et al. (1955) encuentran diferencias significativas, disminuyendo el rendimiento de la canal, el espesor de la grasa dorsal, el porcentaje de tocino y panceta y aumentando el porcentaje de paleta, jamón y lomo, con niveles crecientes de fibra cuya fuente es alfalfa.

Becker (1956) publica que al aumentar los niveles de alfalfa en la dieta, el rendimiento de la canal disminuye.

Kidwell y Hunter (1956) en cerdos engordados con altos niveles de alfalfa (50% de alfalfa, 16,65% de PC y 33,82% de FC en BS), encuentran diferencias altamente significativas para menor rendimiento de canal, menor espesor de grasa dorsal, mayor porcentaje de jamón y paleta en los animales que recibieron más fibra en la dieta. No encontraron diferencias significativas para porcentaje de lomo, tocino o longitud de la canal.

Un aumento en el nivel de fibra cruda (incluso en diferencias relativamente pequeñas, como entre 3 y 5% de FC es acompañado por caídas en el rendimiento de la canal de animales faenados con pesos similares. Pero en contraparte, los aumentos de fibra son acompañados por un menor engrasamiento de las carcasas, lo que se expresa en las mediciones de grasa dorsal. El aumento de los niveles de fibra puede ser utilizado como una forma de corregir altos niveles de engrasamiento (Coe y Robinson, 1954).

Bair et al. (1970) ensayando con diferentes niveles de inclusión de fibra y en forma independiente, diferentes niveles de energía metabolizable, encuentran que los efectos de la inclusión de fibra sobre las canales se deben al efecto de dilución de la energía en las dietas más que a algún efecto de la fibra misma.

Kass et al. (1980a) encuentran que el espesor de grasa dorsal se relaciona en forma inversa con los niveles de inclusión de pared celular en la dieta pero no encuentran diferencias en el área de sección del músculo Longissimus dorsii.

Algo parecido encuentran Pond et al. (1988) al sustituir el 80% de la dieta por harina de alfalfa dado que se redujo significativamente el espesor de la grasa dorsal pero no afectó el área de longissimus.

Santos e Silva et al. (2005), trabajando con cerdos Bísaro sometidos a una dieta de concentrado con diferentes niveles de restricción y acceso libre a pasturas, encuentran que al aumentar el consumo de pasturas, disminuye el rendimiento de la canal pero se obtienen canales más magras y con una curva de acidificación post mortem más adecuada (pH a los 45 minutos de 6,04, 6,23 y 6,34 para 0%, 25% y 50% de restricción de concentrado respectivamente y no encontrándose diferencias en el pH a las 24 hs). De lo que se desprende que a mayores niveles de sustitución de concentrado por pasturas en el acabado de los animales, se obtienen canales de mejor calidad tecnológica.

Cerdos de diferentes genotipos terminados con dietas que contenían 30% de FDN, presentaron menor rendimiento de la canal que los que recibieron una dieta de similar concentración energética y protéica pero con 20% de FDN durante el engorde (Len et al., 2008a).

A la luz de estos resultados, parecería razonable concluir que los cerdos alimentados con altos niveles de fibra durante el engorde, tienden en general a presentar menores rendimientos a la faena pero también, menores engrasamientos expresado como menor proporción de cortes grasos, menor espesor de grasa dorsal y mayor porcentaje de cortes magros.

C. DIGESTIBILIDAD DE ALIMENTOS RICOS EN FIBRA EN CERDOS DE TIPOS GENÉTICOS RÚSTICOS LOCALES: LOS CERDOS NATIVOS Y LOS CERDOS CRIOLLOS

1. Metodología

En esta sección se trabajó con el objetivo de buscar reglas generales que puedan aplicarse a todos los genotipos locales, que por uno u otro motivo escaparon de los procesos de selección para lograr cada vez mejores conversiones de las raciones tradicionales en carne, mayores ganancias de peso diarias y más importantes porcentajes de magro en la canal.

Para ello, en una primera instancia, se abrió el abanico de posibilidades, estudiando todo material al que pudiésemos acceder, desde aquellas comparaciones entre genotipos mejorados para engrasamiento y seleccionados por magro, estudios de razas nativas asiáticas, africanas y europeas, y obviamente también, todo lo referente al aprovechamiento de alimentos fibrosos por parte de los genotipos criollos latinoamericanos.

En una segunda etapa, se optó por restringir el número de genotipos, concentrándonos en unos pocos para poder ganar en profundidad.

Ese proceso de selección se basó fundamentalmente en dos criterios. En primer lugar, se buscó la representatividad hasta donde esta sea posible. En segundo lugar, se dio prioridad a aquellos tipos genéticos de los que se pudo acceder a bibliografía cuya calidad y cantidad permitió una comprensión relativamente integral de su comportamiento frente al consumo de alimentos fibrosos.

Dada la cantidad de factores que pueden interrelacionarse con el genotipo y la cantidad de fibra en la dieta, afectando los resultados experimentales y muchas veces ocultando los verdaderos efectos de las variables que nos interesa estudiar, hemos preferido abundar en detalles de las condiciones en que se realizaron los diferentes trabajos de investigación. Eso muchas veces complica la lectura pero ignorar dichos detalles, podría llevarnos a conclusiones erróneas.

2. Cerdos Mukota de Zimbabwe

Los cerdos de Zimbabwe tienen un valor e impacto socioeconómico mayor que los animales de mayor tamaño debido a que pertenecen a la mayoría de los miembros más perjudicados de las comunidades, como son las mujeres y los niños (Mashatise et al., citados por Nyoni et al., 2008). Es difícil cuantificar su importancia económica debido a que los cerdos se utilizan principalmente para el consumo de la familia, contribuyendo a incrementar el consumo de proteína animal (Nyoni et al., 2008).

En África subsahariana existe este tipo de razas indígenas de cerdos. Los recursos principales para su alimentación son subproductos agrícolas y recursos localmente disponibles (Mpopfu, Mashatise et al., citados por Nyoni et al., 2008).

Las cualidades principales de estos cerdos incluyen la resistencia a las enfermedades, parásitos, calor, requerimientos bajos en nutrientes, utilización digestiva de dietas fibrosas y ricas en taninos, presentación temprana de pubertad y madurez reproductiva, así como buena habilidad maternal (Nyoni et al., 2008).

Pueden sobrevivir y reproducirse con bajos requerimientos de energía y proteína y alta concentración de fibra en la dieta (Holness y Smith, Holness, Culu et al., citados por Nyoni et al., 2008). Tradicionalmente se alimentan con forrajes, calabazas y desperdicios de cocina (Mashatise et al., citados por Nyoni et al., 2008).

En contrapartida, en pruebas de comportamiento han presentado peores resultados de ganancia diaria, eficiencia de conversión y características de carcasa (mayores niveles de engrasamiento y menores rendimientos de canal) que las razas mejoradas. Estos parámetros mejoran sustancialmente en los híbridos producto de cruzamiento de Mukota con razas europeas (Chimonyo et al., 2010).

Kanengoni et al. (2001) comparan la digestibilidad en dietas ricas en fibra de MO, FDN, FDA, hemicelulosa y N, y el balance de nitrógeno en cerdos Mukota (M), Large White (LW) y la cruce de Large White x Mukota (LWxM). Para esto formularon dietas isoenergéticas (9MJ EM/Kg) e isoprotéicas (16% de PC) pero con diferentes niveles de inclusión de marlos de maíz (mazorca sin grano: 0, 10, 20 y 30%, con niveles de FDN 27,64, 36,03, 40,29 y 52,35%). Encontraron decrecimientos lineales para cada genotipo en la medida que aumentan los niveles de FDN y correlación entre genotipos y dietas para la

digestibilidad de MO, FDN, FDA y hemicelulosa. El decrecimiento en LW es más pronunciado ($P < 0,05$) que el de Mukota e híbridos.

En cuanto al aprovechamiento del N, Kanengoni et al. (2001) encontraron que tanto la raza como la dieta afectaron la digestibilidad ($P < 0,05$) pero no el balance de N ($P > 0,05$). Todo esto permite a los autores concluir que los Mukota y sus híbridos F1 con LW, poseen mayor capacidad para digerir alimentos fibrosos que los LW puros y que la capacidad de retención de N entre ambos genotipos es similar.

Ndindana et al. (2002) compararon cerdos Mukota con cerdos Large White para determinar la digestibilidad y el comportamiento productivo de los cerdos indígenas de Zimbabwe cuando se los alimenta con dietas de alto contenido en fibra. Para esto emplearon harina de marlo de maíz (mazorca sin grano) como fuente de fibra incluida hasta en un 30% de la dieta.

En un análisis de regresión polinomial, encontraron que con niveles crecientes de inclusión de marlos en la dieta, existe un decrecimiento lineal para ambos genotipos en la digestibilidad de energía, PC, FDN, FDA. La digestibilidad de la FC en los Mukota, presentó un decrecimiento cuadrático. La velocidad de decrecimiento en la digestibilidad de todos los nutrientes fue mayor en LW que en Mukota (Ndindana et al., 2002).

El nivel de inclusión de marlos de maíz no afectó el consumo para ninguno de ambos genotipos (Ndindana et al., 2002).

Analizando los parámetros productivos, los cerdos LW presentaron un decrecimiento lineal de su ganancia diaria ($\beta = 0.0043$, $R^2 = 0.976$) y los Mukota, cuadrático. Los LW presentaron un empeoramiento mayor de la eficiencia de conversión que los Mukota al aumentar los niveles de fibra (Ndindana et al., 2002).

Ndindana et al. (2002) concluyen que la inclusión de mazorcas de maíz, reduce la utilización de nutrientes en ambos genotipos, pero los cerdos Mukota pueden utilizar la fibra cruda de las dietas mejor que los LW y en consecuencia, los cerdos indígenas Mukota serían más apropiados que los LW cuando las dietas disponibles poseen un alto contenido de pared celular.

Kanengoni et al. (2004) trabaja con hembras, desde el destete al peso de faena de los genotipos Mukota, Large White y Mukota x LW a las que se les alimenta con el mismo tipo de dietas (9 MJ/Kg de EM, 16% PC, con diferentes niveles de inclusión de marlos de maíz) evaluando los parámetros productivos.

La ingesta diaria por unidad de peso metabólico fue similar para todas las dietas y genotipos. La disminución de ganancia diaria al aumentar el nivel de FDN fue mayor en LW que en los otros dos genotipos. Pese a que la eficiencia de conversión fue peor en Mukota que en los otros dos genotipos ($P < 0,05$), los autores concluyen que los resultados confirman que los cerdos Mukota y sus cruza F1, son más capaces de utilizar este tipo de dietas que los LW.

Kanengoni et al. (2002) realiza un experimento similar donde compara el genotipo Mukota con LW y el producto de la cruce simple de este genotipo con Large White. Se suministraron dietas isoproteicas (16% de PC) e isoenergéticas (9 MJ de energía metabolizable por Kg), conteniendo 0, 100, 200 y 300 g de marlos de maíz por Kg (NDF: 27,64, 36,03, 40,29 y 52,35 % de la MS respectivamente). Encontraron una correlación negativa ($P < 0,001$) entre la digestibilidad de MO, FDN, FDA y hemicelulosa y el nivel de FDN en la dieta. La digestibilidad de MO, FDN, FDA y hemicelulosa decrecieron linealmente ($p < 0,05$) con el aumento en el nivel de FDN para los tres genotipos. Existió interacción entre genotipo y la digestibilidad de FDN y FDA ($P < 0,05$) donde la digestibilidad en los LW decreció en forma más pronunciada que en los cerdos Mukota puros y en los híbridos al aumentar los niveles de fibra. Tanto el nivel de inclusión de marlos como el genotipo afectaron la digestibilidad del N ($P < 0,001$) pero el N retenido por unidad de peso metabólico no fue afectado por la dieta ($P > 0,01$). El aumento del nivel de marlos a 10% de la dieta, no redujo la digestibilidad del N ($P < 0,05$). No encontraron una interacción significativa de la dieta y el genotipo para la retención de N por unidad de N consumido. Se desprende de estos resultados que los cerdos Mukota y los cerdos cruce con Mukota fueron más aptos para digerir los componentes fibrosos de la dieta que los LW y mostraron la misma habilidad para retener N que los LW.

Chimonyo et al. (2001) evaluaron cerdos híbridos LW x Mukota con dietas similares a las de Kanengoni et al. (2002) suministradas ad libitum y encontraron que mientras que la ganancia diaria decreció con el aumento de nivel de fibra en la dieta ($P < 0,001$), la peor eficiencia de conversión la tuvieron los animales que recibieron 40,29% de FDN (30% de inclusión de marlo de maíz). No encontraron un relacionamiento lineal significativo entre nivel de fibra y consumo diario.

Desde el punto de vista morfométrico, encontramos que en los cerdos Mukota, el colon es más largo y con un mayor diámetro que en los cerdos Large White con los que se han comparado (Nyoni et al., Dziki y Marowa, citados por Ly, 2008b). En este sentido, Ndindana et al., citados por Ly (2008b) han señalado que un incremento en la morfometría del intestino grueso está en línea con la interdependencia entre el aumento de la longitud del intestino

grueso en cerdos alimentados con dietas altas en fibra, con la digestión de ésta en ese sitio.

Del mismo modo, Dziki y Marowa, citados por Ly (2008b) hallaron que los cerdos Mukota poseen un intestino delgado muy largo.

Según Nyoni et al. (2008) los cerdos Mukota poseen alta concentración de bacterias celulolíticas en el tracto gastrointestinal, que combinadas con un mayor tiempo de permanencia de la digesta en el intestino, ocasionan que puedan degradarse en el sistema digestivo de estos cerdos, cantidades significativas de celulosa.

3. Cerdos Meishan

China tiene una historia de la domesticación de cerdos que se remonta posiblemente a más de 6.000 años (Legault et al., 1983). Según Peilieu, citado por Bazer et al. (1988) la cría de cerdos podría remontarse a 10.000 años. En la cuenca superior del Río Changjiang, existen tres genotipos de cerdos con excelentes características reproductivas: las razas Meishan, Jinhua y Jiaying. Son animales excepcionalmente prolíficos, que alcanzan la madurez sexual a una edad temprana y tienen entre 16 y 20 glándulas mamarias (Legault et al. 1983, Bazer et al. 1988).

Diferentes ensayos han demostrado que las características productivas y de canales de estas razas no compiten con los genotipos adaptados en los sistemas de producción intensivos. Sin embargo, las cualidades de su carne y en mucho mayor grado, las características reproductivas de los cerdos de las razas Meishan, Jinhua y Jianxing, llamaron la atención de intereses económicos occidentales. En consecuencia, se han destinado esfuerzos al estudio de los potenciales productivos del genotipo Meishan y sus posibles cruces, lo que nos brinda abundante información sobre este genotipo nativo (Legault et al. 1983, McLaren 1989, Hiyami et al. 1990, Yen et al. 1991a, Freire et al. 1992)

La mayoría de los estudios refieren al comportamiento de estas razas en estado puro, y de sus híbridos en diferentes niveles con genotipos seleccionados para mayor eficiencia de deposición de tejido magro y mayor productividad, la utilización de agentes patrociantes (enzimas, hormonas) para superar las limitaciones genéticas para velocidad de crecimiento, eficiencia de

conversión y porcentaje de magro, y genética molecular (Yañez et al., 2005). Sin embargo, como se partió del supuesto que estos genotipos poseen bajos requerimientos nutricionales y, en particular, predisposición a la ingestión de forraje verde (Legault et al., 1983), existen algunos trabajos destinados al estudio de su capacidad para aprovechar alimentos fibrosos.

En ensayos japoneses (Hikami et al., 1990) donde se compara la capacidad digestiva de cerdos de dos meses de edad de las razas Meishan y Landrace para digerir alimentos con alto contenido de fibra (0, 5 y 20% de alfalfa), se encuentra que las digestibilidades para los nutrientes totales tuvieron pocas diferencias entre ambos genotipos (75,7%, 75,0% y 63,7% para los cerdos Meishan y 76,3%, 75,3% y 62,7% para los cerdos Landrace, respectivamente). En ambos genotipos disminuyó la digestibilidad de los nutrientes progresivamente con el aumento de fibra pero la raza Meishan mostró menores digestibilidades de los carbohidratos y fracciones fibrosas en general: el ELN, la FC, FDN, FDA, celulosa, y hemicelulosa fueron menos digeridas por esta raza. Los cerdos Meishan en cambio, mostraron mayor capacidad para digerir la proteína cruda y el extracto etéreo.

Al comparar las diferencias entre ambas razas en el peso o longitud del tubo digestivo a los 30 y 120 días de edad, se encontró que el estómago de los Meishan es mayor que el de los Landrace, el intestino delgado es más corto y no se encontraron diferencias en la longitud del intestino grueso y ciego (Hikami et al., 1990).

Kemp et al. (1991) comparan la digestibilidad de energía y N, y la retención de N en dietas estándar y ricas en fibra, de cerdos de la raza Meishan y Landrace holandeses de 30 a 40 Kg. Encuentran que la digestibilidad de la FC en los cerdos Meishan fue mayor para ambas dietas. Pero no ocurrió lo mismo con la retención de N, donde fueron superados por los Landrace holandeses.

Fevrier et al. (1992) comparan digestibilidad de alimentos ricos en fibra en Large White y Meishan (MSh) de 45 a 50 Kg empleando salvado de trigo, sustituyendo al trigo de las raciones como fuente de fibra (FDA: 3,3% y 7,9% para las dietas baja y alta en fibra, respectivamente). Encuentran en ambos genotipos, disminución de la digestibilidad de nutrientes al aumentar el nivel de fibra pero los cerdos Meishan sufrieron menores reducciones en la digestibilidad de la energía (cayó 4,8 y 2,8% por cada unidad adicional de FDA en LW y MSh,

respectivamente) y la proteína cruda. La retención de N fue menor en MSh cuando la dieta fue baja en fibra pero varió muy poco con la dieta alta en fibra, superando en este caso a los LW. La digestibilidad aparente fue similar en ambos genotipos y en ambos casos disminuyó al aumentar el contenido de fibra.

Ly (2008a) cita otro experimento europeo (Aumaitre et al., 1992) donde los resultados parecen contradecir a los de Hikami et al. (1990), Kemp et al. (1991), Fevrier et al. (1992), al no encontrar diferencias en la digestibilidad de diferentes fracciones de fibra al comparar razas europeas y chinas.

Yen et al. (2004) encuentran que cerdos Meishan de 28 Kg, tuvieron menores coeficientes de digestibilidad aparente total de MS, N, FDN, hemicelulosa y menor retención de N (expresada como % de la ingesta o del N digerido), que cerdos híbridos (Duroc x híbrido compuesto con similares porcentajes de Chester White, Landrace, Large White y Yorkshire) que recibieron una dieta conteniendo 35% de harina de alfalfa (21% de FDN). No observaron diferencias en los coeficientes de digestibilidad aparente del total del TGI para energía; FDA y celulosa entre ambos genotipos.

No existieron diferencias en el total de bacterias viables ni de bacterias celulolíticas en las muestras de materia fecal expresados en relación al peso de las heces, o total diario de MS de las heces. La digestibilidad in vitro de alfalfa en muestras de heces de ambos genotipos, no manifestó diferencias para FDN, hemicelulosa o celulosa (Yen et al., 2004).

El genotipo no tuvo ningún efecto en las concentraciones plasmáticas portal ni arterial de ácido acético. Sin embargo, las concentraciones plasmáticas portales de ácido propiónico tendieron a ser menores y las arteriales de butírico fueron menores en Meishan. No hubo efecto de genotipo para las concentraciones de ácidos grasos de cadena ramificada (isovalérico, isobutírico y valérico) en plasma (Yen et al., 2004).

No se encontraron diferencias en la absorción de ninguno de los ácidos grasos volátiles estudiados ni en la energía total de los ácidos grasos absorbidos. La producción de calor corporal tampoco fue afectada por el genotipo. El porcentaje en el potencial de AGV absorbidos por la producción de calor no se vió afectada por el genotipo (Yen et al., 2004).

La concordancia de los resultados de digestibilidad, presencia y actividad bacteriana, absorción y concentraciones de ácidos grasos de cadena corta demostraría para los autores que no existe superioridad de los cerdos Meishan para la utilización de dietas fibrosas (Yen et al., 2004).

Expresados como porcentaje del peso corporal, los cerdos Meishan tuvieron mayor peso de pulmón, hígado, páncreas, TGI y órganos drenados por la vena porta. No fueron diferentes los pesos del corazón, riñones y bazo. El mayor peso de las vísceras drenadas por la vena porta y el hígado en la raza Meishan (26% frente a 20% del peso corporal en los híbridos compuestos), evidenciarían un mayor gasto metabólico de O₂. Sin embargo, no detectaron mayor consumo de oxígeno ni producción de CO₂ en ninguno de los genotipos, lo que puede explicarse por un menor crecimiento y una menor síntesis proteica de los cerdos Meishan (Yen et al., 2004).

Los resultados experimentales son difíciles de explicar. Es posible que la fuente de fibra sea la principal diferencia entre los experimentos dado que tanto Hikami et al. (1990) como Yen et al. (2004) emplean harina de alfalfa y Fevrier et al. (1990, 1992), salvado de trigo. Los resultados de Zervas y Zijlstra (2002) comparando dietas donde la fuente de fibra es cascarilla de soja y pulpa de remolacha, encuentran diferencias tan importantes en la utilización de nutrientes por cerdos en crecimiento, originadas por la fuente de fibra como por el nivel de inclusión. Existen también, alguna diferencia en las edades en que se comparan los cerdos Meishan y las razas occidentales, en los diferentes ensayos pero en principio no parecerían ser de importancia dado que todos se encuentran entre 35 y 50 Kg.

Los resultados de Urriola y Stein (2010) parecerían aportar elementos para esclarecer la disimilitud en los resultados de los experimentos anteriores y, al mismo tiempo, cuestionar toda conclusión basada en la evaluación de una única fuente de fibra. Estos autores comparan cerdos de raza Meishan (MSh, 82,5 Kg de PV y 5 meses de edad) con Yorkshire livianos (YL, 90,0 Kg; 4 meses) y Yorkshire pesados (YP, 118,7 Kg y 5 meses) que consumen diferentes concentraciones de fibra dietaria total y fibra dietaria insoluble proporcionadas por diferentes fuentes: una dieta control de harinas de maíz y soya, 3 dietas donde es reemplazada la dieta control en un 30% por granos secos y solubles de destilería (FDT = 31,5%, FDI = 31,0%); cascarilla de soya

(FDT = 57,2%, FDI = 51,0%), o pulpa de remolacha azucarera (FDT = 67,0%, FDI = 61,6%) y una última dieta donde se sustituye un 15% de la dieta control por pectina (FDT = 45,0%, FDI = 0,0%).

Los resultados indican que con la dieta control, los cerdos Meishan tuvieron una tendencia para mayor digestibilidad ileal de la energía y la proteína cruda (78,4 y 80,2%) que Yorkshire livianos (76,8 y 78,8%) y pesados (75,5 y 76,7%). La digestibilidad aparente total de MS, energía y carbohidratos de los cerdos Meishan fue mayor que los Yorkshire independientemente del peso de estos últimos (Meishan: MS 89,2%, E 89,4 y CHO 95,5%; YL: MS 86,5%, E 86,3% y CHO 92,3%; YP: MS 87,0, E 86,5, y CHO 92,9%) (Urriola y Stein, 2010).

En la dieta con subproductos de destilería, las digestibilidades aparentes del total del tracto digestivo de MS, EB, PC, CHO y FDT, también fueron mayores en Meishan (81,3, 81,4, 85,5, 91,4 y 70,0%) que en Yorkshire liviano (58,8, 60,9, 77,6, 85,3 y 47,8%) y pesado (67,3, 69,4, 80,7, 86,4, y 60,0%) (Urriola y Stein, 2010).

Pero en este ensayo, no hubo diferencias entre los 3 grupos de cerdos, en la digestibilidad aparente total cuando las fuentes de fibra fueron cascarilla de soya, pulpa de remolacha y pectina (Urriola y Stein, 2010).

En un experimento con la finalidad de evaluar la capacidad del jabalí europeo para consumir y digerir alimentos fibrosos (bellota, pasturas mezcla y paja de trigo), comparándolo con cerdos de la raza Meishan, Wieren (2000) encuentra para ambos genotipos que la digestibilidad de la materia orgánica y la FDN está negativamente correlacionada con los niveles de FDN en las dietas. El consumo voluntario no se correlacionó con el nivel de FDN. La eficiencia de fermentación de carbohidratos en ciego y colon fue mucho menor que la absorción directa de la glucosa en el intestino delgado. Estima el máximo aporte energético de la FDN en 0,26% del consumo de energía metabolizable. Concluye que tanto el jabalí como los cerdos Meishan pueden mantenerse con una dieta exclusivamente de pasto fresco, cuando la concentración de FDN no supera el 55% y el nivel de N no es demasiado bajo.

4. Cerdos Mong Cai de Vietnam

En Vietnam, existen numerosas razas de cerdos autóctonas. Se han identificado alrededor de 60 genotipos distribuidos en las diferentes regiones del país. Se caracterizan por su tamaño pequeño y su lento crecimiento. Sin embargo, a menudo tienen camadas numerosas, buena calidad de carne en términos de sabor y fundamentalmente, buena adaptación al entorno y sistemas de producción locales. Se mantienen principalmente en las zonas rurales donde reciben dietas basadas en subproductos agroindustriales. Muchas veces se les permite pastorear libremente, especialmente en zonas remotas o montañosas. Constituyen el 26% de la piara nacional de Vietnam. En los últimos años, las razas Mong Cai y Ba Xuyen, en el norte y sur respectivamente, han ido sustituyendo a otras razas locales menos productivas (Len, 2008b).

El cerdo Mong Cai es el genotipo más popular y abundante en las áreas montañosas y la costa oriental, en el norte de Vietnam donde radica su origen. De tamaño mediano, sus machos adultos pueden pesar entre 100 y 110 Kg y sus hembras entre 90 y 100 Kg. Presentan cabeza de piel y pelo negro, lomo cóncavo que generalmente también es negro, mientras que la espalda, las patas y el vientre son blancos. No poseen una velocidad de crecimiento tan alta como las razas mejoradas y tienden al engrasamiento. Desde el punto de vista reproductivo, son animales muy precoces y fértiles, con tamaños de camada de aproximadamente 12 lechones y con una notable habilidad materna que les permite sostener las camadas abundantes. Poseen una gran adaptación a condiciones tropicales de alta humedad y temperatura y a consumir recursos alimentarios locales (Preston y Rodríguez, 2011).

Al ser comparados con otros genotipos locales, como el Moo Lat de Laos, los cerdos Mong Cai presentaron mayores consumos, crecimientos más rápidos y tendieron a tener una mejor digestibilidad de alimentos fibrosos como la espinaca de agua y el salvado de arroz (Taysayavong y Preston, 2010a).

Rodríguez y Ly (1996) realizaron un experimento con el objetivo de evaluar dos hipótesis: (i) que los cerdos Mong Cai comen mayor cantidad de follaje de lenteja de agua (*Lemna minor*) y la utilizan en forma más eficiente que los cerdos exóticos como el LW y (ii) que las lentejas de agua cultivadas en estanques fertilizados con efluentes del biodigestor podían ser una fuente satisfactoria de proteínas suplementarias en una dieta baja en proteína cuya

base fuese el jugo de caña de azúcar. Para ello emplearon lechones de ambos genotipos y su cruce simple. Los LW no reaccionaron bien ante las condiciones del experimento: sólo consumían la dieta a regañadientes y una vez mezclados ambos alimentos, se comportaban de forma notoriamente más agresiva, intentaban salir de las jaulas y eran excesivamente ruidosos momentos antes de alimentarlos. Finalmente hubo que eliminarlos del experimento.

No se encontraron diferencias entre lechones Mong Cai y los cruza (LW x Mong Cai) para ninguna de las variables estudiadas. Los datos permiten inferir que sin la inclusión de *Lemna minor*, la digestibilidad de la MS fue 97% y con 40% de este follaje, la digestibilidad de la MS descendió a 83%. La digestibilidad aparente del N de la mezcla de jugo y maleza se encontró en el rango de 63 a 73%. El balance de N (g/día) aumentó linealmente con el aumento de malezas en la dieta. Con un 40% de *Lemna* (BS), el N retenido como porcentaje de la ingesta de N fue de 41%. Estos dos genotipos consumieron hierba en cantidades suficientes para proporcionar una dieta con más del 10% de proteína en la MS (Rodríguez y Preston, 1996).

Rodríguez y Preston (1996) concluyen que los cerdos LW parecerían menos adaptados para consumir el follaje de *Lemna minor* dado que sólo lo comen cuando se lo mezcla con el jugo de caña e incluso en ese caso, de mala gana.

Nguyen Van Lai (1998) realiza un experimento a nivel de granjas para probar la hipótesis que los cerdos Mong Cai pueden comer mayores cantidades de lenteja de agua (*Lemna minor*) que los LW; y que la lenteja de agua que crece naturalmente en los estanques de las explotaciones agrícolas puede ser una fuente adecuada de proteína para las dietas basadas en salvado de trigo y raíces de yuca. Para esto, los cerdos fueron alimentados con 50 g/día de afrecho de trigo y lenteja de agua frescas a voluntad y ensilado de raíz de yuca. Los cerdos Mong Cai crecieron más que los LW y eso fue consistente en todas las granjas que participaron en el experimento (200 y 87 g/día para Mong Cai y LW respectivamente) Los cerdos comieron una mayor proporción de su dieta en forma de lenteja de agua lo que resultó en un mayor consumo de proteína (48,2 g/día frente a 27,9 g/día de los LW). La conversión de MS también fue mejor en los Mong Cai. El autor concluye que cuando existe un componente crítico de la

dieta (en este caso el N) que se encuentra presente en un estado vegetativo voluminoso, puede existir interacción entre genotipo y dieta.

Du Thanh Hang et al. (1997) evaluaron la digestión y el metabolismo del N en cerdos Mong Cai alimentados con jugo de caña de azúcar como única fuente de energía y diferentes follajes como únicas fuentes proteicas (hojas de mandioca, follaje fresco de caupí, lenteja de agua, y ensilaje de una mezcla de hojas de mandioca y *Trichantera gigantea*). El consumo de hojas, como porcentaje del total de la MS, varió desde 4% (caupí) a 30% (ensilaje de hojas de mandioca). La digestibilidad de la MS decreció con el incremento de las hojas en la dieta. Se estimó la digestibilidad aparente promedio de la MS como 77%. La retención de N aumentó de forma lineal con la proporción de hojas en la dieta, y el aumento fue mayor para el ensilado de hojas de yuca. Este último parece ser el que permite mayor retención de N, seguido por la lenteja de agua. El follaje fresco de caupí no fue del agrado de estos cerdos.

Ly et al. (2002) evaluaron índices de digestibilidad total y balance de N en dietas conteniendo sirope de palma azucarera (*Borassus flabellifer*) y ensilado de forraje de yuca en tres niveles (EFY, 9,8; 14,9 y 19,3% de la ración diaria en BS). Las dietas fueron dadas ad libitum a cerdos Mong Cai machos castrados de 12,2 Kg. Las características del ensilado de yuca fueron: pH, 3,55; MS, 19%; FDN, 49,5%; N, 4,31% y cianuro, 133 mg/Kg en BS. La temperatura ambiente promedio al mediodía (12:00) fue de 31,4°C durante el experimento (enero a febrero 2001). Los animales mostraron un patrón de consumo característico, con una rápida succión del sirope y una ingestión lenta del ensilado remanente. El consumo diario de alimento fue más bajo de lo esperado debido a un considerable sobrante de ensilado (como promedio 63,4% del ofrecido). Se halló un efecto significativo de tratamiento ($P < 0,05$) en el consumo voluntario de MS, que fue bajo (89,1% de la oferta) con el nivel alto de EFY introducido en la dieta. Los animales no perdieron peso durante el ensayo (Peso final, 13,9 Kg).

La digestibilidad de la MS y de la MO fueron altas y tendieron a decrecer ($P < 0,10$) con el aumento del ensilado de follaje de yuca (Dig.MS: 95,0, 91,7 y 89,6%; Dig. MO: 95,5, 92,6 y 90,9 para 9,8, 14,9 y 19,3% de inclusión de ensilado). La predicción de la digestibilidad de la MS y MO del ensilado cuando se estimó por regresión fue baja y equivalente a 43,4% (R^2 ,

0,996) y 51,4% (R^2 , 0,989) respectivamente. Las digestibilidades de la MO y MS estuvieron altamente correlacionadas ($R^2 = 0,998$, $P < 0,001$) (Ly et al., 2002).

La digestibilidad del N tuvo una tendencia contraria, aumentando al aumentar los niveles de adición de ensilado de hojas de yuca (48,2, 54,3 y 65,7% para 9,8, 14,9 y 19,3% de EFY respectivamente, efecto significativo para N: $R^2 = 0,954$, $P < 0,05$). La retención de N tuvo una respuesta similar según se relacionara con su consumo ($P < 0,001$) o digestión ($P < 0,05$) (Ly et al., 2002).

La FDN tendió a mejorar su digestibilidad al aumentar los niveles de ensilado (20,8, 31,4 y 49,1% para 9,8, 14,9 y 19,3% de EFY respectivamente).

Se considera que ciertas faltas durante la preparación del ensilado del forraje de yuca pudieran haber influido en su palatabilidad y digestibilidad tales como no observar una estricta anaerobiosis. Más aun, la inclusión de los tallos en el forraje determinó una elevación considerable en el contenido de fibra del producto, lo que contribuyó a disminuir los parámetros de digestión de los cerdos.

A medida que se aumentó la inclusión de ensilado de hojas de yuca en la dieta, parecieron disminuir la concentración de MS y el pH fecales y aumentó el nivel de AGCC y amoníaco en las heces. La concentración de productos finales del metabolismo microbiano cólico pareció aumentar al incrementarse el nivel de ensilado dietético pero el efecto no fue significativo. Esto podría interpretarse como una disminución en la absorción de agua en el intestino grueso como consecuencia de introducir niveles crecientes de ensilado de forraje de yuca en la dieta y por ende el de pared celular vegetal (Ly et al., 2002)

Ly et al. (2003), comparan cerdos machos castrados Mong Cai y Large White de 20 Kg de PV a los que se somete a una dieta alta en fibra donde el principal componente es salvado de trigo (68% en BS).

Encuentran que los cerdos LW tuvieron un pH fecal mayor que los Mong Cai y que la concentración fecal y salida de AGCC y NH_3 fueron mayores en los Mong Cai. Hubo una gran variabilidad en los animales Mong Cai lo que implica que serían necesarios un gran número de animales para demostrar que

las diferencias observadas representan realmente un efecto del tipo genético (Ly et al., 2003).

Pese a no encontrarse diferencias para ninguno de los componentes de la dieta estudiados, la tendencia fue a una mejor digestibilidad para los cerdos Mong Cai para todas las fracciones, excepto el N, siendo la diferencia más pronunciada para FDN y FC (Ly et al., 2003).

Khieu et al. (2005) compararon cerdos Mong Cai y Large White x Yorkshire a los que se les suministraron dietas donde la fuente de fibra fue follaje de dos variedades de yuca (ciclo corto y ciclo largo), procesadas de diferente modo (secada al sol o ensilada). Encuentran interacción entre genotipos y método de procesamiento, y entre genotipo y variedad de yuca. Los cerdos Mong Cai digirieron mejor la FDA ($P < 0,01$) y la FC ($P < 0,001$) pero no encontraron diferencias en la digestibilidad de otros nutrientes. El balance de nitrógeno fue mejor en los híbridos. Concluyen a partir de estos resultados que los Mong Cai digieren la fibra dietética en forma más eficiente que los Large White x Yorkshire pero que estos últimos emplean de forma más eficiente el N.

Todos los resultados serían concordantes en que los cerdos Mong Cai tienen mayor capacidad que los genotipos mejorados para digerir las fracciones fibrosas del alimento pero que no sucede lo mismo con respecto a la eficiencia de utilización del N.

Ly et al. (2003) sugiere que la explicación a dicho fenómeno puede encontrarse en un menor requerimiento de N por parte de este genotipo frente a las razas seleccionadas para mayor desarrollo de tejido magro.

Pok Samkol y Ly (2008) realizan en Camboya un experimento para evaluar el balance de N y digestibilidad rectal de nutrientes en cerdos Mong Cai y LW de 20 Kg, a los que se suministró semillas de caucho sin extracción de aceite como fuente de fibra. Las dietas formuladas contenían 18% de PC: la dieta testigo con 0 % de semillas de caucho con aceite (9,70% de FC y 30% de FDN en BS), se comparó con una en la que se incluyó 20 % de este alimento (18,62% de FC y 36,95% de FDN en BS). No encontraron interacciones genotipo x dieta ($P > 0,05$) para ninguna variable. En la comparación entre ambos genotipos, los LW parecieron digerir más eficientemente distintas fracciones de nutrientes dietéticos en contraste con los Mong Cai, pero este

efecto sólo fue una tendencia ($P < 0,10$). Los Mong Cai digirieron mejor el extracto etéreo y la FDN de la dieta. El balance de N fue mejor en los LW que en los Mong Cai.

Es posible que las diferencias en digestibilidad rectal entre cerdos Mong Cai y los de razas mejoradas sean pequeñas pero evidentes, salvo en lo referente a la digestibilidad rectal del extracto etéreo que favorece a los Mong Cai (Pok Samkol y Ly, 2008).

Ly y Pok Samkol (2008c) estudian el efecto sobre las características fecales de los cerdos Mong Cai y Large White de 20 Kg de PV, de una dieta rica en fibra proporcionada por semillas de caucho molidas sin extracción de grasa y afrecho de trigo. No encontraron interacción ($P < 0,05$) entre genotipo y dieta en las mediciones realizadas. Tampoco encontraron un efecto significativo ($P > 0,05$) del genotipo en ninguno de los índices determinados en las excretas, pero la salida fecal de material fresco, agua, MS, AGCC y amoníaco parecieron ser mayores en cerdos Mong Cai que en LW. El pH no cambió por efecto del tratamiento. Sugieren en consecuencia, que se necesitarían más grados de libertad para poder obtener una respuesta adecuada.

Len et al. (2009b) comparan lechones desdetados de 30 días de edad de raza Mong Cai (MC) e híbridos Landrace x Yorkshire (L x Y), a los que se les suministran dos dietas experimentales (alta y baja en fibra) basadas en harina de maíz, harina de soya, harina de pescado, harina de residuos de yuca y salvado de arroz, con o sin una suplementación enzimática (mezcla de celulasas, β -glucanasa, α -amilasa y proteasa). La digestibilidades aparentes ileales y rectales fue inferior en la dieta alta en fibra para MO, PC, FC, FDN, FDA y α AA. Los coeficientes de digestibilidad ileal aparente fueron similares entre ambos genotipos para todas las fracciones del alimento estudiadas. En cambio, la digestibilidad aparente rectal fue superior en los cerdos Mong Cai. La suplementación enzimática mejoró la digestibilidad ileal y rectal sólo para la dieta rica en fibra.

Len et al. (2007) evalúan la digestibilidad y retención de nitrógeno de dietas con tres diferentes niveles de fibra (20, 26 y 32% de FDN) en cachorros de 3 meses y medio de edad de los genotipos Mong Cai (MC), híbridos F1 (Mong Cai x Yorkshire, MCxY) e híbridos exóticos (Landrace x Yorkshire, LxY). Los principales ingredientes fibrosos fueron salvado de arroz, harina de

residuos de yuca y harina de torta de maní no descascarado. La digestibilidad de energía y nutrientes fueron más altas en MC y más bajas en los híbridos exóticos, con valores intermedios para la F1. La retención de nitrógeno y la utilización del mismo, fueron mayores para LxY que para MC y MCxY.

Ngoc y Ogle (2007) miden la digestibilidad ileal y total de dietas baja y alta en fibra (10 y 20% de FDN, respectivamente) en lechones Mong Cai y Landrace x Yorkshire de 30 días. La digestibilidad ileal aparente de nutrientes y aminoácidos fue similar entre ambos genotipos. Sin embargo, la digestibilidad aparente total de los Mong Cai, fue superior. Los Mong Cai tuvieron mayor consumo diario de alimento, menor ganancia diaria y peor eficiencia de conversión.

Len et al. (2009a) evalúan los efectos conjuntos de inclusión o no de diferentes fuentes fibrosas en una dieta basal (salvado de arroz, harina de follaje de boniato y harina de residuos de yuca) y la edad de lechones (10 días, 30 días y 63 días) Mong Cai (MC) e híbridos Landrace x Yorkshire (LxY) que comienzan a recibir alimento sólido a los 10 días de edad. Los niveles de FDN fueron 8,8% para la dieta base y entre 17,1 y 17,7% para las dietas ricas en fibra. A los 10 y los 30 días, la longitud del colon + recto fue mayor en MC. El desarrollo relativo post destete fue mayor que en pre destete para ambos genotipos, pero esta diferencia es mayor en los Mong Cai. El peso y largo del TGI no fue diferente a los 10 y 30 días, pero fue mayor para los MC a los 63 días. Con dietas fibrosas, los MC tenían órganos viscerales (hígado, corazón y riñones) y el TGI más pesados e intestinos más largos. Los MC presentaron mayor digestibilidad aparente rectal para MO, energía, FC, FDN, EE y PB, pero menor ganancia diaria y eficiencia de conversión que los Yorkshire.

