

VALOR NUTRICIONAL DE FORRAJES ARBUSTIVOS PARA CERDAS ADULTAS

JULIÁN MAURICIO BOTERO LONDOÑO

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS AGRARIAS CON ÉNFASIS EN PRODUCCIÓN
ANIMAL TROPICAL**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
SEDE PALMIRA
2004**

VALOR NUTRICIONAL DE FORRAJES ARBUSTIVOS PARA CERDAS ADULTAS

JULIÁN MAURICIO BOTERO LONDOÑO
Estudiante de Maestría en Ciencias Agrarias.
Énfasis en Producción Animal Tropical.

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

Directores: Dr. PASCAL LETERME, I.A., PhD
Dr. LUZ ESTELA MUÑOZ, Zoot. PhD

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
SEDE PALMIRA
2004

ARTICULO 24, RESOLUCION 04-95

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

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS	3
2.1 OBJETIVO GENERAL	3
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
3. JUSTIFICACIÓN	4
4. MARCO DE REFERENCIA	6
4.1 ALGUNAS ALTERNATIVAS FORRAJERAS Y SU POTENCIAL PRODUCTIVO	6
4.2 ASPECTOS NUTRICIONALES EN LA ALIMENTACIÓN CON FORRAJES PARA CERDOS	10
4.2.1 ASPECTOS GENERALES SOBRE LAS FIBRAS	10
4.2.2 FERMENTACIÓN MICROBIANA DE LAS FIBRAS EN EL CERDO	11
4.2.3 EFECTO DE LA FIBRA SOBRE LA MORFOLOGÍA INTESTINAL DEL CERDO	12
4.2.4 EFECTOS DE LA INCLUSIÓN DE ALTOS NIVELES DE FIBRA EN LA DIETA SOBRE EL FUNCIONAMIENTO DEL TRACTO GASTROINTESTINAL	14
4.3 UTILIZACIÓN DE PLANTAS FORRAJERAS EN LA ALIMENTACIÓN DE CERDOS	15
4.3.1 CAPACIDAD DE INGESTIÓN	15
4.3.2 ALGUNOS ENSAYOS EN LA PRODUCCIÓN	16

4.3.2.1 NACEDERO <i>TRICHANTHEA GIGANTEA</i>	17
4.3.2.2 BORE <i>ALOCASIA MACRORRHIZA</i>.	18
4.3.2.3 MORERA <i>MORUS ALBA</i>	18
4.3.2.4 PLANTAS ACUÁTICAS	20
4.3.3 DIGESTIBILIDAD DE LOS FORRAJES	21
4.4 ACTIVIDAD ENZIMÁTICA	22
5. MATERIALES Y MÉTODOS	25
5.1 MATERIALES	25
5.2 LOCALIZACIÓN	27
5.3 MÉTODOS	28
5.3.1 DIGESTIBILIDAD FECAL	28
5.3.1.1 ANIMALES	28
5.3.1.2 DIETAS EXPERIMENTALES	29
5.3.1.3 ALOJAMIENTO	31
5.3.1.4 PERIODO EXPERIMENTAL	32
5.3.1.4.1 FASE DE ACOSTUMBRAMIENTO	32
5.3.1.4.2 FASE EXPERIMENTAL	32
5.3.1.5 DISEÑO EXPERIMENTAL	33
5.3.1.6 TRATAMIENTOS	33
5.3.1.7 VARIABLES ANALIZADAS	34
5.3.1.8 ANÁLISIS DE LABORATORIO	34

5.3.1.9 CÁLCULOS	35
5.3.1.10 CONTROLES Y REGISTROS	36
5.3.1.11 ANÁLISIS ESTADISTICO	36
5.3.2 DIGESTIBILIDAD APARENTE A TRAVÉS DEL TRACTO INTESTINAL Y FISIOLÓGIA DIGESTIVA DE LA CERDA	37
5.3.2.1 ANIMALES	37
5.3.2.2 DIETAS EXPERIMENTALES	37
5.3.2.3 ALOJAMIENTO	38
5.3.2.4 PERIODO EXPERIMENTAL	38
5.3.2.5 DISEÑO EXPERIMENTAL	39
5.3.2.6 TRATAMIENTOS	39
5.3.2.7 VARIABLES ANALIZADAS	40
5.3.2.8 ANÁLISIS DE LABORATORIO	41
5.3.2.9 CÁLCULOS	43
5.3.2.10 CONTROLES Y REGISTROS	44
5.3.2.11 ANÁLISIS ESTADISTICO	46
6. RESULTADOS	47
6.1 ANÁLISIS BROMATOLÓGICO	47
6.2 DIGESTIBILIDAD FECAL APARENTE	49
6.2.1. DIGESTIBILIDAD FECAL APARENTE DE LA MEZCLA	49
6.2.2. DIGESTIBILIDAD FECAL APARENTE DE LOS FORRAJES	52
6.3 DIGESTIBILIDAD APARENTE A TRAVÉS DEL TRACTO INTESTINAL	53

6.3.1 DIGESTIBILIDAD APARENTE DE LA MATERIA SECA A TRAVÉS DEL TI	53
6.3.2 DIGESTIBILIDAD APARENTE DE LA PROTEÍNA A TRAVÉS DEL TI	56
6.3.3 DIGESTIBILIDAD DE LA ENERGÍA A TRAVÉS DEL TI	58
6.3.4 DIGESTIBILIDAD DE LA FIBRA DETERGENTE NEUTRA (FDN) A TRAVÉS DEL TI	60
6.3.5 DIGESTIBILIDAD DE LA FIBRA DETERGENTE ÁCIDA (FDA) A TRAVÉS DEL TI	62
6.3.6 RESUMEN DE DIGESTIBILIDADES ILEALES	64
6.4 FISIOLÓGÍA DIGESTIVA DE LA CERDA	68
6.4.1 COMPORTAMIENTO DEL TRACTO GASTROINTESTINAL (TGI)	68
6.4.1.1 LONGITUD Y PESO DE LOS COMPARTIMIENTOS DEL TGI	68
6.4.1.2 CONTENIDOS EN MATERIA SECA A TRAVÉS DEL TGI	70
6.4.1.3 PH DEL ESTOMAGO, CIEGO Y COLON	72
6.4.1.4 RELACIÓN MUCOSA– MÚSCULO EN LA PARED INTESTINAL	73
6.4.2 ACTIVIDAD ENZIMÁTICA	75
6.4.2.1 PROTEÍNAS SOLUBLES	75
6.4.2.2 ACTIVIDAD ENZIMÁTICA DE LA AMINOPEPTIDASA N	77
6.4.2.3 ACTIVIDAD ENZIMÁTICA DE LA FOSFATASA ALCALINA	78
6.4.2.4 ACTIVIDAD ENZIMÁTICA DE LA SACARASA	80
7. DISCUSIÓN	82
8. CONCLUSIONES	90
9. RECOMENDACIONES	92

10. FINANCIACIÓN	93
11. BIBLIOGRAFIA	94
12. ANEXOS	99

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. ZONAS DE PRODUCCIÓN Y PRODUCTIVIDAD DE ALGUNAS ESPECIES FORRAJERAS DEL TRÓPICO CON POTENCIAL PARA LA ALIMENTACIÓN PORCINA.	6
TABLA 2. COMPOSICIÓN PROXIMAL DE ALGUNOS FORRAJES.	7
TABLA 3. COMPOSICIÓN MINERAL DEL NACEDERO, BORE Y MORERA.	8
TABLA 4. PERFIL DE AMINOÁCIDOS DE LAS PROTEÍNAS DE BORE, MORERA Y NACEDERO.	9
TABLA 5. REQUERIMIENTOS DIARIOS DE AMINOÁCIDOS ESENCIALES PARA CERDAS EN GESTACIÓN (90% MATERIA SECA)	9
TABLA 6. CAPACIDAD DE INGESTIÓN DE CERDAS ALIMENTADAS CON CONCENTRADO, FORRAJES Y PLANTAS ACUATICAS.	16
TABLA 7. PARÁMETROS REPRODUCTIVOS EN CERDAS GESTANTES CON Y SIN LA INCORPORACIÓN DE <i>TRICHANTHERA GIGANTEA</i> EN LA DIETA.	17
TABLA 8. PARÁMETROS PRODUCTIVOS CON Y SIN LA INCORPORACIÓN DE <i>ALOCASIA MACRORRHIZA</i> EN CERDAS GESTANTES.	18
TABLA 9. EFECTO DE LA INCLUSIÓN DE FOLLAJE FRESCO DE MORERA <i>MORUS ALBA</i> Y CACHAZA DE CAÑA <i>SACCHARUM OFFICINARUM</i> EN CERDOS EN CEBA.	19
TABLA 10. DIGESTIBILIDAD APARENTE DE UNA DIETA QUE CONTIENE 35% DE BORE, NACEDERO Y MORERA.	21
TABLA 11. DIGESTIBILIDAD ILEAL APARENTE Y VERDADERA DEL NACEDERO EN LECHONES.	22
TABLA 12. MATERIALES UTILIZADOS PARA LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO.	25