Los resultados de Len et al. (2009a) evidencian que los lechones MC desarrollan más rápidamente el tracto gastrointestinal cuando empiezan a consumir alimento sólido, y esta diferencia es más marcada con dietas fibrosas y después del destete, lo que resulta en mayor digestibilidad de nutrientes en Mong Cai.

Len et al. (2008b) evalúan los parámetros crecimiento en recría y terminación de cerdos Mong Cai (MC) y su cruce simple con Yorkshire (YxMC) y los híbridos Landrace x Yorkshire (LxY) en diferentes condiciones de producción, con acceso a alimentos fibrosos cuya fuente de fibra son los

residuos de yuca y salvado de arroz. Definen dos dietas isoenergéticas e isoproteicas con diferentes niveles de inclusión de fibra en el alimento: bajo (B, 20% de FDN en BS), y alto (A, 30% de FDN en BS). Combinando ambos niveles de inclusión de fibra, se someten los animales a tres tratamientos diferente: BB (dieta baja en fibra durante crecimiento y terminación), BA (dieta baja en fibra en recría y alta en terminación) y AA (donde la dieta es alta en fibra durante todo el período). El consumo diario (BS) fue mayor para los cerdos MC, seguido de los YxMC y los LxY ($P < 0.001$). Los cerdos LxY tuvieron mayores ganancias diarias y mejores eficiencias de conversión en ambos períodos independientemente del tratamiento, seguidos de los YxMC y los MC (no hubo interacción raza x tratamiento). Los autores concluyen que los Mong Cai puros no son particularmente adecuados en un engorde pero su cruce con Yorkshire mostró parámetros de crecimiento razonablemente buenos.

Malavanh et al. (2008) diseñan un experimento destinado a evaluar el comportamiento reproductivo de cerdas alimentadas con una dieta con harina de soya como fuente proteica testigo, que fue sustituida en un 50 y 100% por una mezcla de espinaca de agua (*Ipomoea aquatica*) y ensilado de hojas de taro (*Alocasia macrorrhiza*). En el período de preñez, además, se redujo el suministro de alimento a 1,5% del peso vivo. A partir del parto, se fue elevando el nivel nutricional durante cinco días y a partir de ese momento se ofrecieron la dieta a voluntad. El consumo de MS se redujo ligeramente con niveles mayores de mezcla de ensilaje y espinaca de agua. La eficiencia de conversión fue de 3,09:1, 3,96:1 y 5,02:1 para 0, 50 y 100% de sustitución de la harina de soya por la mezcla. La variación del peso vivo no se vio modificada por la dieta. Tampoco el número de lechones nacidos vivos y destetados. Pero sí empeoró el peso de las camadas al nacer y al destete ($P < 0,05$).

Duyet (2010b) en un ensayo de alimentación de cerdas Mong Cai inseminadas con semen de un cerdo Yorkshire donde se definió una dieta base compuesta por salvado de arroz, arroz partido y harina de soya y se reemplazó el 50 o el 100% de proteína de soya por hojas hervidas de taro gigante (*Alocasia macrorrhiza*). Observó que en el tamaño de la camada al nacimiento y al destete, y en la supervivencia de los lechones al destete, no hubo diferencias entre los tratamientos. Con creciente sustitución de la harina de soja por hojas hervidas de taro, hubo ligeros descensos del peso de los lechones al nacimiento y al destete, pero no hubo diferencias en peso de la camada al

destete. Hubo un rendimiento ligeramente menor en la lactancia (bajo peso de camada a los 21 días, una mayor pérdida de peso vivo durante la lactancia, aumento de intervalo destete-servicio fecundante), debido a la sustitución de harina de soja por hojas de taro hervidas, pero las diferencias fueron relativamente pequeñas, y fueron más notables entre los niveles de 50 y 100% de sustitución.

Cuadro 9. Efecto del genotipo (Mong Cai o Yorkshire) y dieta en peso vivo de las madres (Kg), número de lechones nacidos vivos y peso de la camada al nacimiento (Kg)

	MC			Y		
	0L	50L	100L	0L	50L	100L
PV madres						
servicio	80,30	85,00	83,30	183,00	184,00	188,00
parto	96,00	98,70	94,70	208,00	205,00	210,00
destete	83,00	82,30	78,01	174,00	170,00	165,00
Dif.en Gestac.	15,70	13,70	11,30	25,30	21,30	22,39
Camada						
NºNac.Vivos	10,70	11,00	10,30	10,30	10,70	10,30
PCN	6,80	6,70	6,10	13,20 a	13,20 a	11,40 b

a, b, Medias dentro de una fila con diferentes índices, son diferentes en $P < 0,05$
Fuente: Duyet et al. (2010a).

Duyet et al. (2010a) realiza una experiencia similar pero con distinta fuente fibrosa de proteína. Los tratamientos nutricionales definidos son: 0L, 50L y 100L que corresponden a la sustitución de 0, 50 y 100% en BF respectivamente, de la harina de soja en las dietas de gestación por una mezcla de follajes de espinaca de agua, hojas de yuca y hojas de boniato, en partes iguales. Incluye cerdas LW para comparar su comportamiento con el de las Mong Cai. Los cuadros 9 y 10 resumen los resultados.

Cuadro 10. Efecto del follaje y el genotipo (MC o Y) en la lactación y los lechones

	MC			Y		
	0L	50L	100L	0L	50L	100L
Camadas						
PV 21 días, Kg	28,30 a	27,50 a	23,70 b	46,70 a	43,00 a	36,30 b
PMD, Kg	10,00	10,00	9,00	9,30	9,00	9,00
PTD, Kg	80,00 a	77,90 a	63,00 b	92,60 a	88,10 a	78,90 b
Consumo, Kg	344,0	338,0	320,0	428,0	427,0	409,0
EC, Kg/Kg#	4,30 a	4,40 a	5,10 b	4,60 a	4,80 a	5,50 b
Madres						
IPPS	8,00 a	9,00 a	9,70 b	14,30 a	16,30 a	22,70 b
Perdidas en Lact, Kg	13,00 a	16,30 b	16,70 b	34,30 a	34,70 a	45,00 b
Perdidas en Lact, %	13,50 a	16,50 a	17,60 b	16,40 a	16,90 a	21,30 b

a, b. Medidas dentro de una fila con diferentes índices, son diferentes en $P < 0,05$

Consumo de alimento de madres y lechones/peso de camada al destete
Fuente: Duyet et al. (2010a).

Si bien, no se encuentran diferencias entre genotipos para ninguna de las variables estudiadas, los autores observan que las cerdas Mong Cai parecen adaptarse mejor a los altos niveles de follaje que las cerdas Yorkshire (Duyet et al., 2010a).

5. Cerdos Ibéricos

Existen circunstancias que nos obligan a detener nuestra atención en los genotipos ibéricos.

En primer lugar, tratándose de genotipos nativos originarios de países del primer mundo y estando asociados a la elaboración de productos cárnicos de altísimo valor (protegidos legalmente por “Denominaciones de Origen”; “Indicaciones Geográficas Protegidas” y “Especialidades Tradicionales

Garantizadas”), es natural que se hayan destinado importante cantidad de recursos a su investigación permitiendo conocer aspectos que en otros tipos de cerdos son por ahora inaccesibles pese a la seriedad de los planes de investigación a que han sido sometidos (Barba et al. 2000, Ruíz y López Bote 2005a, Aparicio y Vargas 2006, Buxadé 2006, Diéguez 2006).

En segundo lugar, los cerdos Ibéricos se encuentran enlazados por razones históricas con todos los cerdos criollos latinoamericanos, constituyendo parte importante del germoplasma que les ha dado origen (Vadell y Barlocco s.f., Benítez y Sánchez 2001a, Benítez 2001b, Kelly et al. 2002, Kim et al. 2002, Urioste et al. 2002, Kelly et al. 2004, Vadell 2005, Pérez 2006a, Urioste et al. 2006, Hurtado 2006, Lemus 2008, Ly 2008a, Vadell 2008, Lemus y Ly 2010) y algunos autores proponen que determinadas ineficiencias en la utilización de nutrientes encontradas en los cerdos criollos, son propias de los cerdos de origen ibérico (Becerril et al. 2006, Ly 2008a, Lemus y Ly 2010).

El cerdo Ibérico es una raza nativa originaria del suroeste de la Península Ibérica, tradicionalmente engordada en condiciones de campo (López Bote, 2000).

Su terminación tradicional “en montanera” está sustentada en la dehesa y consiste fundamentalmente en bellotas y pasturas. La producción en montanera se sustenta en una variedad de alimentos diferenciados de los habitualmente utilizados en los sistemas más intensivos, con altos contenidos de fibra fermentable, almidón resistente y ácido oleico (Morales et al., 2003b).

De los datos de las tablas de composición de alimentos de FEDNA se desprende que las bellotas del género *Quercus* contienen un 60% de MS, 10,83% de FC, 25% de FDN, 15% de FDA, 7% de LDA, 7,8 de EE (con un 90% de grasas verdaderas) y 43,3% de almidón (FEDNA, 1999).

Pese al elevado contenido lipídico de la bellota, el mayor aporte energético en la bellota como en la hierba se produce en forma de carbohidratos, y dentro de estos, la fibra ocupa un importante lugar (FEDNA, 1999, Morales et al. 2003b)

La producción de hierba, su composición y valor nutricional es muy variable en la dehesa. Depende entre otros factores del suelo, la climatología y

la época del año. Mientras que en la zona adehesada de Salamanca prácticamente no existe producción de pasto durante los meses de montanera, en el sur de Badajoz y Andalucía puede haber hierba disponible durante todo el invierno. La hierba de las dehesas, cuando existe, es de gran apetecibilidad para el cerdo Ibérico y en algunos casos, aumenta el consumo voluntario de bellotas. El cerdo aprovecha bien la hierba, principalmente la corta y fina de las primeras fases de desarrollo vegetativo y al terminar la montanera, la dehesa queda prácticamente sin cobertura vegetal (López Bote et al., 2000).

Es natural plantearse la hipótesis que, de acuerdo a un proceso natural de adaptación, un genotipo que se ha ido formando en sistemas de producción donde lo habitual es la cría extensiva con acceso a alimentos ricos en fibra, presente una capacidad de digestión de fibra superior a las líneas mejoradas para la cría intensiva. Sin embargo, no existen evidencias experimentales que avalen esta hipótesis (Morales et al., 2003b).

Freire et al. (1998) compara cerdos LW y Alentejanos destetados a los 21 días de edad para estudiar los efectos de la grasa y la fibra en las dietas sobre la capacidad digestiva y los parámetros metabólicos empleando dos niveles de fibra cuya fuente es salvado de trigo (0 y 15% de salvado de trigo). La inclusión de fibra redujo la digestibilidad de la energía, grasas y FDA en ambos genotipos. Los cerdos Alentejano mostraron menor disminución de la digestibilidad de energía (disminuyó 2 puntos porcentuales frente a 5 de los LW) y FDA (4% de disminución y 10% en LW), no encontrándose diferencias entre genotipos para la digestibilidad de la grasa (10% en ambos genotipos). Para un consumo constante de nitrógeno, la retención diaria de este elemento fue menor en Alentejano que en LW (5,8 y 6,7 g/día para Alentejano y LW respectivamente). El máximo nivel de urea en suero se observó 4 hs después de la comida en dietas conteniendo salvado de trigo (66,1 y 53,1 mg/100 ml para Alentejano y LW respectivamente).

Morales et al. (2002a) experimentan con cerdos Landrace e Ibéricos entre 90 y 107 Kg de PV a los que se suministran dos dietas experimentales isoenergéticas e isoprotéicas, dieta MZ en base a maíz y dieta SB, donde parte del maíz se sustituye por sorgo y bellotas de *Quercus genus* (FC, 6,52 y 6,55% y lignina, 1,44 y 1,82% para dietas MZ y SB respectivamente). Después de este período se sacrificaron sin ayuno previo. Encuentran diferencias en el consumo,

ganancia diaria y eficiencia de conversión que se relacionan con diferencias en la digestibilidad, el volumen de la digesta y el tiempo medio de retención de la digesta en el tracto digestivo.

Los cerdos Ibérico mostraron mayor consumo de alimento diario que los Landrace (3,5 vs 2,7 Kg/día; $P < 0.01$), pero no hubo diferencias entre razas para la ganancia diaria (767 g/día), por lo que la eficiencia de conversión del alimento fue peor ($P < 0,05$) en los Ibérico (Morales et al., 2002a).

No se observaron diferencias entre razas o dietas experimentales en peso de todo el tracto digestivo ($P > 0,05$). Sin embargo, el estómago lleno de cerdos Ibérico fue más pesado que el de los Landrace (2,10 vs. 1,23 % del PV, $P < 0,01$) (Morales et al., 2002a).

La digestibilidad total de MS fue mayor para Landrace que para Ibérico ($P < 0,01$, 85,6 % y 83,2 %, respectivamente). Las diferencias en la digestibilidad de la MO fueron asociados con diferencias en la digestibilidad de todo el TGI para PC y monosacáridos individuales, principalmente de la fibra dietaria. Las diferencias entre dietas en la digestibilidad total de carbohidratos fueron especialmente pronunciadas en cerdos Ibérico (interacción dieta x raza, $P < 0,01$) (Morales et al., 2002a).

Existió interacción (dieta x raza) con evidencia de un mayor decrecimiento en Ibérico de la digestibilidad total del almidón y de la fibra, al sustituirse parte del maíz con bellotas y sorgo (Morales et al., 2002a).

La concentración de ácidos grasos volátiles en la digesta del intestino grueso anduvo en niveles entre 90 y 200 $\mu\text{mol/g}$ con máximas concentraciones en la digesta del colon medio y proximal, decreciendo progresivamente en la digesta al irse acercando al recto. Este cambio fue menos pronunciado en los cerdos Ibérico cuando se los alimentó con dieta de maíz, sorgo y bellota. Las concentraciones de AGV en el colon proximal tendieron a ser menores en Ibérico que en Landrace ($P = 0,06$ para total de AGV y $P < 0,01$ para acetato) (Morales et al., 2002a).

Los rangos de acetato estuvieron entre 53,8 y 63,2%, no mostrando un claro patrón de digesta cecal y rectal. No se observaron diferencias para el porcentaje de acetato entre razas (Morales et al., 2002a).

Los porcentajes de propionato estuvieron entre 22,3 y 31,1% mostrando mayores valores en los cerdos Ibérico en los segmentos proximales (ciego, 29,8% y colon proximal, 31,0%), sin un patrón claro en Landrace. Los valores medios fueron más altos ($P < 0.001$) para Ibérico tanto en la digesta cecal como en la del colon proximal (Morales et al., 2002a).

El porcentaje de butirato anduvo entre 9,3% y 16,1%, siendo mayor ($P < 0,001$) en Landrace que en Ibérico. Los mayores valores fueron observados en Landrace alimentados con dieta de maíz, sorgo y bellota, con una interacción significativa ($P < 0,05$) en digesta cecal (Morales et al., 2002a).

El porcentaje de AGV ramificados estuvo entre 0,7 y 6,5%, incrementando en la digesta desde el ciego al recto. Entre tratamientos experimentales, los AGV de cadena ramificada, fueron mayores en Landrace que en Iberico ($P < 0,05$ en ciego, $P < 0,001$ en recto) (Morales et al., 2002a).

Los autores relacionan el mayor consumo de alimento de los cerdos Ibérico y la peor eficiencia de conversión (fundamentalmente peor conversión de la energía), con cambios en los parámetros digestivos y en el volumen de la digesta y el tiempo medio de retención de la digesta en el tracto digestivo. El mayor consumo voluntario de estos cerdos lo asocian con significativas adaptaciones del tracto digestivo, como por ejemplo el mayor contenido estomacal, un menor contenido de la digesta a nivel de intestino grueso y un menor tiempo de retención de la digesta para la fermentación (Morales et al., 2002a).

Las diferencias entre la composición de los ácidos grasos de cadena corta en la digesta ileal de ambas razas, la explican por la diferente composición del sustrato indigestible ingresado al ciego y colon, o a la población microbiana involucrada. La diferente colonización microbiana en el intestino grueso, sugieren que puede deberse a un menor tiempo de residencia de la digesta en el ciego y colon de los cerdos Ibérico, que podría disminuir la población de bacterias. De hecho, hubo diferencias significativas en el patrón de fermentación microbiana entre razas cuando en la dieta se incluyeron bellotas, pero no con la dieta de maíz. En este caso, los Landrace tuvieron más sustrato fermentado llegando al ciego y colon proximal, mientras que los cerdos Ibérico mostraron una alta fermentación distal lo que pudo ser consecuencia de un menor tiempo de tránsito en Ibérico. La presencia de mayor concentración de

AGV de cadenas ramificadas (fundamentalmente en Landrace alimentado con la dieta que incluía bellotas), es un síntoma de fermentación de la proteína al hacerse limitante la concentración de carbohidratos en el sustrato, y puede estar relacionado con un mayor tiempo de tránsito de la ingesta (Morales et al., 2002a)

Morales et al. (2002c) complementan el trabajo de Morales et al. (2002a), trabajando con los mismos animales y dietas, profundizando en el estudio de los procesos digestivos, en especial, la fermentación de los carbohidratos en TGI posterior evaluando con mayor precisión las estrategias digestivas de ambas razas para digerir cada una de las raciones, identificando y cuantificando los diferentes substratos producidos.

Estos autores observan que los cerdos Ibérico presentan un mayor flujo de carbohidratos en el intestino grueso. La glucosa en forma tendencial ($P=0,10$), y de manera significativa la galactosa ($P=0,003$). No ocurriendo lo mismo con el almidón ($P=0,45$). En Landrace, fueron mayores los contenidos de carbohidratos ($P=0,01$), y el tiempo de pasaje de la digesta por el intestino grueso ($P=0,001$) (Morales et al., 2002c).

La fermentación del intestino grueso aumentó la digestión de la glucosa asociada a los polisacáridos no amiláceos, pero manteniéndose la diferencia en la digestibilidad de esta fracción a favor de los Landrace. La digestibilidad en el íleon de la galactosa y la arabinosa + xilosa asociadas a los PNA, fueron mayores en Landrace (Morales et al., 2002c).

Empleando mediciones de la actividad enzimática y la relación entre las bases púricas guanina y adenina como indicadores de la actividad microbiana, se observa que en el ciego de los animales Landrace existe mayor concentración de bases púricas; pero a nivel de colon medio, es mayor en los cerdos Ibérico. Cuando las bases púricas se expresaron en forma de flujo diario, las diferencias a favor de los Ibéricos en la digesta del colon se incrementaron. Esto según los autores, indicaría un nivel más alto de fermentación en tramos distales de cerdos Ibérico (Morales et al., 2002c).

La relación guanina:adenina en la digesta del colon medio también fue más alta para Ibérico que para Landrace (Morales et al., 2002b). Esto podría

reflejar cambios en la composición de las comunidades bacterianas (Apajalahti et al., citados por Morales et al., 2002c).

En cuanto a la actividad enzimática, los cerdos Ibéricos manifestaron superioridad para la actividad de carboximetilcelulasa, xilanasas y amilopectinasa. No hubo efecto de la dieta, pero sí interacción entre dieta y genotipo para la amilopectinasa, aumentando la diferencia favorable a los cerdos Ibérico para la actividad de esta enzima cuando se suministró la dieta conteniendo bellotas, maíz y sorgo (Morales et al., 2002c).

La población de bacterias posee mayor actividad enzimática en el intestino grueso de los cerdos Ibérico que en el de los Landrace. Esto puede estar reflejando una selección diferente de las especies de bacterias por las diferencias en la cantidad y tipo de sustratos fermentados y/o cambios en el tiempo de residencia de la digesta (Morales et al., 2002c).

No se observaron diferencias originadas por el genotipo ni la dieta en el pH de la digesta, en ninguna de las fracciones del intestino medidas: íleon, ciego, colon rectal (Morales et al., 2002c).

Las concentraciones de ácidos grasos volátiles tendieron a ser inferiores en la digesta del colon proximal de los cerdos Ibérico que en la de los Landrace ($P=0,06$). En este lugar, los Ibérico mostraron menores concentraciones de ácido acético ($P=0,04$) y mayores de ácido propiónico ($P=0,001$). En el resto del intestino grueso no se observaron diferencias significativas. Si bien, no pudo establecer un patrón definido para ninguno de los genotipos sobre el comportamiento de los diferentes ácidos grasos volátiles, en el cerdo Ibérico, el porcentaje de propionato decreció y el acetato aumentó a medida que la digesta avanzó por el colon. Los cerdos Ibérico cuando recibieron la dieta que contenía bellotas, mostraron una tendencia a aumentar la concentración de propionato en la digesta del colon proximal y el acetato en el colon distal (Morales et al., 2002c).

La naturaleza y cantidad de ácidos grasos volátiles producidos están estrechamente relacionadas con el tipo de azúcares fermentados (Salvador et al. 1993, Casterline et al. 1997). La Xilosa es el azúcar más adecuado para la producción de butirato mediante fermentación de acuerdo a las pruebas in vitro (Salvador et al., 1997). Como se ha visto, la xilosa es uno de los componentes

de la hemicelulosa. Sin embargo, según Mathers et al. (1997), la fermentación del almidón conduce a la relación molar relativamente alta de butirato.

En el ciego de los cerdos Ibérico se fermentaron mayores cantidades de arabinosa, xilosa y galactosa que podrían haber afectado la mayor producción de ácido propiónico (Morales et al., 2002c). En este sentido, Mortensen y Rasmussen (1988) aportan que la fermentación de las pentosas, conduce a la producción de ácido propiónico. Salvador et al. (1993) encuentran que si bien, la formación de propionato puede deberse a participación de glucosa, arabinosa y xilosa, es mejor explicada por la desaparición de los otros ácidos grasos volátiles.

Mathers y Dawson (1991) encuentran que el butirato cecal en ratas aumenta considerablemente cuando el tiempo de tránsito cecal se reduce por debajo de 0,75 días. Los resultados de Morales et al. (2002c) no concuerdan con estos resultados dado que el tiempo en los Ibérico fue menor y la concentración relativa mayor.

Los ácidos grasos de cadena ramificada, como era de esperarse, fueron ascendiendo desde la parte proximal a la porción distal. En este último lugar, fueron menores en los cerdos Ibérico ($P=0,05$). Como ya se ha mencionado, estos AGV son considerados productos característicos de la fermentación de algunos aminoácidos, y aumentan cuando los carbohidratos empiezan a ser limitantes como sustrato de la fermentación (Morales et al., 2002c).

La digestión de polisacáridos no amiláceos a nivel del intestino delgado, es superior en Landrace. La mayor parte de esta diferencia, se compensa con la fermentación en el intestino grueso. Pero esto no ocurre con la glucosa asociada a los PNA, en cuya degradación los Ibérico muestran ser menos eficientes (Morales et al., 2002c).

La celulosa asociada a los PNA se compone de aproximadamente dos tercios de glucosa asociada a la celulosa y un tercio de glucosa no celulósica, principalmente de β -glucanos (Back Knudsen, 1997).

Las diferencias en la degradación efectiva de PNA podrían estar asociadas con diferencias en la actividad microbiana o el tiempo disponible para

la degradación. Tampoco es improbable que sea una restricción inherente a la degradación microbiana de los cerdos Ibérico debido a las altas actividades enzimáticas y bacterianas observadas en la digesta del ciego. Como se ha dicho, el tiempo de tránsito de la digesta en el intestino grueso fue mucho menor en cerdos Ibérico que en Landrace (Morales et al., 2002c).

Morales et al. (2003c) continúan evaluando las diferencias de comportamiento de cerdos Landrace e Ibérico consumiendo dietas basadas en maíz (74%) o sorgo (20%) y bellota desecada y descascarillada parcialmente (40%). A la ración de maíz se añadió además cascarilla de bellota en cantidades similares a los de la segunda ración para equiparar posibles efectos negativos de esta sustancia. Para equilibrar el efecto de los ácidos grasos de cadena larga, se agregó aceite de oliva a la ración de maíz y aceite de maíz a la ración de sorgo y bellota. En este ensayo se trabaja con animales de una siguiente etapa de la terminación, dado que tienen un peso vivo inicial de 107 Kg y son faenados al alcanzar los 135 Kg sin ayuno previo.

Los cerdos Ibérico mostraron un mayor consumo de alimento que los Landrace (3,572 frente a 2,437 Kg/día respectivamente, $P < 0,001$), y una tendencia a peores índices de conversión (4,9 frente a 3,6, $P = 0,09$). Estos valores, concordantes con los resultados de Morales et al. (2002a), pueden ser explicados por un mayor engrasamiento de las canales de los cerdos Ibérico (EGD, 72 mm en Ibérico y 32 mm en Landrace). Los autores sugieren que pueden existir diferencias fisiológicas en la regulación lipostática de la ingestión voluntaria de ambos genotipos (Morales et al., 2003b).

No existieron interacciones entre raza y dieta para consumo voluntario, ganancia diaria ni eficiencia de conversión (Morales et al., 2003b).

No encontraron diferencias en el peso total del tracto digestivo vacío debidas al genotipo ni a la dieta, pero sí en sus contenidos. El contenido estomacal de los Ibérico prácticamente duplicó el de los Landrace (1,962 Kg frente a 1,106 Kg respectivamente, $P < 0,05$). Algo similar ocurrió con el contenido del ciego (0,334 Kg y 0,188 Kg respectivamente, $P < 0,05$). Pero el contenido del colon fue menor en Ibérico (1,713 Kg y 2,577 Kg para Ibérico y Landrace respectivamente, $P < 0,05$). Los autores consideran que el mayor consumo de alimentos del genotipo Ibérico parecería determinar una mayor

distensión del estómago y un menor tiempo de retención de la digesta en el ciego-colon (Morales et al., 2003b).

Existieron interacciones en el contenido del colon entre genotipo y dieta ($P < 0,001$). El contenido del colon en los Landrace, cuando fueron alimentados con la dieta de sorgo y bellotas fue superior al de ese mismo genotipo cuando fueron alimentados con la dieta de maíz (3,042 Kg y 2,113 Kg para SB y MZ respectivamente). No ocurrió lo mismo con los Ibérico (1,715 Kg y 1,711 Kg para SB y MZ respectivamente). Esto podría estar explicando una mayor llegada de cantidad de sustrato en el caso de los Landrace (Morales et al., 2003b).

Los Ibérico presentaron un menor tiempo de retención de la digesta en el compartimento ciego-colon (7,6 y 23,7 hs para Ibérico y Landrace respectivamente; $P < 0,01$).

Los Landrace presentaron una mayor digestibilidad ileal de la MO (68% y 61% respectivamente, $P < 0,05$). Sin embargo, no existieron diferencias en la digestibilidad ileal para las diferentes fracciones de carbohidratos. La digestibilidad total aparente de la MO presentó también diferencias significativas aunque de menor cuantía (84,1% y 82,7% para Landrace e Ibérico, $P < 0,01$). Las diferencias son explicadas por una mayor digestibilidad del almidón (99,6% y 98,4%, $P < 0,01$) y fundamentalmente de los PNA (67,3% y 53,2%, $P < 0,01$). Los autores sugieren que los menores tiempos de retención de la digesta en los cerdos Ibérico puede haber comprometido la fermentación en el intestino grueso, y eso haber ocasionado una menor digestibilidad de los carbohidratos (Morales et al., 2003b).

Los Landrace presentaron en el ciego una mayor concentración de bases púricas en el tracto digestivo posterior (41,9 $\mu\text{mol/g}$ MS frente a 26,3 $\mu\text{mol/g}$ MS de los Ibérico; $P < 0,001$), lo que evidencia mayor actividad enzimática microbiana. En el colon intermedio se observó lo contrario (1,3 $\mu\text{mol/g}$ MS y 1,6 $\mu\text{mol/g}$ MS para Landrace e Ibérico respectivamente; $P < 0,01$). Los autores sugieren que debido a un menor tiempo de retención de la digesta en los Ibérico, puede haberse dado un desplazamiento de la fermentación, y por lo tanto una reducción de la autólisis microbiana (Morales et al., 2003b).

La relación guanina:adenina en el contenido digestivo presentó mayores valores en los cerdos Ibérico, tanto en ciego (1,48 frente a 1,32; $P < 0.001$) como en el colon intermedio (1,18 y 1,06; $P < 0,001$), lo que sugiere diferencias en las poblaciones microbianas o en su actividad de síntesis proteica (Morales et al., 2003b).

No se observaron diferencias en los valores de actividad enzimática en el ciego de ambas razas (μmol glucosa o xilosa liberadas cada minuto por g de MS o μmol de PB en el contenido cecal). Pero si se expresa la actividad enzimática en función de las unidades de bases púricas, esta es superior en los cerdos Ibérico. Los autores sugieren que pueden existir diferencias entre razas en las características de las poblaciones microbianas determinadas por las características y cantidad del sustrato fermentado o en los tiempos de retención de la digesta (Morales et al., 2003b).

Fondevila et al. (2002) emplean técnicas de producción de gas in vitro, utilizando contenido ileal como sustrato y contenido cecal de cerdos donantes como inóculo, para estudiar la fermentación microbiana en el ciego de las dietas a base de maíz y sorgo y bellota, comparando los procesos en cerdos Landrace e Ibérico. Encontrando que en los sustratos cecales, las proporciones de glucosa (a partir de la fracción fibra y de la fracción soluble) y las de otros monosacáridos solubles, fueron mayores en los cerdos Landrace que en los cerdos ibérico, mientras que las proporciones de ramnosa + fructosa + manosa derivadas de la fibra fueron mayores en los sustratos provenientes de cerdos Ibérico.

Encontraron interacciones entre genotipo y dieta ($P < 0,01$) en la glucosa soluble de los sustratos, encontrándose los mayores contenidos en los Landrace alimentados con la dieta de sorgo y bellota (Fondevila et al., 2002).

En cuanto a la fermentación del contenido ileal, se encontraron diferencias ($P < 0,01$) entre razas e interacción entre genotipo y dieta ($P < 0,10$) sólo a las 4 hs de incubación. La máxima producción de gas se observó en Landrace alimentados con dieta de sorgo y bellota (Fondevila et al., 2002).

La concentración total de AGV no mostró diferencias entre razas y dietas pero la interacción fue significativa ($P < 0,05$), mostrando una mayor

concentración cuando los cerdos ibérico fueron alimentados con maíz y cuando los Landrace fueron alimentados con sorgo y bellota (Fondevila et al., 2002).

Las concentraciones totales de propionato ($P < 0,05$) y butirato ($P < 0,001$) fueron mayores en Landrace. En Ibérico se observó una mayor producción de isobutirato ($P < 0,05$) e isovalerato ($P < 0,10$). En Landrace en cambio, se observó una mayor concentración ($P < 0,10$) de valerato (Fondevila et al., 2002).

Morales et al. (2003a) relacionan el mayor consumo de alimento y peor eficiencia de conversión de los cerdos Ibérico con una mayor actividad lipogénica que lleva a canales con mayor espesor de grasa dorsal y mayor contenido de grasa intramuscular. Esta última característica está a su vez, muy asociada con la calidad tan apreciada de los productos cárnicos derivados del cerdo Ibérico (Morales, 2002b).

Los resultados de Morales et al. (2002a, 2002c, 2003b), Fondevila et al. (2002) parecen contradecir la tesis de que el cerdo Ibérico posee un mayor potencial de aprovechamiento de alimentos poco digestibles frente a las razas comerciales. La ingestión voluntaria de cerdos Ibérico es mayor que la de cerdos Landrace, superándola entre 25 y 35% (Morales et al., 2002a, 2003b). Pero esta mayor capacidad de consumo no se traduce en una mayor velocidad de crecimiento sino en una peor eficiencia de conversión (Morales et al., 2002a, 2003b).

Las diferencias en la ingestión voluntaria no provocaron diferencias en el peso medio de todo el tracto digestivo ni en los pesos vacíos de los estómagos (Morales et al., 2002a, 2002c, 2003b). Esto sugiere la participación en la regulación voluntaria del consumo de mecanismos metabólicos por encima de los mecanismos físicos (Morales, 2002b).

Sin establecerse claramente las causas de un peor comportamiento productivo de los Ibérico frente a un genotipo mejorado como es el Landrace, Morales et al. (2003a) sugieren que puede estar relacionado con una mayor actividad lipogénica, mayor deposición de grasa dorsal e intramuscular en el primer genotipo.

La mayor ingestión voluntaria de los cerdos ibéricos promueve una mayor velocidad de tránsito de la digesta en el TGI de los Ibérico,

fundamentalmente a nivel del TGI posterior (Morales et al., 2002a, 2002c, 2003b).

Los cerdos Landrace compensan mediante fermentación posterior, gran parte de las diferencias entre dietas (maíz frente a sorgo-bellota) mientras que los Ibérico fueron menos eficientes en este sentido, no pudiendo compensar esas diferencias, lo que ocasionó que cuando estos animales fueron alimentados con sorgo y bellotas, presentaron peores digestibilidades totales (Morales et al. 2002a, 2002c, 2003b, Fondevila et al. 2002).

Según Morales (2002b) este peor comportamiento productivo del cerdo Ibérico puede explicarse por una particular adaptación del mismo al consumo de alimentos de baja calidad. La respuesta ante la baja calidad del alimento no está en mejorar su aprovechamiento sino en acelerar el tránsito por el tracto gastrointestinal y de este modo posibilitar un aumento del consumo. Se aprovecha menos cada unidad de alimento consumido pero se compensa con creces al consumirse muchas más unidades.

García et al. (2007) trabajan con cerdos Ibéricos pesados. En un primer experimento estiman que la ingesta diaria de bellotas de encina, alcanzó 44,9 g MS/Kg de PV^{0.75}. La adición de 0,58 g de L-lisina/Kg de bellotas, no alteró la retención de N. Se obtuvieron altos coeficientes para la digestibilidad total aparente de la MS (84%), MO (86%) y energía (84%) en la dieta exclusivamente de bellota. Las digestibilidades ileales fueron: 71%, 74% y 74% para MS, MO y energía. El balance de nitrógeno fue negativo (-1,08 g/día).

En un segundo experimento publicado por García et al. (2007), se ofreció sólo hierba fresca (fundamentalmente de leguminosas) o bellotas (28,4 g de MS/Kg de PV^{0.75}) complementadas con hierba fresca (22% del consumo diario de MS) a cerdos Ibérico de 140 Kg. La digestibilidad ileal aparente de la MO y energía para forraje representaron el 70% y 77% de los valores observados a nivel del tracto total (65% y 64% para MO y energía respectivamente).

Cuando la hierba se suministró como alimento complementario de las bellotas, las digestibilidades de la MS, MO y E fueron levemente superiores a 74%. La retención de N en este caso fue positiva (4,21 g de N/día) (García et al., 2007).

El forraje, cuando complementó las bellotas, originó una transferencia de la digesta desde el intestino delgado al grueso. Trajo como consecuencia también, una disminución sustancial de la digestibilidad ileal de los nutrientes y de la energía, y una leve disminución en la digestibilidad de todo el TGI. Se observó una disminución importante en la digestión de la MS, MO y EB prececal en los granos de bellota. Sin embargo, la digestibilidad aparente total del N aumentó significativamente y el 31% de este nitrógeno aparentemente digerido, se retiene en el cuerpo de los cerdos (García et al., 2007).

Los autores deducen entonces que el principal aporte del pastoreo de cerdos Ibérico en lo que respecta al abastecimiento global de nutrientes, se encuentra en el suministro de N, aminoácidos y minerales (todos estos presentes en forma limitante en las bellotas de encina) (García et al., 2007).

García et al. (2010) publican resultados de la digestibilidad ileal de aminoácidos en los dos experimentos anteriores. En el primero de dichos experimentos, arginina, histidina y treonina registraron la menor digestibilidad aparente ileal mientras que metionina, aminoácidos de cadena ramificada y fenilalanina tuvieron los coeficientes más altos. La digestibilidad ileal aparente fue 0,716 para los aminoácidos esenciales pero sólo 0,222 para los no esenciales. La mayoría de los procesos digestivos y de absorción de las proteínas de bellotas se produjo antes del intestino grueso. Las bellotas ofrecieron 2,27 g/Kg de MS de Lisina aparentemente digestible a nivel ileal y 22,7 g/Kg de MS de aminoácidos esenciales.

En el segundo experimento, cuando se alimentó sólo con hierba, la digestibilidad ileal aparente de los aminoácidos estuvo cerca de 65%, el aporte de aminoácidos digestibles fue de 9,17% y el de lisina digestible, 0,561% de la dieta. Cuando se adicionó forraje a las bellotas, decreció el aporte de aminoácidos digestibles de las bellotas debido a una transferencia hacia el intestino grueso (García et al., 2010).

Barea et al. (2011) realizan un ensayo que aporta a esclarecer algunos aspectos del comportamiento digestivo de los cerdos Ibérico, fundamentalmente en lo que respecta a sus limitaciones de utilización del nitrógeno y la energía. En este caso, se evalúan cerdos Ibérico con híbridos Landrace x LW, desde los 15 Kg de PV hasta los 115 Kg que reciben dietas restringidas al 80% del consumo voluntario de los Ibérico, con niveles variables de proteína (13 o 17%).

Se encuentra que ganancia diaria y eficiencia de conversión del alimento fueron mejores en LW en el período de crecimiento y en el de engorde. La digestibilidad aparente del N fue mayor para los cerdos híbridos a los 30 Kg de PV. A los 80 Kg, los Ibérico mostraron mayores valores de digestibilidad de la materia orgánica y energía (1,5% mayor que LxLW, $P < 0,01$). La retención de nitrógeno en valores absolutos y la eficiencia de retención de nitrógeno fueron mayores en los cerdos LxLW.

En este ensayo, se observó que los cerdos Ibérico presentaron un peso menor del intestino delgado (en relación a la masa corporal) e inferior espesor de la capa muscular a nivel del íleon, independientemente del peso corporal, y longitud de las vellocidades ileales aproximadamente 10% mayores a los 115 Kg de PV. Los cerdos LxLW presentaron una mayor respuesta a nivel de microestructura anatómica a las variaciones en los niveles de proteína cuando tenían 50 Kg que los Ibérico (Barea et al., 2011).

Los resultados sugieren que la mayor tasa de crecimiento, retención de N y eficiencia en la retención de N de los cerdos LxLW pueden estar asociados con aspectos estructurales que podrían ocasionar una mayor eficiencia de su intestino delgado. Sin embargo, los autores concluyen que las principales diferencias entre los dos genotipos se deben atribuir a la mayor capacidad de utilización de la proteína y la energía en la deposición de tejidos y, es esta la principal causa de una mayor eficiencia en la utilización de la energía (Barea et al., 2011).

6. Cerdo Pelón Mexicano

Los cerdos criollos mexicanos fueron informados como cerdos en peligro de extinción (FAO, citado por Lemus, 2008b).

Se creía que estos animales fueron introducidos en México en tiempos de la conquista y que de forma natural han sobrevivido a distintas condiciones ecológicas (Lemus, 2008b). Sin embargo, Grageola y Lemus (2007), Lemus (2008b) afirman que de acuerdo con los resultados de recientes investigaciones, surge que su origen es diverso, existiendo introgresión de genotipos provenientes del Extremo Oriente.

Esto ha generado dos biotipos predominantes, el cerdo Pelón Mexicano (PM) evidentemente de origen ibérico, y el cerdo Cuino con características propias de los cerdos asiáticos cuyos antecesores posiblemente hayan sido introducidos por embarcaciones de China en el siglo XVI (Grageola y Lemus 2007, Vazquez, citado por Lemus 2008, Lemus y Ly 2010).

Lemus (2008b) menciona un tercer tipo de cerdo criollo mexicano, el Pata de Mula. Pero aclara, citando a Vázquez que el cerdo Pelón Mexicano es el más abundante, seguido del cerdo Cuino y el Pata de Mula.

Los cerdos Pelón Mexicano se separan genéticamente de los cerdos de razas comerciales, existiendo además diferencias regionales dentro de la población de Cerdos Pelón Mexicano en función de la cercanía con la costa Atlántica o Pacífica (Lemus, 2008b).

Estudios de frecuencias génicas para el gen ESR vinculado al tamaño de camada, determinaron una mayor proximidad entre Cuino y Pelón Mexicano que cualquiera de estos con Yorkshire, y a su vez que los Cuino se encuentran más cercanos a los Yorkshire que los PM. Pero considerando el gen FUT1 (vinculado a la resistencia a diarreas por la bacteria *Excherichia coli* y relacionado a características reproductivas), se encontró mayor distancia genética entre los cerdos Yorkshire y Cuino y que los PM están más cercanos a los Yorkshire que a los Cuinos (Lemus, 2008b).

Estudiando el origen y la diversidad genética con el ADN mitocondrial, se encontraron dos linajes diferentes, uno de ellos asiático y el otro europeo. En el linaje asiático se encontraron cerdos Pelón Mexicano de Nayarit y Guerrero y cerdos de raza pura (Large White, Yorkshire, Landrace), lo que sugiere introgregión y cruzamiento con genotipos asiáticos. Dentro de los haplotipos europeos, se identificaron a su vez 5 linajes de diferenciación genética, uno de los cuales sólo agrupó jabalíes europeos, tres que incluyeron PM y cerdos de raza pura comerciales y un último linaje (más distante de la rama Asiática) conformado sólo por cerdos de raza pura comerciales (Lemus, 2008b).