TABLA 13. FICHA TÉCNICA DE LA UNIDAD DE METABOLISMO EN LA GRANJA MARIO GONZÁLEZ ARANDA	27
TABLA 14. COMPOSICIÓN DE LA DIETA CONTROL Y DE LAS DIETAS QUE CONTIENEN EL 15% Y 30% DE INCORPORACIÓN DE FORRAJES.	29
TABLA 15. ASIGNACIÓN DE TRATAMIENTOS. PRUEBA DE DIGESTIBILIDAD FECAL.	34
TABLA 16. TODOS CONTRA TODOS.	37
TABLA 17. ASIGNACIÓN DE TRATAMIENTOS A LAS CERDAS PARA EL SACRIFICIO.	39
TABLA 18. ANDEVA.	46
TABLA 19. ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE LA HOJA DE NACEDERO, BORE Y MORERA; TOMADOS EN BASE SECA.	48
TABLA 20. ANÁLISIS BROMATOLÓGICO EN MATERIA SECA DE LOS ALIMENTOS SUMINISTRADOS A LAS CERDAS.	48
TABLA 21. PORCENTAJES DE DIGESTIBILIDAD FECAL APARENTE DE LA MEZCLA	49
TABLA 22. PORCENTAJES DE DIGESTIBILIDAD FECAL APARENTE DE LOS FORRAJES.	52
TABLA 23. PROMEDIOS DE DIGESTIBILIDAD APARENTE DE LA MATERIA SECA DURANTE EL PASO DEL ALIMENTO POR EL TRACTO INTESTINAL	54
TABLA 24. PORCENTAJES DE DIGESTIBILIDAD APARENTE DE LA PROTEÍNA DURANTE EL PASO POR EL TRACTO INTESTINAL.	56
TABLA 25. DIGESTIBILIDAD APARENTE DE LA ENERGÍA DURANTE EL PASO POR EL TRACTO INTESTINAL.	58
TABLA 26. PORCENTAJE DE DIGESTIBILIDAD APARENTE DE LA FDN DURANTE EL PASO POR EL TRACTO INTESTINAL.	60
TABLA 27. PORCENTAJES DE DIGESTIBILIDAD APARENTE DE LA FDA DURANTE EL PASO DEL ALIMENTO POR EL TRACTO INTESTINAL	62

TABLA 28. PORCENTAJES DE DIGESTIBILIDADES ILEALES APARENTES	65
TABLA 29. PORCENTAJES DE DIGESTIBILIDADES FECALES E ILEALES DE LA DIETA CONTROL Y LOS FORRAJES CON UN 30% DE INCORPORACIÓN.	67
TABLA 30. COMPORTAMIENTO DEL TRACTO GASTROINTESTINAL EN CERDAS ADULTAS ALIMENTADAS CON UNA DIETA CONTROL Y 3 DIFERENTES FUENTES DE FORRAJE.	69
TABLA 31. CONTENIDOS EN PORCENTAJE DE MATERIA SECA A TRAVÉS DEL TRACTO GASTROINTESTINAL.	70
TABLA 32. PH EN EL CONTENIDO DEL ESTOMAGO, CIEGO Y COLON.	72
TABLA 33. RELACIÓN MUCOSA MÚSCULO EN EL INTESTINO DELGADO PARA LOS DIFERENTES MATERIALES SUMINISTRADOS.	74
TABLA 34. PROTEÍNAS SOLUBLES EN LA MUCOSA INTESTINAL EN MG/ML.	75
TABLA 35. ACTIVIDAD ENZIMÁTICA DE LA AMINOPEPTIDASA N EN MM / MG PROT / H	77
TABLA 36. ACTIVIDAD ENZIMÁTICA DE LA FOSFATASA ALCALINA EN MM / MG PROT / H	79
TABLA 37. ACTIVIDAD ENZIMÁTICA DE LA SACARASA EN MM / MG PROT / H.	80

TABLA DE GRÁFICAS Y FOTOS

FOTO 1. CERDAS EXPERIMENTALES EN SUS RESPECTIVAS JAULAS METABÓLICAS.	28
FOTO 2. CULTIVO DE NACEDERO	30
FOTO 3. CULTIVO DE MORERA.	30
FOTO 4. CULTIVO DE BORE.	31
FOTO 5. JAULAS METABÓLICAS PARA CERDAS ADULTAS	32
FOTO 6. ESPECTROFOTÓMETRO MOSTRANDO LA CURVA DE CALIBRACIÓN UTILIZADA PARA EL ANÁLISIS DEL CROMO	41
GRAFICA 1. FLUJO DE MATERIA SECA POR EL TRACTO DIGESTIVO Y UTILIZACIÓN DEL MARCADOR PARA CALCULAR EL COEFICIENTE DE DIGESTIBILIDAD APARENTE.	44
GRAFICA 2. DIGESTIBILIDAD FECAL APARENTE DE LOS NUTRIENTES.	51
GRAFICA 3. DIGESTIBILIDAD FECAL APARENTE DE LOS FORRAJES.	53
GRAFICA 4. PROMEDIOS DE DIGESTIBILIDAD APARENTE DE LA MATERIA SECA A TRAVÉS DEL TRACTO INTESTINAL.	55
GRAFICA 5. PORCENTAJES DE DIGESTIBILIDAD APARENTE DE LA PROTEÍNA A TRAVÉS DEL TRACTO INTESTINAL.	57
GRAFICA 6. DIGESTIBILIDAD APARENTE DE LA ENERGÍA DURANTE EL PASO DEL ALIMENTO POR EL TRACTO INTESTINAL.	59
GRAFICA 7. PORCENTAJE DE DIGESTIBILIDAD APARENTE DE LA FDN DURANTE EL PASO POR EL TRACTO INTESTINAL.	61
GRAFICA 8. PORCENTAJES DE DIGESTIBILIDAD APARENTE PARA LA FDA A TRAVÉS DEL PASO DEL ALIMENTO POR EL TRACTO INTESTINAL.	63

GRAFICA 9. PORCENTAJES DE DIGESTIBILIDAD ILEAL APARENTE	66
GRAFICA 10 Y 11. LONGITUD Y PESO DE LOS COMPARTIMIENTOS DEL TGI EN CERDAS ADULTAS ALIMENTADAS CON UNA DIETA CONTROL Y 3 DIETAS EXPERIMENTALES CON NACEDERO BORE Y MORERA CON UN PORCENTAJE DE INCORPORACIÓN DEL 30%	69
GRAFICA 12. CONTENIDOS EN MATERIA SECA DEL ALIMENTO A TRAVÉS DEL PASO POR EL TGI	72
GRAFICA 13. PH EN EL CONTENIDO DEL ESTOMAGO, CIEGO Y COLON EN CERDAS ADULTAS ALIMENTADAS CON UNA DIETA CONTROL Y 3 DIETAS EXPERIMENTALES CON NACEDERO, BORE Y MORERA CON UN PORCENTAJE DE INCORPORACIÓN DEL 30%	73
GRAFICA 14. RELACIÓN MUCOSA MÚSCULO EN EL INTESTINO DELGADO PARA LOS DIFERENTES MATERIALES SUMINISTRADOS.	74
GRAFICA 15. PROTEÍNA SOLUBLE EN LA MUCOSA INTESTINAL EN MG/ ML	76
GRAFICA 16. ACTIVIDAD ENZIMÁTICA DE LA AMINOPEPTIDASA N EN μM / MG PROT / H	78
GRAFICA 17. ACTIVIDAD ENZIMÁTICA DE LA FOSFATASA ALCALINA EN MM / MG PROT / H	79
GRAFICA 18. ACTIVIDAD ENZIMÁTICA DE LA SACARASA EN MM / MG PROT / H	81

TABLA DE ANEXOS

ANEXO 1. DIGESTIBILIDAD FECAL APARENTE DE LA MATERIA SECA	99
ANEXO 2. DIGESTIBILIDAD FECAL APARENTE DE LA PROTEINA	99
ANEXO 3. DIGESTIBILIDAD FECAL APARENTE DE LA ENERGIA	100
ANEXO 4. DIGESTIBILIDAD FECAL APARENTE DE LA FDN	100
ANEXO 5. DIGESTIBILIDAD FECAL APARENTE DE LA FDA	101
ANEXO 6. DIGESTIBILIDAD FECAL APARENTE DE LA MS DEL FORRAJE	101
ANEXO 7. DIGESTIBILIDAD FECAL APARENTE DE LA PROTEINA DEL FORRAJE	102
ANEXO 8. DIGESTIBILIDAD FECAL APARENTE DE LA ENERGIA DEL FORRAJE	102
ANEXO 9. DIGESTIBILIDAD FECAL APARENTE DE LA FDN DEL FORRAJE	103
ANEXO 10. DIGESTIBILIDAD FECAL APARENTE DE LA FDA DEL FORRAJE	103
ANEXO 11. DIGESTIBILIDA APARENTE DE LA MATERIA SECA A TRAVÉS DEL TRACTO INTESTINAL	104
ANEXO 12. DIGESTIBILIDAD APARENTE DE LA PROTEINA A TRAVÉS DEL TRACTO INTESTINAL	105
ANEXO 13. DIGESTIBILIDAD APARENTE DE LA ENERGIA A TRAVÉS DEL TRACTO INTESTINAL	106
ANEXO 14. DIGESTIBILIDAD DE LA FDN A TRAVÉS DEL TRACTO INTESTINAL	107
ANEXO 15. DIGESTIBILIDAD DE LA FDA A TRAVÉS DEL TRACTO INTESTINAL	108

ANEXO 16. PORCENTAJE DE MATERIA SECA A TRAVÉS DEL TRACTO GASTROINTESTINAL	109
ANEXO 17. PORCENTAJES EN LOS CONTENIDOS EN PROTEINA A TRAVÉS DEL TGI	110
ANEXO 18. CONTEINIDOS EN ENERGIA A TRAVÉS DEL TGI	111
ANEXO 19. PORCENTAJES EN LOS CONTENIDOS EN FDN A TRAVÉS DEL TGI	112
ANEXO 20. PORCENTAJES EN LOS CONTENIDOS EN FDA A TRAVÉS DEL TGI	113
ANEXO 21. COMPORTAMIENTO DEL TRACTO DIGESTIVO DE LAS CERDAS ALIMENTADAS CON LA DIETA CONTROL	114
ANEXO 22. COMPORTAMIENTO DEL TRACTO DIGESTIVO DE LAS CERDAS ALIMENTADAS CON NACEDERO	114
ANEXO 23. COMPORTAMIENTO DEL TRACTO DIGESTIVO DE LAS CERDAS ALIMENTADAS CON MORERA	115
ANEXO 24. COMPORTAMIENTO DEL TRACTO DIGESTIVO DE LAS CERDAS ALIMENTADAS CON BORE	115
ANEXO 25. CONTENIDO EN PROTEINA SOLUBLE (MG/ML)	116
ANEXO 26. ACTIVIDAD ENZIMATICA DE LA AMINOPEPTIDASA N	117
ANEXO 27. ACTIVIDAD ENZIMATICA DE LA FOSFATASA ALCALINA	118
ANEXO 28. ACTIVIDAD ENZIMATICA DE LA SACARASA	119

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue determinar el valor nutricional de los forrajes arbustivos en cerdas adultas, para lo cual se realizaron pruebas de digestibilidad fecal e ileal de la hoja de bore *Xanthosoma sagittifolium*, nacedero *Trichanthea gigantea* y morera *Morus alba* y se estableció el efecto del forraje sobre la fisiología digestiva de las cerdas, se utilizó la técnica del sacrificio y se manejo el cromo como marcador indigerible. Se encontraron altos porcentajes en proteína con 20.1 para el nacedero, 20.9 para el bore y 19.7 para la morera. La fibra mostró mayores porcentajes en el bore seguido por la morera y el nacedero; en las pruebas de digestibilidad fecal e ileal se encontró al bore como el mejor de los forrajes mostrando porcentajes de digestibilidad fecal del 82% para MS, 83% para proteína, 83% para energía, 68% para FDN y 55% para FDA sin mostrar diferencia significativa al pasar de un 15 a un 30% de incorporación; para la digestibilidad ileal se trabajo con un porcentaje de incorporación del 30% y se encontraron porcentajes de 68 para la MS, 74 para la proteína, 71 para la energía, 51 para la FDN y 37 para la FDA en segundo lugar se encontró la morera y se halló al nacedero con los menores promedios; así mismo se observa al nacedero con el peso más alto en el ciego y con los contenidos más altos en mucosa. La actividad enzimática mostró mayores valores para el control y el bore y se redujeron los contenidos en MS en el TGI al alimentar con los forrajes. Se concluyo sobre la mayor importancia de la composición de la fibra que de la cantidad de esta en la dieta.

ABSTRACT

This survey aims at estimating the nutritional value of bushy forages in adult sows. Ileal and fecal digestibility tests of taro leaves, *Xanthosoma sagittifolium*, nacedero, *Tricanthera gigantea*, and white mulberry, *Morus alba*, were carried out and the effect of forage on the sow digestive physiology by means of the slaughter technique with chromium as the undigestible marker was also estimated. High protein percentages for nacedero, 20.1, taro, 20.9 and white mulberry, 19.7 were found. Fiber showed higher percentages in taro followed by white mulberry and nacedero. In the ileal and fecal digestibility tests, taro was found as the best forage with a fecal digestibility percentage of 82% for Dry Matter (DM), 83% for protein, 83% for energy, 68% for Neutral Detergent Fiber (NDF) and 55% for Acid Detergent Fiber (ADF), without showing a significant difference when changing from 15% to 30% of intake. Taro ileal digestibility was managed with an intake percentage of 30%, and percentages of 68% for DM, 74% for protein, 71% for energy, 51% for NDF and 37% for ADF were found. White mulberry was found in the second place and nacedero showed the lowest averages; concomitantly, nacedero was found with the highest weight in caecum and with the highest contents of mucosa in the walls of the small intestine. The enzymatic activity showed the highest values for control and taro; the contents in DM and in the Gastrointestinal (GI) tract when feeding with forages were found to be reduced. The main conclusion was that fiber composition is far more important than its quantity in the diet.

1. INTRODUCCIÓN

En Colombia cerca del 75% de los cerdos provienen de explotaciones de menos de 25 cerdos, donde las principales fuentes de alimentación son concentrados con base en materias primas importadas y costosas; siendo aun mayor el problema para la gran cantidad de campesinos que se encuentran en zonas alejadas y con problemas de seguridad (Restrepo y col, 1988).

Cerca del 70% de los costos de producción porcina provienen de la alimentación y el mayor porcentaje de estos proviene del alto valor de la proteína, esto transformado a la falta de recursos de la gran mayoría de porcicultores que no pueden producir bajo los parámetros impuestos por los modelos tecnológicos de los países desarrollados.

El entorno productivo muestra la necesidad de buscar alternativas viables de alimentación que busquen una disminución en estos costos. Es allí donde el trópico ofrece una gama de ventajas que deben ser aprovechadas, con el fin de obtener una producción más acorde a nuestras condiciones, aportando materiales fácilmente aprovechables, accesibles y a muy bajos costos; dando la oportunidad de lograr un máximo aprovechamiento de la tierra y de los materiales que generalmente se encuentran establecidos, pero son totalmente inutilizados o en el caso de ser utilizados, no se hace con base en unos parámetros estudiados o establecidos previamente.

El trópico cuenta con una gran variedad de plantas que por su velocidad de crecimiento, adaptabilidad y valor nutricional se convierten en una alternativa para la alimentación de monogástricos, especialmente con el fin de reemplazar en parte el aporte proteico, que como se mencionó anteriormente es el punto determinante en la reducción de los costos de producción.

Es urgente promover opciones para disminuir la dependencia de los alimentos concentrados y mantener una producción mínima de proteína animal en las zonas rurales de economía campesina (Cuellar, 2000).

En este trabajo se evaluará el potencial nutricional que brindan estos forrajes en la nutrición de cerdas adultas; buscando fomentar la producción porcina familiar en el trópico y mejorar el nivel de vida de los campesinos.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Determinar el valor nutricional del nacedero, bore y morera en la alimentación de cerdas adultas.

2.2 Objetivos Específicos

- Determinar la composición bromatológica de la hoja de nacedero, bore y morera.
- Evaluar la digestibilidad fecal aparente de la materia seca, proteína, energía, FDN y FDA de la hoja de bore, nacedero y morera en cerdas adultas.
- Calcular la tasa de digestión a través del tracto intestinal para la hoja de bore, nacedero y morera.
- Estudiar el efecto de la ingestión de forraje sobre la fisiología digestiva de la cerda.

3. JUSTIFICACIÓN

El alto valor de la proteína para la alimentación de los cerdos y la poca capacidad de los campesinos de acceder a productos importados, así como la producción de cultivos comerciales que le brinden una fuente proteica, ameritan el estudio de alternativas tropicales (plantas forrajeras) como fuentes de proteína de alta adaptabilidad, productividad y de fácil adquisición.

Como se conoce hay un alto contenido en fibras en los forrajes, es necesaria la experimentación con dichos forrajes, con el fin de determinar las alternativas que pueden brindarle al campesino o pequeño productor para la utilización en la alimentación del cerdo y generar la sustitución o reemplazo de una parte importante en el suministro de concentrados.

Las cerdas adultas cuentan con un tracto gastrointestinal desarrollado (capacidad y microflora) el cual les brinda la capacidad de ingerir y digerir cierta cantidad de fibra, logrando con esto un buen aprovechamiento de los materiales forrajeros; en contraste con lo observado en investigaciones realizadas en cerdos en crecimiento (Gómez, 2002).

Las plantas forrajeras cuentan con altas producciones de biomasa y buen contenido en proteínas, lo cual las convierte en una alternativa para la alimentación porcina; pero están limitadas por sus contenidos en fibras, lo que lleva a convertirlas en un limitante para la incorporación de altas cantidades en la dieta.

Determinando la proporción más adecuada con cada una de las tres especies forrajeras empleadas en este estudio en la preparación de las dietas para cerdas adultas, se pretende generar un beneficio económico para el pequeño productor

dadas las características socio-económicas en las que se desenvuelve en nuestra sociedad.

El alto costo de las materias primas necesarias para la producción de los concentrados para cerdos y la poca producción de estas en nuestro país, generan la necesidad de realizar estudios en búsqueda de alternativas viables para la alimentación porcina, que finalmente puedan ser utilizados por el pequeño productor.