Según Lemus y Ly (2010), es muy poco lo que se conoce sobre los aspectos de alimentación de los cerdos criollos mexicanos. No se encontró en la bibliografía ningún trabajo que compare la capacidad digestiva de cerdos

Cuino y Pata de Mula con otros genotipos, por lo que nos concentraremos en el genotipo Pelón Mexicano.

Los cerdos Pelón Mexicano se encuentran integrados a la vida de las comunidades mayas donde las mujeres campesinas (en su mayoría, de edad avanzada) son las que realizan la cría de este tipo de cerdos (Sierra, 2006).

Estos cerdos, en la provincia de Yucatán, son criados en forma extensiva, al aire libre, y su alimentación se compone fundamentalmente de desperdicios alimentarios de naturaleza doméstica (70%) (Sierra, 2006).

Fenotípicamente, posee una capa negra con escaso pelo en el cuerpo, a veces presenta mamellas, posee orejas erectas y perfil de trompa recta (Sierra 2006, Lemús y Ly 2010).

Diversos estudios han evidenciado la tendencia de este genotipo a manifestar una velocidad de crecimiento relativamente lenta, dado que sometidos a diversos sistemas de crecimiento y acabado, estuvieron siempre lejos de alcanzar los 500g de ganancia diaria (Lemus y Ly, 2010).

Echeverría et al. (2004) publican resultados de digestibilidad de nutrientes en cerdos Criollos Mexicanos en dietas donde se sustituye hasta un 30% de la harina de soya por harina de *Vigna unguiculata* como fuente de proteína en cerdos. Estiman la digestibilidad de la fibra cruda en 58,73, 55,80 y 67,63% para tratamiento testigo, 15 y 30% de inclusión de *Vigna*, respectivamente. Es importante destacar que ninguno de los tratamientos puede considerarse como una dieta con alto contenido en fibra puesto que el nivel que contenía mayor proporción de esta fracción en las raciones, lo hacía en un 3,87% de la materia seca.

Ly (2008) publica a partir de datos de Chel et al., la siguiente tabla que resume ensayos de digestibilidad de la MS de dietas con diferentes niveles de inclusión de alfalfa por cerdos Pelón Mexicano de diferentes PV.

Cuadro 11. Índices digestivos en cerdos Pelón Mexicano alimentados con distintos niveles de alfalfa

Alfalfa, %	Digestibilidad rectal de MS, %		
	11 a 20 Kg	20 a 41 Kg	11-41 Kg
0	84,9	84,4	84,7
20	83,5	42,5	83,0
40	61,7	63,3	62,5
60	56,9	51,5	54,2

Fuente: adaptado de Chel et al. por Ly (2008a).

Como podrá observarse, los datos no se corresponden con el aumento esperado de digestibilidad de alimentos fibrosos al aumentar la edad.

Becerril et al. (2002) compara digestibilidad ileal y total de cerdos Pelón Mexicano con híbridos Yorkshire x Landrace en condiciones de confinamiento total y pastoreo. Encuentran diferencias significativas de digestibilidad ileal entre razas y sistemas productivos ($P < 0,001$). En la digestibilidad aparente, las diferencias entre sistemas productivos sólo fue significativa en los Pelón Mexicano.

Cuadro 12. Digestibilidad aparente fecal e ileal en cerdos Pelón Mexicano y Yorkshire x Landrace en condiciones de confinamiento y pastoreo

variable	Digestibilidad ileal aparente	Digestibilidad fecal aparente
YxL, confinamiento	66,58	73,16
YxL, pastoreo	57,84	75,55
PM, confinamiento	52,38	80,25
PM, pastoreo	15,19	29,88
Contrastes ortogonales	Probabilidad (α)	
CPM vs. YxL	0,0001	0,0001
YxL past. vs YxL conf.	0,0096	0,2474
PM past. vs. PM past.	0,0001	0,0001

Fuente: Becerril et al. (2006).

Becerril et al. (2006) concluyen que los resultados de este experimento terminan con el mito de que las razas “autóctonas” de cerdos son capaces de digerir mejor la fibra.

Llama la atención en este trabajo, las sorprendentemente bajas digestibilidades ileales y fecales aparentes de los cerdos Pelón Mexicano en pastoreo (Becerril et al., 2006).

Los autores recalcan el hecho que los cerdos Pelón Mexicano manifestaron un gran instinto para el consumo de forrajes siendo preferidos estos alimentos pero que no pueden tomar ventaja de ello al no manifestar una mayor digestibilidad de alimentos fibrosos (Becerril et al., 2006). Para interpretar correctamente el significado de los resultados, a la luz de esta observación, sería necesario conocer la proporción de alimento concentrado y pastura que consumieron uno y otro genotipo en pastoreo. Información que no se brinda en el informe. Queda la duda si los cerdos Pelón Mexicano, movidos por una tendencia al consumo de forrajes, consumieron una proporción mucho mayor de estos alimentos (que los autores caracterizan como de mala calidad) y si esta es la explicación de una caída tan drástica de la digestibilidad.

Lemus et al. (2008a) compara rasgos de comportamiento de cerdos nayaritas del tipo Pelón Mexicano criados en distintos tipos de manejo. En el primer tratamiento, los cerdos fueron engordados en Rosamorada, con un clima cálido, bajo un sistema de alimentación semiintensiva, consumiendo alimento balanceado a base de harina de maíz y pasta de soya ad libitum, más pastoreo sobre campo natural donde predominaba la especie *Quenopodium album*. El segundo tratamiento consistió en un sistema similar, también en Rosamorada, con la misma dieta pero sin acceso a pasturas. El tercer lote se engordó en un clima distinto, en Compostela, con un clima semicálido, y se les suministró el concentrado a voluntad, sin acceso a pasturas. Este tercer lote manifestó los mejores índices productivos, con una ganancia de peso de 0,38 Kg/día, significativamente mayor ($P < 0,05$) a los 120 días, al terminar la prueba.

Considerando sólo los animales que fueron alojados en Rosamorada y de ese modo eliminando el efecto climático, el pastoreo contribuyó de hecho a un ahorro de cierta cantidad de alimento balanceado. En este ensayo, si bien no se manifiestan diferencias significativas, existe una tendencia a mejor conversión

del concentrado en Kg de ganancia y a aumentar la ganancia diaria, cuando los animales tienen acceso a pastoreo (Lemus et al., 2008a).

Cuadro 13. Evolución del peso de cerdos Pelón Mexicano criados en Rosamora, con y sin acceso a pasturas

	Con pastoreo	Sin pastoreo
n	14	9
días en prueba		
0, inicio	7,4	9,5
30	13,2	12,1
60	21,9	19
90	28,4	35,2
120, final	36,5	35,5

Fuente: Lemus et al. (2008a).

Cuadro 14. Rasgos de comportamiento de cerdos Pelón Mexicano criados en Rosamora, con y sin pastoreo

	Con pastoreo	Sin pastoreo
n	14	9
Consumo, Kg/día ¹	1,29	1,61
Ganancia, Kg/día	0,243	0,217
Conversión, Kg/Kg	5,29	7,42
Grasa dorsal, cm	2,72	2,79

¹Alimento balanceado, seco al aire. No se tuvo en cuenta el consumo de pasto.

Fuente: Lemus et al. (2008a).

Becerril et al. (2009b) comparan cerdos Pelón Mexicano con híbridos Yorkshire x Landrace de 63 días de edad alojados en confinamiento total o parcial. El confinamiento parcial incluyó la salida de los animales a una pradera de *Brachiaria brizantha* desde las 9 a 16 hs. No encontraron interacciones entre el sistema y el genotipo para los índices productivos. Observaron que los LxY tuvieron un mayor ganancia diaria ($P < 0,001$) cuando se los comparó con los Pelón Mexicano. Cuando los animales no tuvieron acceso a pasturas, consumieron más alimento concentrado. Las ganancias diarias para los Pelón Mexicano fueron 414 g y 335 g para confinamiento total y parcial respectivamente (820 g y 757 g fueron las de los LxY). Las ganancias diarias en confinamiento total fueron de 3,07:1 y 5,03:1 para LxY y PM, respectivamente. Los cerdos Pelón Mexicano en este experimento, al acceder a pastoreo, disminuyen el consumo de concentrado pero la velocidad de crecimiento también disminuyó.

De todos los ensayos realizados hasta el presente, surge que los PM presentan una tendencia de crecimiento más lento (Lemus et al., 2008a), y de menor consumo voluntario (Peralta et al., 2008) que los cerdos mejorados. No existen evidencias que sustenten la hipótesis de que los cerdos Pelón Mexicano posean una alta digestibilidad de la fracción fibrosa de los alimentos (Lemus y Ly, 2010).

Becerril et al. (2009a) encuentra que la longitud intestinal fue mayor en cerdos mejorados que en los Pelón Mexicano de Nayarit, mientras que en la longitud cecal y la de la curvatura del estómago, ocurrió lo contrario. Estos datos parecerían encontrarse en concordancia con lo publicado por Morales et al. (2002a) para cerdos Ibérico.

Castellanos y Gómez, citados por Lemus y Ly (2010) informaron que en cerdos entre 45 y 48 Kg aproximadamente, el peso de todo el tracto digestivo fue de 7,65 y 9,36% del PV, para machos y hembras respectivamente. En esta ocasión el intestino grueso de ambos sexos constituyó el 41,4 y el 34,7% (para machos y hembras respectivamente) de todo el tracto.

Merlos et al., citados por Lemus y Ly (2010), en otro estudio realizado en Guadalajara, encuentran que el intestino grueso constituyó el 56,4% del peso de todo el tracto gastrointestinal, tanto en hembras como en machos.

Según Lemus y Ly (2010) los informes acerca de la morfología del tracto gastrointestinal del Pelón Mexicano, son difíciles de interpretar dado que la metodología experimental no ha sido detallada fehacientemente.

Cuadro 15. Características del tracto digestivo en cerdos Pelón Mexicano de Yucatán

	Machos	Hembras
n	6	8
Peso vivo, Kg	48,00	44,90
Órganos digestivos, % del peso vivo		
Estómago	1,22	1,34
Intestino delgado	3,26	4,77
Intestino grueso (IG)	3,17	3,25
Todo el tracto (TGI)	3,65	9,36
IG:TGI	41,40	34,70
Contenido digestivo, % del peso vivo		
Todo el tracto	7,29	5,67

Fuente: Castellanos y Gómez, citados por Lemus y Ly (2010).

Grageola et al. (2008) realizan un estudio donde comparan la capacidad de digestión de los cerdos Pelón Mexicano de Nayarit, alimentados con dietas de cereales y granos y, esta misma dieta, parcialmente sustituidas por pulpa fresca de aguacate. A diferencia de lo que ocurrió al comparar la digestibilidad de alimentos fibrosos, no se encontraron diferencias en la digestibilidad de MS de los cerdos pelones de entre 30 y 50 Kg con los cerdos híbridos LW x Y (que se utilizaron como testigo), para ninguna de las dos dietas consideradas. Según estos autores, es común la práctica de alimentar a los cerdos en dicha región con aguacates. Tampoco se encontraron diferencias en el patrón de consumo para estos alimentos de acuerdo a lo que informan Peralta et al. (2008).

Algo similar observan Trejo et al. (2003) en un ensayo que tuvo el objetivo de evaluar los cerdos criollos Mexicanos consumiendo una dieta basada en alimentos que habitualmente son suministrados por los campesinos y compararon cerdos criollos con genotipos mejorados consumiendo las

siguientes dietas: A, sólo maíz (PC, 8,2%) y B, 75% maíz y 25% de granos de *Mucuna pruriens* previamente hervidos y secados (PC, 12,3%). Ellos observan que los criollos consumieron más MS y tuvieron mayores ganancias de peso. La ingesta no tuvo diferencias significativas entre razas. La digestibilidad de la MS tampoco. Concluyen que no existe ventaja en la utilización de genotipos mejorados cuando se utilizan granos de mucuna y maíz como alimento.

Grageola et al. (2010) publican una tendencia no significativa en la digestibilidad de la grasa y proteína cruda, favorable a los Pelón Mexicano frente a los YxL (83,42 % y 82,84% para Pelón Mexicano y YxL respectivamente). Sin embargo, pese a digerir aparentemente mejor el N, finalmente el balance de N, al considerarse la excreción urinaria, termina siendo peor en los Pelón Mexicano.

Álvarez et al. (2007), Vázquez (2009) comparan la digestibilidad de proteína de diferentes fuentes entre cerdos Criollos Mexicano y la comercial "PIC". No encuentran diferencias entre genotipos cuando las fuentes de proteína son pasta de soya y semillas de *Vigna unguiculata* pero con semillas de Frijol terciopelo (*Mucuna pruriens*), los cerdos criollos manifiestan mayor digestibilidad de la PC, evidenciando algún tipo de adaptación a un alimento local.

Todos los estudios realizados con los cerdos Pelón Mexicano de Nayarit, sugieren que este genotipo no posee una capacidad heredada para hacer un buen aprovechamiento del N dietético (Lemus y Ly, 2010).

Con respecto al balance energético, Grageola et al. (2010) no encuentran diferencias entre Pelón Mexicano y genotipos mejorados cuando ambos genotipos son alimentados con dietas a base de cereales y granos, con una densidad energética más bien alta.

7. Cerdo Criollo Cubano

El cerdo Criollo Cubano desciende del cerdo ibérico español y representa el grupo racial más difundido entre los porcicultores cubanos, fundamentalmente en los residentes en zonas montañosas. Durante cientos de años fue explotado a nivel familiar, en condiciones totalmente extensivas, de traspatio. No tuvo ningún tipo de selección artificial y nunca se le brindaron condiciones de hábitat semejantes a la de los cerdos especializados (Macías et al. 2004, Abeledo et al. 2004, Agüero et al. 2006, Macías 2006c, Pérez 2006a, Velázquez 2008).

Generalmente se alimentan de los desperdicios de cocina, de las cosechas y de lo que logren obtener del entorno por si mismos (frutos, larvas, insectos, etcetera). El campesinado los prefiere por su rusticidad ante las condiciones difíciles de alimentación, clima y manejo, y constituyen una fuente de alimentación y de ingresos sin ninguna inversión adicional (Agüero et al., 2006).

Pese a haber sido siempre considerado un genotipo rústico, Trujillo et al., Ibarguengoita, ambos trabajos citados por Abeledo et al. (2004), refieren que el cerdo Criollo Cubano presenta algunas limitaciones para el consumo de ciertos alimentos no convencionales.

Ly y Diéguez, citados por Macías (2006c) compararon animales de este genotipo con CC21. Les suministraron una dieta básica de miel B de caña de azúcar y harina de soya a la que añadieron un 25% de bejuco de boniato. No hallaron un efecto significativo de genotipo en cuanto a la habilidad de los animales para digerir eficientemente la dieta con alta proporción de fibras. Pero el cerdo CC21 mostró mayor digestibilidad de la energía, la FC y el nitrógeno.

Ly et al. (1998) compararon la digestibilidad en Criollo y CC21 de dietas con altos niveles de fibra cuya fuente es la harina de follaje de plátano adicionada a raciones basadas en mieles enriquecidas de caña de azúcar. Los autores concluyen que los cerdos CC21 digirieron mejor la mayoría de los componentes de la dieta que los Criollo (la digestibilidad de la MS, MO, energía, FC y PB fue menor en los cerdos Criollo). No se encontraron diferencias en el contenido de agua, AGCC y NH₃ de las heces pero fue mayor la excreción diaria en los Criollo.

Cuadro 16. Digestibilidad rectal aparente de dietas con diferentes fuentes fibrosas, en cerdos Criollo Cubano y genotipos mejorados

Fuente	Ly y Diéguez (1995)		Ly et al. (1998)		Macías et al. (2004)	
Fuente de fibra	Bejuco de boniato		Harina de follaje de plátano		Afrecho de trigo	
Genotipo	CC21	CC	CC21	CC	mejorado	CC
Digestibilidad, %						
Materia seca	88,8	87,3	89,0	83,1	90,1	91,5
Materia orgánica	90,2	88,1	89,2	83,5	90,4	91,7
Ceniza	76,3	74,7			84,7	85,9
Fibra cruda	72,2	71,5	64,5	47,2	56,0	64,5
FDN			75,0	65,0	68,3	69,1
FDA			68,9	49,1		
Nitrógeno	78,0	75,9	79,8	68,0	85,9	88,4
Energía	89,9	88,1	88,9	83,6		
índices rectales						
pH					7,11	6,71
% MS heces					28,59	32,24

Fuente: Ly et al. (1998), Macías et al. (2004), Ly y Diéguez, citados por Macías (2006c).

Los cerdos Criollo cubano, presentaron una mejor capacidad para digerir grasa cruda que los cerdos mejorados según reportan Ly et al. (1999).

Ly et al., citados por Macías (2006c), trabajando con una dieta convencional de trigo y soya a la que se agregó palmiche (20% en BS), confirman lo reportado por Ly et al. (1999) acerca de la superioridad de los cerdos Criollo Cubano con respecto a la digestibilidad rectal del extracto etéreo y no encuentra diferencias para la digestibilidad de ninguna otra fracción del alimento.

Macías et al. (2004) realizaron dos experimentos para estudiar las características digestivas de esta raza de cerdos comparando los animales rústicos con mejorados después de 12 años de selección convencional. En el primero de dichos ensayos se analizó la digestibilidad ileal y en el segundo, la

rectal. Se utilizó como tratamiento testigo, una dieta basada en miel rica de caña de azúcar y harina de soya y se comparó con esta misma dieta y el agregado de un 20% de afrecho de trigo. No encontraron efecto significativo de tratamiento ($P>0,05$) en la interacción genotipo x dieta en ninguna de las medidas. Tampoco encontraron efecto significativo de genotipo ($P>0,05$) en la digestibilidad ileal o rectal de MO, N o FC.

No hubo efecto de dieta para la digestibilidad ileal o rectal del N (73,2 y 86,4%, respectivamente), pero entre 0 y 20% de afrecho de trigo en la dieta se observó un descenso significativo ($P<0,01$) de la digestibilidad de la materia orgánica en el íleon (de 80,2 a 76,5%) y en el recto (de 92,8 a 89,3%) (Macías et al., 2004).

Cuadro 17. Digestibilidad ileal aparente en cerdos Criollo Cubano rústicos y mejorados alimentados con dietas cuya fuente de fibra es afrecho de trigo

Fuente	Macías et al. (2004)		Domínguez et al.(2007)	
Fuente de fibra	Afrecho de Trigo		Follaje de morera	
			0%	20%
Genotipo	mejorado	CC	CC	CC
Digestibilidad, %				
Materia seca	77,41	79,28	79,98a	69,06b
Materia orgánica	76,34	78,26	78,57a	69,38b
Ceniza	92,11	93,26		
Fibra cruda	15,63	11,55		
FDN	27,04	27,49		
Nitrógeno	75,32	74,49	65,90a	56,91b
Flujo MF, g/Kg MS ing.			2229a	3909b
Flujo MS, g/Kg MS ing.			200a	393b
Flujo agua, g/Kg MS ing.			2029a	3516b
pH	7,11a	6,71b	6,39	6,03
% MS heces	28,59b	0,92a	9,04a	10,06b

a,b. diferentes subíndices $P<0,05$

Fuente: Macías et al. (2004), Domínguez et al. (2007).

Macías et al. (2006a) reafirman estas conclusiones al analizar la digestibilidad ileal de cerdos criollos y mejorados de 60 Kg, con dietas a las que se les incluyó harina de palmiche como fuente energética y no encontró efecto de la selección sobre las digestibilidades de la MS, MO y el N ni el flujo ileal de MS.

A partir de todo lo estudiado sobre la digestibilidad de cerdos Criollo Cubano, se concluye que en sentido general, los procesos digestivos son similares a los de otros genotipos, salvo en la digestión de grasa, que parece ser favorecida en los criollos (Ly et al. 1998, Macías et al. 2004, Ly y Diéguez, citados por Macías 2006c, Macías 2006b).

Domínguez et al. (2007) publican datos de digestibilidad ileal en cerdos Criollo Cubano de harina de morera que fue incluida en una dieta de mieles de caña de azúcar en un 20%. La composición química de la harina de follaje de morera arrojó los siguientes resultados: 1,74, 20,0 y 15,8% de N, FC y cenizas en BS, respectivamente. La inclusión de ese nivel de harina de follaje de morera, provocó un descenso significativo de la digestibilidad ileal de la MS y la MO. La digestibilidad del N también descendió pero el efecto fue menos marcado.

García et al. (1997) estudiaron el comportamiento de cerdos Criollos Cubanos (CC) y CC21 alimentados con una dieta alta en fibra (14,46%) compuesta por harina de residuos foliares del plátano (30%), miel B (46,7%) y harina de soya (20,2%). Concluyen que la ganancia media diaria y la conversión alimentaria fueron mejores en los cerdos CC21. Esto los hace pensar en un posible aumento de las necesidades de calcio y fósforo en las necesidades de los cerdos Criollo. Comprueban que la dieta alta en fibra afectó los rasgos de comportamiento de ambas razas, pero en mayor cuantía a los cerdos Criollo.

Cuadro 18. Parámetros productivos de cerdos Criollo Cubano (CC) y sus cruzamientos alimentados con dietas ricas en fibra

Fuente	Genotipo	Trat.	Peso inicial (Kg.)	Peso final (Kg.)	Consumo (Kg/día)	Ganancia diaria (g/día)	Eficiencia Convers. (Kg/Kg)
García et al.(1997)	CC21	(1)	31,3	86,6a	2,53a	507a	5,01a
	CC	(1)	31,2	75,5b	2,35b	381b	6,31b
García et al.(2001) Exp.1	CC21xCC	(2)	24,7	84,4a	2,47a	502a	4,74ab
	CC21xCC	(3)	23,3	71,1b	2,46a	427b	5,71b
	CC21xCC	(4)	22,9	64,9c	1,58b	384b	4,08b
García et al.(2001) Exp.2	CC21xCC	(4)	24,7	84,8a	2,4	505a	4,76a
	CC21xCC	(5)	24,5	102,9b	2,44	694b	5,06a
	CC21xCC	(6)	24,6	88,4a	2,73	536a	5,06a
Santana et al. (2001)	CC	(7)	61,5	98,5	1,4	378	3,70
Abeledo et al. (2004)	CC21	(7)	87,1a	105,8	1,99a ⁽¹⁾	421a	4,31
	CC	(7)	59,1b	108,8	1,49b	376b	4,53

Tratamientos:

1) Inclusión de 30% de harina de residuos foliares de plátano como fuente de fibra

2) Palmiche molido como única fuente energética

3) Palmiche intacto como única fuente energética

4) Miel final como única fuente energética

5) Miel final de caña y azúcar cruda como fuente energética

6) Miel final de caña y palmiche como fuente de energía

7) Palmiche en grano conservado en 2% de sal a voluntad como fuente energética

⁽¹⁾ Consumo y Eficiencia de conversión en este trabajo, sólo refieren al palmiche en grano, no incluyen 1,4 Kg de núcleo protéico.

a, b. Letras diferentes dentro de fila, en un mismo experimento son diferencias significativas con $P < 0,05$.

Fuente: García et al. (1997), García et al. (2001), Santana et al. (2001), Abeledo et al. (2004).

García et al. (2001) estudiaron el comportamiento de cerdos híbridos (Criollo x CC21) en la etapa de ceba (96 a 180 días de edad) frente a dietas con posibilidades de uso en condiciones de montaña (bajas en proteínas). Realizaron dos experimentos: en el experimento 1 se compararon dietas confeccionadas con palmiche sin moler o molido con otra preparada con miel final como única fuente de energía; en el experimento 2 se compararon dietas en las que se ofreció miel final a los cerdos, sola o mezclada con azúcar crudo o palmiche molido (en ambos casos, 1:1 en peso). En el primer experimento, cuando el palmiche molido o sin moler constituyó la única fuente energética, los cerdos se comportaron mejor ($P < 0,01$) que cuando se empleó la miel final tanto para la ganancia diaria como para la conversión alimentaria.

En el segundo experimento de García et al. (2001), los resultados fueron mejores ($P < 0,001$) en los cerdos que consumieron el azúcar crudo como fuente energética y peores cuando se empleó la miel final, mientras que el tratamiento de palmiche molido determinó valores intermedios. Los resultados indicaron que los cerdos Criollo x CC21 alimentados con dietas bajas en proteínas y palmiche molido o sin moler, constituyen una opción con posibilidades de uso en condiciones de montaña.

Santana et al. (2001) estudiaron el comportamiento de hembras de genotipo Criollo cubano durante 97 días a partir de los 61,5 Kg de PV hasta los 98,5 Kg, engordadas con una fuente fibrosa (palmiche en grano conservado con un 2% de sal común a voluntad) como única fuente energética, a la que se le suplementó con un concentrado proteico (NUPROVIM 7). La composición química del palmiche fue de 90,07% de MS, 6,31% de cenizas y 8,43% de proteína bruta (N x 6,25). Se ofreció a razón de 1,25 Kg/animal. Se obtuvo una ganancia diaria de 378 g por día durante todo el período. Los autores consideran que esta ganancia es más baja de lo esperado, lo que atribuyen a una alta proporción de celos durante el período. Sin embargo, las ganancias fueron mayores a las encontradas por Diéguez et al., citados por Santana et al. (2001) para cerdos de similares características engordados con miel B como única fuente de energía.

Abeledo et al. (2004) comparan rasgos de comportamiento de cerdos Criollo y CC21 de siete meses de edad hasta los 100 Kg de peso vivo, a los que se engordó con dietas donde el componente energético fue palmiche

suministrado ad libitum. Hallaron una tendencia no significativa de los cerdos CC21 a consumir más granos de palmiche. Las ganancias medias diarias difirieron de forma altamente significativa entre genotipos. La conversión para el palmiche no mostró diferencias entre razas. Confirman la tendencia del cerdo Criollo Cubano a un menor consumo de alimento y más lento crecimiento si se lo compara con razas mejoradas como el CC21.

Cuadro 19. Tracto gastrointestinal de cerdos Criollo Cubano y CC21

Componentes	CC21	CC	CR/CC21 (%)
Peso de los diferentes órganos (g)			
Lengua	354	307	86,7
Esófago	71 ^a	57 ^b	79,1
Estómago	599 ^a	477 ^b	79,6
Intestino delgado	1897 ^a	1459 ^b	76,9
Intestino grueso	1767	1800	102
Ciego	157	168	107
Longitud (m)			
Estómago	0,0321	0,029	90,3
Intestino delgado	20,7	19,4	93,7
Intestino grueso	6,8	6,5	95,9
Ciego	27,4 ^a	23,8 ^b	86,7

A,B letras diferentes en la misma línea, P<0,10

a,b letras diferentes en la misma línea, P<0,01

Fuente: Diéguez et al. (1995).

Diéguez et al. (1995) realizan un análisis morfométrico de cerdos Criollos Cubano y CC21 de 100 Kg en el momento de la faena, provenientes de un engorde donde las fuentes de energía y proteína fueron miel B y harina de soya respectivamente. Encuentran que en la mayoría de las medidas analizadas, el promedio de los Criollo es inferior, con la excepción del intestino grueso (102%) y el ciego (107%). Las diferencias fueron significativas en los pesos del esófago, estómago e intestino delgado con un porcentaje extremadamente más bajo en el Criollo en relación al CC21. Las diferencias en

las longitudes no fueron significativas, con la excepción del ciego donde los CC21 dieron medidas significativamente superiores. Los autores concluyen que el sistema digestivo de los CC21 está mejor preparado para este tipo de dietas.

Diéguez et al. (1997) compararon nuevamente la relación entre los diferentes órganos vitales de cerdos Criollo Cubano y CC21 en referencia a sus pesos vivos en el momento de la faena (90 Kg) pero donde la dieta de terminación incluyó un 30% de harina de residuos de plátano como fuente fibrosa que se adicionó a la ración de miel B y harina de soya. No encontraron diferencias en la longitud del estómago, ciego, intestino delgado e intestino grueso entre ambos genotipos. Los pesos de estos órganos fueron superiores en los CC21. La grasa que cubre todos los órganos fue superior en los criollos. Concluyen que no se evidencian ventajas del Criollo en su preparación para consumir dietas de altos niveles de fibra.

Cuadro 20. Morfometría de órganos digestivos¹ en cerdos Criollo Cubano

	CC21	CC
Peso relativo, g/Kg PV		
Estómago	5,9	4,7
Intestino delgado	18,6	14,4
Intestino grueso	17,3	17,8
Todo el tracto	41,8	36,9
Contribución porcentual		
Estómago	14,1	12,7
Intestino delgado	44,5	39
Intestino grueso	41,4	48,2
Todo el tracto	100,0	100,0
Longitud relativa, m/Kg PV		
Intestino delgado	0,244	0,249
Intestino grueso	0,065	0,066

Fuente: adaptado de Diéguez et al. por Ly (2008a).

El cuadro 20 fue tomado de Ly (2008a), quien lo elaboró a partir de los datos de Diéguez et al. Con respecto a estos datos, Ly señala que en los cerdos Criollo Cubano, disminuyó el peso relativo de todo el tracto digestivo y con él, el del estómago y el intestino, al compararlos con los órganos de los animales CC21 pero se elevó el peso relativo del intestino grueso (de 41,8 a 48,2%). Señala que debería tenerse en cuenta el papel desempeñado por el ciego y el colon en este genotipo local.

Macías et al. (2010b) comparan cerdos Criollo Cubano con híbridos descendientes de las razas Large White, Landrace, CC21 y L35, a los que se los alimenta con una dieta clásica de cereales; o una dieta de miel B más un núcleo proteico de vitaminas y minerales; o palmiche y el núcleo de proteína, vitaminas y minerales. Evalúan el efecto del genotipo y el origen de la fuente energética en el desarrollo de los órganos digestivos. El TGI tendió a ser más pesado en los cerdos especializados (4799 g y 4923 g para CC e híbridos CC21 respectivamente). Lo mismo ocurrió con el intestino delgado (1704 g y 2038 g). Los cerdos Criollo tendieron a tener mayor peso en el estómago, ciego, colon, y ciego más colon (estómago 771 g y 769 g, ciego 178 g y 171 g, colon 2143 g y 1944 g, ciego + colon 2322 g y 2115 g, para Criollo e híbridos respectivamente). No encuentran interacciones de genotipo y dieta sobre el peso absoluto de los distintos órganos evaluados. Fue mayor el efecto de la inclusión de mayores niveles de fibra en la dieta que el del genotipo.

Macías et al. (2008a) realizan un experimento con el objetivo de estudiar el efecto del genotipo y de la fuente de energía en índices cecales propios de la actividad fermentativa de la microflora que allí reside. Para ello, comparan cerdos Criollo Cubano con híbridos comerciales LWxLxCC21xL35 que son cebados a voluntad con dietas de harina de cereales y soya (FC, 6,90%); o miel B (FC, 4,08%); o palmiche entero (fruto de plama *Roystonea regia HBK Stend*) (FC, 25,13%), y se examinan características de la función cecal después de un ayuno nocturno. Encuentran que no hubo interacción de genotipo x dieta. No se halló efecto de genotipo para ninguna de las medidas morfométricas, pero los Criollo Cubano mostraron valores más bajos ($P < 0,05$) en la concentración de MS y en el contenido cecal de la digesta seca. No encontraron efecto significativo del genotipo ($P < 0,05$) en la concentración cecal de metabolitos fermentativos aunque la cantidad cecal de amoníaco fue

mayor ($P < 0,05$) en los CC21, debido al mayor contenido de digesta en los híbridos.

Macías et al. (2008b) comparan la salida fecal e ileal en cerdos Criollo Cubano rústicos o mejorados, alimentados con dietas de mieles enriquecidas de caña de azúcar y harina de soya (en proporción 67:29), la que en un segundo tratamiento se sustituyó por un 20% en BS por afrecho de trigo. No encontraron interacción ($P > 0,05$) en ninguna de las medidas realizadas. El genotipo no influyó ($P > 0,05$) en la salida ileal o fecal de material fresco y agua pero la MS fecal fue mayor y la digestibilidad rectal fue menor en los cerdos rústicos.

Ly et al. (2010) evalúan la digestibilidad rectal y la excreción fecal en cerdos Criollos Cubano y CC21 de 30 Kg, con dos dietas de cereales y granos con diferentes niveles de FC (6 y 12%) proporcionados por la introducción en el alimento de harina de palmiche (*Roystonea regia* BHK Cook) secado y molido. No se encontró efecto significativo ($P > 0,05$) de tratamiento por ninguna medida. Los CC21 fueron más eficientes en la digestibilidad de MS; MO; FC y N que los criollos pero el efecto no fue significativo ($P > 0,05$), posiblemente por la gran variabilidad individual. Encontraron tendencias no significativas ($P > 0,05$) para aumento de la digestibilidad de la FC y disminución de la de las fracciones MS, MO y N al aumentar la concentración de fibra. La salida fecal de materias frescas tendió a ser mayor en los Criollo.

Macías et al. (2010a) realizan un experimento para estudiar el efecto de la fuente de energía en la dieta (cereales, palmiche o miel B de caña de azúcar) y genotipos (Criollo Cubano y CC21) en el contenido digestivo. Los animales fueron sacrificados a los 110 Kg de PV, inmediatamente antes de la distribución diaria de alimento, sin ayuno previo. No se encontró efecto significativo ($P > 0,05$) del tipo de cerdos en el contenido de digesta fresca en valores absolutos y relativos, ni en la contribución de la digesta de cada órgano al total. El total de digesta fresca fue 33,33 y 34,25 g/Kg del peso de faena para Criollo y CC21 respectivamente. La digesta contenida en el intestino grueso fue 71,47% para Criollo y 70,81% para los CC21. La dieta de palmiche (entero, con 35,8% de FC) determinó un mayor contenido de digesta fresca (62,89 g/Kg, $P < 0,001$) que en las otras dos (72,91 y 63,60 g/Kg para cereales y miel B respectivamente). Se encontró una asociación estrechamente significativa entre

el peso de la digesta fresca y el peso del intestino grueso vacío ($P < 0,05$). Concluyeron que los Cerdos Criollo alimentados ad libitum con dietas no convencionales, no mostraron diferencias con los mejorados en cuanto al contenido de digesta en el tracto gastrointestinal. La diferencia en el contenido de digesta de los cerdos alimentados por melaza y palmiche la explicarían por las diferencias en el contenido de fibra en las dietas.

Para evaluar el efecto sobre el patrón de consumo de alimentos fibrosos, Díaz et al. (2010) compararon cerdos Criollo Cubano y CC21 con un peso inicial de 30 Kg, a los que se les suministró una dieta comercial, con inclusión o no, de un 20% de harina de palmiche (*Roystonea regia BHK Cook*) molido. No encontraron interacción entre genotipo y dieta ($P > 0,05$). Los cerdos Criollo mostraron más irregularidades en su comportamiento y esto fue más evidente cuando la dieta contenía palmiche. La raza ejerció un efecto significativo en todos los indicadores medidos. El tiempo medio de ingestión varió ($P < 0,001$) desde 74,1 minutos en los cerdos comerciales a 103 en los Criollo. La velocidad media de ingestión fue menor ($P < 0,05$) y las visitas al comedero fueron más numerosas ($P < 0,001$) en los Criollo. Los Criollo fueron más lentos independientemente de la dieta. Los CC21 comieron más ($P < 0,05$) y más rápidamente ($P < 0,01$) por lo que los autores concluyen que los cerdos Criollo no mostraron una superioridad evidente frente a los cerdos especializados cuando consumieron una dieta con inclusión de palmiche.

Macías et al. (2008b) evalúan los patrones de consumo de alimento de cerdos Criollo Cubano rústicos o mejorados alimentados con una dieta de miel rica y harina de soya, con o sin inclusión de 20% de salvado de trigo, no encontrando interacción ($P > 0,05$) entre los factores evaluados.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

A. HIPÓTESIS EXPERIMENTALES

En función de los objetivos planteados en la introducción de este trabajo, se plantean las siguientes hipótesis experimentales:

- Los cerdos de raza Pampa Rocha presentan mayor digestibilidad de nutrientes en dietas ricas en fibra que los cerdos Duroc;
- Dicha diferencia aumenta a medida que los animales aumentan su peso vivo;
- La mayor diferencia se da en las fracciones fibrosas.

B. DISEÑO EXPERIMENTAL

Se plantea un diseño factorial de dos vías, siendo los factores analizados la raza (Duroc o Pampa Rocha) y el peso vivo (60Kg o 100Kg); las variables dependientes analizadas fueron la digestibilidad de la materia seca, materia orgánica, cenizas, proteína bruta, fibra detergente neutro y fibra detergente ácido.

C. SITIOS EXPERIMENTALES

El trabajo de campo se realizó en la Sala de Digestibilidad y Metabolismo de la Estación de Prueba de Reproductores Porcinos de la Facultad de Agronomía, cita en Sayago, Montevideo, la que cuenta con 6 jaulas metabólicas.

Cuadro 21. Temperaturas registradas durante el ensayo

Duroc, primera prueba

Fecha	Promedio	Máxima	Mínima
Máxima diaria	12,8	16,0	9,0
Mínima diaria	7,2	10,0	4,0
Promedio diario	10,0	13,0	6,5

Pampa Rocha, primera prueba

Fecha	Promedio	Máxima	Mínima
Máxima diaria	13,6	20,0	10,0
Mínima diaria	7,1	12,0	4,0
Promedio diario	10,4	16,0	7,0

Duroc, segunda prueba

Fecha	Promedio	Máxima	Mínima
Máxima diaria	20,4	23,0	10,0
Mínima diaria	7,6	9,0	4,0
Promedio diario	14,0	16,0	7,0

Pampa Rocha, segunda prueba

Fecha	Promedio	Máxima	Mínima
Máxima diaria	24,1	30,0	19,0
Mínima diaria	15,8	22,0	10,0
Promedio diario	19,9	26,0	14,5

La primera prueba (animales de 60 Kg de PV) se desarrolló en los meses de junio y julio (invierno), con una temperatura mínima de 4°C y una temperatura máxima de 20°C, mientras que la segunda prueba (animales de 100 Kg de PV) se desarrolló en los meses de setiembre y octubre (primavera) y las temperaturas variaron entre 4°C y 30°C (Cuadro 21).

Los análisis de alimentos ofrecidos, rechazados y heces, se realizaron en el laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Veterinaria.

D. DIETA EXPERIMENTAL

Se definió una dieta experimental en base a maíz molido, harina de alfalfa y harina de expeler de girasol (Cuadro 22), con un aporte estimado de 87,94% de materia seca, 16,10% de proteína bruta, 3,72% de extracto etéreo, 15,01% de fibra cruda, 6,67% de cenizas y 2859 KCal/Kg de energía digestible (Cuadro 23).

Cuadro 22. Composición de la dieta experimental

Composición	%
Maíz	48,97
Harina de alfalfa	27,48
Harina de girasol	18,69
Harina de Carne 45	4,50
Sal	0,26
Núcleo de α -AA, Vit. y minerales	0,10

El cuadro 24 resume el aporte nutricional real de la dieta, tal cual surge de los análisis químicos.

Cuadro 23. Aporte nutricional estimado de la dieta experimental

Aporte nutricional	%
Materia Seca	87,94
Proteína	16,10
Extracto etéreo	3,72
Fibra Cruda	15,01
Cenizas	6,67
Lisina	0,60
Metionina	0,30
Metionina + Cistina	0,54
Treonina	0,58
Triptofano	0,19
Arginina	1,00
Glicina	1,03
Glicina + Serina	1,69
Histidina	0,37
Isoleucina	0,65
Leucina	1,21
Fenilalanina	0,71
Fenilalanina + Tirosina	1,17
Valina	0,72
Calcio	1,06
Fósforo	0,60
Fósforo Disponible	0,31
Sodio	0,18
Potasio	0,89
Cloro	0,24
Magnesio	0,25
Ácido Linoléico	1,26
Energía digestible, Kcal/Kg	2859

Cuadro 24. Composición química de la dieta experimental expresada en base fresca (BF) y base seca (BS)

	BF (%)	BS (%)
Materia Seca	88,03	
Cenizas	8,15	9,26
Materia Orgánica	79,88	90,74
Proteína Cruda	15,41	17,50
Fibra Detergente Neutro	35,18	39,96
Fibra Detergente Ácido	24,73	28,09

E. ANIMALES

Para la primera prueba, se utilizaron un total de 12 cerdos machos castrados de aproximadamente 60 Kg: 6 cachorros Duroc provenientes del criadero de cerdos del Centro Regional Sur de la Facultad de Agronomía y 6 animales Pampa Rocha provenientes del Centro Regional de Educación y Experimentación (C.R.E.E.), Barrancas, Rocha (Cuadro 25).

Esos mismos animales volvieron a utilizarse en la segunda prueba, al alcanzar un peso vivo aproximado de 100 Kg (Cuadro 25).

Cuadro 25. Peso de los animales durante el ensayo

	1ª prueba	2ª prueba	Egreso
Promedios:			
DJ	58,9	95,1	100,9
PR	62,8	105,0	106,1
Desvíos estándar			
DJ	2,4	3,0	1,7
PR	2,3	11,5	9,2

F. DESARROLLO DEL EXPERIMENTO

1. Sala de digestibilidad

El trabajo desarrollado en la sala de digestibilidad, consistió en cuatro ingresos a jaulas de 6 animales, correspondiendo cada uno de ellos a las cuatro posibles combinaciones de pesos vivos y tipos genéticos definidas.

Los animales fueron alojados en confinamiento, en bretes individuales con piso de cemento, separados por rejas metálicas, dentro de un local techado, en la Estación de Prueba de Reproductores Porcinos, hasta el momento del ingreso a la primera prueba y entre la primera y segunda prueba.

La rutina experimental en cada uno de ellos fue exactamente igual.

a. Período de adaptación

Al alcanzar los animales en promedio los pesos definidos, se los trasladó a la sala de digestibilidad, se los pesó de forma individual y se los ingresó a las jaulas que fueron asignadas en forma aleatoria, suministrándoles la dieta experimental por un período de adaptación a la misma de siete días.

El alimento diario ofrecido a cada animal se calculó en base a su peso corporal (4% del PV), siendo suministrado en dos ocasiones al día (9:00 y 15:00 hs). El agua fue suministrada a voluntad mediante bebederos tipo chupete (tetina).

En el cuarto día del período de adaptación, se midió la cantidad de alimento ingerido diariamente y excretas producidas, para a partir de dicha información, definir el nivel de alimentación que minimizara el alimento rechazado y las alícuotas para la toma de muestras durante el período experimental.

b. Período de recolección

Se pesaron los animales individualmente en el inicio del período de recolección, que tuvo una duración total de 10 días.

Se suministró el alimento diario en dos partes iguales a las 9:00 y 15:00 horas aplicando el criterio definido en el período de adaptación. El agua fue suministrada a voluntad mediante bebederos tipo chupete (tetina).

Se realizó un muestreo diario del alimento (50 g) con el que, al finalizar el período se conformó una muestra compuesta que fue enviada al laboratorio de análisis.

Diariamente, se recogieron y cuantificaron el total de heces, se mezclaron intensamente y se extrajeron muestras de las heces de cada animal para determinar el porcentaje de materia seca (estufa a 100°C durante 24 hs., en la sala de digestibilidad) y el consumo de materia seca conservándose un 50% de las heces para la formación de muestras compuestas.

En forma similar, se procedió con el alimento rechazado por los animales.

Las muestras de alimento ofrecido, rechazado y de heces, se conservaron por congelamiento hasta la finalización del período de recolección.

c. Muestras compuestas

Al finalizar el período de recolección, se formaron muestras compuestas de alimento, rechazo y excretas, de 500 g cada una de ellas.

Para rechazo y excretas se elaboró una muestra para cada animal mientras que para alimento ofertado, se elaboró una única muestra representativa.

Las muestras compuestas fueron enviadas al Laboratorio de Nutrición de Facultad de Veterinaria para su análisis químico.

2. Análisis químicos

Las muestras de alimento ofrecido, rechazado y heces, se secaron y molieron antes del análisis.

El análisis de cenizas, materia orgánica (MO) y proteína cruda (PC) se llevaron a cabo de acuerdo a los métodos estándar (AOAC, 1990) y los análisis de fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) se realizaron mediante los métodos de Van Soest y Robertson (1980).

Todos los análisis fueron duplicados y posteriormente promediados sus resultados.

3. Determinaciones y análisis estadístico

Para cada animal, se determinó el consumo por diferencia entre lo ofrecido y rechazado expresándose en valores absolutos (Kg/día).

Se calculó la digestibilidad aparente de la materia seca, materia orgánica, proteína cruda, fibra detergente neutro y fibra detergente ácido.

Se calculó la digestibilidad aparente (DA_x) de la materia seca, materia orgánica, proteína cruda, fibra detergente neutro y fibra detergente ácido mediante la fórmula:

$$DA_x (\%) = [C_x (\text{Kg/día}) - E_x (\text{Kg/día})] / [C_x (\text{Kg/día})] \times 100$$

donde C_x representa el consumo, E_x las excretas y el subíndice x la fracción del alimento analizada.

Los resultados obtenidos fueron procesados mediante análisis de varianza de dos vías siendo los factores principales la raza (PR y DJ) y el peso

vivo (Prueba 1: 60 Kg y Prueba 2: 100 Kg). Cabe mencionar que para el análisis de FDA, el tamaño de muestra en el grupo DJ de la primera prueba fue cinco, en lugar de seis como para el resto de las variables evaluadas en todos los grupos.

En todos los casos los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza fueron evaluados mediante las pruebas de Kolmogorov – Smirnov y Levene, respectivamente.

Para las fracciones materia seca y materia orgánica, los datos fueron transformados al inverso para cumplir con los mencionados supuestos.

Finalmente, para analizar diferencias en los valores medios de cada grupo se realizó el test HSD de Tukey.

A lo largo del texto, los valores reportados corresponden a la media aritmética \pm 1 desvío estándar, mientras que el valor de significancia fue fijado al 5%.

IV. RESULTADOS

Los valores de alimento ofrecido, rechazado y heces, los análisis de laboratorio y estimaciones de digestibilidad pueden observarse en los anexos No.1 al No.40.

Los valores del estadístico F y las probabilidades asociadas para todos los análisis realizados se presentan en el Anexo 41.

A. **DIGESTIBILIDAD TOTAL APARENTE DE LA MATERIA SECA**

Se observó una interacción significativa entre el genotipo y el peso vivo, dada por mayores valores de digestibilidad para los animales PR de la segunda prueba. En este sentido, los análisis a posteriori indican que este grupo fue significativamente mayor que el resto, no existiendo diferencias entre los otros tres grupos (Cuadro 26, Gráfico 1).

Cuadro 26. Digestibilidad total aparente de la materia seca

Genotipo	Peso vivo, Kg	Digestibilidad de la materia seca, %		
		medias	s.d.	n
DJ	58,9±2,4	65,35 b	1,16	6
PR	62,8±2,3	66,26 b	1,66	6
DJ	95,1±3,0	66,41 b	0,65	6
PR	105,0±11,5	75,74 a	3,58	6

a, b Medias con diferentes índices son diferentes en $P < 0,05$

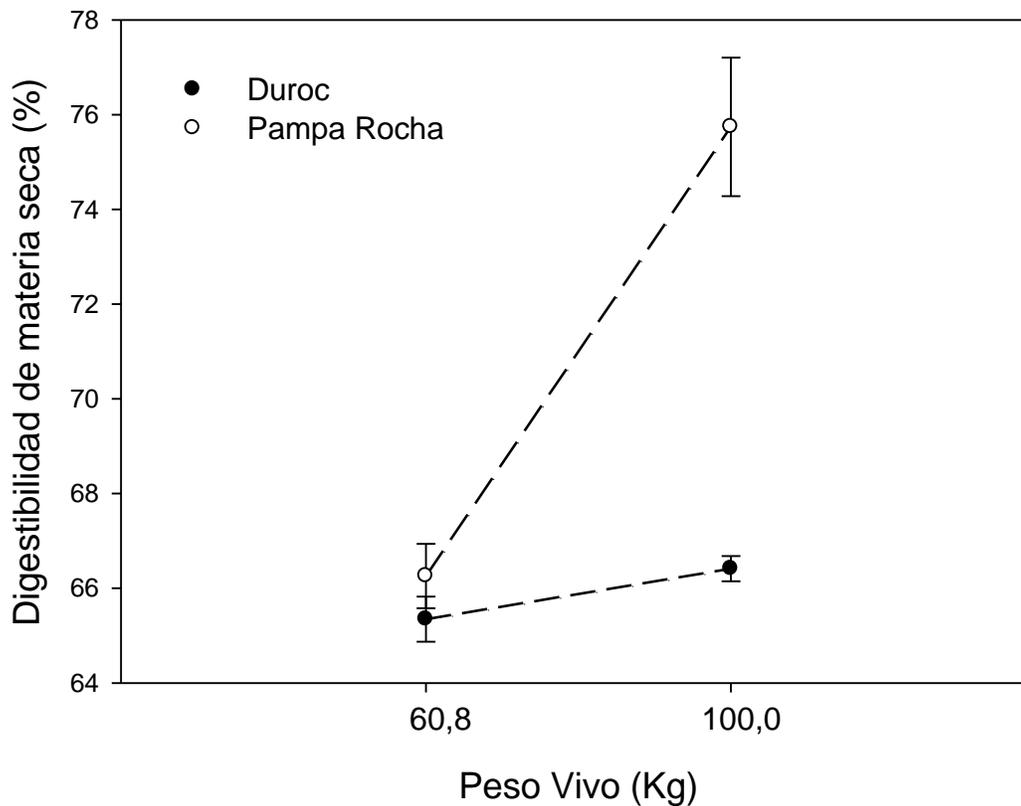


Gráfico 1. Digestibilidad total aparente de la materia seca (las barras representan ± 1 error estándar)

B. DIGESTIBILIDAD TOTAL APARENTE DE CENIZAS

Los resultados indican que la digestibilidad de la ceniza fue afectada únicamente por el peso vivo de los animales. Los análisis a posteriori indicaron que los dos grupos durante la primera prueba fueron significativamente menores que los dos grupos en la segunda prueba, no existiendo diferencias entre genotipos en ninguna de las pruebas (Cuadro 27, Gráfico 2).

Cuadro 27. Digestibilidad total aparente de las cenizas

Genotipo	Peso vivo, Kg	Digestibilidad de las cenizas, %		
		medias	s.d.	n
DJ	58,9±2,4	49,36 b	5,96	6
PR	62,8±2,3	48,79 b	2,39	6
DJ	95,1±3,0	58,43 a	2,11	6
PR	105,0±11,5	63,69 a	5,03	6

a, b Medias con diferentes índices son diferentes en P<0,05

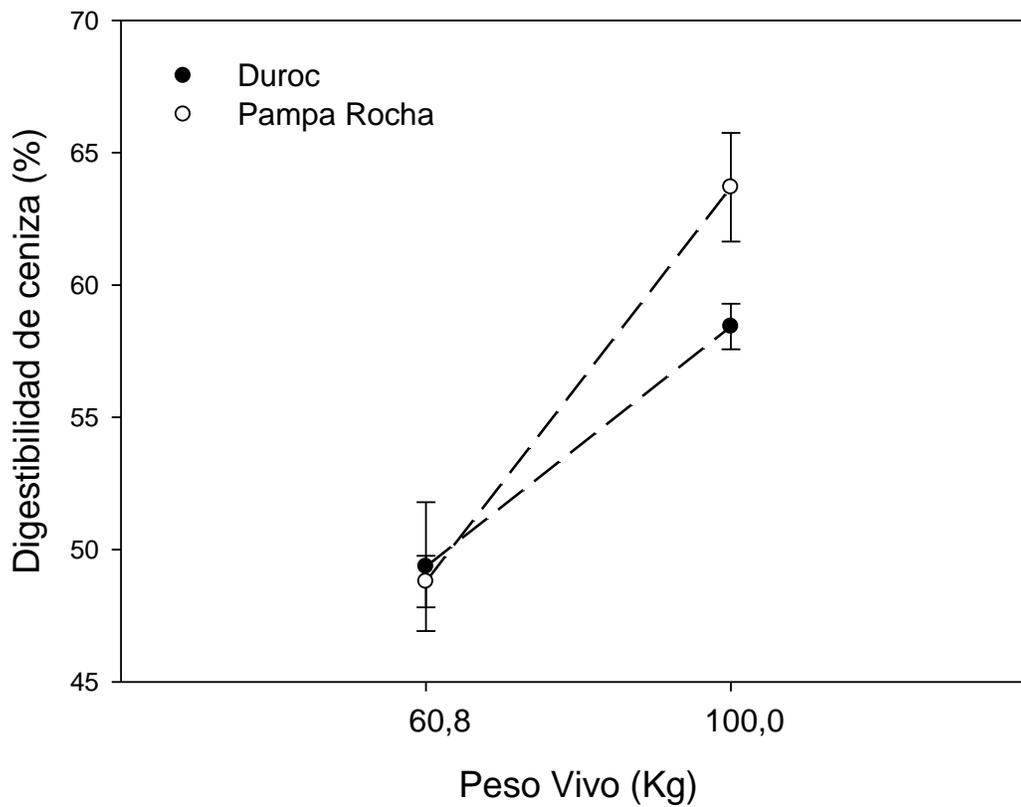


Gráfico 2. Digestibilidad total aparente de las cenizas (las barras representan ± 1 error estándar)

C. DIGESTIBILIDAD TOTAL APARENTE DE LA MATERIA ORGÁNICA

Existió una interacción significativa entre el genotipo y el peso vivo, dada por mayores valores de digestibilidad para los animales PR de la segunda prueba. En este sentido, los análisis a posteriori indicaron que los cerdos PR durante la segunda prueba presentaron digestibilidad superior a las de los otros tres grupos, no existiendo diferencias entre estos últimos (Cuadro 28, Gráfico 3).

Cuadro 28. Digestibilidad total aparente de la materia orgánica

Genotipo	Peso vivo, Kg	Digestibilidad de la materia orgánica, %		
		media	s.d.	n
DJ	58,9±2,4	66,98 b	1,14	6
PR	62,8±2,3	68,04 b	1,84	6
DJ	95,1±3,0	67,24 b	0,63	6
PR	105,0±11,5	77,01 a	3,49	6

a, b Medias con diferentes índices son diferentes en $P < 0,05$

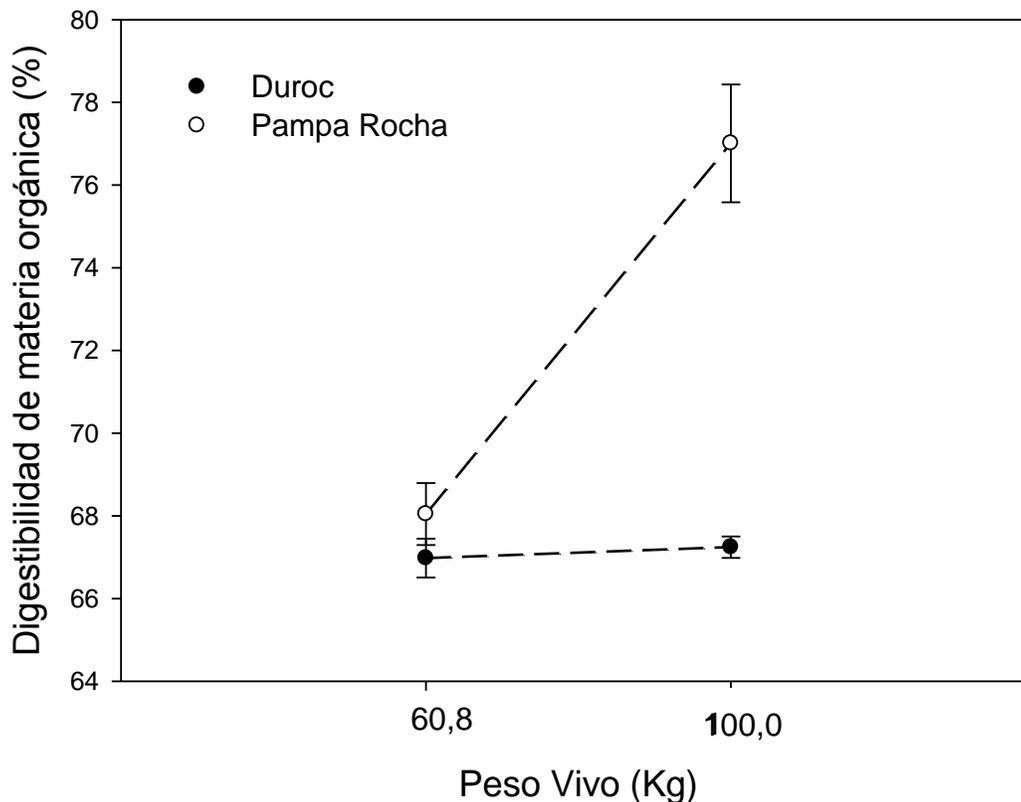


Gráfico 3. Digestibilidad de la material organica (las barras representan ± 1 error estándar)

D. DIGESTIBILIDAD TOTAL APARENTE DE LA PROTEÍNA CRUDA

Se observó un efecto significativo tanto del genotipo como del peso vivo de los animales. Los análisis pareados indicaron que la digestibilidad de los PR en la segunda prueba fue significativamente mayor que en los otros tres grupos, y que la digestibilidad de los DJ en la segunda prueba fue mayor que la del mismo genotipo en la primera (Cuadro 29, Gráfico 4).

Cuadro 29. Digestibilidad total aparente de la proteína cruda

Genotipo	Peso vivo, Kg	Digestibilidad de la proteína cruda, %		
		medias	s.d.	n
DJ	58,9±2,4	59,13 c	10,07	6
PR	62,8±2,3	65,09 b	2,95	6
DJ	95,1±3,0	71,43 b	1,65	6
PR	105,0±11,5	80,50 a	2,36	6

a, b Medias con diferentes índices son diferentes en P<0,05

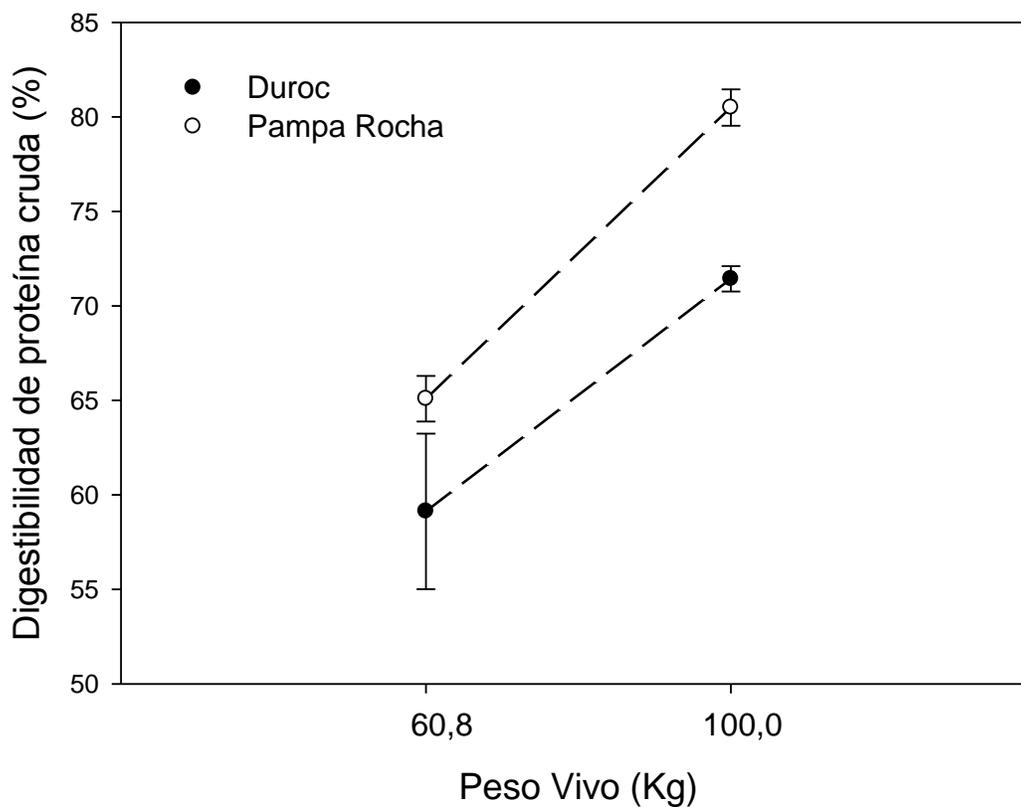


Gráfico 4. Digestibilidad total aparente de la proteína cruda (las barras representan ± 1 error estándar)

E. DIGESTIBILIDAD TOTAL APARENTE DE LA FIBRA DETERGENTE NEUTRO

Existió un efecto del genotipo y del peso vivo sobre la digestibilidad de la FDN, siendo mayor en la segunda prueba y en los animales PR. Los análisis a posteriori indicaron que los PR durante la segunda prueba presentaron mayores valores que los DJ durante la primera (Cuadro 30, Gráfico 5).

Cuadro 30. Digestibilidad total aparente de la fibra detergente neutro

Genotipo	Peso vivo, Kg	Digestibilidad de la FDN, %		
		medias	s.d.	N
DJ	58,9±2,4	50,78 b	8,09	6
PR	62,8±2,3	55,39 a,b	8,59	6
DJ	95,1±3,0	55,10 a,b	7,23	6
PR	105,0±11,5	66,30 a	9,62	6

a, b Medias con diferentes índices son diferentes en $P < 0,05$

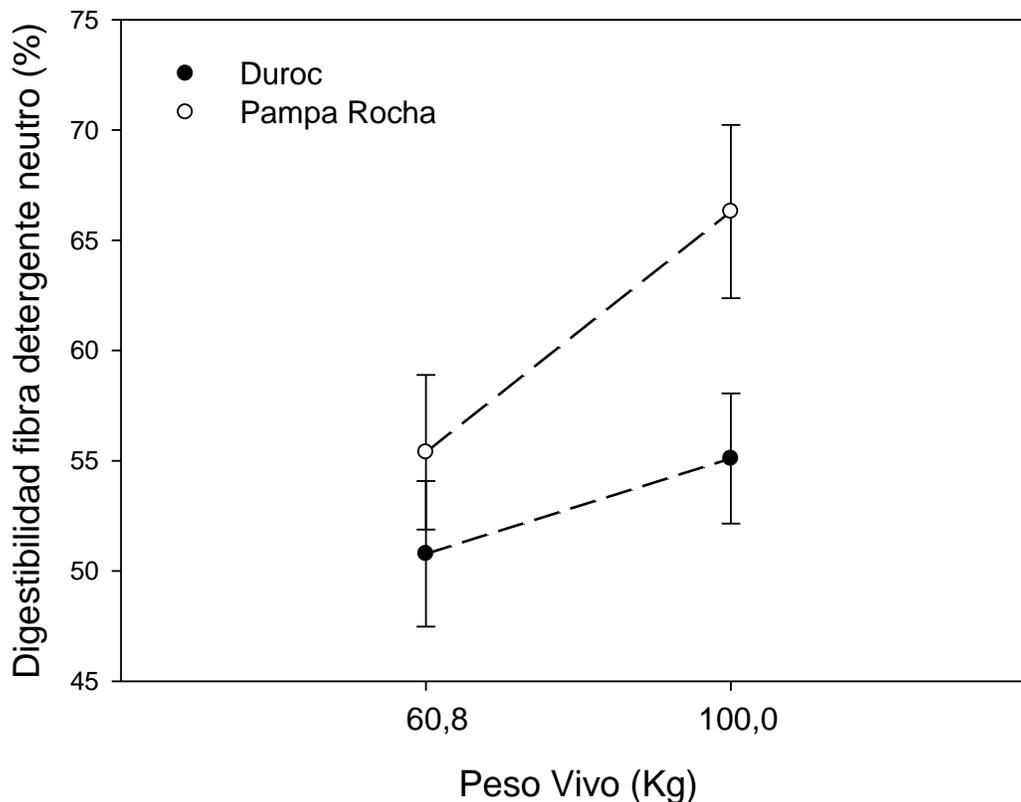


Gráfico 5. Digestibilidad total aparente de la fibra detergente neutro (las barras representan ± 1 error estándar)

F. DIGESTIBILIDAD TOTAL APARENTE DE LA FIBRA DETERGENTE ÁCIDO

Se observó una interacción entre el genotipo y el peso vivo de los animales. En este sentido, las pruebas pareadas indican mayores valores para los cerdos PR durante la segunda prueba en comparación con los otros tres grupos, no existiendo diferencias entre estos últimos (Cuadro 31, Gráfico 6).

Cuadro 31. Digestibilidad total aparente de la fibra detergente ácido

Genotipo	Peso Vivo, Kg	Digestibilidad de la FDA, %		
		medias	s.d.	n
DJ	58,9±2,4	50,38 b	2,05	5
PR	62,8±2,3	51,45 b	1,46	6
DJ	95,1±3,0	49,44 b	3,41	6
PR	105,0±11,5	65,36 a	5,80	6

a, b Medias con diferentes índices son diferentes en $P < 0,05$

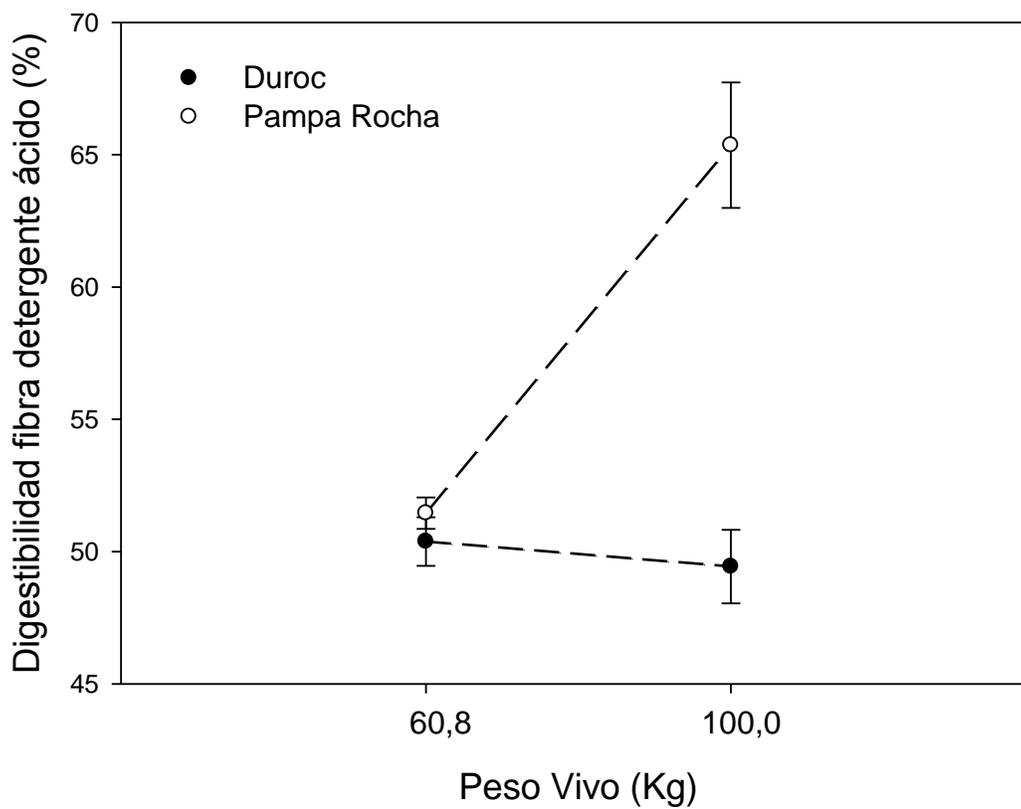


Gráfico 6. Digestibilidad total aparente de la fibra detergente ácido neutro (las barras representan ± 1 error estándar)

V. DISCUSIÓN

A. **COMPARACIÓN CON EVALUACIONES DE DIGESTIBILIDAD DE CATEGORÍAS ANIMALES, FUENTES Y NIVELES DE FIBRA SIMILARES**

Los resultados obtenidos indican que existe un claro efecto de los dos factores analizados sobre la digestibilidad de todas las fracciones del alimento consideradas. Específicamente, se encontró que: (1) los cerdos PR mostraron mayores digestibilidades que los DJ (excepto para cenizas), (2) en todos los casos ocurre un aumento de la digestibilidad con el peso vivo y (3) el análisis de la interacción entre factores indica que en tres casos (materia seca, materia orgánica y FDA) los mayores valores observados para los cerdos PR se deben solamente a diferencias para los animales ingresados en la segunda prueba.

Debido a la no existencia de estudios previos sobre digestibilidad realizados con cerdos Pampa Rocha, sólo es posible realizar comparaciones con información obtenida de ensayos realizados con otros genotipos.

La ración experimental, como se puede observar en el cuadro 22, contiene 27,48% de harina de alfalfa y del análisis de su composición, se desprende que posee 35,18% de FDN y 24,73% de FDA en base tal cual ofrecido y 39,96% de FDN y 28,09% de FDA en base seca (Cuadro 23).

La digestibilidad de la materia seca en este experimento arrojó una media general de 68,44% \pm 4,74. Este valor es algo superior al obtenido por Kass et al. (1980a) cuando la dieta suministrada a los animales contuvo 20% de harina de alfalfa (61.2%) y algo inferior que los resultados obtenidos por Pond et al. (1986) trabajando con similares niveles de alfalfa desecada y molida (78,4%).

La media general para digestibilidad de la proteína cruda (69,04% \pm 9,55) también se encuentra entre los valores hallados por Kass et al. (1980a), Pond et al. (1986) para dietas con un 20% de inclusión de harina de alfalfa (52,4% y 74.9% respectivamente).

En cuanto a los valores de digestibilidad aparente total de las fracciones de pared celular ($56,89\% \pm 9,80$ y $54,32\% \pm 7,56$ para FDN y FDA respectivamente), son bastante mayores a los obtenidos por Kass et al. (1980a) ($33,8\%$ y $9,7\%$ para digestibilidad de pared celular y FDA respectivamente) y algo mayores a los de Pond et al. (1986) ($45,1\%$ y $48,0\%$ en la primera réplica y $39,9\%$ y $36,2\%$ en la segunda para digestibilidad de la pared celular y FDA respectivamente). Sin embargo, aun para estas fracciones, la similitud de los resultados con los obtenidos por Pond et al. (1986) es mucho mayor a la que existe entre esos resultados y los de Kass et al. (1980a).

Debe tenerse en cuenta que el peso de los animales considerados en los mencionados ensayos, son menores a los del presente experimento, lo que puede estar afectando la digestibilidad de las fracciones de pared celular, tal como lo han evidenciado numerosos trabajos de investigación (Whiting y Bezeau 1956b, Cunningham et al. 1962, Gargallo y Zimmerman 1980, Varel y Pond 1985, Varel 1987, Noblet y Shi 1994, Le Goff y Noblet 2001). Sin embargo, el trabajo de Kass et al. (1980a), tomado como referencia por la similitud de la dieta experimental en el contenido de harina de alfalfa y, hasta cierto punto, por el peso de los animales, no concuerda en este aspecto al obtener mayores digestibilidades en animales de menor peso corporal.

Pond et al. (1986) encuentran que independientemente de la fuente fibrosa, el aumento de los niveles de fibra, origina un aumento de la digestibilidad de la FDN y FDA y que cuando la fuente de fibra es harina de alfalfa, la digestibilidad de la FDA y la celulosa, son mayores que cuando se emplean otras fuentes fibrosas (como las mazorcas de maíz). Ambos aspectos pueden estar afectando la digestibilidad de estas fracciones, dado que tanto el contenido de harina de alfalfa como el contenido de fibra de la ración experimental, fue mayor al de Pond et al. (1986) ($27,48\%$ y $35,18\%$ de contenido de harina de alfalfa y FDN respectivamente, frente a 20% y $18,5\%$ respectivamente en el ensayo de Pond et al. 1986).

Len (2008b), trabajando con dietas conteniendo 32% de FDN, valor muy similar al del presente experimento (cuyas fuentes fibrosas fueron salvado de arroz, harina de follaje de boniato y harina de residuos de yuca), halla valores de digestibilidad aparente total para FDN de 50% , lo que es muy similar a los valores hallados en este trabajo.

B. ADAPTACIÓN DE LA RAZA PAMPA ROCHA A LA ALIMENTACIÓN CON DIETAS RICAS EN FIBRA

Del presente ensayo, se concluye que los cerdos Pampa Rocha aumentan la capacidad para digerir un alimento fibroso al aumentar su peso vivo ($P < 0,05$) y que, al alcanzar los 100 Kg de PV presentan mayor digestibilidad que los DJ ($P < 0,05$), al menos cuando la fuente de fibra es fundamentalmente alfalfa.

Sin embargo, debemos ser precavidos al considerar dichas conclusiones dado que no existen evaluaciones anteriores de digestibilidad de alimentos fibrosos en cerdos de raza Pampa Rocha.

Por otra parte, los resultados contradictorios obtenidos en los estudios de digestibilidad de alimentos ricos en fibra de cerdos de la raza Meishan cuando varía la fuente (Hikami et al. 1991, Kemp et al. 1991, Fevrier et al. 1992, Yen et al. 2004, Urriola y Stein 2010), nos obligan a ser cautelosos en la extrapolación de estos resultados, considerando que sería necesario nuevos ensayos con diferentes fuentes fibrosas antes de poder concluir que la raza Pampa Rocha posee superioridad para el aprovechamiento de todas las fuentes de fibra nutricional.

De todos modos, estos resultados, se alinean junto a anteriores evidencias experimentales que lo muestran como un genotipo adaptado a la cría en condiciones pastoriles con altos niveles de restricción de alimentos concentrados durante la gestación (Vadell et al., 1997).

Garin et al. (2002, 2003), quienes encuentran que los cachorros Pampa Rocha entre 35 y 60 Kg. poseen significativamente mayor capacidad para consumir forraje picado (2,5 cm de largo) de trébol blanco (*Trifolium repens*) ofrecido como único alimento que los cachorros híbridos Large White x Duroc, estarían evidenciando otro posible aspecto de su adaptación al consumo de este tipo de alimentos.

No se encontraron referencias bibliográficas destinadas al estudio de la morfometría de órganos digestivos de los cerdos Pampa Rocha. Sin embargo, los resultados de Barlocco et al. (2003d), nos permiten inferir que existen diferencias entre Pampa Rocha puros y sus híbridos con Duroc, que vale la

pena estudiar. Estos autores, comparan cerdos de esos dos genotipos terminados con acceso a pastura y suministro restringido de ración balanceada (0,085 PV^{0,75}), estimando el rendimiento de la carcasa en referencia al peso vivo antes (R1) y después (R2) del ayuno sanitario de 48 hs previo a la faena.

A partir de esos valores, despejando variables (tal como se detalla en el Anexo No.42), puede llegarse a la siguiente fórmula que permite calcular la merma de peso durante el ayuno expresada como porcentaje del peso vivo antes del mismo:

$$\text{Merma de PV (\%)} = \{100 \times [1 - (R1/R2)]\}$$

Aplicándola, obtenemos valores de 5,46% de merma durante el ayuno para los animales híbridos y 6,50% para los Pampa Rocha puros.

Este dato puede ser un buen indicador del contenido total del TGI en cada uno de los tratamientos dado que la mayor fuente de variación entre los dos pesos (aunque no la única) está dada por el vaciado del tracto.

Observando que la merma de los animales Pampa Rocha se presentó 19% superior a la de los híbridos, podría suponerse que los cerdos Pampa Rocha desarrollan en mayor medida el aparato digestivo, lo que puede explicar, al menos en parte, su mayor capacidad para consumir y digerir alimentos ricos en fibra.

El menor peso corporal de los animales adultos de raza Pampa Rocha (Vadell et al., 2010) evidentemente está asociado a menor requerimiento de energía neta de mantenimiento (Brown y Mount 1982, Karege et al. 1999), siendo una ventaja comparativa en sistemas productivos donde la energía es un recurso limitante debido a la escasa disponibilidad por el alto contenido de fibra de los alimentos (Vadell et al., 1996).

Una mayor capacidad lactogénica de las hembras Pampa Rocha frente a los otros genotipos con los que se la ha comparado (Monteverde 2001, Monteverde et al. 2002) resultaría una ventaja en sistemas donde la única fuente de alimento segura es el forraje, aportando mayores nutrientes a la categoría con menores posibilidades de utilizarlo eficientemente (Whiting y

Bezeau 1956a, Cunningham et al. 1962, Goey y Ewan 1975, Gargallo y Zimmerman 1980, Len et al. 2009a).

C. LOS TIPOS GENÉTICOS LOCALES Y EL APROVECHAMIENTO DE DIETAS RICAS EN FIBRA

Ly (2008a) informa que en comparación con animales de otros sitios, los estudios que se han hecho con cerdos criollo locales en América sugieren que no existe una marcada habilidad de estos genotipos con respecto a la digestión de fibra, al igual que ocurre con el cerdo Ibérico y que a partir del conocimiento hasta ese punto de las investigaciones, los cerdos criollos (en particular los mexicanos y cubanos) no parecen manifestar una tendencia a incrementar con la edad cierta ventaja en su capacidad de digerir la fracción fibrosa de la dieta.

Lemus y Ly (2010) sostienen que uno de los paradigmas aceptados pero nunca demostrados experimentalmente, es que los cerdos nativos muestran habilidad para la digestión de alimentos bastos o fibrosos, precisamente por un aumento en la capacidad de digestión en ciego y colon, pero que hasta el presente, no existe evidencia experimental que sustente coherentemente esta hipótesis con una alta digestibilidad de la fracción fibrosa de la dieta en Pelón Mexicano, Cuino, Criollo Cubano, o criollos colombianos.

Becerril et al. (2006) concluyen a partir de sus resultados experimentales que el cerdo Pelón Mexicano es un animal de pequeño tamaño, con gran instinto para el consumo de forraje pero que es incapaz de tomar ventaja de esto debido a que no puede digerir la fibra y sentencia que esto termina con el mito de que los “cerdos de razas autóctonas” son capaces de digerir la fibra.

Se plantea la interrogante de si es correcto, tratándose de la digestibilidad de fibra, plantearse hipótesis tan genéricas que abarquen a todos nuestros cerdos criollos.

Para que eso fuese posible tendría que cumplirse que: (1) exista algún tipo de correlación entre la digestibilidad de fibra y alguna característica común

a todos los cerdos criollos americanos; o (2) que haya existido una genética común de origen que por sus características intrínsecas limitó la posible selección (natural o artificial) en uno u otro sentido; o (3) que todos los cerdos criollos hayan sido sometidos durante su formación como razas a condiciones ambientales que determinaron una evolución similar (Cardellino y Rovira, 1987).

Podría por ejemplo, dada la tendencia común de todos estos genotipos a depositar tejido adiposo (Barlocco et al. 2000a, Benítez 2001b, Galiotta et al. 2002, Méndez et al. 2002, Barlocco et al. 2003b, Agüero et al. 2006, Barlocco 2007, Camacho et al. 2008) plantearse la existencia de una correlación entre dicha característica y la digestibilidad de fibra.

En ese sentido, Pond et al. (1980), Varel et al. (1982), Pond et al. (1988), Varel et al. (1988), comparan las aptitudes para utilizar alimentos fibrosos de cerdos genéticamente obesos, magros y contemporáneos pero sus resultados no son concluyentes.

Por ejemplo, Pond et al. (1980, 1988) no encuentran interacciones entre el nivel de fibra de la dieta y el grupo genético para ganancia de peso, eficiencia de conversión o mediciones de carcasa. Al aumentar el nivel de fibra de la dieta, todos los tipos genéticos estudiados reducen la ganancia diaria en forma similar, no presentándose interacciones entre tipo genético y nivel de fibra en la dieta. De lo que concluyen que no surgen evidencias que existan diferencias genéticas relacionadas con la tendencia al engrasamiento vinculadas a la habilidad para utilizar la fibra dietética.

Varel et al. (1982, 1988) encuentran que cuando se suministra alfalfa como fuente de fibra, la digestibilidad in vivo de las dietas con y sin alfalfa es menor para los cerdos genéticamente obesos y, con las dietas altas en fibra, hallan un menor número de bacterias celulolíticas fecales en estos últimos. La velocidad de tránsito en el TGI es más rápida, pudiendo ser esta la explicación de la menor digestibilidad y menor conteo de bacterias celulolíticas.

La revisión bibliográfica se concentró en seis genotipos rústicos, de los cuales, cuatro son razas nativas (1 africana, Mukota; 2 asiáticas, Meishan y Mong Cai; y 1 europea, Ibérico) y dos criollas latinoamericanas (Pelón Mexicano y Criollo Cubano).

Es una muestra muy pequeña si se considera que sólo en China existen alrededor de 100 razas (Yañez et al., 2005) y en Vietnam, 60 (Len, 2008b), y que según Taysayavong y Preston (2010a) existen diferencias para las características consideradas entre razas vietnamitas, por ejemplo. Sin embargo,

se hallaron respuestas muy diversas entre genotipos ante el suministro de alimentos ricos en fibra (Kanengoni et al. 2002, Morales et al. 2003b, Macías et al. 2004, Becerril et al. 2006, Len et al. 2009a, Urriola y Stein 2010).

Dado que las seis razas revisadas poseen tendencia a la acumulación de tejido adiposo (Legault et al. 1983, Benítez 2001b, Morales 2002b, Méndez et al. 2002, Agüero et al. 2006, Camacho et al. 2008, Chimonyo et al. 2008, Preston y Rodríguez 2011) y la disparidad de resultados experimentales entre estas diferentes razas, se puede concluir que no existe relación alguna entre la tendencia de los genotipos a la deposición de tejido adiposo y su capacidad para la utilización nutricional de alimentos ricos en fibra.

Sintetizando la información, podríamos decir que los resultados son concluyentes en el sentido que los cerdos Mukota de Zimbabwe (Kanengoni et al., 2002) y Mong Cai de Vietnam (Len et al., 2009a), poseen una mayor capacidad para digerir alimentos fibrosos mientras que en los cerdos Ibérico (Morales et al., 2002a, 2003b), Pelón Mexicano (Becerril et al., 2006) y Criollo Cubano (Macías et al., 2004), su capacidad es menor y en los cerdos Meishan, los resultados experimentales aun no son concluyentes (Hikami et al. 1991, Kemp et al. 1991, Fevrier et al. 1992, Yen et al. 2004, Urriola y Stein 2010).