4. MARCO DE REFERENCIA

4.1 ALGUNAS ALTERNATIVAS FORRAJERAS Y SU POTENCIAL PRODUCTIVO

Los bancos proteicos es decir, forrajes arbustivos y plantas acuáticas ricas en proteína, que se pueden producir durante todo el año en sistemas sostenibles y a muy bajos costos, presentan una opción importante en la búsqueda de alternativas para la alimentación animal (Cuellar, 2000).

El trópico cuenta con gran variedad de plantas, que por su velocidad de crecimiento y adaptabilidad, aportan una cantidad de biomasa suficiente (Tabla 1) para suplir parte de las necesidades nutricionales, tanto proteicas como energéticas en la alimentación de cerdos (Cuellar, 2000).

Tabla 1. Zonas de producción y productividad de algunas especies forrajeras del trópico con potencial para la alimentación porcina.

Espece	Altura msnm.	Precipitación mm	Producción FF Ton/año/ha
Nacedero <i>Trichanthea gigantea</i>	0-2400	600-8000	40-60
Ramio <i>Bohemeria nivea</i>	0-2500	1000-3000	50
Morera <i>Morus alba</i>	1000-2400	1000-3000	40-70
Bore <i>Xanthosoma sagittifolium</i>	500-2000	1000-4000	140-230
Pringamoza <i>Urera caracasana</i>	0-1800	1000-4000	40-60
Matarraton <i>Gliricidia sepium</i>	0-1200	500-2000	60
Botón de oro <i>Tithonia diversifolia</i>	0-1200	600-2400	40

Fuente: Sarria, 1999.

FF: Forraje fresco

Tabla 2. Composición Proximal De Algunos Forrajes.

Especie	Humedad %	PC % MS	EE % MS	FC % MS	Ceniza % MS
Nacedero <i>Trichantera gigantea</i>	79	16	8	17-26	16-19
Ramio <i>Bohemeria nivea</i>	77	16	5	20	14
Morera <i>Morus alba</i>	74	15-20	3	19	20
Bore <i>Alocasia macrorhiza</i> . Hoja	87	21-22	6	15-19	16
Bore <i>Alocasia macrorhiza</i> Tallo	90	6-10	1	12-16	15
Bore <i>Xanthosoma sagittifolium</i> Hoja	84	22.9	7.2	10	14.6
Bore <i>Xanthosoma sagittifolium</i> Tallo	94	13	2.4	15.6	21.4
Pringamoza <i>Urera caracasana</i>	81	28	2	18	31
Matarratòn <i>Gliricidia sepium</i>	88	20-23		21	
Azola <i>Azolla sp</i>	94	32			20
Botòn de oro <i>Tithonia diversifolia</i>	95	21-28	6	15	17

Fuente: Sarria, 1999

PC : proteína cruda, EE: extracto etéreo, FC: fibra cruda.

Como se observa en la Tabla 2 la mayoría de las forrajeras tienen un contenido de humedad alrededor del 80%. Con respecto a los porcentajes de proteína, la fracción más interesante de los forrajes que va desde moderada en el *Trichanthera gigantea* (16%), hasta alta como en la *Ureca Caracasana*, la *Thitonia Diversifolia* y la *Azolla anabaena*; Un promedio de 20% (en base seca) se observa en la mayoría de las registradas en este estudio. Además cuentan con un buen contenido en minerales como se logra observar en la Tabla 3.

Cuando combinamos las ventajas, observamos opciones promisorias como el nacedero o la morera con producciones de 2 y 3 ton/ha/año de proteína. (Sarriá et al, 1994).

Tabla 3. Composición mineral del nacedero, bore y morera.

Minerales	Nacedero % MS	Bore % MS	Morera % MS
Ca	6.15	1.72	2.09
P	0.31	0.42	0.43
Mg	1.06	0.55	0.41
Na	0.06	0.06	0.05
K	0.29	0.49	0.25
S	0.04	0.02	0.02
Fe (mg / kg MS)	191	296	231
Cu (mg / kg MS)	15.5	5.8	3.5
Zn (mg / kg MS)	47.5	27.5	25
Mn (mg / kg MS)	177.5	41.5	29.5

Fuente: Quirama y Caicedo (2003).

Otro dato interesante que cabe resaltar es el hecho de que la mayoría de estos forrajes no parecen presentar desbalances en su perfil de aminoácidos esenciales para la alimentación de cerdas adultas.(Tablas 4 y 5).

Tabla 4. Perfil de aminoácidos de las proteínas de Bore, morera y nacedero.

Aminoácidos	g/kg Materia Seca			g/100 g de Proteína		
	Nacedero	Bore	Morera	Nacedero	Bore	Morera
Esenciales						
Arginina	10.5	13.2	10.2	6.4	5.8	6.3
Histidina	4.0	5.7	4.2	2.5	2.5	2.6
Isoleucina	8.3	10.1	8.6	5.1	4.5	5.2
Leucina	14.9	19.2	15.3	9.1	8.5	9.5
Lisina	8.6	13.0	10.5	5.2	5.7	6.5
Fenilalanina	9.8	12.9	9.8	5.9	5.7	6.0
Treonina	8.6	10.1	8.6	5.2	4.5	5.3
Valina	10.3	13.3	10.5	6.3	5.9	6.5
No esenciales						
Alanina	9.9	14.5	10.1	6.0	6.4	6.3
Ac. Aspártico	17.1	22.5	17.9	10.4	9.9	11.1
Ac. Glutámico	20.3	23.4	18.9	12.4	10.3	11.7
Glicina	10.3	12.9	9.5	6.3	5.7	5.9
Prolina	8.5	9.8	8.2	5.2	4.3	5.1
Serina	8.0	9.9	7.8	4.9	4.4	4.8
Tirosina	7.0	9.5	7.0	4.3	4.2	4.3
Σ aa	158.5	201.7	158.7	96.6	88.9	98.1

Fuente: Quirama y Caicedo (2003).

Tabla 5. Requerimientos diarios de aminoácidos esenciales para cerdas en gestación (90% materia seca)

Peso corporal a la crianza (kg)	125	150	175	200
Ganancia de peso en la gestación (kg)	55	45	40	35
Lechones esperados	11	12	12	12
	g/día	g/día	g/día	g/día
Histidina	2.9	2.7	2.6	2.5
Isoleucina	5.1	4.8	4.7	4.5
Leucina	9.2	8.4	8.1	7.7
Lisina	8.9	8.2	7.9	7.6
Fenilalanina	5.2	4.8	4.6	4.4
Treonina	6.3	6.0	6.0	6.0
Valina	6.0	5.6	5.4	5.2
Metionina	2.5	2.4	2.3	2.2
Triptofano	1.6	1.5	1.4	1.4

Requerimientos en base a la digestibilidad ileal aparente. (NRC).

4.2 ASPECTOS NUTRICIONALES EN LA ALIMENTACIÓN CON FORRAJES PARA CERDOS

4.2.1 Aspectos generales sobre las fibras

Al hablar sobre alimentación con plantas forrajeras es evidente la necesidad de tener ciertos conocimientos sobre diferentes aspectos nutricionales que los rodean, especialmente los relacionados con las fibras y el comportamiento de estas en el tracto digestivo del cerdo.

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

Como ya es conocido, la celulosa es un polímero rígido y compacto y no accesible por las enzimas bacterianas. Las bacterias atacan la superficie de la molécula, pero el metabolismo enzimático se produce muy lentamente. La mayor parte de las pectinas y hemicelulosa se hallan dispuestas entre las fibras de celulosa, y esta disposición dificulta el acceso a ellas por las enzimas. Pero, una vez las enzimas llegan a ellas, su hidrólisis es relativamente fácil (Soler et al, 1998).

Otras propiedades químicas de los componentes de la fibra que afectan a su degradación son la ramificación, metoxilación y gelificación, ya que por una parte impiden el acceso de las enzimas al complejo y, por otra, forman enlaces muy fuertes y resistentes al ataque enzimático (Soler et al, 1998). El acceso de las bacterias a los polisacáridos y las uniones naturales de sacárido parece jugar un papel preponderante en la variabilidad de la fermentación de la fibra. Tamaño y porosidad de la fibra pueden afectar su accesibilidad por la bacteria (Guillon et al, 1995).

La fibra dietética es parte integral de todo el material de alimentación de origen vegetal para los cerdos, tiene efectos específicos en todos sus procesos digestivos y también indirectamente en el metabolismo intermedio, la alimentación a largo plazo con altos niveles de fibra pueden alterar las características fisiológicas y anatómicas del tracto digestivo del cerdo (Wenk, 2001).

Las diferentes propiedades fisicoquímicas pueden afectar los procesos digestivos individualmente o en combinación basados en las propiedades de solubilidad, formación de geles, viscosidad, retención de agua y capacidad de absorción (Bergner, 1980).

4.2.2 Fermentación microbiana de las fibras en el cerdo

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

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

La función fisiológica de la fibra dietética en el tracto digestivo del cerdo, puede variar considerablemente con la edad o masa corporal; también interactúa con los procesos digestivos y un desarrollo de adaptación en el animal, en el tiempo de presentación de la dieta fibrosa (Wenk, 2001).