Podría suponerse entonces que, pese a la existencia de genotipos rústicos locales capaces de digerir mejor los alimentos fibrosos, no es esta una cualidad propia de los cerdos nativos europeos o criollos latinoamericanos, con un aporte genético importante de estas razas (Kim et al. 2002, Pérez 2006a, Grajeola y Lemús 2007, Ly 2008a). Podría incluso proponerse que existen limitaciones dadas por el clado del que se parte para una mayor digestibilidad de fibra que condiciona a los cerdos criollos latinoamericanos.

Según varios autores, a partir de análisis de ADN mitocondrial, los cerdos Ibérico pertenecen al mismo clado (Clado E1) que la mayoría de los jabalíes europeos (Kijas y Andersson 2001, Alves et al. 2003, Ollivier et al. 2005, Alves et al. 2009), del que excluyen algunos jabalíes del sur de Italia (Clado E2) (Kijas y Andersson 2001, Ollivier et al. 2005) y la mayor parte de las razas modernas europeas (Berkshire, Landrace, Large White, Duroc), de las que sostiene que poseen mayor similitud genética con las razas asiáticas (Clado A) que con los jabalíes europeos (Kijas y Andersson 2001, Kim et al. 2002, Alves et al. 2003, Ollivier et al. 2005, Alves et al. 2009) debido a la introgresión genética de cerdos domésticos asiáticos (Okumura et al., 2001).

Los resultados de Wierren (2000), quien concluye que el jabalí europeo posee mejores aptitudes para digerir fibra que los cerdos Meishan, descartaría

la posibilidad de que el clado E1 posea limitaciones intrínsecas para la digestibilidad de fibra.

Por otro lado, estudios en razas italianas de cerdos, encuentran resultados contradictorios. Zicarelli et al., citados por Ly (2008a), encuentran que las razas Casertana, Calabresa y Cavallina (propias de Italia meridional), son más eficientes para digerir dietas con altos niveles de elementos fibrosos que cerdos Large White. Sin embargo, Acciaioli et al. (2003) no pueden confirmar estos resultados en la raza Cinta Senese (también raza local italiana), dado que presentan peores índices de digestibilidad que los LW para todas las fracciones fibrosas estudiadas en una dieta donde se sustituyó la harina de soya por follaje de habas. Todo esto permite suponer que la capacidad genética para utilizar alimentos fibrosos está más influenciada por el proceso de formación de la raza y el medio ambiente en que debieron desarrollarse los animales (determinado por el sistema productivo) que por el origen genético del que se partió.

Incluso, dentro de las razas nativas ibéricas, existen evidencias en el sentido que algunos genotipos podrían digerir mejor que las razas mejoradas, diferentes fracciones de los alimentos fibrosos. Por ejemplo, Freire et al. (1998), encuentran que los cerdos Alentejano digieren mejor la energía y la FDA que los LW cuando la fuente fibrosa es salvado de trigo.

No es el caso de ninguno de los dos tipos genéticos criollos estudiados. No existe evidencia que los Criollo Cubano (Ly et al. 1998, Macías et al. 2004, Macías 2006c) o los Pelón Mexicano (Becerril et al., 2002, 2006) posean habilidades especiales para digerir la fibra.

Si nos limitamos a ellas, vuelve a plantearse la hipótesis de la existencia de limitaciones dadas por el origen genético de las poblaciones de cerdos criollos. Pero, nuestros cerdos criollos parecerían no compartir un único origen.

Muchos autores coinciden en el aporte de los cerdos de origen ibérico durante el proceso de colonización (Vadell y Barlocco s.f., Benítez y Sánchez 2001a, Benítez 2001b, Kelly et al. 2002, Kim et al. 2002, Urioste et al. 2002, Kelly et al. 2004, Vadell 2005, Pérez 2006a, Urioste et al. 2006, Hurtado 2006, Lemus 2008, Ly 2008, Vadell 2008, Lemus y Ly 2010).

Sin embargo, Kim et al. (2002) sostienen a partir del análisis del ADN mitocondrial que la estrecha asociación de los Pelón Mexicano (“cerdo en miniatura de Yucatán”) con el tipo europeo demuestra que estos cerdos son

descendientes de los cerdos europeos introducidos en el Nuevo Mundo por los primeros colonos, y Pérez (2006a) utilizando marcadores moleculares llegan a similares conclusiones para el Criollo Cubano. Pero Lemus (2008b) informa que el Pelón Mexicano tiene, según regiones, orígenes diversos, con amplios niveles de diversidad genética, suponiendo introgresión genética con cerdos de razas asiáticas para cerdos Pelón Mexicano de algunas regiones como Guerrero y Nayarit; Gonzalez (2011) afirma que los cerdos Cuino son de origen predominantemente asiático; mientras que Kelli et al. (2002, 2004) reconocen el aporte de los clados asiático y europeo en la formación de la raza Pampa Rocha.

De acuerdo con Darwin (1859) podría esperarse que los cerdos Criollos, con cierta independencia de la variedad en aportes genéticos particulares que recibió cada uno de ellos, una vez sometidos a condiciones de crianza similares y frente a una alta presión de selección dada por un medio hostil y por las exigencias productivas (Benítez, 2001b), pudieran haber evolucionado en un sentido similar, adaptándose a la oferta de alimentos disponibles (Darwin 1859, Cardellino y Rovira 1987). Pero no todos los genotipos criollos latinoamericanos se formaron en idénticas condiciones ambientales, fundamentalmente en lo que respecta a la oferta nutricional (Urioste et al. 2002, Agüero et al. 2006, Hurtado 2006, Sierra 2006).

Volviendo a los cerdos Ibérico, estos son engordados con alimentos bastos, ricos en fibra. Pero pese a su alto contenido en fibra, esta no es la principal forma en que se encuentra la energía de la bellota dado que contiene alta proporción de lípidos y almidón (FEDNA, 1999). Y según García (2010), el aporte nutricional de las pasturas a los cerdos Ibérico se limita a su proteína de calidad, siendo fundamentalmente una fuente de aminoácidos esenciales. En sintonía con la oferta nutricional, el cerdo Ibérico posee mayor capacidad para digerir lípidos que los genotipos mejorados (Boza et al., citados por Ly 2008a, Freire et al. 1998).

Cuando observamos los resultados experimentales de los cerdos Pelón Mexicano y Criollo Cubano, surgen similitudes: no poseen habilidades especiales para digerir alimentos fibrosos (Ly et al. 1998, Becerril et al. 2002, Macías et al. 2004, Becerril et al. 2006, Macías et al. 2006a, Macías 2006c); pero al igual que los Ibérico, tienden a digerir mejor la grasa del alimento (Ly et al. 1999, Grageola et al. 2010).

Al considerar la forma en que estos animales fueron criados durante el proceso de formación de los tipos genéticos, surge que son ambos animales de traspatio, con acceso a pastoreo. Pero cuentan a su disposición en ambas

situaciones, con alimentos donde el aporte energético de los lípidos es muy importante (aguacates, palmiche, bellotas, residuos domiciliarios) (Santana et al. 2001, Santana et al. 2004, Santana et al. 2005, Agüero et al. 2006, Ly y Rico 2006, Pérez 2006b, Sierra 2006, Grageola et al. 2008).

Mientras que los experimentos con cerdos Pelón Mexicano en pastoreo manifestaron desventajas con respecto a los cerdos mejorados, no ocurrió lo mismo cuando se suministraron alimentos locales como pulpa fresca de aguacate (Grageola et al., 2008), maíz y granos de mucuna hervidos y secados (Trejo et al., 2003), *Vigna unguiculata* y Frijol terciopelo (*Mucuna pruriens*) (Álvarez et al. 2007, Vázquez 2009).

Las condiciones donde se desarrolló el genotipo Pampa Rocha son muy diferentes (Urioste et al., 2002). En este caso, la pastura fue la principal fuente energética y proteica, y la única permanente a lo largo de todo el ciclo productivo. Es de esperar entonces que en el proceso de selección se haya originado un genotipo que por una u otra vía, se encuentre mejor adaptado a su aprovechamiento como alimento.

Y es lógico suponer que en otras partes del continente puedan haberse dado las condiciones para conformarse genotipos criollos que presenten habilidad para digerir la fibra. Y eso parecería ser lo que efectivamente sucede.

En esa dirección se encuentran los resultados de Toro (2008), quien halla que los cerdos de las razas Pata de Mula y San Pedreño de Colombia, en la mayoría de las determinaciones de digestibilidad utilizando diferentes fuentes fibrosas, se comportaron mejor que los genotipos mejorados, aunque aclara que por ser la suya la primera evaluación al respecto, aun no pueden extraerse conclusiones definitivas.

Por otra parte, las estrategias evolutivas de los genotipos para adaptarse a un alimento determinado pueden ser variadas y no siempre pasan por mejorar la capacidad para digerirlo. En ese sentido, Morales (2002b) plantea que el Cerdo Ibérico posee menor capacidad para digerir fibra que los animales Landrace y que esto se debe a una mayor velocidad de tránsito de la digesta asociada a un intestino más corto y menor carga microbiana celulolítica que a su vez está asociada a un mayor consumo. De modo que los cerdos de raza Ibérico, poseen un intestino más corto, que permite un tránsito más rápido y un mayor consumo de alimento y que esto origina una menor digestibilidad del mismo. Pero que este mayor consumo es en realidad una adaptación a alimentos bastos como son la bellota y el pasto. Digiere una menor proporción de cada unidad de alimento y en consecuencia lo aprovecha peor. Pero

compensa ese peor aprovechamiento aumentando la capacidad de consumo (Morales, 2002b).

Los resultados publicados por Garin et al. (2002, 2003), quienes observan que los cerdos Pampa Rocha tienen mayor capacidad de consumo de trébol rojo picado ofrecido como único alimento podrían ir en esa dirección.

Becerril et al. (2006), en Cerdos Pelón Mexicano y Rodríguez y Ly (1996) en Mong Cai, encuentran una mayor avidez por el consumo de alimentos fibrosos que los genotipos mejorados.

Otra posible estrategia puede encontrarse en el patrón de alimentación y rechazo. En ese sentido, Epifanio y Scalone (1990) observaron rechazo posterior a la masticación como una eficiente estrategia del cerdo para elevar la digestibilidad del alimento consumido cuando lo ofertado son pasturas de muy baja calidad.

Dado que la masa corporal tiene marcada influencia sobre las necesidades energéticas de los animales (Brown y Mount 1982, Karege et al. 1999), una reducción del peso adulto, como sucede en Pelón Mexicano y Cuino (Grageola y Lemús, 2007) y en menor medida en los Pampa Rocha (Vadell, 2005), podría también ser una estrategia adaptativa a medios donde la energía de los alimentos es de difícil disponibilidad.

Entonces, hechas todas las anteriores salvedades, podemos por el momento, inferir a partir de los resultados experimentales que la raza Pampa Rocha se ubica en el grupo de los genotipos locales que poseen alguna superioridad para digerir alimentos fibrosos, junto a las razas nativas Mukota de Zimbabwe (Kanengoni et al., 2002) y los Mong Cai de Vietnam (Len et al., 2009a).

Y, del mismo modo, que en este aspecto se aleja de las razas criollas Pelón Mexicano (Becerril et al., 2006) y Criollo Cubano (Macías et al., 2004), así como de los cerdos Ibérico (Morales et al., 2002a, 2003b).

De forma que si bien es cierto que no existen indicios que permitan concluir que todos los cerdos criollos latinoamericanos presenten superioridad para digerir fibra, sí existen indicios que permiten pensar que algunos genotipos criollos latinoamericanos poseen ventajas comparativas para la utilización de alimentos ricos en fibra y que esta ventaja podría aumentar, al aumentar el peso vivo de los animales.

Finalmente, los estudios realizados con cerdos Criollo Cubano y Pelón Mexicano sugieren que estos genotipos no poseen capacidad para hacer un buen aprovechamiento del nitrógeno dietético (Ly 2008a, Lemus y Ly 2010).

Esto parecería ser una constante de todos los genotipos rústicos (Fevrier et al. 1990, Kemp et al. 1991, Fevrier et al. 1992, Freire et al. 1998, Ly et al. 1998, Morales et al. 2003b, Yen et al. 2004, Khieu et al. 2005, Ly y Diéguez, citados por Macías 2006c, Ly 2008a, Len et al. 2007, Grageola et al. 2010, Lemus y Ly 2010, Barea et al. 2011), con la única excepción encontrada en la bibliografía de los cerdos Mukota de Zimbabwe donde la capacidad de retención del nitrógeno es similar a los cerdos mejorados (Kanengoni et al., 2001, 2002). Todos los demás genotipos han manifestado en diferentes ensayos una tendencia a menor eficiencia de utilización de este elemento, lo que estaría en concordancia con estudios realizados en otras razas rústicas como los cerdos Khondol de Camboya (Soulivanh et al., 2008).

Este hecho tiene especial importancia cuando se trata de evaluar el aprovechamiento de alimentos ricos en fibra, puesto que en muchos sistemas productivos, estos alimentos son una importante fuente protéica (Almaguel et al. 2006, Trómpiz et al. 2006, Domínguez et al. 2007, Leiva et al. 2008, Ly y Pok Samkol 2008c, Martínez et al. 2009, Sarria et al. 2010).

Varios autores (Morales 2002b, Ly et al. 2003, Morales et al. 2003a, Camacho et al. 2008, Ly 2008a, Barea et al. 2011) sugieren que la menor retención de nitrógeno de estos genotipos se asocia a menor requerimiento de tal elemento debido a limitaciones genéticas para la síntesis de tejido muscular, lo que deriva recursos nutricionales a la lipogénesis (“genotipos ahorrativos”). De lo que se desprende que la ineficiencia en la utilización de N de los genotipos rústicos se debería a una sobreestimación de los requerimientos nutricionales por haber sido calculados para genotipos con mayor capacidad de síntesis de tejidos magros. En consecuencia, los requerimientos nutricionales para el cerdo, definidos por estudios realizados en genotipos mejorados por selección u otras técnicas refinadas, no tienen mayor validez para los cerdos criollos (Ly, 2008a).

En el presente trabajo, a pesar de obtenerse una mayor digestibilidad del nitrógeno para los animales Pampa Rocha, no puede concluirse nada al respecto por no haberse evaluado las pérdidas urinarias.

D. RELACIÓN ENTRE LAS CARACTERÍSTICAS DEL CERDO PAMPA ROCHA Y EL INTERÉS ECONÓMICO DE LOS PRODUCTORES QUE LE DIERON ORIGEN

El genotipo Pampa Rocha proviene del Departamento de Rocha (concentrándose en las Secciones Judiciales 3^a, 4^a, 6^a y 9^a), en una zona netamente criadora, cuyo producto comercial son cachorros livianos que generalmente son engordados en las cercanías de la ciudad de Montevideo (Vadell et al., 1996).

La cría de cerdos en dicha región se realiza en forma extensiva, de modo que el pastoreo es la principal fuente de alimentación; siendo el uso de raciones balanceadas mínimo o nulo para la mayoría de los establecimientos y en muchos casos, los animales permanecen totalmente libres en el campo durante cierto tiempo, recurriendo a lo que de él obtengan como única fuente de alimento (Vadell et al., 1996).

De lo anterior se desprende que los principales parámetros productivos de importancia económica para el productor, son aquellos vinculados a la cría (número y kilos de lechones destetados por hembra por años, y sus componentes), y los vinculados a la supervivencia y producción de los reproductores en condiciones de escasa disponibilidad de alimentos y alto contenido de fibra en su composición.

Del mismo modo, puede deducirse que los parámetros utilizados para medir eficiencia en el crecimiento y engorde de animales a partir de los 25 Kg. (ganancia diaria y eficiencia de conversión del alimento) y medidas sobre la canal, no sólo no tienen importancia económica directa para los productores por ser los animales comercializados a edades tempranas, sino que además, no podrían ser evaluados por los productores en forma individual, al alejarse de la zona al comercializarse, perdiéndose su individualidad (Arenare et al., 2003)

Y precisamente, de los resultados experimentales existentes hasta el momento, se desprende que los animales de genotipo Pampa Rocha presentan menores ganancias diarias y mayores índices de conversión de alimento en recría y terminación (Barlocco et al. 2000b, Garin et al. 2002, Barlocco et al. 2003b, 2003c, 2003d, Garin et al. 2003, Barlocco et al. 2005b, Batteggazzore 2006, Barlocco et al. 2007, Carballo 2007, 2009b, Carballo et al. 2009a), así

como menor rendimiento de canal y mayor engrasamiento (Barlocco et al. 2000a, 2002a, Galiotta et al. 2002, Barlocco et al. 2003d, Barlocco 2007c).

Pero también se desprende que presentan resultados similares e incluso mejores para alguna característica, a los genotipos seleccionados por métodos tradicionales en todos los parámetros utilizados para medir eficiencia en la cría cuando la evaluación se realiza en condiciones de campo, con restricciones alimenticias durante la gestación y acceso permanente a pasturas (Monteverde 2001, Monteverde et al. 2002, Dalmás y Primo 2004, Alesandri et al. 2010).

Y, los resultados sobre capacidad de consumo de forraje (Garín et al., 2002, 2003), así como los del presente experimento sobre digestibilidad de alimentos ricos en fibra, estarían indicando una posible mayor capacidad de utilización de las pasturas como alimento.

Se puede concluir entonces que existe una total concordancia entre las características de importancia económica directa para los productores familiares de la zona donde se originó esta raza y las características en que esta raza es sobresaliente, concluyéndose que existió un proceso de mejoramiento genético muy eficaz, lográndose incluso la fijación potencial de caracteres genéticos de muy baja heredabilidad (número de lechones nacidos, peso de los lechones al nacimiento y peso de los lechones a los 56 días presentarían una heredabilidad menor al 15% según Cardellino y Rovira, 1987).

Debido a la alta correlación que existe entre los parámetros productivos destacables en el genotipo Pampa Rocha (caracteres de importancia económica directa) y el valor adaptativo (Cardellino y Rovira, 1987), es muy difícil identificar hasta que punto, el mejoramiento genético es producto de la acción humana y hasta que punto se debe a la selección natural.

De todos modos, el producto resultante está estrechamente relacionado con los intereses económicos directos de los productores familiares que le dieron origen y, de acuerdo con los resultados obtenidos por Kelly et al. (2002, 2004), esto se ha logrado sin sacrificar su variación genética poblacional, que es el costo casi obligado de cualquier programa de mejoramiento genético (Cardellino y Rovira, 1987).

E. CONSIDERACIONES FINALES

De confirmarse estos resultados experimentales en futuras evaluaciones, se estaría ante la presencia de un genotipo criollo latinoamericano que al alcanzar los 100 Kg de peso corporal posee superioridad para digerir diferentes fracciones de alimentos con alto contenido de pared vegetal.

Lo anterior, junto a otros resultados experimentales, permitiría concluir sobre la conveniencia de incorporar al genotipo Pampa Rocha en un sistema de producción de mínimos costos, con inclusión de pasturas como elemento central.

Se plantea entonces la necesidad de continuar investigando para evaluar si la superioridad de los cerdos Pampa Rocha se mantiene cuando son alimentados con diferentes fuentes y niveles de fibra.

Asimismo, sería conveniente la evaluación de aquellas fracciones del alimento que no fueron consideradas en este ensayo como las grasas, dado que en general los genotipos rústicos y en especial los cerdos criollos latinoamericanos que han sido evaluados, presentan superioridad para su digestibilidad. Pero estos datos no pueden extrapolarse a un genotipo que ha sido conformado en ambientes muy diferentes.

En el presente experimento, se manifestó superioridad del genotipo Pampa Rocha de 100 Kg para digerir proteína cruda. En todos los genotipos rústicos estudiados, la superioridad en la digestibilidad de nitrógeno (cuando existe), no se traduce en una utilización metabólica más eficiente de este elemento. Lo que, como se ha expresado, varios autores atribuyen a la imposibilidad genéticamente determinada de síntesis proteica más allá de determinado umbral, con la consiguiente desviación de recursos hacia la síntesis de tejido adiposo de reserva. Habría que evaluar entonces, que es lo que ocurre con la eficiencia de utilización de la proteína cruda en los cerdos Pampa Rocha.

Y, en el caso que, como sucede en otros genotipos criollos latinoamericanos y en el cerdo Ibérico, estos cerdos empleen el nitrógeno de forma menos eficiente, sería necesario una estimación independiente de los

requerimientos nutricionales para esta raza, de forma de maximizar la eficiencia de utilización del alimento.

Por otro lado, es conveniente estudiar la morfometría de órganos del tracto digestivo de estos animales, tanto para acercarnos a una explicación de su fisiología digestiva como para contribuir al conocimiento general del relacionamiento entre la morfometría del TGI y la digestión de la pared celular.

VI. CONCLUSIONES

En las condiciones del presente experimento, donde se suministró a cerdos Pampa Rocha y Duroc, de $60,8 \pm 3,0$ Kg y $100,0 \pm 9,5$ Kg, una dieta basada en maíz molido, harina de alfalfa y harina de girasol, conteniendo 39,96% de FDN y 28,09% de FDA:

- Se encontraron interacciones ($P < 0,05$) entre el peso vivo y el genotipo para la digestibilidad de la materia seca, materia orgánica y fibra detergente ácido; presentándose mayores valores para los Pampa Rocha de mayor peso vivo a la de los otros grupos considerados y no presentándose diferencias ($P > 0,05$) entre estos últimos.

- En la digestibilidad de las cenizas, sólo existió efecto ($P < 0,05$) debido al peso corporal, aumentando dicha variable al aumentar el peso vivo.

- Las digestibilidades de la proteína y de la fibra detergente neutro aumentaron ($P < 0,05$) con el peso vivo y fueron mayores ($P < 0,05$) en los animales Pampa Rocha que en los de raza Duroc. En estos casos no hubo interacciones entre ambas variables.

VII. RESUMEN

Con el objetivo de evaluar la capacidad digestiva de alimentos ricos en fibra del genotipo Pampa Rocha (PR) y el efecto sobre ésta del peso vivo (PV), se estimó la digestibilidad aparente total para la materia seca (MS), cenizas, materia orgánica (MO), proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) de 6 cerdos de raza Duroc (DJ) y 6 cerdos de raza Pampa Rocha (PR) a dos diferentes PV (60,8±3,0 Kg y 100,0±9,5 Kg), a los que se les suministró una dieta basada en maíz molido (48,97%), harina de alfalfa (27,48%) y harina de girasol (18,69%); conteniendo: 88,03% de MS, 9,26% de cenizas, 90,74% de MO, 17,50% de PC, 39,96% de FDN y 28,09% de FDA. Existió interacción significativa ($P<0,05$) entre genotipo y el PV para la digestibilidad aparente total de MS, MO y FDA, debido a mayores valores ($P<0,05$) para los cerdos PR de mayor PV (MS: 75,74%±3,58, MO: 77,01%±3,49 y FDA: 65,36%±5,80) que para los otros tres grupos (MS: 65,35%±1,16, 66,26±1,66 y 66,41±0,65; MO: 66,98±1,15, 68,04±1,84 y 67,24±0,63; FDA: 50,38%±2,05, 51,45%±1,46 y 49,44%±3,40; para PR de 60,8 Kg, DJ de 60,8 Kg y DJ de 100,0 Kg, respectivamente). La digestibilidad aparente de PC y FDN fue mayor ($P<0,05$) para los cerdos PR que para los cerdos DJ. Asimismo, los animales de 100,0 Kg mostraron mayores digestibilidades ($P<0,05$) que los animales de 60,8 Kg para estas dos variables (PC: 59,13%±10,07, 65,09%±2,95, 71,43%±1,65 y 80,50%±2,36; y FDN: 50,78%±8,09, 55,39%±8,59, 55,10%±7,23 y 66,30%±9,62, para DJ de 60,8Kg, PR de 60,8Kg, DJ de 100,0Kg y PR de 100,0 Kg respectivamente). Finalmente, la digestibilidad de la ceniza fue afectada únicamente por el peso vivo ($P<0,05$), siendo mayor a 100,0 Kg que a 60,8 Kg. Se concluye que los cerdos de raza Pampa Rocha presentaron mayor capacidad para digerir las fracciones PC y FDN proveniente de alimentos ricos en fibra cuyas fuentes son la alfalfa y harina de expeler de girasol; y manifiestan mayor digestibilidad de MS, MO y FDA a los 100,0 Kg de PV pero no a los 60,8 Kg.

Palabras clave: Cerdos; Cerdos criollos; Pampa Rocha; Digestibilidad de fibra; Alimentación.

VIII. SUMMARY

In order to evaluate the digestive capacity of fiber-rich foods from Pampa Rocha genotype (PR) and body weight (BW) effect, it was estimated the total apparent digestibility for dry matter (DM), ash, organic matter (OM), crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (ADF) on 6 Duroc breed pigs (DJ) and 6 PR breed pigs to two different LW (60,8±3,0 Kg y 100,0±9,5 Kg), who were given a diet based on corn meal, alfalfa meal and sunflower meal, containing: 88.03% of DM, 9.26% ash, 90.74% OM, 17.50% CP, 39.96% NDF and 28.09% ADF. There was significant interaction ($P<0.05$) between genotype and LW for all tract apparent digestibility of DM, OM and FDA, due to higher PR values ($P<0.05$) for higher BW pigs (DM: 75.74%±3.58, OM: 77.01%±3.49, and ADF: 65.36%±5.80) than other three groups (DM: 65.35%±1,16, 66.26±1,66 y 66.41±0.65; OM: 66.98±1.15, 68.04±1.84 and 67.24±0.63 and ADF: 50.38%±2.05, 51.45%±1.46 and 49.44%±3.40 from PR to 60.8 Kg, DJ to 60.8 Kg and DJ to 100.0 Kg, respectively). Apparent digestibility of CP and NDF was higher ($P<0.05$) for PR pigs than DJ pigs. Also, animals of 100,0 Kg showed higher digestibility ($P<0.05$) than animals of 60,8 Kg for these variables (CP: 59.13%±10.07, 65.09%±2.95, 71.43%±1.65 y 80.50%±2.36; and NDF: 50.78%±8.09, 55.39%±8.59, 55.10%±7.23 y 66.30%±9.62 from DJ to 60.8 Kg, PR to 60.8 Kg, DJ to 100.0 Kg y DJ to 100.0 Kg respectively). Finally, ash digestibility was affected only by live weight was higher for pigs of 100.0 Kg ($P<0.05$) than for pigs of 60.8 Kg. We conclude that PR breed pigs had higher ability to digest crude protein and NDF fractions from high-fiber foods whose sources are alfalfa and sunflower expeller meal, and higher digestibility of DM, OM and ADF at 100.0 Kg of LW but not at 60.8 Kg.

Keywords: Pigs; Creole pigs; Pampa Rocha; Fiber digestibility; Feeding.

IX. BIBLIOGRAFÍA

1. ABELEDO, C.; SANTANA, I.; PÉREZ, I.; BRACHE, F. 2004. Rasgos de comportamiento y características de la canal de cerdos Criollo y CC21 alimentados con palmiche como única fuente de energía. *Revista Computarizada de Producción Porcina (Cuba)*. 11 (2): 97-105.
2. ACCIAIOLI, A.; PIANACCIOLI, L.; CAMPODONI, G.; BOZZI, R.; PUGLIESE, C.; FRANCI, O. 2003. Total apparent digestibility and nitrogen balance in Cinta Senese Pigs; utilization of field vean (*Vicia faba l.*). *Italian Journal of Animal Science*. 2: 107-114.
3. AGÜERO, L.; GARCÍA, G.; RICO, C. 2006. El rebaño genético del cerdo Criollo Cubano. Comportamiento histórico. *Revista Computarizada de Producción Porcina (Cuba)*. 13 (2): 39-43.
4. ALESANDRI, D.; CARVALLO, C. BARLOCCO, N. PRIORE, E. 2010. Efecto de la época del año sobre el intervalo destete-servicio fecundante en cerdas en un sistema de cría a campo. *Revista Computarizada de Producción Porcina (Cuba)*. 17 (2): 137-139.
5. ALMAGUEL, R.; MEDEROS, C.; CRUZ, E.; MARTÍN, G.; LY, J. 2006. Note on the use of fresh mulberry foliage in molasses based diets for pigs. *Revista Computarizada de Producción Porcina (Cuba)*. 13 (2): 104-107.
6. ÁLVAREZ, A.; SARMIENTO, L.; VÁRGUEZ, G.; GUTIÉRREZ, E.; SANTOS, R.; HEREDIA, F.; SEGURA, J. 2007. Efecto de la época climática y del genotipo sobre la digestibilidad ileal aparente de la proteína en cerdos. *In: Encuentro de Nutrición y Producción de Animales Monogástricos (9º, 2007, Montevideo)*. Innovación y desarrollo de tecnologías apropiadas para la producción familiar. *Agrociencia (Montevideo)*. 11: 7-13.
7. ALVES, E.; OVILO, C.; RODRÍGUEZ, M.; SILIO, L. 2003. Mitochondrial DNA sequence variation and phylogentetic relationships among Iberian pigs and other domestic and wild pig populations. *Animal Genetics*. 34 (5): 319-324.

8. _____.; FERNÁNDEZ, A.; FERNÁNDEZ-RODRÍGUEZ, A.; PÉREZ-MONTARELO, D.; BENITEZ, R.; ÓVILO, C.; RODRÍGUEZ, C.; SILIO, L. 2009. Identification of mitochondrial markers for genetic traceability of European wild boars and Iberian and Duroc pigs. *Animal*. 3 (9): 1216-1223.
9. ANGUITA, M.; CANIBE, N.; PÉREZ, J.; JENSEN, B. 2006. Influence of the amount of dietary fiber on the available energy from hindgut fermentation in growing pigs; use of cannulated pigs and in vitro fermentation. *Journal of Animal Science*. 84 (10): 2766-2778.
10. ANUGWA, F.; VAREL, V.; DICKSON, J.; POND, W.; KROOK, L. 1989. Effects of dietary fiber and protein concentration on growth, feed efficiency, visceral organ weight and large intestine microbial populations of swine. *Journal of Nutrition*. 119 (6): 879-886.
11. APARICIO, M.; VARGAS, J. 2006. El bienestar animal en el ganado porcino Ibérico. *Revista Computarizada de Producción Porcina (Cuba)*. 13 (2): 22-28.
12. ARENARE, A.; TOMMASINO, H.; GRASSO, A. 2003. Producción de cerdos en el Uruguay; contribución a su conocimiento. Montevideo, MGAP. DIEA. 22 p.
13. ARNAU, J.; MONFORT, J. 1998. El jamón curado; tecnología y análisis de consumo. Madrid, España, Estrategias Alimentarias. 183 p.
14. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). 1990. Official methods of analysis. 15th. ed. Arlinton, Virginia. 262 p.
15. AXELSSON, J.; ERIKSSON, S. 1953. The optimum crude fiber level in ration of growing pigs. *Journal of Animal Science*. 12: 881-891.
16. BACH KNUDSEN, K.; JENSEN, B.; HANSEN, I. 1993. Oat bran but not a β -glucan-enriched oat fraction enhances butyrate production in the large intestine of pigs 1. *Journal of Nutrition*. 123: 1235-1247.
17. _____.; 1997. Carbohydrate and lignin contents of plant materials used in animal feeding. *Animal Feed Science and Technology*. 67: 319-338.

18. _____.; CANIBE, N. 2000. Breakdown of plant carbohydrates in the digestive tract of pigs fed don wheat- or oat- based rolls. (en línea). Journal of the Science of Food and Agriculture. 80 (8): 1253-1261. Consultado 16 dic. 2011. Disponible en <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/1097-0010%28200006%2980:8%3C1253::AID-JSFA632%3E3.0.CO;2-0/abstract>
19. BAIRD, D.; Mc CAMPBELL, H. ALLISON, J. 1970. Levels of crude fiber with constant energy levels for growing-finishing swine using computerized rations. Journal of Animal Science. 31: 518-525.
20. BARBA, C.; DELGADO, J; SERENO, R.; DIÉGUEZ, E.; CAÑUELO, P. 2000. Caracterización productiva de las variedades del Cerdo Ibérico. I; Estudio preliminar de los pesos y crecimiento en Premontanera y Montanera. Archivos de Zootecnia. 49: 179-187.
21. BAREA, R.; NIETO, R.; VITARI, F.; DOMENEGHINI, C.; AGUILERA, F. 2011. Effects of pig genotype (Iberian v.Landrace x Large White) on nutrient digestibility relative organ weight and small intestine structure at two stages of growth. Animal. 5: 547-557.
22. BARLOCCO, N.; VADELL, A.; FRANCO, J. 2000a. Características de carcasas de cerdos con diferente proporción de genes Pampa, Duroc y Large White. In: Reunión Latinoamericana de Producción Animal (16ª.), Congreso Uruguayo de Producción Animal (3º, 2000, Montevideo). Trabajos presentados. Montevideo, Facultad de Agronomía. 1 disco compacto.
23. _____.; _____.; _____. 2000b. Comportamiento productivo en el engorde de cerdos Pampa y sus cruzas con Duroc y Large White. In: Reunión Latinoamericana de Producción Animal (16ª.), Congreso Uruguayo de Producción Animal (3º, 2000, Montevideo). Trabajos presentados. Montevideo, Facultad de Agronomía. 1 disco compacto.
24. _____.; GALIETTA, G.; VADELL, A.; MONDELLI, M.; BALLESTEROS, F. 2002a. Caracterización de los parámetros físicos de la canal de cerdos Pampa-Rocha. In: Simposio Iberoamericano sobre la Conservación de los Recursos Zoogenéticos Locales y el Desarrollo Rural Sostenible (3º, 2002,

Montevideo). Resúmenes. Montevideo, Facultad de Veterinaria. p. irr.

25. _____.; GÓMEZ, A.; FRANCO, J.; AGUIAR, T. 2002b. Caracterización productiva del cerdo Pampa-Rocha. 1. Período de cría. (soporte magnético) In: Simposio Iberoamericano sobre la Conservación de los Recursos Zoogenéticos Locales y el Desarrollo Rural Sostenible (3º, 2002, Montevideo). Resúmenes. Montevideo, Facultad de Veterinaria. p. irr.
26. _____.; _____.; VADELL, A.; FRANCO, J.; AGUIAR, T. 2002c. Caracterización productiva del cerdo Pampa-Rocha. 2. Período de engorde. In: Simposio Iberoamericano sobre la Conservación de los Recursos Zoogenéticos Locales y el Desarrollo Rural Sostenible (3º, 2002, Montevideo). Resúmenes. Montevideo, Facultad de Veterinaria. p. irr.
27. _____.; BALLESTEROS, F.; GIL, M. 2002d. El cerdo Pampa-Rocha como recurso zoogenético en Uruguay. Calidad tecnológica de la carne y rendimiento en cortes nobles. In: Simposio Iberoamericano sobre la Conservación de los Recursos Zoogenéticos Locales y el Desarrollo Rural Sostenible (3º, 2002, Montevideo). Resúmenes. Montevideo, Facultad de Veterinaria. p. irr.
28. _____.; BATTEGAZZORE, G.; GÓMEZ, A.J.; VADELL, A. 2003a. Efecto del suministro restringido de concentrado y acceso permanente a pasturas cultivadas en cerdos en crecimiento-engorde. 1. Efecto sobre el comportamiento productivo. In: Congreso Argentino de Producción Animal (26º, 2003, Mendoza). Del oeste hacia el país; resúmenes. Mendoza, Asociación Argentina de Producción Animal. 1 disco compacto.
29. _____.; VADELL, A.; MONDELLI, M. 2003b. Efecto del suministro restringido de concentrado y acceso permanente a pasturas cultivadas en cerdos en crecimiento-engorde. 2. Atributos en las canales. Efecto sobre el comportamiento productivo. In: Congreso Argentino de Producción Animal (26º, 2003, Mendoza). Del oeste hacia el país; resúmenes. Mendoza, Asociación Argentina de Producción Animal. 1 disco compacto.
30. _____.; GÓMEZ, A.; VADELL, A.; FRANCO, J.; AGUIAR, T. 2003c. Evaluación de sistemas de producción de cerdos a campo

basados en la utilización de pasturas. 1. Efecto sobre el comportamiento productivo. In: Encuentro Latinoamericano de Especialistas en Sistemas de Producción Porcina a Campo (3º, 2003, Marcos Juárez). Resúmenes. Marcos Juárez, INTA. 1 disco compacto.

31. _____.; GALIETTA, G.; VADELL, A.; MONDELLI, M.; BALLESTEROS, F. 2003d. Evaluación de sistemas de producción a campo basados en la utilización de pasturas. 2. Efecto sobre las canales. In: Encuentro Latinoamericano de Especialistas en Sistemas de Producción Porcina a Campo (3º, 2003, Marcos Juárez). Resúmenes. Marcos Juárez, INTA. 1 disco compacto.
32. _____. 2005a. Alimentación de cerdos en crecimiento y engorde en pastoreo permanente. In: Jornada-Taller Utilización de Pasturas en la Alimentación de Cerdos (2005, Montevideo). Trabajos publicados. Montevideo, Facultad de Agronomía. pp.15-21.
33. _____.; GÓMEZ, A.; VADELL, A.; FRANCO, J. 2005b. Crecimiento de lechones en sistemas de producción a campo. Revista Unellez de Ciencia y Tecnología. 2005: 68-73.
34. _____.; VADELL, A. 2005c. Experiencias en la caracterización del cerdo Pampa-Rocha de Uruguay. Agrociencia. 9 (2-3): 495-503.
35. _____. 2007a. Desarrollo de tecnologías basadas en procesos agroecológicos; una alternativa para la producción familiar. In: Encuentro de Nutrición y Producción de Animales Monogástricos (9º. 2007, Montevideo). Innovación y desarrollo de tecnologías apropiadas para la producción familiar. Agrociencia (Montevideo). 11: 57-61.
36. _____.; CARBALLO, C.; VADELL, A. 2007b. Rasgos de comportamiento productivo y características de canal de tres biotipos de cerdos en condiciones de producción a campo. In: Encuentro de Nutrición y Producción de Animales Monogástricos (9º. 2007, Montevideo). Innovación y desarrollo de tecnologías apropiadas para la producción familiar. Agrociencia (Montevideo). 11: 35-40.
37. _____. 2007c. Recría y terminación de cerdos en condiciones pastoriles. In: Encuentro de Nutrición y Producción de Animales

Monogástricos (9º. 2007, Montevideo). Innovación y desarrollo de tecnologías apropiadas para la producción familiar. Agrociencia (Montevideo). 11: 87-94.

38. _____.; CARBALLO, C.; BELL, W.; VADELL, A. 2009. Comportamiento reproductivo de cerdas Pampa-Rocha y su cruzamiento con Duroc en condiciones de pastoreo permanente. In: Seminario de Producción Animal Limpia, Verde y Ética (2009, Tacuarembó). Resúmenes. Agrociencia 13 (3): 82.
39. BATTEGAZZORE, G; BARLOCCO, N.; GÓMEZ, A.; AGUIAR, T. 2002. Parámetros de crecimiento en el engorde de cerdos Pampa-Rocha con elevada restricción de concentrados. Resultados Preliminares. (soporte magnético). In: Simposio Iberoamericano sobre la Conservación de los Recursos Zoogenéticos Locales y el Desarrollo Rural Sostenible (3º, 2002, Montevideo). Resúmenes. Montevideo, Facultad de Veterinaria. p.irr.
40. _____. 2006. Efecto de dos sistemas de alimentación en crecimiento-terminación en condiciones de producción a campo. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 101 p.
41. BAUZÁ, R.; PETROCELLI, H. 2005a. Uso de pasturas en el crecimiento-terminación de cerdos; pastoreo con acceso restringido. In: Jornada-Taller Utilización de Pasturas en la Alimentación de Cerdos (2005, Montevideo). Trabajos presentados. Montevideo, Facultad de Agronomía. pp. 23-31.
42. _____. 2005b. Utilización de pasturas en la alimentación de reproductores. In: Jornada-Taller Utilización de Pasturas en la Alimentación de cerdos (2005, Montevideo). Trabajos presentados. Montevideo, Facultad de Agronomía. pp. 5-14.
43. BAZER, F.; THATCHER, W.; MARTINAT-BOTTE, F.; TERQUI, M. 1988. Sexual maturation and morphological development of the reproductive tract in Large White and prolific Chinese Meishan pigs. Journal of Reproduction and Fertility (Great Britain). 83: 723-728.

52. BOHMAN, V.; KIDWELL, J.; Mc CORNICK, J. 1953. High levels of alfalfa in the rations of growing-fattening swine. *Journal of Animal Science*. 12: 876-880.
53. _____.; HUNTER, J.; Mc CORNICK, J. 1955. The effect graded levels of alfalfa and Aureomycin upon growing-fattening swine. *Journal of Animal Science*. 14: 499-506.
54. BROWN, D.; MOUNT, L. 1982. The metabolic body size of the growing pig. *Livestock Production Science*. 9 (3): 389-398.
55. BUXADÉ, C. 2006. Presente y futuro del ganado porcino Ibérico en España, en el seno de la Unión Europea de los veinticinco. *Revista Computarizada de Producción Porcina (Cuba)*. 13 (2): 17-22.
56. CALVERT, C.; STEELE, N.; ROSEBROUGH, R. 1985. Digestibility of fiber components and reproductive performance of sows fed high levels of alfalfa meal. *Journal of Animal Science*. 61: 595-602.
57. CAMACHO, C.; GUTIÉRREZ, C.; ARRECHAVALETA, M.; DÍAZ, L.; MARTÍNEZ, R.; LEMUS, C.; ALONSO, R. 2008. Características endócrinas, moleculares y de parámetros de crecimiento asociados a la obesidad del cerdo Pelón Mexicano. *Técnica Pecuaria en México*. 46 (4): 345-357.
58. CARBALLO, C. 2007. Efecto del genotipo y sexo en el comportamiento productivo de cerdos en la etapa de posdestete-recría en un sistema de producción a campo. *In: Encuentro de Nutrición y Producción de Animales Monogástricos (9º, 2007, Montevideo). Innovación y desarrollo de tecnologías apropiadas para la producción familiar. Agrociencia (Montevideo)*. 11: 75-79.
59. _____, 2009a. Evaluación de tres biotipos de cerdos en la etapa de posdestete-recría en un sistema pastoril. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 89 p.
60. _____.; BARLOCCO, N.; PRIORE, E. 2009b. Recría de cerdos en condiciones pastoriles; comportamiento de cerdos Pampa-Rocha en pureza y en cruzamientos en dos períodos. *In: Encuentro de Nutrición y Producción de Animales Monogástricos (10º., 2009,*

Colombia). Uso sostenible de cerdos locales. s.n.t. 1 disco compacto.

61. _____.; _____.; _____. 2010. Recría de cerdos en condiciones pastoriles. Comportamiento de cerdos Pampa Rocha en pureza y en cruzamientos en dos períodos. Revista Computarizada de Producción Porcina (Cuba). 17 (2): 144-148.
62. CARDELLINO, R.; ROVIRA, J. 1987. Mejoramiento genético animal. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. 254 p.
63. CASTERLINE, J.; OLES, C.; YUOH KU. 1997. In vitro fermentation of various food fiber fractions. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 45 (7): 2463-2467.
64. CHEEKE, P.; KINZELL, J.; PEDERSEN, M. 1977. Influence of saponins on alfalfa utilization by rats, rabbits and swine. Journal of Animal Science. 45: 476-481.
65. CHIMONYO, M.; KANENGONI, T.; DZAMA, K. 2001. Influence of maize cob inclusion level in pig diets on growth performance and carcass traits of Mukota x Large White F₁ crossbred male pigs. Asian-Australasian Journal of Science. 14 (12): 1724-1727.
66. _____.; DZAMA, K.; MAPIYE, C. 2010. Growth performance and carcass characteristics of indigenous Mukota pigs of Zimbabwe. Tropical Animal Health and Production. 42 (5): 1001-1007.
67. CHRISTENSEN, D.; KNUDSEN, K.; WOLSTRUP, J.; JENSEN, B. 1999. Integration of ileum cannulated pigs and in vitro fermentation to quantify the effect of diet composition on the amount of short-chain fatty acids available from fermentation in the large intestine. Journal of the Science of Food and Agriculture. 79 (5): 755-762.
68. CHURCH, D.; POND, W. 1987. Fundamentos de nutrición y alimentación de animales. México, Grupo Noriega. 438 p.
69. CLEMENS, E; STEVENS, C.; SOUTHWORTH, M. 1975. Sites of organic acid production and pattern of digesta movement in the gastrointestinal tract of swine. Journal of Nutrition. 105 (6): 759-768.

70. COEY, W.; ROBINSON, K. 1954. Some effects of dietary crude fibre on live-weight gains and carcass conformation of pigs. *The Journal of Agricultural Science*. 45: 41-47.
71. CUNNINGHAM, H.; FRIEND, W.; NICHOLSON, J. 1962. The effect of age, body weight, feed intake and adaptability of pigs on the digestibility and nutritive value of cellulose. *Canadian Journal of Animal Science*. 42 (2): 167-175.
72. DALMÁS, D.; PRIMO, P. 2004. Tamaño de la camada y mortalidad en la lactancia en un sistema de producción de cerdos a campo. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 97 p.
73. DANIELSON, D.; NOONAN, J. 1975. Roughages in swine gestation. *Journal of Animal Science*. 41 (1): 94-99.
74. DANLEY, M.; VETTER, 1973. Changes in carbohydrate and nitrogen fraction and digestibility of forages: maturity and ensiling. *Journal of Animal Science*. 37 (4): 994-999.
75. DARWIN, C. 1859. El origen de las especies. (en línea). México, Universidad Veracruzana. 780 p. Consultado 19 dic. 2011. Disponible en <http://www.uv.mx/darwin/documents/darwin.pdf>
76. DÍAZ, C.; DOMÍNGUEZ, H.; MARTÍNEZ, V. 2005. Flujo de digesta en cerdos alimentados con recursos arbóreos. Algarrobo (*Albizia lebbek*) y guásima (*Guazuma ulmifolia*). *Revista Computarizada de Producción Porcina (Cuba)*. 12 (2): 133-137.
77. _____.; BATISTA, R.; GRAGEOLA, F.; LEMUS, C.; LY, J. 2010. Patrón de consumo de cerdos Criollo Cubano alimentados con palmiche (*Roystonea regia* B.H.K. Cook). (en línea) *Livestock Research for Rural Development*. 22 (2): s.p. Consultado 19 dic. 2011. Disponible en <http://www.lrrd.org/lrrd22/2/diaz22041.htm>
78. DIÉGUEZ, E. 2006. El Cerdo Ibérico. Una imagen de calidad. *Revista Computarizada de Producción Porcina (Cuba)*. 13 (2): 11-16.

79. DIÉGUEZ, F.; LY, J.; MAZA, I.; SAVIGNI, F.; TOSAR, M. 1995. Morfometría de los órganos vitales en cerdos criollos y CC21. (en línea). *Livestock Research for Rural Development*. 6 (3): s.p. Consultado 19 dic. 2011. Disponible en <http://www.lrrd.org/lrrd6/3/3.htm>
80. _____.; GARCÍA, J.; TOSAR, M. 1997. Órganos vitales de cerdos Criollo y CC21 alimentados con altos niveles de residuo de plátano. *Revista Computarizada de Producción Porcina (Cuba)*. 4 (1): 16-23.
81. DOMÍNGUEZ, H.; MACÍAS, M.; DÍAZ, C.; MARTÍNEZ, O.; MARTÍN, G.; LY, J. 2004. Procesos digestivos en cerdos alimentados con follajes de morera (*Morus alba*). Digestibilidad rectal y balance de N. *Revista Computarizada de Producción Porcina (Cuba)*. 11 (3): 84-96.
82. _____.; _____.; _____.; MARTÍN, G.; LY, J. 2007. Nota sobre índices digestivos ileales en cerdos alimentados con harina de morera. *Revista Computarizada de Producción Porcina (Cuba)*. 14 (1): 29-32.
83. DU THANH HANG; NGUYEN VAN LAI; RODRÍGUEZ, L.; LY, J. 1997. Nitrogen digestion and metabolism in Mong Cai pigs fed sugar cane juice and different foliage as sources of protein. (en línea) *Livestock Research for Rural Development*. 9 (2): s.p. Consultado 19 dic. 2011. Disponible en <http://www.lrrd.org/lrrd9/2/hang92.htm>
84. DUYET, H.; THUAN, T.; SON, N. 2010a. Effect on sow reproduction and piglet performance of replacing soybean meal by a mixture of sweet potato leaves, water spinach and fresh cassava foliage in the diets of Mong Cai and Yorkshire sows. (en línea). *Livestock Research for Rural Development*. 22 (3): s.p. Consultado 19 dic. 2011. Disponible en <http://www.lrrd.org/lrrd22/3/duye22059.htm>
85. _____. 2010b. Giant taro leaves (*Alocasia macrorrhiza*) for replacement for soybean meal in diets for Mong Cai sows in Central Vietnam. *Livestock. Research for Rural Development*. 22 (8): s.p. Consultado 19 dic. 2011. Disponible en <http://www.lrrd.org/lrrd22/8/duye22149.htm>

86. ECHEVERRÍA, R.; SARMIENTO, F.; SANTOS, R.; KU, V. 2004. Digestibilidad de nutrimentos en cerdos criollos mexicanos alimentados con dos niveles dietéticos de *Vigna unguiculata*. Revista Computarizada de Producción Porcina (Cuba). 11 (1): 18-20.
87. EHLE, F.; JERACI, J.; ROBERTSON, J.; VAN SOEST, P. 1982. The influence of dietary fiber on digestibility, rate of passage and gastrointestinal fermentation in pigs. Journal of Animal Science. 55: 1071-1081.
88. EPIFANIO, J.; SCALONE, J. 1990. Digestibilidad del sorgo NK Sordan en dos estados de desarrollo para cerdos adultos. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 99 p.
89. ERREA, E.; ILUNDAIN, M. 2008. Evolución reciente y perspectivas de los suinos. Anuario OPYPA 2007: 103-113.
90. _____. 2009. Suinos, evolución reciente y perspectivas. Anuario OPYPA 2008: 87-94.
91. FARRELL, D. 1973. Digestibility by pigs of the major chemical components of diets high in plant cell-wall constituents. (en línea). Animal Production. 16 (1): 43-47. Consultado 19 dic. 2011. Disponible en <http://journals.cambridge.org/action/displayAbstract?fromPage=online&aid=7348904>
92. FEDNA. 1999. Normas FEDNA para la formulación de piensos compuestos. Madrid, España, Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. 496 p.
93. FERGUSON, M.; JONES, G. 2000. Production of short-chain fatty acids following in vitro fermentation of saccharides, saccharide esters, fructo-oligosaccharides, starches, modified starches and non-starch polysaccharides. Journal of the Science of Food and Agriculture. 80 (1): 166-170.
94. FEVRIER, C.; BOURDON, D.; AUMAITRE. 1990. Effets du niveau et de l'origine des fibres alimentaires sur l'utilisation digestive du régime et les performances chez les porcs Large-White et Mei-Shan. In:

Symposium sur le porc Chinois (1990, Toulouse). Abstracts. Saint-Gilles, Institut National de la Recherche Agronomique (France). pp. 233-234.

95. _____.; _____.; _____. 1992. Effects of level of dietary fibre from wheat bran on digestibility of nutrients, digestive enzymes and performance in the European enzymes and performance in the European Large White and Chinese Mei Shan pig. (en línea). *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 68 (2): 60-72. Consultado 19 dic. 2011. Disponible en <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1439-0396.1992.tb00618.x/abstract>
96. FONDEVILA, M.; MORALES, J.; PÉREZ, J.; BARRIOS-URDANTEA, A.; BAUCCELLS, M. 2002. Microbial caecal fermentation in Iberic or Landrace pigs given acorn/sorghum or maize diets estimated in vitro using the gas production technique. *Animal Feed Science and Technology*. 102: 93-107.
97. FORBES, R.; HAMILTON, T. 1952. The utilization of certain cellulosic materials by swine. *Journal of Animal Science*. 11: 480-499.
98. FREIRE, J.; PEINIAU, J.; CUNHA, L.; ALMEIDA, J.; AUMAITRE, A. 1998. Comparative effects of dietary fat and fibre in Alentejano and Large White piglets: digestibility, digestive enzymes and metabolic data. (en línea). *Livestock Production Science*. 53 (1): 37-47. Consultado 19 dic. 2011. Disponible en <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301622697001425>
99. _____.; DIAS, R.; CUNHA, L.; AUMAITRE, A. 2003. The effect of genotype and dietary fibre level on the caecal bacterial enzyme activity of Young piglets; digestive consequences. *Animal Feed Science and Technology*. 106: 119-130.
100. FRIEND, D.; NICHOLSON, W.; CUNNINGHAM, H. 1962. The production of organic acids in the pig; I. The effect of diet on the

proportions of volatile fatty acids in pig feces. Canadian Journal of Animal Science. 42 (1): 55-62.

101. _____.; CUNNINGHAM, H.; NICHOLSON, W. 1963. The production of organic acids in the pig; II. The effect of diet on the levels of volatile fatty acids and lactic acid in sections of the alimentary tract. Canadian Journal of Animal Science. 43 (1): 156-168.
102. GALIÁN, M. 2007. Características de la canal y calidad de la carne, composición mineral y lipídica del cerdo Chato Murciano y su cruce con el Ibérico. Efecto del sistema de manejo. Tesis Dr. Sci. Murcia, España. Universidad de Murcia. 366 p.
103. GALIETTA, G.; BALLESTEROS, F.; COZZOLINO, D.; BARLOCCO, N.; DEL PUERTO, M.; FRANCO, J.; VADELL, A. 2002. Caracterización físico-química de carne y grasa en cerdos Pampa-Rocha. In: Simposio Iberoamericano sobre la Conservación de los Recursos Zoogenéticos Locales y el Desarrollo Rural Sostenible (3º, 2002, Montevideo). Resúmenes. Montevideo, Facultad de Veterinaria. p.irr.
104. GARCÍA, A.; DIÉGUEZ, F.; LY, J. 1997. Uso de altos niveles de residuos foliares del plátano en cerdos Criollo y CC21. Revista Computarizada de Producción Porcina (Cuba). 1997. 4 (1): 39-44.
105. _____.; ROSABAL, M.; MARTÍNEZ, R. 2001. Comportamiento en la montaña de cerdos Criollo x CC21 alimentados con dietas de palmiche y bajas en proteínas. Revista Computarizada de Producción Porcina (Cuba). 8 (1): 55-60.
106. GARCÍA, R.; NIETO, R.; LACHICA, M.; AGUILERA, J. 2007. Effects of herbage ingestión on the digestión site and nitrogen balance in heavy Iberian pigs fed on an acorn-based diet. Livestock Science. 112 (1-2): 63-77.
107. _____.; _____.; AGUILERA, J. 2010. Effect of herbage ingestión upon ileal digestibility of amino acids in heavy Iberian pigs fed on

an acorn-based diet. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 94 (5): e203-e214.

108. GARCÍA, T.; SANTANA, I.; DOMÍNGUEZ, H.; MACÍAS, M. 2000. Estudios de digestibilidad en cerdos Criollo Cubanos en crecimiento. *Revista Computarizada de Producción Porcina (Cuba)*. 7 (3): 46-52.
109. GARGALLO, J.; ZIMMERMAN, D. 1981. Effect of dietary cellulose levels on intact and cecectomized pigs. *Journal of Animal Science*. 53: 395-402.
110. GARÍN, D.; VADELL, A.; BARLOCCO, N.; MARTÍNEZ, M. 2002. Ingestión de forraje fresco por cerdos Pampa-Rocha en la fase de recría. *In: Simposio Iberoamericano sobre la Conservación de los Recursos Zoogenéticos Locales y el Desarrollo Rural Sostenible (3º, 2002, Montevideo)*. Resúmenes. Montevideo, Facultad de Veterinaria. p.irr.
111. _____.; _____.; _____.; _____. 2003. Ingestión diaria de cerdos de dos genotipos en fase de crecimiento. *In: Jornadas Técnicas de la Facultad de Veterinaria (4as., 2003, Montevideo)*. Resúmenes. Montevideo, Facultad de Veterinaria. 1 disco compacto.
112. GIL, M.; URIOSTE, J. 2000. Variación en el tamaño de camada de la cerda y el largo de la lactancia en una base nacional de datos porcinos. *In: Reunión Latinoamericana de Producción Animal (16º), Congreso Uruguayo de Producción Animal (3º, 2000, Montevideo)*. Resúmenes. Montevideo, Facultad de Agronomía. 1 disco compacto.
113. GIUFFRA, E.; KIJAS, J.; AMARGUER, V; CALBORG, Ö.; JEON, J.; ANDERSSON, L. 2000. The origin of the domestic pig: Independent domestication and subsequent introgression. *Genetics*. 154 (4): 1785-1791.
114. GIUSI-PERIER, A.; FISZLEWICZ, M; RÉRAT. 1989. Influence of diet composition in intestinal volatile fatty acid and nutrient absorption in unanesthetized pigs. *Journal of Animal Science*. 67: 386-402.

115. GLITSØ, L.; BRUNSGAARD, G.; HØJSGAARD, S.; SANDSTRÖM, B.; BACH KNUDSEN, E. 1998. Intestinal degradation in pigs of rye dietary fibre with different structural characteristics. *British Journal of Nutrition*. 80: 457-468.
116. GOEY, L.; EWAN, R. 1975. Effect of level of intake and diet dilution on energy metabolism in the young pig. *Journal of Animal Science*. 40 (6): 1045-1051.
117. GRAGEOLA, F.; LEMUS, C. 2007. Una reseña corta sobre el status de insulina y de los cerdos Cuino Mexicano. *Revista Computarizada de Producción Porcina (Cuba)*. 14 (3): 199-204.
118. _____.; SANGUINÉS, L.; LEMUS, C.; LY, J. 2008. Salida fecal y digestibilidad de materia seca en cerdos Pelón Mexicano nayaritas alimentados con pulpa fresca de aguacate. *Revista Computarizada de Producción Porcina (Cuba)*. 15 (1): 54-56.
119. _____.; _____.; DÍAZ, C.; GÓMEZ, A.; CERVANTES, M.; LEMUS, C.; LY, J. 2010. The effect of breed and dietary level of avocado fat on the N and energy balance in Young pigs. *Journal of Animal and Feed Sciences*. 19: 37-49.
120. HALIMANI, T; DZAMA, K.; CHIMONYO, M.; BHEBHE, E. 2005. Use of leguminous leaf meals in smallholder pig production in Zimbabwe. *African Crop Science Conference Proceedings*. 7: 579-582.
121. HAMILTON, D.; ELLIS, M.; MILLER, K.; MC KEITH, F.; PARRETT, D. 2000. The effect of the Halothane and Rendement Napole genes on carcass and meat quality characteristics of pigs. *Journal of Animal Science*. 78: 2862-2867.
122. HANS-JOACHIM, G. 1997. Analysis of forage fiber and cell walls in ruminant nutrition. *Journal of Nutrition*. 127 (5): 8105-8135.
123. HEDEMANN, M.; ESKILDSEN, M.; LÆRKE, H.; PEDERSEN, C; LINDBERG, J.; LAURINEN, P.; BACH KNUDSEN, K. 2006.

Intestinal morphology and enzymatic activity in newly weaned pigs fed contrasting fiber concentrations and fiber properties. *Journal of Animals Science*. 84 (6): 1375-1386.

124. HEITMAN, H.; MEYER, J. 1959. Alfalfa meal as a source of energy by swine. *Journal of Animal Science*. 18 (2): 196-804.
125. HIKAMI, Y.; ADACHI, Y.; TSUJI, S.; KANNAN, Y.; SHIMIZU, A.; NANJO, I.; MATSUI, N.; KANDA, S.; TOKUMARU, T. 1990. Digestibility of high-fiber diets by Chinese Meishan pigs. (en línea). *Science Reports of Faculty of Agriculture. Kobe University*. 19 (1): 69-76. Consultado 19 dic. 2011. Disponible en <http://agris.fao.org/agris-search/search/display.do?f=1993/JP/JP93032.xml;JP9301011>
126. HURTADO, E. 2006. El cerdo Criollo en Venezuela. Status actual y perspectivas. *Revista Computarizada de Producción Porcina (Cuba)*. 13 (2): 29-33.
127. JEAUROND, E.; RADEMACHER, M.; PLUSKE, J.; ZHU, C.; DE LANGE, C. 2008. Impact of feeding fermentable proteins and carbohydrates on growth performance, gut health and gastrointestinal function of newly weaned pigs. *Canadian Journal of Animal Science*. 88 (2): 271-281.
128. JØRGENSEN, H.; ZHAO, X.; EGGUM, B.; 1996. The influence of dietary fibre and environmental temperature on the development of the gastrointestinal tract, digestibility, degree of fermentation in the hind-gut and energy metabolism in pigs. *British Journal of Nutrition*. 75 (3): 365-378.
129. KANENGONI, A.; DZAMA, K.; CHIMONYO, M.; KUSINA, J.; MASWAURE, S. 2001. Utilization of high fibre diets by Large White, Mukota and LW x M F1 crossbred pigs. In: *Conference of the Asociation of Institutions for Tropical Veterinary Medicine (10th, 2001, Copenhagen)*. Proceedings. Copenhagen, Livestock Community and Environment. s.p.
130. _____; _____; _____; _____; _____. 2004. Growth performance and carcass traits of Large White, Mukota

and Large White x Mukota F₁ crosses given graded levels of maize cob meal. *Animal Science*. 78: 61-66.

131. KAREGE, C.; DUBOIS, S.; MILGEN, J. 1999. Metabolic utilization of energy and maintenance requirements in growing pigs: effects of sex and genotype. *Journal of Animals Science*. 77 (5): 1208-1216.
132. KASS, M. VAN SOEST, P.; POND, W.; LEWIS, B.; Mc DOWELL, R. 1980a. Utilization of dietary fiber from alfalfa by growing swine. I. Apparent digestibility of diet components in specific segments of the gastrointestinal tract. *Journal of Animal Science*. 50: 175-191.
133. _____.; _____.; _____. 1980b. Utilization of dietary fiber from alfalfa by growing swine. II. Volatile fatty acid concentrations in and disappearance from the gastrointestinal tract. *Journal of Animal Science*. 50: 192-197.
134. KELLY, L.; CLOP, A.; VADELL, A.; NICOLINI, P.; MONTEVERDE, S. 2002. Estudio de marcadores moleculares en credos Pampa-Rocha. *In*: Simposio Iberoamericano sobre la Conservación de los Recursos Zoogenéticos Locales y el Desarrollo Rural Sostenible (3º, 2002, Montevideo). Resúmenes. Montevideo, Facultad de Veterinaria. p.irr.
135. _____.; _____.; _____.; _____.; _____.; AMILLS, N.; SÁNCHEZ, A. 2004. El cerdo Pampa-Rocha como recurso zoogenético en Uruguay. *Marcadores moleculares. Veterinaria*. 39 (155-156): 15-16.
136. KEMP, B.; DEN HARTOG, A. KLOK, J.; ZANDSTRA, T. 1991. The digestibility of nutrients, energy and nitrogen in the Meishan and Dutch Landrace pig. (en línea). *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 65: 263-266. Consultado 19 dic. 2011. Disponible en <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1439-0396.1991.tb00265.x/abstract>
137. KENNELLY, J.; AHERNE, F. 1980. The effect of fiber in diets formulated to contain different levels of energy and protein on digestibility

- coefficients in swine. Canadian Journal of Animal Science. 60 (3): 717-726.
138. KEYS, J.; VAN SOEST, P.; YOUNG, E. 1970. Effect of increasing dietary cell wall content on the digestibility of hemicelluloses and cellulose in swine and rats. Journal of Animal Science. 31: 1172-1177.
139. _____; DEBARTHE, J. 1974. Cellulose and hemicellulose digestibility in the stomach, small intestine and large intestine of swine. Journal of Animal Science. 39 (1): 53-56.
140. KHIEU, B; LINDBERG, J.; OGLE, R. 2005. Effect of variety and preservation method of cassava leaves on diet digestibility by indigenous and improved pigs. Animal Science. 80: 319-324.
141. KIDWELL, J.; HUNTER, J. 1956. The utilization of a high level of alfalfa by growing-fattening swine. Journal of Animal Science. 15 (4): 1067-1071.
142. KIJAS, J.; ANDERSSON, J. 2001. A phylogenetic study of the origin of the domestic pig estimated from the near-complete mtDNA genome. Journal of Molecular Evolution. 52: 302-308.
143. KIM, K.; LEE, J.; LI, K.; ZHANG, Y.; LEE, S.; GÓNGORA, J.; MORAN, C. 2002. Phylogenetic relationships of Asian and European pig breeds determined by mitochondrial DNA D-loop sequence polymorphism. Animal Genetics. 33 (1): 19-25.
144. KING, R.; TAVERNER, M. 1975. Prediction of the digestible energy in pig diets from analyses of fibre contents. (en línea). Animal Production. 21: 275-284. Consultado 19 dic. 2011. Disponible en <http://journals.cambridge.org/action/displayAbstract?fromPage=online&aid=7354648>
145. LEGAULT, C.; CARITEZ, J.; DUPONT, C; GOGUE, J. 1983. L'expérimentation sur le porc chinois en France I. Performances de

reproduction en race pure et en croisement. Génétic, Sélection, Evololution. 15 (2): 225-240.

146. LE GOFF, G.; NOBLET, J. 2001. Comparative total tract digestibility of dietary energy and nutrients in growing pigs and adult sows. *Journal of Animal Science*. 79: 2418-2427.
147. LEIVA, L.; LÓPEZ, J.; MARRERO, M.; MARRERO, P.; NEGRÍN, A.; PÉREZ, R.; SÁNCHEZ, H.; SORIS, A. 2008. Composición química de diferentes variedades cultivadas de marpacífico (*Hibiscus rosa-sinensis*) para su empleo en la alimentación porcina. *Revista Computarizada de Producción Porcina (Cuba)*. 15 (3): 250-254.
148. LEMUS, C.; HERNÁNDEZ, J.; NAVARRETE, R.; RODRÍGUEZ, J.; DE LA BARRERA, J.; LY, J. 2008a. Algunos estudios de manejo de cerdos Pelón Mexicano durante el crecimiento. *Revista Computarizada de Producción Porcina (Cuba)*. 15 (2): 158-162.
149. _____. 2008b. Diversidad genética del cerdo criollo mexicano. *Revista Computarizada de Producción Porcina (Cuba)*. 15 (1): 33-40.
150. _____.; LY, J. 2010. Estudios de sostenibilidad de cerdos Mexicanos Pelones y Cuinos. La iniciativa Nayarita. *Revista Computarizada de Producción Porcina (Cuba)*. 17 (2): 89-98.
151. LEN, N.; LINDBERG, J.; OGLE, B. 2007. Digestibility and nitrogen retention of diets containing different levels of fibre in local (Mong Cai), F1 (Mong Cai x Yorkshire) and exotic (Landrace x Yorkshire) growing pigs in Vietnam. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition (Berl)*. 91 (7-8): 297-303.
152. _____.; _____.; _____. 2008a. Effect of dietary fiber level on the performance and carcass traits of Mong Cai, F1 crossbred (Mong Cai x Yorkshire) and Landrace x Yorkshire pigs. (en línea). *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 21 (2): 245-251. Consultado 19 dic. 2011. Disponible en <http://cat.inist.fr/?aModele=afficheN&cpsidt=19990423>

153. _____. 2008b. Evaluation of fibrous feeds for growing pigs in Vietnam. Effects of fibre level and breed. PhD. thesis. Uppsala, Sweden. Swedish University of Agricultural Sciences. 66 p.
154. _____.; HONG, T.; OGLE, B.; LINDBERG, J. 2009a. Comparison of total tract digestibility, development of visceral organs and digestive tract of Mong Cai and Yorkshire x Landrace piglets fed diets with different fibre sources. (en línea). *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition (Berl)*. 93 (2): 181-191. Consultado 19 dic. 2011. Disponible en <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19320931>
155. _____.; TRAN BICH NGOC; OGLE, B.; LINDBERG, J. 2009b. Ileal and total tract digestibility in local (Mong Cai) and exotic (Landrace x Yorkshire) piglets fed low and high-fibre diets, with or without enzyme supplementation. (en línea). *Livestock Science*. 126 (1-3): 73-79. Consultado 19 dic. 2011. Disponible en <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1871141309002261>
156. LLOYD, L.; DALE, D.; CRAMPTON, W. 1958. The role of the caecum in nutrient utilization by the pig. *Journal of animal Science*. 17 (3): 684-692.
157. LÓPEZ BOTE, C.; FRUCTUOSO, G.; MATEOS, G. 2000. Sistemas de producción porcina y calidad de carne; el Cerdo Ibérico. In: *Curso de Especialización FEDNA (16º, 2000, Barcelona)*. Avances en nutrición y alimentación animal. s.l., FEDNA. pp. 77-111.
158. LY, J. 1995. Harina de caña biotransformada (Saccharina) en dietas para cerdos. Digestión de la pared celular e índices fermentativos fecales. *Revista Computarizada de Producción Porcina (Cuba)*. 2 (2): 50-56.
159. _____. 1996. Una reseña corta sobre avances en estudios de procesos digestivos en cerdos alimentados con dietas tropicales

- no convencionales. Revista Computarizada de Producción Porcina (Cuba). 3 (1): 7-14.
160. _____.; DIÉGUEZ, F.; MARTÍNEZ, R.; GARCÍA, A. 1998. Digestion of a diet very high in fibre in Cuban Creole pigs. *Animal Feed Science and Technology*. 72 (3): 397-402.
161. _____.; MACÍAS, M.; SANTANA, I.; GARCÍA, A. 1999. Determinación del valor nutritivo de harina de palmiche en cerdos cubanos. *In: Encuentro Regional sobre Nutrición y Producción de Animales Monogástricos (5º, 1999, Maracay)*. Resúmenes. s.n.t. pp. 13-14.
162. _____.; CHHAY TY; CHIEV PHINY; PRESTON, T.; RODRÍGUEZ, L. 2002. Algunos aspectos del valor nutritivo del ensilado de forraje de yuca dado a cerdos Mong Cai alimentados con dietas de poca proteína. *Revista Computarizada de Producción Porcina (Cuba)*. 9 (Suplemento 1): 42-50.
163. _____.; _____.; POK SAMKOL. 2003. N balance studies in young Mong Cai and Large White pigs fed high fibre diets based on wheat bran. (en línea). *Livestock Research for Rural Development*. 15 (1): s.p. Consultado 19 dic. 2011. Disponible en <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd15/1/ly.html>
164. _____.; RICO, C. 2006. Cría de cerdos al aire libre. El caso cubano. *Revista Computarizada de Producción Porcina (Cuba)*. 13 (1): 11-20.
165. _____. 2008a. Una aproximación a la fisiología de la digestión de cerdos criollos. *Revista Computarizada de Producción Porcina (Cuba)*. 15 (1): 13-23.
166. _____. 2008b. Studies on factors affecting faecal output in growing pigs. An approach to the effect of level of feed intake and sex. *Revista Computarizada de Producción Porcina (Cuba)*. 15 (3): 255-260.

167. _____.; POK SAMKOL. 2008c. Studies on faecal output in Mong Cai pigs fed diets rich in crude fibre. Revista Computarizada de Producción Porcina (Cuba). 12 (2): 139-143.
168. _____.; GRAGEOLA, F.; BATISTA, R.; LEMUS, C.; MACÍAS, M.; SANTANA, I.; DÍAZ, C. 2010. Efecto del genotipo y de la dieta en la digestibilidad rectal de nutrientes y salida fecal en cerdo Criollo Cubano. Resumen. Revista Computarizada de Producción Porcina (Cuba). 17 (2): 83-84.
169. MACÍAS, M.; MARTÍNEZ, O.; DOMÍNGUEZ, H. 2004. Digestibilidad ileal y rectal de cerdos Criollo Cubano alimentados con dietas de mieles y afrecho de trigo (Ileal and total digestibility of Cuban Creole pigs fed diets of sugar cane molasses and wheat bran). Revista Computarizada de Producción Porcina (Cuba). 11 (Suplemento 1): 21-23.
170. _____.; GARCÍA, J.; DOMÍNGUEZ, H.; DÍAZ, C.; VITÓN, D. 2006a. Efecto de la selección en procesos digestivos hasta el íleon en cerdos Criollo Cubano Revista Computarizada de Producción Porcina (Cuba). 13 (1): 60-63.
171. _____. 2006b. Procesos digestivos en el cerdo Criollo de Cuba; reseña. Tesis de Doctor en Ciencias Veterinarias. La Habana, Cuba. Revista Computarizada de Producción Porcina (Cuba). 14 (1): 94.
172. _____. 2006c. Procesos digestivos en el cerdo Criollo de Cuba. Revista Computarizada de Producción Porcina (Cuba). 13 (Suplemento 2): 50-55.
173. _____.; MARTÍNEZ, I.; SANTANA, C.; DÍAZ, C.; LY, J. 2008a. Función cecal en cerdos Criollo Cubano. Efecto de fuentes tropicales no convencionales de energía en índices fermentativos. Revista Computarizada de Producción Porcina (Cuba). 15 (1): 68-71.

174. _____.; DÍAZ, C.; GARCÍA, J.; MARTÍNEZ, O. 2008b. Patrón de consumo de cerdos “Criollo cubano” alimentado con miel rica de caña de azúcar. Revista UNELLES de Ciencia y Tecnología. 26: 40-48.
175. _____.; MARTÍNEZ, I.; DOMÍNGUEZ, H.; DÍAZ, C.; LY, J. 2008c. Salida ileal y fecal en cerdos Criollo Cubano alimentados con dietas de mieles enriquecidas de caña de azúcar y afrecho de trigo. Revista Computarizada de Producción Porcina (Cuba). 15 (2): 168-171.
176. _____.; MARTÍNEZ, O.; SANTANA, I.; DOMÍNGUEZ, H.; LY, J. 2010a. Influencia de dieta y genotipo en el contenido digestivo de cerdos Criollo Cubano alimentados ad libitum durante el acabado. Revista Computarizada de Producción Porcina (Cuba). 17 (2): 159-162.
177. _____.; DÍAZ, C.; DOMÍNGUEZ, H.; LY, J. 2010b. Morfometría de algunos órganos digestivos de cerdos alimentados con dietas de cereales, miel B de caña de azúcar y palmiche. (en línea). Livestock Research for Rural Development. 22 (1): s.p. Consultado 19 dic. 2011. Disponible en <http://www.lrrd.org/lrrd22/1/maci22015.htm>
178. MACLAREN, D. 1989. The potential of Chinese Swine Breeds to improve pork production efficiency in the U.S. In: Annual National Breeders’ Roundtable (38º, 1989, St. Louis, MO, United States). Proceedings. s.n.t. pp. 78-109.
179. MAYNARD, L.; LOOSLI, J.; HINTZ, H.; WARNER, R. 1981. Nutrición Animal. México, Mc. Graw-Hill. 640 p.
180. MALAVANH, C.; PRESTON; T.; OGLE, B. 2008. Effect of replacing soybean meal by a mixture of taro leaf silage and water spinach on reproduction and piglet performance in Mong Cai gilts. (en línea). Livestock Research for Rural Development. 20 (Suplement): s.p.

Consultado 20 dic. 2011. Disponible en <http://www.lrrd.org/lrrd20/supplement/mala2.htm>

181. MARTÍNEZ, M.; SARMIENTO, L.; RODRÍGUEZ, Z.; SAVÓN, L.; DIHIGO, L.; RODRÍGUEZ, R.; HERNÁNDEZ, Y.; ORAMAS, A.; DOMÍNGUEZ, M.; SARDUY, L. 2009. Caracterización químico-física y cinética de fermentación in vitro de harina de follaje de *Stizolobium* para cerdos. Revista Computarizada de Producción Porcina (Cuba). 16 (1): 37-40.
182. MATHERS, J.; DAWSON, L. 1991. Large bowel fermentation in rats eating processed potatoes. British Journal of Nutrition. 66 (2): 313-329.
183. _____.; SMITH, H.; CARTER, S. 1997. Dose-response effects of raw potato starch on small-intestinal escape, larg-bowel fermentation and gut transit time in the rat. British Journal of Nutrition. 78 (6): 1915-1029.
184. MEJÍA, K., LEMUS, C., ZAMBRANO, J., GONZÁLEZ, C. 2010. Respuesta humoral de IgM e IgG en cerdos Criollos Mexicanos y Comercial, predestete sin reto inmunológico inducido. Zootecnia Tropical. 28 (2): 267-273.
185. MÉNDEZ, R.; BECERRÍL, M.; RUBIO, M.; DELGADO, E. 2002. Características de la canal del cerdo Pelón Mexicano, procedente de Mizantla, Veracruz, México. Veterinaria México. 33 (001): 27-37.
186. MONSMA, D.; THORSEN, P.; VOLLENDORF, N.; CRENSHAW, T.; MARLETT, J. 2000. In vitro fermentation of swine ileal containing oat bran dietary fiber by rat cecal inocula adapted to the test fiber increases propionate production but fermentation of wheat bran ileal digesta does not produce more butyrate. Journal of Nutrition. 130: 585-593.

187. MONTEVERDE, S. 2001. Producción de leche de cerdas criollas Pampa y Duroc en un sistema a campo. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 63 p.
188. _____.; VADELL, A.; URIOSTE, J. 2002. Producción de leche de cerdas Pampa-Rocha. In: Simposio Iberoamericano sobre la Conservación de los Recursos Zoogenéticos Locales y el Desarrollo Rural Sostenible (3º, 2002, Montevideo). Resúmenes. Montevideo, Facultad de Veterinaria. p.irr.
189. MOORE, W.; MOORE, L.; CATO, E.; WILKINS, T.; KORNEGAY, E. 1987. Effect of high-fiber and high-oil diets on the fecal flora of swine. *Applied and Environmental Microbiology*. 53 (7): 1638-1644.
190. MORALES, J.; PÉREZ, J.; BAUCCELLS, M.; MOUROT, J.; GASA, J. 2002a. Comparative digestibility and lipogenic activity in Landrace and Iberian finishing pigs fed ad libitum corn- and corn-sorghum-acorn- based diets. *Livestock Production Science*. 77 (2-3): 195-205.
191. _____. 2002b. Efecto de la fermentación microbiana en el intestino grueso sobre la digestión, absorción y utilización de nutrientes: comparación entre el cerdo Landrace y el Ibérico. Tesis Dr. Sci. Barcelona, España. Universidad Autónoma de Barcelona. 205 p.
192. _____.; PÉREZ, J.; MARTÍN-ORÚE, S.; FONDEVILA, M.; GASA, J. 2002c. Large bowel fermentation of corn or sorghum-acorn diets fed as a different source of carbohydrates to Landrace and Iberian pigs. *British Journal of Nutrition*. 88: 489-497.
193. _____.; BAUCCELLS, M.; PÉREZ, J.; MOUROT, J.; GASA, J. 2003a. Body fat content, composition and distribution in Landrace and Iberian finishing pigs given ad libitum maize- and acorn-sorghum-maize-based diets. *Animal Science*. 77: 215-224.
194. _____.; PÉREZ, J.; ANGUITA, M.; MARTÍN-ORÚE, S.; FONDEVILA, M.; GASA, J. 2003b. Comparación de parámetros productivos y digestivos entre cerdos ibéricos y Landrace alimentados con maíz o bellota y sorgo. *Archivos de Zootecnia*. 52: 35-45.

195. MORTENSEN, P.; RASMUSSEN, H. 1988. Short-chain fatty acid production from mono- and disaccharides in a fecal incubation system: implications for colonic fermentation of dietary fiber in humans. *Journal of Nutrition*. 118 (3): 321-325.
196. MYER, R.; CHEEKE, P.; KENNICK, W. 1975. Utilization of alfalfa protein concentrate by swine. *Journal of Animal Science*. 40 (5): 885-891.
197. NDINDANA, W.; DZAMA, K.; NDIWENI, P.; MASWAURE, S.; CHINMOYO, M. 2002. Digestibility of high fibre diets and performance of growing Zimbabwean indigenous Mukota pigs and exotic Large White pigs fed maize based diets with graded. (en línea). *Animal Feed Science and Technology*. 97 (3-4): 199-208. Consultado 20 dic. 2011. Disponible en <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377840101003455>
198. NGOC, T.; OGLE, B. 2007. Ileal and total tract digestibility in local (Mong Cai) and exotic (Landrace x Yorkshire) piglets fed low and high fibre diets with or without enzyme supplementation. (en línea). Tesis MSc. Uppsala, Sweden. Swedish University of Agricultural Sciences (MEKARN-SLU). s.l., s.p. Consultado 11 ago. 2012. Disponible en <http://www.mekarn.org/msc2005-07/thesis07/ngoc1.htm>
199. NGUYEN VAN LAI. 1998. On-farm comparison of Mong Cai and Large White pigs fed ensiled cassava root, rice bran and duckweed. (en línea). *Livestock Research for Rural Development*. 10 (3): s.p. Consultado 20 dic. 2011. Disponible en <http://www.lrrd.org/lrrd10/3/lai103.htm>
200. NOBLET, J.; SHI, X. 1994. Effect of body weight on digestive utilization of energy and nutrients of ingredients and diets in pigs. (en línea). *Livestock Production Science*. 37 (3): 323-338. Consultado 20 dic. 2011. Disponible en <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0301622694901260>

201. NYONI, A.; CHINMOYO, M.; DZAMA, K. 2008. Valor social y económico y atributos de cerdos indígenas amenazados de extinción en Zimbabwe. *Revista Computarizada de Producción Porcina (Cuba)*. 15 (1): 24-28.
202. OGLE, B. 2006. Forages for pigs: nutritional, physiological and practical implications. (en línea). In: Workshop-Seminar and Rabbits (2006, Phnom Penh, Cambodia). Forages for pigs. Phnom Penh, MEKARN - CelAgrid. s.p. Consultado 20 dic. 2011. Disponible en <http://www.mekarn.org/proprf/ogle.htm>
203. OKUMURA, N.; KUROSAWA, Y.; KOBAYASHI, E.; WATANOBE, T.; ISHIGURO, N.; YASUE, H.; MITSUHASHI, T. 2001. Genetic relationship amongst the major non-coding regions of mitochondrial DNAs in wild boars and several breeds of domesticated pigs. *Animal Genetics*. 32 (3): 139-147.
204. OLLIVIER, L.; ALDERSON, L.; GANDINI, G.; FOULLEY, J.; HALEY, Ch.; JOOSTEN, R.; RATTINL, A.; HARLIZIUS, B.; GROENEN, M.; AMIGUES, Y.; BOSCHER, M.; RUSSELL, G.; LAW, A.; DAVOLI, R.; RUSSO, V.; MATASSINO, D.; DÉSAUTÉS, C.; FIMLAND, E.; BAGGA, M.; DELGADO, J.; VEGA-PLA, MARTÍNEZ, A.; RAMOS, A.; GLODEK, P.; MEYER, J.; PLASTOW, G.; SIGGENS, K.; ARCHIBALD, A.; MILAN, D.; SAN CRISTOBAL, M.; LAVAL, G.; HAMMOND, K.; CARDELLINO, R.; CHEVALET, C. 2005. An assessment of European pig diversity using molecular markers; Partitioning of diversity among breeds. *Conservation Genetics*. 6: 729-741.
205. PARTRIDGE, I.; KEAL, H.; MITCHELL, K. 1982. The utilization of dietary cellulose by growing pigs. (en línea). *Animal Production*. 35: 209-214. Consultado 20 dic. 2011. Disponible en <http://journals.cambridge.org/action/displayAbstract?fromPage=online&aid=7366896>
206. PERALTA, V; PONCE, C.; LLAMAS, C.; GRAGEOLA, F.; LEMUS, C.; LY, J. 2008. Patrón de consumo de cerdos Pelón Mexicano nayaritas alimentados con dietas de pulpa fresca de aguacate (*Persea americana Mill.*). *Revista Computarizada de Producción Porcina (Cuba)*. 15 (1): 63-67.