4.2.3 Efecto de la fibra sobre la morfología intestinal del cerdo

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

El incremento en el contenido de fibra dietética de 50 a 180 g Kg⁻¹ (principalmente fibra dietética soluble) causó una duplicación de la secreción de saliva y jugo gástrico en los cerdos de 50 Kg. No solamente se incrementaron los fluidos secretados del tracto digestivo superior, sino que el jugo pancreático casi se duplicó con la fibra dietética implementada, también se incrementó significativamente la bilis; la cantidad incrementada de fluidos digestivos secretados significa un esfuerzo extrametabólico o demanda para el cerdo (Zebrowzka *et al* 1983).

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

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

Al alimentar cerdos con fibra de endosperma y cáscaras de cebada, se observó un aumento en las pérdidas de nitrógeno endógeno de casi dos veces al alimentar los cerdos con la fibra del endosperma, comparada con las pérdidas ocasionadas

alimentando con cáscaras, 331 vs. 180 mg N. X 100g de MS ingerida (Souffrant, 2001).

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

La fibra con alta capacidad de retención de agua incrementa la excreción de proteína endógena ileal. Al alimentar cerdos con fibra del endosperma del guisante caracterizada por una muy alta capacidad de retención de agua (10 –12g agua g⁻¹ materia seca) en comparación con otras fuentes de fibra con baja capacidad de retención de agua (celulosa de madera y cáscara de guisantes) en una dieta libre de proteína, se estudiaron los efectos sobre las pérdidas endógenas de proteína y pérdidas de aminoácidos en el cerdo, los investigadores observaron un incremento en la excreción de aminoácidos y nitrógeno endógeno ileal, si la dieta libre de proteína contenía fibra del endosperma de guisantes (Leterme et al 1996 - 1998).

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

El nivel, fuente y composición de la fibra dietética pueden por lo tanto ser considerados como factores importantes que influyen tanto en la ocurrencia como en el rango de diferentes mecanismos de digestibilidad alimenticia en los cerdos, los efectos de la fibra dietética en la digestibilidad alimenticia y la absorción de nutrientes pueden estar altamente influenciados por las propiedades físico químicas de la fibra

y por lo tanto, observando el nivel de fibra dietética total, nos dará un cuadro claro sobre su influencia en la fisiología digestiva de los cerdos (Wenk, 2001).

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

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

- Tienen propiedades físico-químicas como una gran capacidad de retención de agua que ejerce una acción fisiológica diversa a lo largo del tracto gastrointestinal.
- La fibra puede encapsular ciertos nutrientes impidiendo su hidrolización.
- Elevan la producción de secreciones gástricas, biliares y pancreáticas.
- Aumentan la viscosidad del alimento, principalmente por la presencia de fibras solubles.
- Reducen la digestión de los nutrientes en el intestino delgado, especialmente de las proteínas, aminoácidos y minerales, porque algunos nutrientes son absorbidos por partículas de fibra y llevados al intestino grueso.
- Provocan una peor difusión y transporte de lipasas y sales biliares en el lumen intestinal.
- Mayor dificultad en el contacto entre los nutrientes y las secreciones digestivas.
- Dificultan el transporte de los nutrientes hasta la superficie epitelial.
- Incremento de la secreción de mucus por parte de la mucosa con el consiguiente incremento de la viscosidad en la capa de agua adyacente a la misma, lo que perjudica la absorción de los nutrientes.
- Mayor secreción pancreático-biliar y menor capacidad de absorción de compuestos endógenos, lo que incrementa las pérdidas de sustancias endógenas.

- Reducen la velocidad de tránsito, lo que repercute a su vez en una reducción del consumo, y disminuye el contenido en materia seca de las deyecciones lo que puede incrementar la incidencia de camas húmedas.
- La menor velocidad de tránsito favorece el desarrollo de la población microbiana intestinal que parece agravar el efecto de la viscosidad al deconjugarse los ácidos biliares y/o adherirse a la superficie de la mucosa alterando su funcionamiento normal.
- Retrasan la absorción de minerales y vitaminas.- La fibra dificulta la absorción de Zn, Fe, Ca, Cu, Mg, Si y vitamina B12. Si la dieta supera la cantidad ideal de fibra, el organismo puede enfermar por déficit de cualquiera de los anteriores elementos.

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

4.3 UTILIZACIÓN DE PLANTAS FORRAJERAS EN LA ALIMENTACIÓN DE CERDOS

4.3.1 Capacidad de ingestión

En ensayos realizados Leterme *et al* (2003) se estudiaron la capacidad de ingestión de forrajes tropicales y algunas plantas acuáticas, encontrando ventajas comparativas en relación con la capacidad de ingestión, al alimentar los cerdos con un material seco y molido, observando hasta un 100% más en la ingestión (Tabla 6).

Tabla 6. Capacidad de ingestión de cerdas alimentadas con concentrado, forrajes y plantas acuáticas.

Ingestion	g MS.100 kg ⁻¹ PV/DIA		g MF.100 kg ⁻¹ PV/DIA	
	Fresco	Seco	Fresco	Seco
Forrajes				
Arboles forrajeros				
<i>Trichanthera</i>				
Concentrado	1679	1635	1874	1825
Follaje	515	1080	3393	1181
<i>Xanthosoma</i>				
Concentrado	1577	1527	1760	1703
Follaje	510	1015	3315	1116
Plantas acuáticas				
<i>Azolla</i>				
Concentrado	1018	1479	1123	1684
Planta	630	1240	9061	1428
<i>Salvinia</i>				
Concentrado	1001	1316	1098	1493
Planta	597	1428	9677	1032

Los resultados son presentados en g de material seca (MS) o material fresca (MF) por 100 kg de peso vivo (PV) día.

Fuente: Leterme et al (2003).

4.3.2 Algunos ensayos en la producción

La producción de cerdos está relacionada con la utilización de alta tecnología y el uso de cereales y soya. Ello genera dependencia de agriculturas extranjeras, unido a una alta competencia con el humano. Por lo cual, las alternativas alimenticias para la producción animal han tomado importancia. Existen plantas forrajeras que pueden competir con ventajas agroecológicas debido a la alta eficiencia biológica, en producción de biomasa y valor nutricional, que las hacen factibles para ser incluidas como reemplazo parcial de cereales y soya, sin ocasionar detrimento en el comportamiento productivo de los animales (González, 1994). Algunos ejemplos se muestran a continuación.

4.3.2.1 Nacedero *Trichanthea gigantea*

En ensayos realizados se logró observar que a pesar de que algunas cerdas consumen muy bien el nacedero, no es posible utilizarlo como única fuente proteica en la dieta, ya que al suspender la soya, las cerdas mostraron un proceso acelerado de pérdida de peso. No obstante, no hubo diferencias significativas entre las dos dietas para los parámetros productivos (Sarría, 1994).

Tabla 7. Parámetros reproductivos en cerdas gestantes con y sin la incorporación de *Trichanthera gigantea* en la dieta.

Detalle	<i>T.gigantea</i> Torta soya	<i>T. gigantea</i> Grano de soya	Soya
No. de partos	2	2	2
Nacidos vivos	9.1	8.1	8.2
Peso camada al nacimiento kg.	13	12	11
Destetos	8	7	6
Camada al destete. Kg.	76	62	60
Tasa de incorporación.	30%	30%	

Fuente: Sarría, 1994

En la Tabla 7 se muestran los resultados de incorporar *T. gigantea* en dietas para cerdas reproductoras. El forraje se utilizó solo en la fase de gestación a razón de 2 Kg de forraje fresco por cerda día, donde se encontró un consumo promedio de 1 kg. La dieta fue complementada con 8 litros de jugo de caña, 300 g de torta de soya con minerales y vitaminas. Los resultados señalaron que se reemplazó el 30% de la proteína de la soya sin detrimento de los parámetros reproductivos.

4.3.2.2 Bore *Alocasia macrorrhiza*.

En ensayos realizados para estudiar la incorporación de *Alocasia macrorrhiza* en una dieta para cerdas gestantes, se demostró que se puede reemplazar hasta un 34% del alimento concentrado durante la gestación, sin detrimento de los parámetros productivos (Tabla 8).

Tabla 8. Parámetros productivos con y sin la incorporación de *Alocasia macrorrhiza* en cerdas gestantes.

	Bore + Concentrado	concentrado
Incorporación de bore	34%	--
No. de animales	6	6
P inicial. Kg	113	113
P final. Kg	168	166
Nacidos vivos	10.7	11.2
Peso camada	14.4	13.1

Fuente: Basto (1993)

4.3.2.3 Morera *Morus alba*

En estudios realizados para evaluar la utilización de morera en la alimentación de cerdos de engorde, se utilizaron 60 cerdos cruzados de 50 kg de peso vivo en promedio. Los tratamientos consistieron en reemplazar el 15 y 25% del suplemento proteico (torta de soya), por harina de morera. El resto de la dieta fue cachaza panelera o rechazo de panela (Tabla 9) (Sarria, 1993).

Los resultados indicaron que una inclusión del 16% de proteína proveniente de la morera permite un incremento de peso y un mejoramiento en la conversión alimenticia. También fue el que reflejó un costo más bajo por kilogramo de peso vivo producido. Es notoria la proporción de rechazo de la morera ofrecida, que fue del orden de 47%. Se presume que hay una cantidad de tallo muy alta que no es apetecida por el cerdo o que se ofreció demasiado en relación con la capacidad de ingestión (Sarria, 1993).