207. PÉREZ, E. 2006a. Caracterización genética del cerdo Criollo Cubano utilizando marcadores moleculares. *Revista Computarizada de Producción Porcina (Cuba)*. 13 (Suplemento 2): 44-49.
208. _____. 2006b. El rebaño genético del cerdo Criollo Cubano. Comportamiento histórico. *Revista Computarizada de Producción Porcina (Cuba)*. 13 (Suplemento 2): 39-43.
209. PLUSKE, J.; DURMIC, Z.; PETHICK, D.; MULLAN, B.; HAMPSON, D. 1998. Confirmation of the role of rapidly fermentable carbohydrates in the expression of swine dysentery in pigs after experimental infection. *Journal of Nutrition*. 128 (10): 1737-1744.
210. POK SAMKOL; LY, J. 2008. Balance of N of Young Mong Cai and Large White pigs. High fibrous diets based on full-fat rubber seed. *Revista Computarizada de Producción Porcina (Cuba)*. 15 (3): 265-270.
211. POLLMANN, D.; DANIELSON, D.; CRENSHAW, M.; PEO, E. 1980. Long-Term effects of dietary additions of alfalfa and tallow on sow reproductive performance. *Journal of Animal Science*. 51: 294-299.
212. POND, W.; YEN, J.; LINDVALL, R.; HILL, D. 1980. Dietary alfalfa meal for genetically obese and lean growing pigs: Effect on body weight gain and on carcass and gastrointestinal tract measurement and blood metabolites. *Journal of Animal Science*. 51: 367-373.
213. _____.; POND, K.; ELLIS, W.; MATIS, J. 1986. Markers for estimating digesta flow in pigs and the effects of dietary fiber. *Journal of Animal Science*. 63 (4): 1140-1149.
214. _____.; JUNG, H.; VAREL, V. 1988. Effect of dietary fiber on young adult genetically lean, obese and contemporary pigs; body weight, carcass measurements, organ weights and digesta content. *Journal of Animal Science*. 66: 699-706.
215. POWLEY, J.; CHEEKE, P.; DAVIDSON, T.; KENNICK; W. 1981. Performance of growing-finishing swine fed high levels of alfalfa meal: Effects of alfalfa level, dietary additives and antibiotics. *Journal of Animal Science*. 53 (2): 308-316.

216. PRESTON, T.; RODRÍGUEZ, L. 2010. La raza de cerdos Mong Cai de Vietnam y Laos. Resumen. Revista Computarizada de Producción Porcina (Cuba). 17 (2): 87.
217. QIN, G.; VERSTEGEN, M; BOSCH, M.1995. Variation of digestive capacity between genetically different pig populations; a review. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition. 73: 233-242
218. RÉRAT, A.; FISZLEWICZ, M.; GIUSI, A.; VAUGUELADE, P. 1987. Influence of meal frequency on postprandial variations in the production and absorption of volatile fatty acids in the digestive tract of conscious pigs. Journal of Animal Science. 64: 448-456.
219. ROBINSON, I.; ALLISON, M.; BUCKLIN, J. 1981. Characterization of the cecal bacteria of normal pigs. Applied and Environmental Microbiology. 41 (4): 950-955.
220. RODRÍGUEZ, L.; PRESTON, T. 1996. Comparative parameters of digestión and N metabolism in Mong Cai and Mong Cai x Large White cross piglets having free access to sugar cane juice and duck weed. (en línea). Livestock Research for Rural Development. 8 (1): s.p. Consultado 20 dic. 2011. Disponible en <http://www.lrrd.org/lrrd8/1/lylian.htm>
221. RODRÍGUEZ, M.; FIGUEROA, V. 1995. Evaluación de la fracción nitrogenada de diferentes alimentos fibrosos y su efecto sobre la digestibilidad in vitro. Revista Computarizada de Producción Porcina (Cuba). 2 (1): 28-32.
222. RODRÍGUEZ-PALENZUELA, P.; GARCÍA, J.; DE BLAS, C. 1998. Fibra soluble y su implicación en nutrición animal: enzimas y probióticos. In: Curso de Especialización (14º, 1998, Barcelona). Avances en nutrición y alimentación animal. s.l., FEDNA. pp. 227-240.
223. RUÍZ, J.; LÓPEZ-BOTE, C. 2005a. Alimentación y calidad sensorial en cerdos destinados a la obtención de productos cárnicos de calidad diferenciada. In: Curso de Especialización (21º, 2005, Madrid). Nutrición y alimentación animal. s.l., FEDNA. pp. 53-80.

224. _____. 2005b. Textura de músculos de cerdo y de jamón curado con distintos niveles de NaCl, pH y contenido de agua. Tesis Dr. Sci. Barcelona, España. Universidad Autónoma de Barcelona. 218 p.
225. RUSSEL, E. 1978. Types and distribution of anaerobic bacteria in the large intestine of Pigs. *Applied and Environmental Microbiology*. 37 (2): 187-193.
226. SALANITRO, J.; BLAKE, I.; MUIRHEAD, P. 1977. Isolation and identification of fecal bacteria from adult swine. *American Society for Microbiology*. 33 (1): 79-84.
227. SALVADOR, V.; CHERBUT, Ch.; BARRY, J.L.; BERTRAND, D.; BONNET, Ch.; DELORT-LAVAL, J. 1993. Sugar composition of dietary fibre and short-chain fatty acid production during in vitro fermentation by human bacteria. *British Journal of Nutrition*. 70: 189-197.
228. SANTANA, I.; ENRÍQUEZ, M.; ALONSO, A.; GONZÁLEZ, A.; HERRERA, H.; SANTOS, R.; GUERRA, M.; BRACHE, F. 2001. Cerdos Criollo alimentados con palmiche (*Roystonea regia HBK Stend*) al final de la ceba. Productos cárnicos derivados. *Revista Computarizada de Producción Porcina (Cuba)*. 8 (2): 80-88.
229. _____.; MACÍAS, M.; MACÍAS, O.; MARTÍNEZ, R.; VITÓN, D.; OBREGÓN, D. 2004. La bellota de encino cubano (*Quercus oleoides* spp. *Sagreana S.H. Mill*), una fuente de alimentación local y alternativa para los cerdos. *Revista Computarizada de Producción Porcina (Cuba)*. 11 (Supl. 1): 41-44.
230. _____.; _____.; DÍAZ, D.; VITÓN, D.; OBREGÓN, D.; FERNÁNDEZ, M.; LY, J. 2005. La bellota de encino cubano (*Quercus oleoides* spp. *Sagreana S.H. Mill*); una fuente de alimentación local para cerdos. *Revista Computarizada de Producción Porcina (Cuba)*. 12 (3): 229-234.

231. SANTOS E SILVA, M.; FIGUEIREDO, F.; PIRES DA COSTA, J.; ABREU, J. 2005. Grass utilization in growing finishing Bísaro pigs (85-107 kg). Performance and carcass composition. Option Méditerranéennes. Series A. no. 76: 143-149.
232. SARRIA, P.; RIVERA, L.; ARAUJO, R.; PETERS, M. 2010. Follaje de caupí (*Vigna unguiculata*) como fuente de proteína para cerdos en crecimiento. Revista Computarizada de Producción Porcina (Cuba). 17 (3): 229-233.
233. SAVÓN, L. 2005. Alimentación no convencional de especies monogástricas: utilización de alimentos altos en fibra. In: Encuentro de Nutrición y Producción de Animales Monogástricos (8º, 2005, Guanare). Alimentación no convencional para monogástricos en el trópico. Barinas, Universidad Experimental de Los Llanos (Venezuela). pp. 30-50.
234. SEERLEY, R.; WAHLSTROM, R. 1965. Dehydrated alfalfa meal in rations for confined brood sows. Journal of Animal Science. 24 (2): 448-453.
235. SIERRA, A. 2006. Rescate genético del cerdo Pelón en Yucatán, un recurso con potencial para ser utilizado por las comunidades mayas. Revista Computarizada de Producción Porcina (Cuba). 13 (Suplemento 2): 34-38.
236. SOULIVANH, N.; POK SAMKOL.; LY, J. 2008. Studies on rectal digestibility and performance traits of Young Cambodian Khondol pigs. Revista Computarizada de Producción Porcina (Cuba). 15 (2): 163-167.
237. TANENGONI, A.; DZAMA, K.; CHIMONYO, M.; MASWAURE, M. 2002. Influence of level of maize cob meal on nutrient digestibility and nitrogen balance in Large White, Mukota and LW x MF₁ crossbred pigs. Animal Science. 74: 127-134.

238. TAYSAYAVONG, LOTCHANA.; PRESTON, T. 2010a. Effect of rice distillers's by-product on growth performance and digestibility of Moo Laat and Mong Cai pigs fed rice bran and water spinach. (en línea). Livestock Research for Rural Development. 22 (9): s.p. Consultado 31 ago. 2011. Disponible en <http://lrrd.cipav.org.co/lrrd22/9/lotc22165.htm>
239. _____.; PRESTON, T. 2010b. Effect of a supplement of water spinach on digestibility by growing Mong Cai pigs fed a basal diet of rice bran. (en línea). Tesis MSc. Uppsala, Sweden. Swedish University of Agricultural Sciences (MEKARN-SLU). s.p. Consultado 6 set. 2012. Disponible en http://www.mekarn.org/msc2008-10/theses/lotc_2.htm
240. THEANDER, O.; ÅMAN, P. 1980. Chemical composition of some forages and various residues from feeding value determinations. (en línea). Journal of the Science of Food and Agriculture. 31 (1): 31-37. Consultado 20 dic. 2011. Disponible en <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jsfa.2740310106/abstract>
241. TOPPING, D.; ILLMAN, R.; CLARKE, J.; TRIMBLE, R.; JACKSON, K.; MARSONO, Y. 1993. Dietary fat and fiber alter large bowel and portal venous volatile fatty acids and plasma cholesterol but not biliary steroids in pigs. Journal of Nutrition. 123 (1): 133-143.
242. TORO, C. 2008. Comparación de cerdos criollos versus mejorados en la capacidad de digestión y fermentación de dietas con diferentes tipos de materias primas fibrosas. Tesis de Maestría en Ciencias Agropecuarias. Palmira, Colombia. Universidad Nacional de Colombia. 109 p.
243. TREJO, W.; SANTOS R.; BELMAR, R.; ANDERSON, S.; SUNDRUM; A. 2003. Digestibility and nitrogen retention in Creole Pigs and improved breed of pigs fed with maize and mucuna beans in peasant systems in South of Mexico. In: Deutscher Tropentag (5th., 2003, Göttingen). Göttingen, technological and institutional

innovations for sustainable rural development; abstracts. Göttingen, University of Göttingen. p 71.

244. TRÓMPIZ, J.; VENTURA, M.; RÍOS, G.; DEL VILLAR, A.; PADRÓN, S. 2006. Harina de follaje de quinchoncho (*Cajanus cajan* (L.) Mill sp.) para el engorde de cerdos. Características de la canal. Revista Computarizada de Producción Porcina (Cuba). 13 (2): 126-130.
245. URIOSTE, J.; VADELL, A.; BARLOCCO, N. 2002. El cerdo Pampa-Rocha como recurso zoogenético en Uruguay. Aspectos generales. In: Simposio Iberoamericano sobre la Conservación de los Recursos Zoogenéticos Locales y el Desarrollo Rural Sostenible (3º, 2002, Montevideo). Resúmenes. Montevideo, Facultad de Veterinaria. p.irr.
246. URRIOLOA, P.; STEIN, H. 2010a. Comparative digestibility of energy and nutrients in fibrous feed ingredients by Meishan and Yorkshire pigs. Abstract. Journal of Animal Science. 88 (E-Suppl. 3): 89.
247. _____.; _____. 2010b. Effects of distillers dried grains with solubles on amino acid, energy, and fiber digestibility and on hindgut fermentation of dietary fiber in a corn-soybean meal diet fed to growing pigs. Journal of Animal Science. 88: 1454-1462.
248. URUGUAY. MINISTERIO DE GANADERÍA, AGRICULTURA Y PESCA. DIRECCIÓN DE INVESTIGACIONES ESTADÍSTICAS AGROPECUARIAS; INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS. 2007. Encuesta porcina 2006. Caracterización de la situación productiva, tecnológica, comercial y social del sector porcino. Montevideo, INIA. 98 p. (FPTA no.170).
249. _____. _____. _____. 2010. Anuario estadístico 2010. Montevideo. 240 p.

250. VADELL, A.; BARLOCCO, N. s.f. El cerdo Pampa-Rocha de Uruguay. Un recurso zoogenético ligado a actividades agropecuarias desarrolladas por pequeños y medianos productores. (en línea). Montevideo, Universidad de la República. 5 p. Consultado 15 ago. 2012. Disponible en http://www.fagro.edu.uy/~suinos/apoyo_prod/genetica/Vadell_El_cerdo_criollo_Pampa-Rocha.pdf
251. _____.; _____.; METHOL, R.; VASELLI, M.; CASTILLOS, A. 1996. Diagnóstico de la producción porcina en el Departamento de Rocha. Montevideo, PROBIDES/UDELAR. Facultad de Agronomía. 40 p.
252. _____.; _____.; FRANCO, J.; MONTEVERDE, S. 1997. Evaluación de una dieta restringida en gestación en cerdas de raza Pampa sobre pastoreo permanente. Revista de la Facultad de Ciencias Veterinarias (Universidad Central de Venezuela). 40 (3): 157-163.
253. _____. 1999. Producción de cerdos a campo en un sistema de mínimos costos. In: Encuentro de Nutrición y Producción de Animales Monogástricos (5º, 1999, Maracay, Venezuela). Trabajos presentados. s.n.t. pp. 54-67.
254. _____.; GÓMEZ, J. 2003. Resultados de ocho años en un sistema de cría de cerdos a campo de mínimos costos. (soporte magnético). In: Encuentro Latinoamericano de Especialistas en Sistemas de Producción Porcina a Campo (3º, 2003, Marcos Juárez). Trabajos presentados. Marcos Juárez, INTA. 1 disco compacto.
255. _____. 2005. La producción de cerdos al aire libre en Uruguay. In: Encuentro de Nutrición y Producción de Animales Monogástricos (8º, 2005, Guanare, Venezuela). Sistemas integrados de producción con no rumiantes. Guanare, Venezuela, Asociación Venezolana de Producción Animal. pp. 4-12.

256. _____. 2008. Una reseña corta sobre la Raza Criolla de Cerdos Pampa Rocha y su utilización en Uruguay. *Revista Computarizada de Producción Porcina (Cuba)*. 15 (2): 105-112.
257. _____.; BARLOCCO, N.; CARVALLO, C. 2010. Prolificidad y longevidad productiva de cerdas Pampa Rocha en un sistema de producción al aire libre. *Revista computarizada de Producción Porcina (Cuba)*. 17 (2): 149-153.
258. VAN SOEST, P. 1964. Symposium on nutrition and forage and pastures; new chemical procedures for evaluating forages. *Journal of Animal Science*. 23 (3): 838-845.
259. _____. 1965. Symposium on factors influencing the voluntary intake of herbage by ruminants; voluntary intake in relation to chemical composition and digestibility. *Journal of Animal Science*. 24: 834-843.
260. _____. 1967. Development of a comprehensive system of feed analyses and its application to forages. *Journal of Animal Science*. 26 (1): 119-128.
261. _____.; ROBERTSON, J. 1980. Systems of analysis for evaluating fibrous feeds. *In*: Pigden, W.; Balch, C.; Graham, M. eds. *Standardization of analytical methodology in feeds*. Ottawa, Canada, International Research Development Center. pp. 49-60.
262. VAREL, V.; POND, W.; PEKAS, J.; YEN, J. 1982. Influence of high-fiber diet on bacterial populations in gastrointestinal tracts of obese- and lean-genotype pigs. *Applied and Environmental Microbiology*. 44 (1): 107-112.
263. _____.; FRYDA, S.; ROBINSON, I. 1984a. Cellulolytic bacteria from pig large intestine. *Applied and Environmental Microbiology*. 47 (1): 219-221.

264. _____.; POND, W.; YEN, J. 1984b. Influence of dietary fiber on the performance and cellulose activity of growing-finishing swine. *Journal of Animal Science*. 59 (2): 388-393.
265. _____.; _____. 1985. Enumeration and activity of cellulolytic bacteria from gestating swine fed various levels of dietary fiber. *Applied and Environmental Microbiology*. 49 (4): 858-862.
266. _____. 1987. Activity of fiber-degrading microorganisms in the pig large intestine. *Journal of animal science*. 65 (2): 488-496.
267. _____.; JUNG, H.; POND, W. 1988. Effects of dietary fiber of young adult genetically lean, obese and contemporary pigs; rate of passage, digestibility and microbiological data. *Journal of Animal Science*. 66 (3): 707-712.
268. _____.; POND, W. 1992. Characteristics of a new cellulolytic *Clostridium* sp. Isolated from pig intestinal tract. *Applied and Environmental Microbiology*. 58 (5): 1645-1649.
269. _____.; TANNER, R.; WOESE, C. 1995. *Clostridium herbivorans* sp. Nov., a cellulolytic anaerobe from the pig intestine. *International Journal of Systematic Bacteriology*. 45 (3): 490-494.
270. _____.; YEN, J. 1997. Microbial perspective on fiber utilization by swine. *Journal of Animal Science*. 75 (10): 2715-2722.
271. VÁRGUEZ, G. 2009. Digestibilidad de la proteína cruda del grano de frijol terciopelo (*Mucuna pruriens*) en cerdos Criollos y comerciales; reseña. Tesis de Licenciatura en Medicina Veterinaria y Zootecnia. Yucatán, México. Universidad Autónoma de Yucatán. *Revista Computarizada de Producción Porcina (Cuba)*. 16 (4): 275.
272. VELÁZQUEZ, F. 2008. El cerdo Criollo Cubano en el desarrollo rural sostenible. *Revista Computarizada de Producción Porcina (Cuba)*. 15 (1): 29-32.

273. VILLA, C. 2010. El concepto de rusticidad. (en línea). Buenos Aires, Sitio Argentino de Producción Animal. Consultado 31 jul. 2011. Disponible en http://www.produccion-animal.com.ar/genetica_seleccion_cruzamientos/bovinos_en_general/15-rusticidad.pdf
274. VINCENT, A. LOUVEAU, A., WYSZYNSKAYA-KOKO, J., LEBRET, B., DAMON, M. 2011. Comparaison de l'expression des genes du tissue adipeux entre les porcs Large White et Basque; poster. Journées Recherche Porcine. 43: 53.
275. WHITING, F.; BEZEAU, M. 1956a. The metabolic fecal nitrogen excretion of the pig as influenced by the amount of fibre in the ration and by body weight. Canadian Journal of Animal Science. 31 (1): 95-105.
276. _____.; _____. 1956b. The metabolic fecal nitrogen excretion of the pig as influenced by the type of fibre in the ration and by body weight. Canadian Journal of Animal Science. 31 (1): 106-113.
277. WIJEREN, S. 2000. Digestibility and voluntary intake of roughages by wild boar and Meishan pigs. Animal Science. 71: 149-156.
278. WILFART, A.; MONTAGNE, L.; SIMMINS, P.; VAN MILGEN, J.; NOBLET, J. 2007. Sites of nutrient digestion in growing pigs; effect of dietary fiber. Journal of Animal Science. 85: 976-983.
279. YAÑEZ, L.; TROMPIZ, J.; VECCHIONACCE, H. 2005. Introducción de razas de cerdos hiperprolíficas chinas en las occidentales: Una revisión. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal. 13 (2): 70-80.
280. YEN, J.; NIENABER, J.; HILL, D.; POND, W. 1989. Oxygen consumption by portal vein-drained organs and by whole animal in conscious growing swine. (en línea). Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine. 190: 393-398. Consultado

281. _____.; _____.; KLINDT, J.; CROUSE, J. 1991a. Effect of ractopamine on growth, carcass traits, and fasting heat production of U.S. contemporary crossbred and Chinese Meishan pure- and crossbred pigs. *Journal of Animal Science*. 69: 4810-4822.
282. _____.; _____.; HILL, D.; POND, W. 1991b. Potential contribution of absorbed volatile fatty acids to whole-animal energy requirement in conscious swine. *Journal of Animal Science*. 69: 2001-2012.
283. _____.; VAREL, V.; NIENABER, J. 2004. Metabolic and microbial responses in western crossbred and Meishan growing pigs fed a high-fiber diet. *Journal of Animal Science*. 82: 1740-1755.
284. ZERVAS, S.; ZIJLSTRA, R. 2002. Effects of dietary protein and fermentable fiber on nitrogen excretion patterns and plasma urea in grower pigs. *Journal of Animal Science*. 80 (12): 3247-3256.

X. ANEXOS

Anexo No. 1

Materia Fresca Ofrecida a los animales Duroc Jersey durante la primera prueba, Kg

Jaula	28-jun	29-jun	30-jun	1-jul	2-jul	3-jul	4-jul	5-jul	6-jul	7-jul	Total	Media
1	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40	24,00	2,40
2	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40	24,00	2,40
3	2,30	2,30	2,30	2,30	2,30	2,30	2,30	2,30	2,30	2,30	23,00	2,30
4	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	25,00	2,50
5	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40	24,00	2,40
6	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40	24,00	2,40
Total	14,40	14,40	14,40	14,40	14,40	14,40	14,40	14,40	14,40	14,40	144,00	14,40
Media	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40	24,00	2,40

Anexo No.2

Materia Fresca Ofrecida a los animales Pampa Rocha durante la primera prueba, Kg

Jaula	19-jul	20-jul	21-jul	22-jul	23-jul	24-jul	25-jul	26-jul	27-jul	28-jul	Total	Media
1	2,15	2,20	2,20	2,20	2,10	2,20	2,20	2,10	2,10	2,10	21,55	2,16
2	2,45	2,50	2,50	2,50	2,40	2,50	2,50	2,40	2,40	2,40	24,55	2,46
3	2,30	2,30	2,30	2,30	2,30	2,30	2,30	2,30	2,30	2,30	23,00	2,30
4	2,30	2,30	2,30	2,30	2,30	2,30	2,30	2,30	2,30	2,30	23,00	2,30
5	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	25,00	2,50
6	2,55	2,50	2,50	2,50	2,60	2,50	2,50	2,60	2,60	2,60	25,45	2,55
Total	14,25	14,30	14,30	14,30	14,20	14,30	14,30	14,20	14,20	14,20	142,55	14,26
Media	2,38	2,38	2,38	2,38	2,37	2,38	2,38	2,37	2,37	2,37	23,76	2,38

Anexo No. 5**Materia fresca rechazada por los animales Duroc Jersey durante la primera prueba, Kg**

Jaula	28-jun	29-jun	30-jun	1-jul	2-jul	3-jul	4-jul	5-jul	6-jul	7-jul	Total	Media
1	0,082	0,008	0,000	0,241	0,000	0,222	0,000	0,123	0,054	0,294	1,023	0,102
2	0,026	0,008	0,000	0,206	0,000	0,119	0,000	0,038	0,031	0,393	0,821	0,082
3	0,000	0,000	0,000	0,357	0,000	0,272	0,000	0,096	0,169	0,875	1,769	0,177
4	0,049	0,021	0,000	0,198	0,000	0,456	0,000	0,126	0,023	0,239	1,112	0,111
5	0,000	0,000	0,000	0,120	0,000	0,113	0,000	0,055	0,063	0,188	0,538	0,054
6	0,016	0,006	0,000	0,292	0,000	0,312	0,000	0,184	0,052	0,448	1,310	0,131
Total	0,174	0,043	0,000	1,413	0,000	1,493	0,000	0,621	0,392	2,437	6,574	0,657
Media	0,029	0,007	0,000	0,236	0,000	0,249	0,000	0,104	0,065	0,406	1,096	0,110

Anexo No.6**Materia fresca rechazada por los animales Pampa Rocha durante la primera prueba, Kg**

Jaula	19-jul	20-jul	21-jul	22-jul	23-jul	24-jul	25-jul	26-jul	27-jul	28-jul	Total	Media
1	0,212	0,135	0,000	0,000	0,538	0,800	0,039	0,000	0,243	0,357	2,325	0,232
2	0,201	0,073	0,000	0,000	0,289	0,317	0,077	0,000	0,361	0,364	1,681	0,168
3	0,296	0,433	0,000	0,000	0,553	0,585	0,186	0,000	0,214	0,548	2,815	0,282
4	0,320	0,187	0,000	0,000	0,317	0,383	0,252	0,000	0,508	0,615	2,583	0,258
5	0,060	0,068	0,000	0,000	0,312	0,249	0,077	0,000	0,334	0,528	1,627	0,163
6	0,150	0,227	0,000	0,000	0,559	0,662	0,232	0,000	0,674	0,653	3,155	0,316
Total	1,239	1,123	0,000	0,000	2,568	2,996	0,863	0,000	2,333	3,065	14,187	1,419
Media	0,206	0,187	0,000	0,000	0,428	0,499	0,144	0,000	0,389	0,511	2,364	0,236

Anexo No.7**Materia fresca rechazada por los animales Duroc Jersey durante la segunda prueba, Kg**

Jaula	13-sep	14-sep	15-sep	16-sep	17-sep	18-sep	19-sep	20-sep	21-sep	22-sep	Total	Media
1	0,363	0,830	0,741	1,168	1,273	0,447	0,330	0,584	0,531	2,030	8,297	0,830
2	0,646	1,393	1,260	1,749	1,144	1,318	0,650	0,955	0,384	2,714	12,213	1,221
3	0,130	2,120	1,913	2,093	2,981	3,259	2,070	0,974	1,945	3,445	20,929	2,093
4	0,794	0,865	1,111	1,172	0,916	1,330	0,671	0,746	0,649	2,314	10,569	1,057
5	0,261	0,759	0,332	0,653	0,804	0,452	0,465	0,599	0,143	3,042	7,509	0,751
6	0,276	0,766	0,408	0,596	0,938	0,575	0,260	0,781	0,376	2,792	7,767	0,777
Total	2,470	6,732	5,764	7,430	8,056	7,381	4,446	4,641	4,027	16,337	67,284	6,728
Media	0,412	1,122	0,961	1,238	1,343	1,230	0,741	0,773	0,671	2,723	11,214	1,121

Anexo No.8**Materia fresca rechazada por los animales Pampa Rocha durante la segunda prueba, Kg**

Jaula	17-oct	18-oct	19-oct	20-oct	21-oct	22-oct	23-oct	24-oct	25-oct	26-oct	Total	Media
1	0,225	1,226	0,858	0,427	0,210	0,210	1,932	0,359	0,200	2,563	8,209	0,821
2	1,748	1,554	2,112	1,599	1,695	1,556	2,146	2,208	1,741	2,228	18,586	1,859
3	1,157	1,333	1,552	1,281	0,994	1,102	1,461	1,180	0,848	1,690	12,596	1,260
4	0,961	1,348	1,823	0,951	0,920	1,162	1,599	1,070	0,707	1,707	12,247	1,225
5	1,308	1,424	1,763	1,374	1,253	0,962	1,616	1,282	0,791	1,722	13,495	1,349
6	0,937	1,677	1,353	1,335	1,460	1,296	1,696	1,547	1,094	1,737	14,133	1,413
Total	6,335	8,562	9,461	6,966	6,532	6,288	10,449	7,645	5,380	11,647	79,266	7,927
Media	1,056	1,427	1,577	1,161	1,089	1,048	1,741	1,274	0,897	1,941	13,211	1,321

Anexo No.9**Materia fresca excretada por los animales Duroc Jersey durante la primera prueba, Kg**

Jaula	28-jun	29-jun	30-jun	1-jul	2-jul	3-jul	4-jul	5-jul	6-jul	7-jul	Total	Media
1	1,80	2,47	2,80	3,48	3,26	2,49	3,46	2,33	2,83	2,77	27,68	2,77
2	2,19	1,49	2,66	3,04	2,69	2,95	2,51	2,27	2,47	1,97	24,24	2,42
3	1,87	1,30	2,21	2,90	2,61	2,35	2,56	2,28	1,91	2,71	22,71	2,27
4	2,25	2,14	1,53	3,82	2,63	2,88	3,24	3,34	2,48	2,20	26,49	2,65
5	2,02	1,60	1,86	3,56	2,96	2,44	2,28	3,27	2,62	2,88	25,49	2,55
6	1,99	1,73	2,53	3,19	2,72	2,45	2,48	2,97	2,23	3,31	25,61	2,56
Total	12,11	10,72	13,58	20,00	16,87	15,57	16,54	16,46	14,54	15,84	152,22	15,22
Media	2,02	1,79	2,26	3,33	2,81	2,59	2,76	2,74	2,42	2,64	25,37	2,54

Anexo No.10**Materia fresca excretada por los animales Pampa Rocha durante la primera prueba, Kg**

Jaula	19-jul	20-jul	21-jul	22-jul	23-jul	24-jul	25-jul	26-jul	27-jul	28-jul	Total	Media
1	1,79	3,19	2,02	2,18	2,43	1,62	2,43	2,65	2,12	2,61	23,04	2,30
2	1,64	2,79	2,12	2,64	2,49	2,36	2,79	2,64	2,55	2,50	24,52	2,45
3	0,96	1,89	2,11	1,72	2,54	1,96	2,51	2,34	1,91	2,57	20,51	2,05
4	0,74	2,78	1,99	1,52	3,61	1,94	2,35	2,64	2,24	2,05	21,86	2,19
5	1,40	2,77	2,03	2,42	2,58	1,93	3,00	1,93	2,69	2,70	23,46	2,35
6	2,07	1,69	2,35	2,31	2,27	2,07	2,43	2,32	2,81	2,63	22,95	2,30
Total	8,60	15,11	12,62	12,80	15,93	11,89	15,51	14,51	14,32	15,06	136,35	13,63
Media	1,43	2,52	2,10	2,13	2,65	1,98	2,59	2,42	2,39	2,51	22,72	2,27

Anexo No.11**Materia fresca excretada por los animales Duroc Jersey durante la segunda prueba, Kg**

Jaula	13-sep	14-sep	15-sep	16-sep	17-sep	18-sep	19-sep	20-sep	21-sep	22-sep	Total	Media
1	1,59	2,48	2,97	2,68	2,76	2,85	3,20	3,58	3,21	3,12	28,44	2,84
2	1,38	1,56	2,58	1,35	3,26	3,29	3,50	3,44	2,88	4,11	27,36	2,74
3	1,32	2,64	2,07	2,63	2,88	2,13	2,51	2,19	2,19	2,68	23,24	2,32
4	1,22	3,23	1,56	2,34	3,45	2,90	2,99	2,80	2,10	3,73	26,31	2,63
5	1,47	2,71	2,46	2,22	4,54	3,69	3,50	3,26	3,10	4,34	31,28	3,13
6	1,99	2,42	2,78	3,40	4,07	3,12	3,77	3,36	3,13	4,31	32,34	3,23
Total	8,97	15,04	14,42	14,61	20,95	17,98	19,47	18,63	16,60	22,31	168,97	16,90
Media	1,49	2,51	2,40	2,44	3,49	3,00	3,24	3,10	2,77	3,72	28,16	2,82

Anexo No.12**Materia fresca excretada por los animales Pampa Rocha durante la segunda prueba, Kg**

Jaula	17-oct	18-oct	19-oct	20-oct	21-oct	22-oct	23-oct	24-oct	25-oct	26-oct	Total	Media
1	2,43	3,77	2,41	1,81	3,07	3,41	2,10	2,74	3,70	2,57	28,02	2,80
2	1,73	1,68	1,58	1,66	1,52	1,68	1,35	0,97	1,40	1,49	15,04	1,50
3	1,69	1,96	2,03	2,00	2,43	2,07	2,33	1,72	2,26	2,50	20,99	2,10
4	1,97	1,96	1,56	1,14	2,07	1,59	2,57	1,65	2,85	1,93	19,29	1,93
5	1,83	1,37	1,11	0,58	2,20	1,55	1,90	1,25	3,13	2,40	17,32	1,73
6	1,05	1,97	2,75	1,70	1,46	2,08	1,63	1,18	2,26	2,34	18,44	1,84
Total	10,71	12,71	11,44	8,90	12,74	12,38	11,89	9,50	15,60	13,23	119,09	11,91
Media	1,78	2,12	1,91	1,48	2,12	2,06	1,98	1,58	2,60	2,20	19,85	1,98

Anexo No.13**Análisis del contenido de materia seca del alimento ofrecido y rechazado y****de las heces de los animales durante la primera prueba.****Lab. Metabólico - Fac. Agronomía**

Descripción	Cápsula (g)	Peso i (g)	Peso f (g)	MF (g)	MS (g)	% MS
Ofrecido DJ	11,01	422,99	372,36	411,98	361,35	87,71
Ofrecido PR	11,02	495,42	433,21	484,40	422,19	87,16
Heces DJ 1	9,93	490,83	138,82	480,90	128,89	26,80
Heces DJ 2	9,91	491,28	147,04	481,37	137,13	28,49
Heces DJ 3	9,60	490,85	148,93	481,25	139,33	28,95
Heces DJ 4	10,77	492,50	145,59	481,73	134,82	27,99
Heces DJ 5	9,45	491,24	150,07	481,79	140,62	29,19
Heces DJ 6	10,91	490,74	148,13	479,83	137,22	28,60
Heces PR 1	9,98	495,55	151,15	485,57	141,17	29,07
Heces PR 2	9,93	496,95	151,31	487,02	141,38	29,03
Heces PR 3	9,65	499,54	156,26	489,89	146,61	29,93
Heces PR 4	10,80	496,34	149,53	485,54	138,73	28,57
Heces PR 5	9,45	493,01	153,92	483,56	144,47	29,88
Heces PR 6	10,93	497,86	157,66	486,93	146,73	30,13
Rech. DJ 1	9,88	492,07	186,12	482,19	176,24	36,55
Rech. DJ 2	9,99	492,67	160,51	482,68	150,52	31,18
Rech. DJ 3	9,89	494,23	145,85	484,34	135,96	28,07
Rech. DJ 4	11,12	490,00	160,18	478,88	149,06	31,13
Rech. DJ 5	10,52	416,47	137,18	405,95	126,66	31,20
Rech. DJ 6	9,93	497,40	152,02	487,47	142,09	29,15
Rech. PR 1	9,95	494,68	134,12	484,73	124,17	25,62
Rech. PR 2	10,08	494,54	171,64	484,46	161,56	33,35
Rech. PR 3	9,96	496,51	230,65	486,55	220,69	45,36
Rech. PR 4	10,92	496,83	144,41	485,91	133,49	27,47
Rech. PR 5	10,59	493,69	130,62	483,10	120,03	24,85
Rech. PR 6	10,00	495,60	263,25	485,60	253,25	52,15

Anexo No.14

**Análisis del contenido de materia seca del alimento ofrecido y rechazado y de las heces de los animales durante la segunda prueba.
Lab. Metabólico - Fac. Agronomía**

Descripción	Cápsula (g)	Peso i (g)	Peso f (g)	MF (g)	MS (g)	% MS
Ofrecido DJ	11,00	501,02	444,15	490,02	433,15	88,39
Ofrecido PR	10,98	507,6	452,29	496,62	441,31	88,86
Heces DJ 1	10,00	509,16	154,64	499,16	144,64	28,98
Heces DJ 2	9,96	512,19	152,37	502,23	142,41	28,36
Heces DJ 3	9,65	514,7	172,12	505,05	162,47	32,17
Heces DJ 4	10,81	514,61	158,04	503,80	147,23	29,22
Heces DJ 5	9,45	516,94	152,49	507,49	143,04	28,19
Heces DJ 6	10,92	511,80	152,60	500,88	141,68	28,29
Heces PR 1	9,97	512,09	162,99	502,12	153,02	30,47
Heces PR 2	9,92	514,29	173,74	504,37	163,82	32,48
Heces PR 3	9,65	513,96	167,39	504,31	157,74	31,28
Heces PR 4	10,81	515,26	174,81	504,45	164,00	32,51
Heces PR 5	9,43	518,2	186,66	508,77	177,23	34,83
Heces PR 6	10,89	511,59	180,30	500,70	169,41	33,83
Rech. DJ 1	10,11	490,45	322,11	480,34	312,00	64,95
Rech. DJ 2	10,06	506,6	318,63	496,54	308,57	62,14
Rech. DJ 3	9,99	516,27	192,38	506,28	182,39	36,03
Rech. DJ 4	11,36	513,24	347,47	501,88	336,11	66,97
Rech. DJ 5	10,74	515,89	221,08	505,15	210,34	41,64
Rech. DJ 6	10,05	504,59	218,53	494,54	208,48	42,16
Rech. PR 1	9,95	494,68	134,12	484,73	124,17	25,62
Rech. PR 2	10,08	494,54	171,64	484,46	161,56	33,35
Rech. PR 3	9,96	496,51	230,65	486,55	220,69	45,36
Rech. PR 4	10,92	496,83	144,41	485,91	133,49	27,47
Rech. PR 5	10,59	493,69	130,62	483,10	120,03	24,85
Rech. PR 6	10,00	495,60	263,25	485,6	253,25	52,15

Anexo No.15**Materia seca ofrecida a los animales Duroc Jersey durante la primera prueba, Kg**

Jaula	28-jun	29-jun	30-jun	1-jul	2-jul	3-jul	4-jul	5-jul	6-jul	7-jul	Total	Media
1	2,11	2,11	2,11	2,11	2,11	2,11	2,11	2,11	2,11	2,11	21,05	2,11
2	2,11	2,11	2,11	2,11	2,11	2,11	2,11	2,11	2,11	2,11	21,05	2,11
3	2,02	2,02	2,02	2,02	2,02	2,02	2,02	2,02	2,02	2,02	20,17	2,02
4	2,19	2,19	2,19	2,19	2,19	2,19	2,19	2,19	2,19	2,19	21,93	2,19
5	2,11	2,11	2,11	2,11	2,11	2,11	2,11	2,11	2,11	2,11	21,05	2,11
6	2,11	2,11	2,11	2,11	2,11	2,11	2,11	2,11	2,11	2,11	21,05	2,11
Total	12,63	12,63	12,63	12,63	12,63	12,63	12,63	12,63	12,63	12,63	126,30	12,63
Media	2,11	2,11	2,11	2,11	2,11	2,11	2,11	2,11	2,11	2,11	21,05	2,11

Anexo No.16**Materia seca ofrecida a los animales Pampa Rocha durante la primera prueba, Kg**

Jaula	19-jul	20-jul	21-jul	22-jul	23-jul	24-jul	25-jul	26-jul	27-jul	28-jul	Total	Media
1	1,87	1,92	1,92	1,92	1,83	1,92	1,92	1,83	1,83	1,83	18,78	1,88
2	2,14	2,18	2,18	2,18	2,09	2,18	2,18	2,09	2,09	2,09	21,40	2,14
3	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	20,05	2,00
4	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	20,05	2,00
5	2,18	2,18	2,18	2,18	2,18	2,18	2,18	2,18	2,18	2,18	21,79	2,18
6	2,22	2,18	2,18	2,18	2,27	2,18	2,18	2,27	2,27	2,27	22,18	2,22
Total	12,42	12,46	12,46	12,46	12,38	12,46	12,46	12,38	12,38	12,38	124,24	12,42
Media	2,07	2,08	2,08	2,08	2,06	2,08	2,08	2,06	2,06	2,06	20,71	2,07

Anexo No.19**Materia seca rechazada por los animales Duroc Jersey durante la primera prueba, Kg**

Jaula	28-jun	29-jun	30-jun	1-jul	2-jul	3-jul	4-jul	5-jul	6-jul	7-jul	Total	Media
1	0,030	0,003	0,000	0,088	0,000	0,081	0,000	0,045	0,020	0,107	0,374	0,037
2	0,008	0,003	0,000	0,064	0,000	0,037	0,000	0,012	0,010	0,122	0,256	0,026
3	0,000	0,000	0,000	0,100	0,000	0,076	0,000	0,027	0,048	0,246	0,497	0,050
4	0,015	0,007	0,000	0,062	0,000	0,142	0,000	0,039	0,007	0,074	0,346	0,035
5	0,000	0,000	0,000	0,037	0,000	0,035	0,000	0,017	0,020	0,059	0,168	0,017
6	0,005	0,002	0,000	0,085	0,000	0,091	0,000	0,054	0,015	0,131	0,382	0,038
Total	0,058	0,014	0,000	0,437	0,000	0,462	0,000	0,193	0,119	0,739	2,023	0,202
Media	0,010	0,002	0,000	0,073	0,000	0,077	0,000	0,032	0,020	0,123	0,337	0,034

Anexo No.20**Materia seca rechazada por los animales Pampa Rocha durante la primera prueba, Kg**

Jaula	19-jul	20-jul	21-jul	22-jul	23-jul	24-jul	25-jul	26-jul	27-jul	28-jul	Total	Media
1	0,054	0,035	0,000	0,000	0,138	0,205	0,010	0,000	0,062	0,091	0,595	0,060
2	0,067	0,024	0,000	0,000	0,096	0,106	0,026	0,000	0,120	0,121	0,561	0,056
3	0,134	0,196	0,000	0,000	0,251	0,265	0,085	0,000	0,097	0,249	1,277	0,128
4	0,088	0,051	0,000	0,000	0,087	0,105	0,069	0,000	0,140	0,169	0,710	0,071
5	0,015	0,017	0,000	0,000	0,078	0,062	0,019	0,000	0,083	0,131	0,404	0,040
6	0,078	0,119	0,000	0,000	0,291	0,345	0,121	0,000	0,351	0,340	1,646	0,165
Total	0,437	0,442	0,000	0,000	0,941	1,088	0,329	0,000	0,853	1,102	5,193	0,519
Media	0,073	0,074	0,000	0,000	0,157	0,181	0,055	0,000	0,142	0,184	0,865	0,087

Anexo No.21**Materia seca rechazada por los animales Duroc Jersey durante la segunda prueba, Kg**

Jaula	13-sep	14-sep	15-sep	16-sep	17-sep	18-sep	19-sep	20-sep	21-sep	22-sep	Total	Media
1	0,236	0,539	0,481	0,759	0,827	0,290	0,215	0,380	0,345	1,318	5,389	0,539
2	0,401	0,866	0,783	1,087	0,711	0,819	0,404	0,594	0,239	1,687	7,589	0,759
3	0,047	0,764	0,689	0,754	1,074	1,174	0,746	0,351	0,701	1,241	7,540	0,754
4	0,532	0,579	0,744	0,785	0,613	0,891	0,449	0,500	0,435	1,550	7,078	0,708
5	0,109	0,316	0,138	0,272	0,335	0,188	0,193	0,250	0,059	1,267	3,127	0,313
6	0,116	0,323	0,172	0,251	0,395	0,242	0,110	0,329	0,159	1,177	3,274	0,327
Total	1,441	3,386	3,007	3,907	3,955	3,605	2,117	2,403	1,937	8,240	33,998	3,400
Media	0,240	0,564	0,501	0,651	0,659	0,601	0,353	0,400	0,323	1,373	5,666	0,567

Anexo No.22**Materia seca rechazada por los animales Pampa Rocha durante la segunda prueba, Kg**

Jaula	17-oct	18-oct	19-oct	20-oct	21-oct	22-oct	23-oct	24-oct	25-oct	26-oct	Total	Media
1	0,058	0,314	0,220	0,109	0,054	0,054	0,495	0,092	0,051	0,657	2,103	0,210
2	0,583	0,518	0,704	0,533	0,565	0,519	0,716	0,736	0,581	0,743	6,198	0,620
3	0,525	0,604	0,704	0,581	0,451	0,500	0,663	0,535	0,385	0,766	5,713	0,571
4	0,264	0,370	0,501	0,261	0,253	0,319	0,439	0,294	0,194	0,469	3,364	0,336
5	0,325	0,354	0,438	0,341	0,311	0,239	0,401	0,318	0,197	0,428	3,353	0,335
6	0,488	0,875	0,706	0,696	0,762	0,676	0,885	0,807	0,570	0,906	7,371	0,737
Total	2,243	3,036	3,273	2,522	2,396	2,307	3,598	2,783	1,977	3,969	28,102	2,810
Media	0,374	0,506	0,545	0,420	0,399	0,384	0,600	0,464	0,330	0,661	4,684	0,468

Anexo No.23**Materia seca excretada por los animales Duroc Jersey durante la primera prueba, Kg**

Jaula	28-jun	29-jun	30-jun	1-jul	2-jul	3-jul	4-jul	5-jul	6-jul	7-jul	Total	Media
1	0,48	0,66	0,75	0,93	0,87	0,67	0,93	0,63	0,76	0,74	7,42	0,74
2	0,62	0,42	0,76	0,87	0,77	0,84	0,72	0,65	0,70	0,56	6,91	0,69
3	0,54	0,38	0,64	0,84	0,76	0,68	0,74	0,66	0,55	0,78	6,57	0,66
4	0,63	0,60	0,43	1,07	0,74	0,81	0,91	0,93	0,69	0,61	7,41	0,74
5	0,59	0,47	0,54	1,04	0,86	0,71	0,67	0,95	0,77	0,84	7,44	0,74
6	0,57	0,49	0,72	0,91	0,78	0,70	0,71	0,85	0,64	0,95	7,32	0,73
Total	3,43	3,02	3,84	5,66	4,77	4,41	4,67	4,67	4,11	4,49	43,08	4,31
Media	0,57	0,50	0,64	0,94	0,80	0,73	0,78	0,78	0,69	0,75	7,18	0,72

Anexo No.24**Materia seca excretada por los animales Pampa Rocha durante la primera prueba, Kg**

Jaula	19-jul	20-jul	21-jul	22-jul	23-jul	24-jul	25-jul	26-jul	27-jul	28-jul	Total	Media
1	0,52	0,93	0,59	0,63	0,71	0,47	0,71	0,77	0,62	0,76	6,70	0,67
2	0,48	0,81	0,62	0,77	0,72	0,69	0,81	0,77	0,74	0,73	7,12	0,71
3	0,29	0,57	0,63	0,51	0,76	0,59	0,75	0,70	0,57	0,77	6,14	0,61
4	0,21	0,79	0,57	0,43	1,03	0,55	0,67	0,75	0,64	0,59	6,25	0,62
5	0,42	0,83	0,61	0,72	0,77	0,58	0,90	0,58	0,80	0,81	7,01	0,70
6	0,62	0,51	0,71	0,70	0,68	0,62	0,73	0,70	0,85	0,79	6,92	0,69
Total	2,54	4,43	3,72	3,77	4,68	3,50	4,57	4,26	4,22	4,44	40,13	4,01
Media	0,42	0,74	0,62	0,63	0,78	0,58	0,76	0,71	0,70	0,74	6,69	0,67

Anexo No.25**Materia seca excretada por los animales Duroc Jersey durante la segunda prueba, Kg**

Jaula	13-sep	14-sep	15-sep	16-sep	17-sep	18-sep	19-sep	20-sep	21-sep	22-sep	Total	Media
1	0,46	0,72	0,86	0,78	0,80	0,83	0,93	1,04	0,93	0,91	8,24	0,82
2	0,39	0,44	0,73	0,38	0,92	0,93	0,99	0,98	0,82	1,17	7,76	0,78
3	0,42	0,85	0,66	0,85	0,93	0,69	0,81	0,71	0,70	0,86	7,48	0,75
4	0,36	0,94	0,46	0,68	1,01	0,85	0,87	0,82	0,61	1,09	7,69	0,77
5	0,41	0,76	0,69	0,62	1,28	1,04	0,99	0,92	0,87	1,22	8,82	0,88
6	0,56	0,68	0,79	0,96	1,15	0,88	1,07	0,95	0,88	1,22	9,15	0,91
Total	2,61	4,40	4,19	4,27	6,09	5,21	5,65	5,40	4,82	6,47	49,13	4,91
Media	0,43	0,73	0,70	0,71	1,01	0,87	0,94	0,90	0,80	1,08	8,19	0,82

Anexo No.26**Materia seca excretada por los animales Pampa Rocha durante la segunda prueba, kg**

Jaula	17-oct	18-oct	19-oct	20-oct	21-oct	22-oct	23-oct	24-oct	25-oct	26-oct	Total	Media
1	0,74	1,15	0,73	0,55	0,94	1,04	0,64	0,84	1,13	0,78	8,54	0,85
2	0,56	0,55	0,51	0,54	0,49	0,55	0,44	0,31	0,46	0,48	4,88	0,49
3	0,53	0,61	0,64	0,63	0,76	0,65	0,73	0,54	0,71	0,78	6,57	0,66
4	0,64	0,64	0,51	0,37	0,67	0,52	0,84	0,53	0,93	0,63	6,27	0,63
5	0,64	0,48	0,39	0,20	0,77	0,54	0,66	0,44	1,09	0,83	6,03	0,60
6	0,36	0,67	0,93	0,58	0,49	0,70	0,55	0,40	0,77	0,79	6,24	0,62
Total	3,47	4,09	3,71	2,87	4,12	3,99	3,86	3,06	5,07	4,30	38,53	3,85
Media	0,58	0,68	0,62	0,48	0,69	0,67	0,64	0,51	0,85	0,72	6,42	0,64

Anexo No.27**Estimación de la digestibilidad de la materia seca en los animales Duroc Jersey y Pampa Rocha en la primera prueba**

Lote Duroc Jersey

Animal	Oferta MS	Rechazo MS	Consumo MS	M.S. excretada	Dig. de MS, %
DJ 1	21,051	0,374	20,677	7,420	64,11
DJ 2	21,051	0,256	20,795	6,906	66,79
DJ 3	20,173	0,497	19,677	6,575	66,59
DJ 4	21,928	0,346	21,581	7,414	65,65
DJ 5	21,051	0,168	20,883	7,440	64,37
DJ 6	21,051	0,382	20,669	7,323	64,57
Media	21,051	0,337	20,713	7,180	65,35
Desv. Stand.	0,555	0,113	0,611	0,358	0,01
Coef.Variac.	2,64	33,58	2,95	4,99	1,78

Lote Pampa Rocha

Animal	Oferta MS	Rechazo MS	Consumo MS	MS excretada	Digestib. de MS, %
PR 1	18,782	0,595	18,187	6,700	63,16
PR 2	21,397	0,561	20,836	7,117	65,84
PR 3	20,046	1,277	18,769	6,138	67,30
PR 4	20,046	0,710	19,337	6,246	67,70
PR 5	21,789	0,404	21,385	7,010	67,22
PR 6	22,182	1,646	20,536	6,916	66,32
Media	20,707	0,865	19,842	6,688	66,26
Desv. Stand.	1,296	0,486	1,265	0,409	0,02
Coef.Variac.	6,26	56,15	6,37	6,12	2,51

Anexo No.28**Estimación de la digestibilidad de la materia seca en los animales Duroc Jersey y Pampa Rocha en la segunda prueba**

Lote Duroc Jersey

Animal	Oferta MS	Rechazo MS	Consumo MS	MS excretada	Digestib. de MS, %
DJ 1	30,054	5,389	24,665	8,242	66,58
DJ 2	30,054	7,589	22,465	7,757	65,47
DJ 3	30,054	7,540	22,514	7,475	66,80
DJ 4	30,054	7,078	22,976	7,689	66,54
DJ 5	30,054	3,127	26,927	8,816	67,26
DJ 6	30,054	3,274	26,780	9,149	65,84
Media	30,054	5,666	24,388	8,188	66,41
Desv. Stand.	0,000	2,071	2,071	0,673	0,007
Coef.Variac.	0,00	36,55	8,49	8,22	0,98

Lote Pampa Rocha

Animal	Oferta MS	Rechazo MS	Consumo MS	MS excretada	Digestib. de MS, %
PR 1	31,102	2,103	28,999	8,538	70,56
PR 2	31,102	6,198	24,904	4,885	80,39
PR 3	31,102	5,713	25,388	6,566	74,14
PR 4	31,102	3,364	27,737	6,270	77,39
PR 5	31,102	3,353	27,749	6,034	78,26
PR 6	31,102	7,371	23,731	6,237	73,72
Media	31,102	4,684	26,418	6,422	75,74
Desv. Stand.	0,000	2,037	2,037	1,189	0,036
Coef.Variac.	0,00	43,49	7,71	18,52	4,73

Anexo No.29**Análisis de laboratorio.**

Primer ingreso a Jaulas (65 Kg dePV)

Muestra	MS, %	Cen., %	MO, %	PC, %	FDN, %	FDA, %
Ofrecido DJ	94,08	8,71	85,37	16,47	37,59	26,42
Ofrecido PR	94,08	8,71	85,37	16,47	37,59	26,42
Rechazo DJ 1	90,10	8,37	81,73	20,00	37,41	
Rechazo DJ 2	96,52	8,06	88,46	19,08	39,93	26,86
Rechazo DJ 3	89,83	7,15	82,68	16,99	36,51	27,03
Rechazo DJ 4	90,61	9,84	80,77	19,57	38,56	25,74
Rechazo DJ 5	90,30	8,53	81,77	18,19	36,54	24,94
Rechazo DJ 6	89,64	8,39	81,25	19,58	38,44	27,32
Rechazo PR 1	98,57	8,27	90,30	19,64	54,23	25,22
Rechazo PR 2	90,37	8,38	81,99	19,22	33,77	23,76
Rechazo PR 3	91,39	8,28	83,11	16,49	37,48	21,76
Rechazo PR 4	97,25	8,08	89,17	19,23	36,07	19,93
Rechazo PR 5	91,52	9,28	82,24	21,24	40,15	28,01
Rechazo PR 6	93,13	7,53	85,60	34,35	36,67	42,39
Heces DJ 1	89,03	13,55	75,48	17,44	55,94	38,06
Heces DJ 2	88,84	12,67	76,17	16,34	54,44	38,49
Heces DJ 3	90,38	12,53	77,85	15,88	35,99	37,03
Heces DJ 4	90,01	9,84	80,17	17,17	54,20	34,11
Heces DJ 5	90,52	12,54	77,98	16,81	53,37	36,33
Heces DJ 6	90,02	11,72	78,30	26,94	50,90	36,19
Heces PR 1	91,41	12,07	79,34	16,92	52,87	34,29
Heces PR 2	97,09	12,38	84,71	16,67	33,77	37,00
Heces PR 3	91,59	13,47	78,12	14,79	44,64	37,78
Heces PR 4	90,84	13,01	77,83	17,59	53,42	39,28
Heces PR 5	90,47	13,66	76,81	16,54	52,51	39,04
Heces PR 6	91,45	13,34	78,11	15,61	53,16	35,32

Segundo ingreso a Jaulas (100 Kg. de PV)

Muestra	MS, %	Cen., %	MO, %	PC, %	FDN, %	FDA, %
Ofrecido DJ	94,08	8,71	85,37	16,47	37,59	26,42
Ofrecido PR	94,08	8,71	85,37	16,47	37,59	26,42
Rechazo DJ 1	97,16	7,79	89,37	16,74	40,95	34,35
Rechazo DJ 2	97,61	8,79	88,82	16,56	38,66	26,74
Rechazo DJ 3	96,06	7,84	88,22	15,78	41,83	20,84
Rechazo DJ 4	97,32	8,07	89,25	12,63	37,31	27,21
Rechazo DJ 5	96,34	10,21	86,13	16,62	45,75	30,78
Rechazo DJ 6	97,72	8,83	88,89	15,90	36,30	33,38
Rechazo PR 1	97,32	7,87	89,45	16,18	40,13	26,05
Rechazo PR 2	97,53	6,16	91,37	16,02	36,06	23,24
Rechazo PR 3	93,65	8,38	85,27	14,52	41,88	21,01
Rechazo PR 4	97,25	6,92	90,33	12,41	32,05	23,68
Rechazo PR 5	97,30	6,12	91,18	15,29	41,78	21,65
Rechazo PR 6	97,45	8,10	89,35	15,33	38,99	19,54
Heces DJ 1	96,17	11,55	84,62	14,95	57,21	42,95
Heces DJ 2	96,48	11,15	85,33	14,73	34,84	39,12
Heces DJ 3	96,86	12,10	84,76	14,63	48,36	40,72
Heces DJ 4	96,09	10,53	85,56	14,09	56,08	41,07
Heces DJ 5	96,43	10,59	85,84	14,27	56,24	42,14
Heces DJ 6	96,64	11,44	85,20	15,15	54,79	37,78
Heces PR 1	96,51	13,68	82,83	11,90	61,65	39,15
Heces PR 2	96,95	15,13	81,82	15,14	54,17	36,78
Heces PR 3	96,35	13,09	83,26	14,92	56,39	40,77
Heces PR 4	96,52	13,03	83,49	12,41	35,35	45,47
Heces PR 5	96,46	14,87	81,59	15,67	54,07	43,43
Heces PR 6	96,90	13,34	83,56	13,83	56,15	35,32

Anexo No.30**Composición de la Materia Seca**

Primer ingreso a Jaulas (65 Kg. de PV)

Muestra	Cen., %	MO, %	PC, %	FDN, %	FDA, %
Ofrecido DJ	9,26	90,74	17,50	39,96	28,09
Ofrecido PR	9,26	90,74	17,50	39,96	28,09
Rechazo DJ 1	9,29	90,71	22,20	41,52	
Rechazo DJ 2	8,35	91,65	19,77	41,37	27,83
Rechazo DJ 3	7,96	92,04	18,91	40,64	30,09
Rechazo DJ 4	10,86	89,14	21,60	42,56	28,41
Rechazo DJ 5	9,45	90,55	20,14	40,47	27,62
Rechazo DJ 6	9,36	90,64	21,84	42,88	30,48
Rechazo PR 1	8,39	91,61	19,92	55,02	25,59
Rechazo PR 2	9,27	90,73	21,27	37,37	26,29
Rechazo PR 3	9,06	90,94	18,04	41,01	23,81
Rechazo PR 4	8,31	91,69	19,77	37,09	20,49
Rechazo PR 5	10,14	89,86	23,21	43,87	30,61
Rechazo PR 6	8,09	91,91	36,88	39,38	45,52
Heces DJ 1	15,22	84,78	19,59	62,83	42,75
Heces DJ 2	14,26	85,74	18,39	61,28	43,33
Heces DJ 3	13,86	86,14	17,57	39,82	40,97
Heces DJ 4	10,93	89,07	19,08	60,22	37,90
Heces DJ 5	13,85	86,15	18,57	58,96	40,13
Heces DJ 6	13,02	86,98	29,93	56,54	40,20
Heces PR 1	13,20	86,80	18,51	57,84	37,51
Heces PR 2	12,75	87,25	17,17	34,78	38,11
Heces PR 3	14,71	85,29	16,15	48,74	41,25
Heces PR 4	14,32	85,68	19,36	58,81	43,24
Heces PR 5	15,10	84,90	18,28	58,04	43,15
Heces PR 6	14,59	85,41	17,07	58,13	38,62

Segundo ingreso a Jaulas (100 Kg. de PV)

Muestra	Cen., %	MO, %	PC, %	FDN, %	FDA, %
Ofrecido DJ	9,26	90,74	17,50	39,96	28,09
Ofrecido PR	9,26	90,74	17,50	39,96	28,09
Rechazo DJ 1	8,02	91,98	17,23	42,15	35,35
Rechazo DJ 2	9,01	90,99	16,96	39,61	27,39
Rechazo DJ 3	8,16	91,84	16,43	43,55	21,69
Rechazo DJ 4	8,29	91,71	12,97	38,34	27,96
Rechazo DJ 5	10,60	89,40	17,25	47,49	31,95
Rechazo DJ 6	9,04	90,96	16,27	37,15	34,16
Rechazo PR1	8,09	91,91	16,62	41,24	26,77
Rechazo PR2	6,32	93,68	16,42	36,97	23,83
Rechazo PR3	8,95	91,05	15,50	44,72	22,43
Rechazo PR4	7,12	92,88	12,76	32,96	24,35
Rechazo PR5	6,29	93,71	15,71	42,94	22,25
Rechazo PR6	8,31	91,69	15,73	40,01	20,05
Heces DJ 1	12,01	87,99	15,55	59,49	44,66
Heces DJ 2	11,56	88,44	15,27	36,11	40,55
Heces DJ 3	12,49	87,51	15,11	49,93	42,04
Heces DJ 4	10,96	89,04	14,66	58,36	42,74
Heces DJ 5	10,98	89,02	14,79	58,32	43,69
Heces DJ 6	11,84	88,16	15,68	56,69	39,09
Heces PR 1	14,17	85,83	12,33	63,88	40,57
Heces PR 2	15,61	84,39	15,62	55,87	37,93
Heces PR 3	13,59	86,41	15,48	58,53	42,31
Heces PR 4	13,50	86,50	12,86	36,62	47,11
Heces PR 5	15,42	84,58	16,25	56,05	45,02
Heces PR 6	13,77	86,23	14,27	57,95	36,45

Anexo No.31

Estimación de la digestibilidad de cenizas en los animales Duroc Jersey y Pampa Rocha en la primera prueba

Lote Duroc Jersey

Animal	Oferta cenizas	Rechazo cenizas	Consumo cenizas	Cenizas excretada	Digestib. Cen., %
DJ 1	1,948	0,035	1,914	1,129	40,99
DJ 2	1,948	0,021	1,927	0,985	48,89
DJ 3	1,867	0,040	1,828	0,911	50,13
DJ 4	2,030	0,038	1,992	0,811	59,31
DJ 5	1,948	0,016	1,933	1,031	46,67
DJ 6	1,948	0,036	1,913	0,953	50,15
Media	1,948	0,031	1,918	0,970	49,36
Desv. Stand.	0,051	0,010	0,053	0,108	0,060
Coef.Variac.	2,64	31,61	2,76	11,14	12,08

Lote Pampa Rocha

Animal	Oferta cenizas	Rechazo cenizas	Consumo cenizas	Cenizas excretada	Digestib. Cen., %
PR 1	1,738	0,050	1,689	0,885	47,61
PR 2	1,980	0,052	1,929	0,907	52,95
PR 3	1,855	0,116	1,740	0,903	48,11
PR 4	1,855	0,059	1,796	0,895	50,20
PR 5	2,017	0,041	1,976	1,058	46,43
PR 6	2,053	0,133	1,920	1,009	47,46
Media	1,917	0,075	1,842	0,943	48,79
Desv. Stand.	0,120	0,039	0,116	0,073	0,024
Coef.Variac.	6,26	51,90	6,31	7,69	4,89

Anexo No.32

Estimación de la digestibilidad de cenizas en los animales Duroc Jersey y Pampa Rocha en la segunda prueba

Lote Duroc Jersey

Animal	Oferta cenizas	Rechazo cenizas	Consumo cenizas	Cenizas excretada	Digestib. Cen., %
DJ 1	2,782	0,432	2,350	0,990	57,87
DJ 2	2,782	0,683	2,098	0,896	57,28
DJ 3	2,782	0,615	2,166	0,934	56,90
DJ 4	2,782	0,587	2,195	0,843	61,61
DJ 5	2,782	0,331	2,450	0,968	60,49
DJ 6	2,782	0,296	2,486	1,083	56,44
Media	2,782	0,491	2,291	0,952	58,43
Desv. Stand.	0,000	0,160	0,160	0,083	0,021
Coef.Variac.	0,00	32,69	7,00	8,69	3,62

Lote Pampa Rocha

Animal	Oferta cenizas	Rechazo cenizas	Consumo cenizas	Cenizas excretada	Digestib. Cen., %
PR 1	2,879	0,170	2,709	1,210	55,32
PR 2	2,879	0,391	2,487	0,762	69,35
PR 3	2,879	0,511	2,368	0,892	62,32
PR 4	2,879	0,239	2,639	0,846	67,93
PR 5	2,879	0,211	2,668	0,930	65,13
PR 6	2,879	0,613	2,266	0,859	62,11
Media	2,879	0,356	2,523	0,917	63,69
Desv. Stand.	0,000	0,179	0,179	0,154	0,050
Coef.Variac.	0,00	50,33	7,10	16,84	7,90

Anexo No.33**Estimación de la digestibilidad de la materia orgánica en animales Duroc Jersey y Pampa Rocha en la primera prueba**

Lote Duroc Jersey

Animal	Oferta M.O.	Rechazo M.O.	Consumo M.O.	M.O. excretada	Digestib. de la MO, %
DJ 1	19,102	0,339	18,763	6,291	66,47
DJ 2	19,102	0,235	18,868	5,921	68,62
DJ 3	18,306	0,457	17,849	5,663	68,27
DJ 4	19,898	0,309	19,589	6,604	66,29
DJ 5	19,102	0,152	18,950	6,409	66,18
DJ 6	19,102	0,346	18,756	6,370	66,04
Media	19,102	0,306	18,796	6,210	66,98
Desv. Stand.	0,503	0,104	0,558	0,349	0,011
Coef.Variac.	2,64	34,03	2,97	5,62	1,72

Lote Pampa Rocha

Animal	Oferta MO	Rechazo MO	Consumo MO	MO excretada	Digestib. de la MO, %
PR 1	17,044	0,546	16,498	5,815	64,75
PR 2	19,417	0,509	18,908	6,209	67,16
PR 3	18,191	1,161	17,029	5,235	69,26
PR 4	18,191	0,651	17,540	5,352	69,49
PR 5	19,773	0,363	19,409	5,952	69,34
PR 6	20,128	1,513	18,616	5,907	68,27
Media	18,790	0,790	18,000	5,745	68,04
Desv. Stand.	1,176	0,447	1,149	0,375	0,018
Coef.Variac.	6,26	56,60	6,38	6,53	2,70

Anexo No.34**Estimación de la digestibilidad de la materia orgánica en animales Duroc Jersey y Pampa Rocha en la segunda prueba**

Lote Duroc Jersey

Animal	Oferta M.O.	Rechazo M.O.	Consumo M.O.	M.O. excretada	Digestib. de la MO, %
DJ 1	27,272	4,957	22,315	7,252	67,50
DJ 2	27,272	6,906	20,366	6,861	66,31
DJ 3	27,272	6,924	20,348	6,541	67,85
DJ 4	27,272	6,491	20,781	6,846	67,06
DJ 5	27,272	2,795	24,477	7,848	67,94
DJ 6	27,272	2,978	24,294	8,066	66,80
Media	27,272	5,175	22,097	7,236	67,24
Desv. Stand.	0,000	1,914	1,914	0,606	0,006
Coef.Variac.	0,00	36,99	8,66	8,38	0,94

Lote Pampa Rocha

Animal	Oferta M.O.	Rechazo M.O.	Consumo M.O.	M.O. excretada	Digestib. de la M.O. %
PR 1	28,223	1,933	26,290	7,328	72,13
PR 2	28,223	5,807	22,417	4,122	81,61
PR 3	28,223	5,202	23,021	5,674	75,35
PR 4	28,223	3,125	25,098	5,424	78,39
PR 5	28,223	3,142	25,081	5,104	79,65
PR 6	28,223	6,758	21,465	5,379	74,94
Media	28,223	4,328	23,895	5,505	77,01
Desv. Stand.	0,000	1,868	1,868	1,044	0,035
Coef.Variac.	0,00	43,16	7,82	18,96	4,53

Anexo No.35**Estimación de la digestibilidad de la Proteína Cruda en los animales Duroc Jersey y Pampa Rocha en la primera prueba**

Lote Duroc Jersey

Animal	Oferta PC	Rechazo PC	Consumo PC	PC excretada	Digestib. de la PC, %
DJ 1	3,684	0,083	3,601	1,454	59,64
DJ 2	3,684	0,051	3,634	1,270	65,04
DJ 3	3,531	0,094	3,437	1,155	66,39
DJ 4	3,838	0,075	3,763	1,414	62,42
DJ 5	3,684	0,034	3,651	1,382	62,15
DJ 6	3,684	0,083	3,601	2,192	39,14
Media	3,684	0,070	3,614	1,478	59,13
Desv. Stand.	0,097	0,023	0,105	0,366	0,101
Coef.Variac.	2,64	32,79	2,92	24,78	17,04

Lote Pampa Rocha

Animal	Oferta PC	Rechazo PC	Consumo PC	PC excretada	Digestib. de la PC, %
PR 1	3,287	0,119	3,169	1,240	60,86
PR 2	3,745	0,119	3,626	1,222	66,30
PR 3	3,509	0,230	3,278	0,991	69,76
PR 4	3,509	0,140	3,368	1,210	64,09
PR 5	3,814	0,094	3,720	1,282	65,55
PR 6	3,882	0,607	3,275	1,181	63,96
Media	3,624	0,218	3,406	1,187	65,09
Desv. Stand.	0,227	0,196	0,218	0,102	0,030
Coef.Variac.	6,26%	89,92%	6,40%	8,58%	4,54%

Anexo No.36**Estimación de la digestibilidad de la proteína cruda en los animales
Duroc Jersey y Pampa Rocha en la segunda prueba**

Lote Duroc Jersey

Animal	Oferta PC	Rechazo PC	Consumo PC	PC excretada	Digestib. de la PC, %
DJ 1	5,260	0,929	4,332	1,281	70,42
DJ 2	5,260	1,288	3,973	1,185	70,18
DJ 3	5,260	1,239	4,021	1,129	71,92
DJ 4	5,260	0,918	4,342	1,127	74,03
DJ 5	5,260	0,539	4,721	1,304	72,37
DJ 6	5,260	0,533	4,727	1,434	69,66
Media	5,260	0,908	4,353	1,244	71,43
Desv. Stand.	0,000	0,326	0,326	0,120	0,017
Coef.Variac.	0,00	35,90	7,49	9,61	2,31

Lote Pampa Rocha

Animal	Oferta PC	Rechazo PC	Consumo PC	PC excretada	Digestib. de la PC, %
PR 1	5,444	0,350	5,094	1,053	79,34
PR 2	5,444	1,018	4,426	0,763	82,76
PR 3	5,444	0,886	4,558	1,017	77,69
PR 4	5,444	0,429	5,014	0,806	83,92
PR 5	5,444	0,527	4,917	0,980	80,06
PR 6	5,444	1,159	4,284	0,890	79,22
Media	5,444	0,728	4,716	0,918	80,50
Desv. Stand.	0,000	0,337	0,337	0,117	0,024
Coef.Variac.	0,00	46,29	7,15	12,80	2,93

Anexo No.37**Estimación de la digestibilidad de la FDN en animales Duroc Jersey y Pampa Rocha en la primera prueba**

Lote Duroc Jersey

Animal	Oferta FDN	Rechazo FDN	Consumo FDN	FDN excretada	Digestib. de la FDN, %
DJ 1	8,412	0,155	8,257	4,662	43,53
DJ 2	8,412	0,106	8,306	4,232	49,05
DJ 3	8,061	0,202	7,860	2,618	66,69
DJ 4	8,762	0,147	8,615	4,464	48,18
DJ 5	8,412	0,068	8,344	4,386	47,43
DJ 6	8,412	0,164	8,248	4,141	49,80
Media	8,412	0,140	8,271	4,084	50,78
Desv. Stand.	0,222	0,047	0,243	0,741	0,081
Coef.Variac.	2,64	33,46	2,94	18,14	15,94

Lote Pampa Rocha

Animal	Oferta FDN	Rechazo FDN	Consumo FDN	FDN excretada	Digestib. de la FDN, %
PR 1	7,505	0,328	7,178	3,875	46,02
PR 2	8,550	0,210	8,341	2,475	70,32
PR 3	8,010	0,524	7,487	2,992	60,04
PR 4	8,010	0,263	7,747	3,673	52,59
PR 5	8,707	0,177	8,530	4,069	52,30
PR 6	8,864	0,648	8,216	4,020	51,07
Media	8,275	0,358	7,916	3,517	55,39
Desv. Stand.	0,518	0,188	0,530	0,644	0,086
Coef.Variac.	6,26	52,39	6,69	18,30	15,50

Anexo No.38**Estimación de la digestibilidad de la FDN en los animales Duroc Jersey y Pampa Rocha en la segunda prueba**

Lote Duroc Jersey

Animal	Oferta FDN	Rechazo FDN	Consumo FDN	FDN excretada	Digestib. de la FDN, %
DJ 1	12,010	2,271	9,738	4,903	49,65
DJ 2	12,010	3,006	9,004	2,801	68,89
DJ 3	12,010	3,283	8,726	3,732	57,23
DJ 4	12,010	2,714	9,296	4,487	51,73
DJ 5	12,010	1,485	10,525	5,142	51,15
DJ 6	12,010	1,216	10,793	5,187	51,94
Media	12,010	2,329	9,680	4,375	55,10
Desv. Stand.	0,000	0,833	0,833	0,941	0,072
Coef.Variac.	0,00	35,77	8,61	21,51	13,12

Lote Pampa Rocha

Animal	Oferta FDN	Rechazo FDN	Consumo FDN	FDN excretada	Digestib. de la FDN, %
PR 1	12,428	0,867	11,561	5,454	52,82
PR 2	12,428	2,292	10,137	2,729	73,08
PR 3	12,428	2,555	9,873	3,843	61,08
PR 4	12,428	1,109	11,320	2,296	79,71
PR 5	12,428	1,440	10,989	3,382	69,22
PR 6	12,428	2,949	9,479	3,614	61,87
Media	12,428	1,869	10,560	3,553	66,30
Desv. Stand.	0,000	0,846	0,846	1,094	0,096
Coef.Variac.	0,00	45,29	8,01	30,80	14,51

Anexo No.39**Estimación de la digestibilidad de la FDA en los animales Duroc Jersey y Pampa Rocha en la primera prueba**

Lote Duroc Jersey

Animal	Oferta FDA	Rechazo FDA	Consumo FDA	FDA excretada	Digestib. de la FDA, %
DJ 1	5,912			3,172	
DJ 2	5,912	0,071	5,841	2,992	48,78
DJ 3	5,666	0,149	5,517	2,694	51,17
DJ 4	6,159	0,098	6,060	2,810	53,64
DJ 5	5,912	0,046	5,866	2,986	49,10
DJ 6	5,912	0,116	5,796	2,944	49,21
Media	5,912	0,096	5,816	2,933	50,38
Desv. Stand.	0,156	0,040	0,196	0,165	0,021
Coef.Variac.	2,64	41,35	3,36	5,62	4,07

Lote Pampa Rocha

Animal	Oferta FDA	Rechazo FDA	Consumo FDA	FDA excretada	Digestib. de la FDA %
PR 1	5,275	0,152	5,123	2,513	50,95
PR 2	6,010	0,147	5,862	2,712	53,74
PR 3	5,630	0,304	5,326	2,532	52,46
PR 4	5,630	0,145	5,485	2,701	50,76
PR 5	6,120	0,124	5,996	3,025	49,55
PR 6	6,230	0,749	5,481	2,671	51,27
Media	5,816	0,270	5,546	2,692	51,45
Desv. Stand.	0,364	0,243	0,328	0,184	0,015
Coef.Variac.	6,26	90,07	5,91	6,84	2,83

Anexo No.40**Estimación de la digestibilidad de la FDA en los animales Duroc Jersey y Pampa Rocha en la segunda prueba**

Lote Duroc Jersey

Animal	Oferta FDA	Rechazo FDA	Consumo FDA	FDA excretada	Digestib. de la FDA, %
DJ 1	8,441	1,905	6,536	3,681	43,68
DJ 2	8,441	2,079	6,362	3,145	50,56
DJ 3	8,441	1,636	6,805	3,143	53,82
DJ 4	8,441	1,979	6,462	3,286	49,15
DJ 5	8,441	0,999	7,442	3,852	48,24
DJ 6	8,441	1,118	7,323	3,576	51,16
Media	8,441	1,619	6,822	3,447	49,44
Desv. Stand.	0,000	0,460	0,460	0,298	0,034
Coef.Variac.	0,00	28,41	6,74	8,65	6,89

Lote Pampa Rocha

Animal	Oferta FDA	Rechazo FDA	Consumo FDA	FDA excretada	Digestib. de la FDA %
PR 1	8,735	0,563	8,173	3,464	57,62
PR 2	8,735	1,477	7,259	1,853	74,47
PR 3	8,735	1,282	7,454	2,778	62,72
PR 4	8,735	0,819	7,916	2,954	62,69
PR 5	8,735	0,746	7,989	2,717	66,00
PR 6	8,735	1,478	7,258	2,274	68,67
Media	8,735	1,061	7,675	2,673	65,36
Desv. Stand.	0,000	0,400	0,400	0,557	0,058
Coef.Variac.	0,00	37,74	5,22	20,82	8,88

Anexo No.41

Análisis de Varianzas

Cuadro 1. Digestibilidad total aparente de la materia seca. Resultados del análisis principal transformado al inverso por heteroscedásticidad

	SC	GL	CM	F	p
Intercepción	51,67469	1	51,67469	31984,76	0
Genotipo	0,06222	1	0,06222	38,51	0,000005
PV	0,06753	1	0,06753	41,8	0,000003
Genotipo * PV	0,03958	1	0,03958	24,5	0,000077
Error	0,03231	20	0,00162		

Cuadro 2. Digestibilidad total aparente de las cenizas

	SC	GL	CM	F	p
Intercepción	7,278060	1	7,278060	4098,265	0,000000
Genotipo	0,003313	1	0,003313	1,866	0,187148
PV	0,086210	1	0,086210	48,545	0,000001
Genotipo * PV	0,005095	1	0,005095	2,869	0,105820
Error	0,035518	20	0,001776		

Cuadro 3. Digestibilidad total aparente de la materia orgánica. Resultados del análisis principal, transformado al inverso por heteroscedásticidad

	SC	GL	CM	F	p
Intercepción	49,626760	1	49,626760	33024,13	0,000000
Genotipo	0,065730	1	0,065730	43,74	0,000002
PV	0,046440	1	0,046440	30,9	0,000019
Genotipo * PV	0,040190	1	0,040190	26,74	0,000046
Error	0,030050	20	0,001500		

Cuadro 4. Digestibilidad total aparente de la proteína cruda

	SC	GL	CM	F	p
Intercepción	11,438750	1	11,438750	3860,597	0,000000
Genotipo	0,033860	1	0,033860	11,427	0,002972
PV	0,115200	1	0,115200	38,88	0,000004
Genotipo * PV	0,001450	1	0,001450	0,49	0,491912
Error	0,059260	20	0,002960		

Cuadro 5. Digestibilidad total aparente de la fibra detergente neutro

	SC	GL	CM	F	p
Intercepción	7,767759	1	7,767759	1093,752	0,000000
Genotipo	0,037480	1	0,037480	5,277	0,032531
PV	0,034779	1	0,034779	4,897	0,038694
Genotipo * PV	0,006514	1	0,006514	0,917	0,349660
Error	0,142039	20	0,007102		

Cuadro 6. Digestibilidad total aparente de la fibra detergente ácido

	SC	GL	CM	F	p
Intercepción	6,704074	1	6,704074	5014,292	0,000000
Genotipo	0,041296	1	0,041296	30,887	0,000023
PV	0,024015	1	0,024015	17,962	0,000445
Genotipo * PV	0,031506	1	0,031506	23,565	0,000110
Error	0,025403	20	0,001337		

Anexo No.42

Estimación de la merma de peso durante el ayuno de animales Pampa Rocha e híbridos Duroc x Pampa Rocha a partir de los datos de Barlocco et al. (2003b) y su utilización como estimador de la capacidad relativa del tracto gastrointestinal

Si:

P1 = peso antes del ayuno.

P2 = peso después del ayuno.

PF = peso después de la faena.

y:

$R1 = 100 (PF/P1)$

$R2 = 100 (PF/P2)$

P1-P2 = merma de peso durante el ayuno.

R1/R2 = relación entre los rendimientos tomando como base el peso antes y después del ayuno.

P2/P1 = relación entre el peso después del ayuno y antes del ayuno.

$[1-(P2/P1)]$ = relación entre la merma (en valores absolutos) y el peso inicial.

Entonces:

$$R1/R2 = \frac{100 (PF/P1)}{100 (PF/P2)}$$

Al multiplicarse y dividirse por 100, se puede simplificar del siguiente modo:

$$R1/R2 = \frac{400 (PF/P1)}{400 (PF/P2)}$$

Entonces:

$$R1/R2 = \frac{PF/P1}{PF/P2}$$

PF aparece en el numerador y denominador por lo que nuevamente podemos simplificar:

$$R1/R2 = \frac{PF/P1}{PF/P2}$$

O lo que es lo mismo:

$$R1/R2 = \frac{1/P1}{1/P2}$$

Lo que se puede expresar como:

$$R1/R2 = P2/P1$$

Dicho de otro modo, la relación entre R1 y R2 es igual a la relación entre el peso después del vacío sanitario y el peso anterior al mismo.

Por lo tanto,

$[1-P2/P1] = [1-(R1/R2)]$ = relación entre la merma durante el ayuno y el peso inicial del animal.

Para expresarlo como porcentaje del peso inicial, se lo multiplica por 100, llegando a la fórmula que fue utilizada:

$$\text{Merma de PV (\%)} = \{100 \times [1-(R1/R2)]\}$$

Sabiendo que la mayor parte de esta merma se explica por el vaciado del contenido del tracto gastrointestinal durante el ayuno, su resultado nos permite obtener un indicador de la capacidad del tracto gastrointestinal en relación al peso del animal.