Tabla 9. Efecto de la inclusión de Follaje Fresco de Morera *Morus alba* Y Cachaza De Caña *Saccharum officinarum* en cerdos en ceba.

	APORTE DE PROTEINA		
	Morera 16% Torta de soya 84%	Morera 27% Torta de soya 73%	Torta de soya 100%
Peso inicial Kg.	54.7	54.3	53.3
Peso final Kg.	80.8	78.9	79.2
Días.	62	62	62
Ganancia diaria g/d	420.9	397.6	417.8
Costo alim./ Kg de peso vivo producido año 2000	\$1328	\$1354	\$1441

Fuente: Sarria (1993),

4.3.2.4 Plantas acuáticas

Donde la precipitación, el riego, o las fuentes de agua dulce naturales o artificiales son adecuadas, las plantas acuáticas son recursos altamente productivos de biomasa de alto valor proteico y son un complemento ideal de fibra para componentes de la ración libre de ésta, como el jugo de caña, los aceites, sebos y las mieles, para cerdos y aves (Becerra, 1991).

La planta acuática que ha sido utilizada en alimentación porcina con mayor impacto, es la *Azolla anabaena* debido principalmente a su tasa de crecimiento, a su relativo fácil manejo y a su fácil incorporación en sistemas de alimentación para cerdos y patos (Becerra, 1991).

Entre sus ventajas específicas tenemos:

- Alta tasa de conversión de nitrógeno en proteína (hasta 9 ton/ha/año) gracias a su asociación con el alga *Anabaena azollae*
- Composición de aminoácidos parecida al de la proteína ideal

Las experiencias obtenidas utilizando éste recurso en alimentación de cerdas gestantes, reemplazando la proteína proveniente de torta de soya hasta en un 80%, en la hacienda Arizona (Jamundí, Valle), han mostrado un muy buen estado corporal de las hembras de cría alimentadas con plantas acuáticas (*Azolla* y *Salvinia*), así mismo los parámetros al parto en cuanto a número de lechones nacidos vivos (10.5 - 11) y su peso promedio al nacer (1.5 kg.) (Becerra, 1991)

4.3.3 Digestibilidad de los forrajes

El contenido de la fibra dietética del alimento puede disminuir la digestibilidad de nutrientes, y aumentar la pérdida de nitrógeno endógeno, y de las secreciones (Souffrant, 2001)

En la Tabla 10 se pueden observar los resultados de una evaluación de la digestibilidad del bore, nacedero y morera en cerdos de 35 kg con un 35% de incorporación del forraje.

Tabla 10. Digestibilidad Aparente de una dieta que contiene 35% de bore, nacedero y morera.

	Dietas			
	Control	Nacedero	Bore	Morera
Digestibilidad de la materia seca	85.0	74.8	75.2	76.3
Digestibilidad de la proteína bruta	88.0	70.6	68.9	70.9
Digestibilidad de la energía	86.7	74.7	75.2	74.1

Fuente: Quirama y Caicedo (2003).

En la Tabla anterior se logra observar que los porcentajes de digestibilidad oscilan entre 68.9 y 76.3 %; estos pueden estar bajos debido a la edad de los cerdos y al alto porcentaje de incorporación.

Las propiedades físico-químicas de la fibra afectan la digestibilidad; es difícil determinar cuales de estas propiedades son responsables de los efectos, parece que la solubilidad, viscosidad y capacidad de retención de agua en la fibra dietética son los aspectos mas importantes que influyen sobre la digestibilidad ileal de nutrientes y perdidas endógenas en las cerdas (Souffrant, 2001), lo anterior también está causado por los niveles de proteína en la dieta y las fuentes.

Los forrajes tienen un contenido muy bajo en fibras solubles, en su mayoría tienen gran capacidad de retención de agua.

En la Tabla 11 se observa el resultado de un ensayo realizado con el fin de determinar la digestibilidad ileal aparente y verdadera del nacedero en lechones con un promedio de peso de 20 kg. La digestibilidad ileal se realizó utilizando el método de la anastomosis ileocecal.

Tabla 11. Digestibilidad ileal aparente y verdadera del nacedero en lechones.

VARIABLES	% DE INCLUSIÓN DEL NACEDERO EN LAS DIETAS	
	10	20
Digestibilidad de la materia seca	68.1	65.0
Digestibilidad de la energía	66.4	62.8
Digestibilidad aparente de la proteína	61.9	47.7
Digestibilidad verdadera de la proteína	66.6	52.4

Fuente: Mera y Valencia (2003)

En la Tabla anterior se podría concluir que los bajos niveles de digestibilidad son debidos a los factores antinutricionales causados por la presencia de la fibra y la relación con la edad del animal.

4.4 ACTIVIDAD ENZIMÁTICA

La digestión de las proteínas y de los carbohidratos digeribles, iniciada por las enzimas pancreáticas no es total. Debe ser finalizada por enzimas de la pared intestinal. No existen glándulas que secreten otras enzimas, las últimas son sintetizadas en las células epiteliales y pueden ser enviadas al exterior, para trabajar cerca de la pared (exoenzimas) o pueden quedar dentro de la célula (endoenzimas) (Leterme, 2002).

Se pueden distinguir:

Las di y tri- aminopeptidasas: encargadas de determinar la hidrólisis de los di y tri- péptidos en aminoácidos. Se encuentran a nivel de las microvellosidades (exterior de la célula) o dentro de la célula.

Las disacaridasas (maltasa, lactasa y sacarasa): encargadas de hidrolizar los disacáridos. Son exoenzimas.

Las células epiteliales migran sobre las vellosidades en dirección de la sima, durante su migración maduran y adquieren más enzimas digestivas, lo que aumenta su capacidad de absorción. Cuando llegan a la sima son descamadas, empujadas por las más resientes. La totalidad de las células epiteliales se renueva cada 3 días, es decir que se renuevan más o menos 100 millones de células cada minuto, es una forma de defensa; las células de la sima son muy frágiles y en contacto permanente con un medio muy agresivo y corrosivo (fibras, enzimas, factores antinutricionales, bacteria) su renovación constante permite mantener la integridad de la pared. (Leterme, 2002)

La determinación de las actividades enzimáticas en el intestino delgado se realiza por medio de métodos colorimétricos, que permiten determinar las concentraciones de las diferentes enzimas que están presentes en el contenido y pared del intestino delgado. Las muestras de tejido intestinal para la actividad enzimática son mezcladas con 1.2 ml de suero fisiológico para ser homogenizadas con un ultraturrax, luego centrifugadas a 3000 rpm por 5 minutos y guardadas en el congelador a -20°C . Alícuotas de $150\mu\text{l}$ /ependorf. El contenido intestinal liofilizado $50\mu\text{g}$ recibe el mismo tratamiento de las muestras de tejido intestinal (UMRVP, INRA).

Proteínas solubles: Las actividades enzimáticas, están calculadas en relación a la concentración de las proteínas solubles de las mucosas intestinales. Estas se activan luego de actividades específicas expresadas en nmol de sustrato degradado/mg de proteína soluble/h (UMRVP, INRA).

Aminopeptidasa N: Esta es una enzima proteolítica, donde el reactivo alanina-p-nitroanalida en presencia de agua y de acuerdo a la concentración de la enzima produce alanina y p-nitronalida, esta última libera un color amarillo que se determina por colorimetría a 410 nm de longitud de onda y es proporcional a la cantidad de p-nitroanalida en el medio (UMRVP, INRA).

Sacarasa: La sacarosa es desdoblada a fructosa y glucosa, y luego es determinada la concentración de glucosa con la ayuda de la glucosa oxidasa, produciendo gluconolactona y peróxido de hidrógeno el cual se oxida con el cromogeno incoloro DH2 y produce una coloración medida a 490 nm (UMRVP, INRA).

Fosfatasa alcalina: El p-nitrofenil en agua, por medio de la enzima fosfatasa alcalina y fosfato, produciendo un color amarillo que depende del nivel de p-nitrofenol a 405 nm (UMRVP, INRA).

Para concluir este capítulo se debe resaltar la importancia que viene revistiendo la búsqueda de alternativas en la alimentación porcina; ya que se viene presentando una marcada presión por la búsqueda de alternativas que disminuyan el impacto tanto económico como ecológico por la competencia con la alimentación humana.

Es allí donde el trópico ejerce una marcada importancia en la presentación de alternativas forrajeras con altas producciones de biomasa y valores nutricionales; que podrán ser suministrados a los cerdos como un reemplazo parcial al uso de cereales y de la soya; y es esta gran biodiversidad la que se debe estudiar en la búsqueda de producciones más acordes a nuestras condiciones y que nos permitan ser más competitivos.

Los valores nutricionales de los forrajes están enmarcados por la composición de la fibra en relación con sus propiedades físico-químicas, por lo que radica la importancia del estudio de dichas propiedades y su relación con el tracto gastrointestinal y los niveles de incorporación que no influyan en la presentación de los niveles productivos.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

En este proyecto se evaluaron las digestibilidades fecales aparentes y las digestibilidades a través del tracto intestinal, además se determinaron los contenidos en nutrientes por el paso del alimento en el tracto gastrointestinal (TGI) y ciertos comportamientos que ocurren en este según los diferentes materiales utilizados, como cambios en la actividad enzimática en los diferentes compartimientos del intestino delgado, cambios en el pH del estomago, colon y ciego.

5.1 Materiales

Los materiales utilizados para la determinación del valor nutricional de la hoja de nacedero *Trichantea gigantea*, bore *Xanthosoma sagitifolium* y morera *Morus alba* en la alimentación de cerdas adultas se encuentran en la Tabla 12.

Tabla 12. Materiales utilizados para la elaboración del proyecto.

DESCRIPTOR	UND	CAN	OBSERVACIÓN	
1. Cerdas	Cerdas	18	Requeridas para las pruebas.	
2. Jaulas Metabólicas	Jaulas	8	Jaulas metabólicas para realizar las pruebas de digestibilidad fecal.	
3. Materias Primas				
3.1 Maíz	Kg.	2804	Para la elaboración de la dieta control	
3.2 T. soya	Kg.	701		
3.3 C. arroz	Kg.	239		
3.4 Premezcla de vit-min	Kg.	239		
3.5 Nacedero	Kg.	250		
3.6 Bore	Kg.	250		
3.7 Morera	Kg.	250		Para la elaboración de las dietas experimentales
3.8 Oxido de cromo	Kg.	1		Para la marcación del alimento
4. Insumos				
4.1 Balanzas	balanza	3	Para el pesaje de materiales, muestras y animales	
4.1 Baldes	Balde	30	Para preparación y transporte de dietas, recolección y pesaje de excretas.	
4.2 Canecas	Caneca	10	Para almacenar el alimento.	

4.3 Palas	Cucharón	2	Para suministrar el alimento.
4.4 Palustre	Palustre	4	Para recoger las excretas.
4.5 Tarros	Tarros	100	Para la recolección y almacenamiento de muestras.
4.6 Bandejas de aluminio	Bandeja	100	Para secar muestras
4.7 Guantes	Guantes	50	Como medida de prevención.
4.9 Tapabocas	Tapaboc.	20	Para protección.
5.0 espátulas	Espátula	5	Para la toma de muestras
5. Maquinaria			
5.1 Molino martillo	Molino	1	Para moler las materias primas.
5.2 Molino Tamiz	Molino	1	Para moler muestras de laboratorio.
5.3 Mezcladora	Mezclado	1	Para preparar los alimentos.
5.4 Hidrolavadora	Hidrolav.	1	Para la limpieza de las instalaciones.
5.5 Congelador	Congel.	1	Para congelar las muestras.
5.6 Aparato para sacrificio	Aparato	1	Instrumento eléctrico para el sacrificio de las cerdas.
5.7 Instrumental quirúrgico	Instrum	1	Para la extracción y procesamiento del TGI y las respectivas muestras.
5.8 Estufa	Estufa	1	Para secado y determinación de la materia seca.
5.9 pH-Metro	pH-metro	1	Para medir pH de las muestras.
6. Laboratorio			
6.1 Análisis Weende	Análisis	120	Para la determinación de la composición química de los alimentos, excretas y muestras ileales.
6.2 Análisis Van Soest	Análisis	120	
6.3 Análisis de actividad enzimática.	Análisis	96	Para la determinación de la actividad enzimática.
6.4 Técnica de jeringas	Análisis	12	Para simular la actividad del TGI de las cerdas.
6.5 Determinación del cromo	Análisis	16	Para medir la concentración del Oxido de cromo.
8. Papelería			
8.1 Papel	Resma	5	Para la elaboración del anteproyecto, informes y tesis.
8.2 Tinta	Cartucho	4	Para la impresión de documentos.
8.3 Disquete	Caja	5	Para guardar la información recopilada.
8.4 Copias	Copia	800	Como base de la revisión de literatura.
8.5 Esferos	Caja	1	Para la elaboración de dietas, informes, etc.
8.6 Carpetas	Carpeta	8	Para guardar la información recopilada.
8.7 Triplex	Triplex	8	Para pegar las cartulinas marcadas.
8.8 Papel Contac	mt	2	Para recubrir el triplex.
8.9 Cartulina	Pliego	8	Para marcar las jaulas e identificar los tratamientos.
9. Otros			
9.1 Computador	Comput.	1	Para la elaboración de informes y proyecto.
9.2 Impresora	Impreso.	1	Para la impresión de documentos.
9.3 Internet	Hora	120	Para la búsqueda de información.

5.2 Localización

El proyecto se llevó a cabo en la unidad de metabolismo para cerdas adultas ubicada en la granja Mario González Aranda (la ficha técnica está contenida en el Tabla 13) la cual cuenta con 8 jaulas metabólicas con sus respectivos comederos y bebederos especialmente diseñadas para la experimentación en cerdas adultas y en el laboratorio de nutrición animal de la Universidad Nacional, Sede Palmira.

Tabla 13. Ficha técnica de la unidad de metabolismo en la Granja Mario González Aranda¹

DESCRIPTOR	CARACTERÍSTICA
Predio	Granja Mario González Aranda
Propietario	Universidad Nacional de Colombia
Área total	3.5 ha
Altura	1000 msnm
Precipitación (X)	1000 mm/año
Temperatura	24°C
Humedad relativa	80 %
Localización geográfica	3 y 4° latitud Norte y 76 y 77° longitud Oeste
Suelos	Molisoles
Municipio	Palmira
Corregimiento	El Porvenir
Departamento	Valle del Cauca

¹ Tomado de: Zarate, E y Orozco, J. (1998)

5.3 Métodos

Este estudio se dividió en:

- Digestibilidad fecal aparente.
- Digestibilidad aparente a través del tracto intestinal
- Fisiología digestiva de la cerda.

5.3.1 Digestibilidad fecal

5.3.1.1 Animales

Se emplearon 10 cerdas comerciales de 140 a 180 kg de peso vivo (foto 1) durante cuatro períodos (10 días de acostumbramiento y 10 días de toma y recolección de muestras).

Foto 1. Cerdas experimentales en sus respectivas jaulas metabólicas.



5.3.1.2 Dietas experimentales

Se formularon 7 dietas. Una dieta control con base en maíz, torta de soya, cascarilla de arroz y premezcla de vitaminas y minerales, que contenía un porcentaje de proteína del 15.65 % y 6 dietas experimentales las cuales tuvieron un porcentaje de incorporación en la dieta del 15 y 30 % de hoja de morera, nacedero y bore (Tabla 14). En las fotos 2,3 y 4 se observan los materiales con los cuales se trabajo.

Tabla 14. Composición de la dieta control y de las dietas que contienen el 15% y 30% de incorporación de forrajes.

Composición	Control %	Bore 15%	Nacedero 15%	Morera 15%	Bore 30%	Nacedero 30%	Morera 30%
Maíz	70	60	60	60	49	49	49
T. Soya	18	15	15	15	13	13	13
C. arroz	6	5	5	5	4	4	4
Premezcla. Vit-min	6	5	5	5	4	4	4
Bore	--	15	--	--	30	--	--
Nacedero	--	--	15	--	--	30	--
Morera	--	--	--	15	--	--	30
Total	100	100	100	100	100	100	100
% de Proteína en MS	15.65	16.44	16.32	16.25	17.22	16.98	16.85
Energía bruta estimada (Mcal/kg MS)	4147.6	4155.0	4033.8	4146.3	4162.5	3920.1	4145.1
% FDN	17.08	21.54	20.54	20.87	26.00	24.01	24.67
% FDA	6.11	8.28	7.64	7.80	10.44	9.17	9.49

Se utilizaron estos niveles de incorporación debido al análisis de varios ensayos revisados (Leterme et al, 2003), donde se ha encontrado que la incorporación de forrajes en niveles superiores a 30–35% son demasiado altos y van en detrimento del rendimiento nutricional y productivo de las cerdas, debido a las implicaciones nutricionales de la incorporación de altos contenidos de fibra en la dieta, mencionadas anteriormente.

Foto 2. Cultivo de nacedero



Foto 3. Cultivo de morera.



Foto 4. Cultivo de bore.



5.3.1.3 Alojamiento

Durante el periodo experimental las cerdas fueron alojadas individualmente en jaulas metabólicas dotadas de comederos y bebederos que facilitaron la recolección de la totalidad de las excretas, (foto 5) así como la del alimento sobrante. Esto con el fin de lograr una estimación precisa del alimento ingerido vs el excretado.

Al alimento y a las excretas se les determinaron la materia seca para determinar la cantidad exacta de alimento consumido y de alimento excretado.

Foto 5. Jaulas metabólicas para cerdas adultas



5.3.1.4 Periodo Experimental

5.3.1.4.1 Fase de Acostumbramiento

Para esta prueba se tomaron 10 días de acostumbramiento por cada periodo, con el fin de lograr un acondicionamiento del tracto gastrointestinal a las condiciones del material suministrado.

5.3.1.4.2 Fase Experimental

La fase experimental duro 10 días por cada periodo, tiempo que permitió recolectar una muestra confiable. El alimento se suministró de acuerdo al peso de cada cerda, 80 g/kg de Peso Metabólico ($w^{0.75}$) por día; y se proporcionó en dos comidas, a las 8:00 AM y a las 4:00 PM., se dejó durante una hora y se recogió el alimento

sobrante; posteriormente se seco en una estufa a 105 grados centígrados con el fin de llevar un control más exacto del alimento consumido, las heces se recogieron todos los días en la mañana, se pesaron y se recolectaron muestras del 3% después de mezclar, buscando que estas fueran lo mas homogéneas posible, consecutivamente se congelaron, para luego ser liofilizadas y sometidas a los análisis correspondientes.

5.3.1.5 Diseño Experimental

Se empleo un diseño completamente al azar con un arreglo factorial $3 \times 2 + 1$ (tres fuentes de forraje, dos niveles de incorporación en la dieta y un grupo control) para un total de siete tratamientos con cuatro repeticiones en el tiempo (4 períodos de 10 días de acostumbramiento y 10 días de toma y recolección de muestras cada uno); teniendo en cuenta que las cerdas para los tratamientos con forrajes no rotaron con las del control, con el fin de evitar variaciones en los resultados por causa de alteraciones en el tracto gastrointestinal. Se circularon las cerdas pasando a porcentajes contrarios cada periodo con el fin de disminuir el error experimental.

5.3.1.6 Tratamientos

Los tratamientos fueron los siguientes:

Tratamiento 1: Control

Tratamiento 2: Nacedero 15%

Tratamiento 3: Nacedero 30%

Tratamiento 4: Bore 15%

Tratamiento 5: Bore 30%

Tratamiento 6: Morera 15%

Tratamiento 7: Morera 30 %

Los tratamientos se les asignaron a las cerdas como se muestra en el Tabla 15.

Tabla 15. Asignación de tratamientos. Prueba de digestibilidad fecal.

	1º periodo	2º periodo	3º periodo	4º periodo
Dietas	No. cerda	No. cerda	No. cerda	No. cerda
Control	1	9	1	2
Control	2	10	10	9
Nacedero 15%	3	6	7	8
Nacedero 30%	4	5	8	7
Bore 15%	5	4	3	6
Bore 30%	6	7	4	3
Morera 15%	7	8	5	4
Morera 30%	8	3	6	5

5.3.1.7 Variables Analizadas

- Digestibilidad Aparente de la Materia Seca.
- Digestibilidad Aparente de la Proteína.
- Digestibilidad Aparente de la Energía.
- Digestibilidad Aparente de la FDN.
- Digestibilidad aparente de la FDA.

5.3.1.8 Análisis de laboratorio²

Los análisis de las muestras de materias primas, dietas experimentales y heces se realizaron en el laboratorio de Nutrición Animal de la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira, y comprendió en cada una de ellas los siguientes análisis.

² Leterme y Estrada (2001)

- **Materia seca:** Se utilizaron entre 3 y 5 g de muestra y se llevaron a la estufa a 105°C hasta que alcanzaron un peso constante (12-24 horas), se determino el peso antes y después de la desecación y se calculó el porcentaje de materia seca. Las muestras que lo necesitaron fueron liofilizadas con el fin de evitar alteraciones.
- **Cenizas:** El contenido de materiales minerales (o cenizas brutas) de las muestras, se determino calentándolas en una mufla a 550°C durante 6 horas.
- **Energía bruta:** Se determino por medio de una bomba calorimétrica (Parr 1341, Parr Instruments, Moline, MA, USA). Se quemó una muestra dentro de una cámara de acero inoxidable (bomba) con oxígeno a 30 atmósferas, rodeada de agua y se midió el aumento de la temperatura del agua.
- **Fibra Detergente Neutro (FDN):** La determinación se realizó por el método de Van Soest utilizando el equipo ANKOM. Se utilizaron bolsas de nylon, las cuales se colocaron en una solución detergente neutra, dentro de un analizador de fibras ANKOM. Se enjuagaron las bolsas con agua caliente y se desengrasaron con acetona.
- **Fibra Detergente Ácida (FDA):** Se realizó el mismo procedimiento de FDN pero utilizando una solución detergente ácida.
- **Proteína Bruta:** El nitrógeno fue medido mediante la metodología KJELDAHL utilizando el equipo Büchi. El N orgánico fue mineralizado por el ácido sulfúrico en presencia de un catalizador. El N amoniacal forma sulfato de amonio el cual es desplazado por la soda destilada; recogido y medido en una solución titulada con ácido sulfúrico. La concentración de nitrógeno se multiplico por 6.25 para estimar el contenido de proteína bruta.

5.3.1.9 Cálculos

- **Digestibilidad Aparente de los diferentes nutrientes³:** Se determinó por medio de la siguiente fórmula:

³ Leterme (2002)

$$\text{Digestibilidad aparente del nutriente} = \frac{(\text{Nutriente ing} - \text{Nutriente exc})}{\text{Nutriente ing}} * 100$$

Dónde:

Ing: Ingerido

Exc: Excretado

- **Digestibilidad del Forraje³**: Se determino por medio de la siguiente fórmula:

Digestibilidad del forraje =

$$\frac{\text{Digestibilidad mezcla} - (\text{Digestibilidad dieta control} * \% \text{ inclusión dieta control})}{\% \text{ Inclusión del forraje}}$$

5.3.1.10 Controles y registros

Consumo de alimento: se tomaron cada día los datos del alimento suministrado en base seca, se recolecto el alimento sobrante en la mañana y en la tarde 1 hora después de suministrado y se secó inmediatamente en una estufa a 105° centígrados, con el fin de obtener un dato exacto del alimento consumido.

Recolección de excretas: la recolección de las excretas se realizó todos los días a las 8 de la mañana buscando la recolección de la totalidad de estas, posteriormente se pesaron, se mezclaron con el objetivo de obtener una muestra lo mas uniforme posible, se recolectó el 3% de la mezcla y se congeló inmediatamente; para luego ser llevadas al laboratorio, liofilizadas y realizarles los análisis correspondientes de materia seca, proteína, energía, FDN y FDA.

5.3.1.11 Análisis estadístico

Los registros de las variables analizadas fueron sometidos a una ANDEVA de acuerdo al diseño experimental empleado (Steel y Torrie, 1980) incluido en el paquete de SAS.

El ANDEVA fue el siguiente:

Tabla 16. Todos contra todos.

FV	GL
TRATAMIENTOS	6
ERROR (R-1) TRATAMIENTOS	21
TOTAL	27

Donde hubo diferencias ($P < 0.05$) se utilizó el test de rangos múltiples de Duncan para la separación de medias (Steel y Torrie, 1980) incluido en el paquete SAS.

5.3.2 Digestibilidad aparente a través del tracto intestinal y Fisiología digestiva de la cerda

5.3.2.1 Animales

Se utilizaron 18 cerdas: 2 cerdas de prueba y 16 experimentales de 190 a 240 Kg de peso vivo en los diferentes tratamientos así:

- 4 cerdas con una dieta control
- 4 cerdas con bore con un porcentaje de inclusión del 30% del forraje.
- 4 cerdas con de nacedero con un porcentaje de inclusión del 30% del forraje.
- 4 cerdas con de morera con un porcentaje de inclusión del 30% del forraje.

5.3.2.2 Dietas experimentales

Se formularon 4 dietas, una dieta control a partir de maíz, torta de soya, cascarilla de arroz y premezcla de vitaminas y minerales con un contenido del 15.65% de proteína y 3 dietas experimentales repartidas de la siguiente forma: Se incorporo 30% de hoja de nacedero, morera y bore en las dietas, como se radicó en la Tabla 14 y se suministraron, 80 g/kg de Peso Metabólico ($w^{0.75}$) día.

5.3.2.3 Alojamiento

Durante el periodo experimental las cerdas fueron alojadas individualmente en jaulas metabólicas que facilitaron el suministro exacto del alimento.

5.3.2.4 Periodo experimental

Las cerdas fueron alimentadas durante 22 días, los cuales se consideraron como tiempo suficiente para obtener un periodo de acostumbramiento al material suministrado y para la observación de cambios en el tracto gastrointestinal; de los cuales, en los últimos 3 días se incluyeron 2 g de Oxido de cromo (Cr_2O_6). /kg de alimento en MS.

Digestibilidad aparente:

Para esta prueba se utilizó la Técnica de Sacrificio que consistió en recuperar las muestras a la hora del sacrificio del animal y se utilizó un marcador indigerible (oxido de cromo) para lograr estimar las digestibilidades por diferencias de concentración.

Para la determinación de la digestibilidad, fue necesario el conocimiento del porcentaje en oxido de cromo en el alimento ingerido y la determinación del porcentaje a nivel del compartimiento al cual se le halló la digestibilidad.

Se tomó una muestra del contenido de los diferentes compartimientos intestinales, a la cual se le analizó la concentración del cromo. Teniendo la concentración inicial y la final se pudo determinar la tasa de digestión del alimento. Se analizaron los contenidos en MS, Proteína, Energía, FDN y FDA para determinar sus digestibilidades.

El principio del método es el de medir la absorción de nutrientes por el aumento de la concentración de un marcador indigerible entre el alimento y el contenido intestinal.

Fisiología digestiva de la cerda:

Para el análisis de la fisiología digestiva de las cerdas, se analizaron los posibles cambios en la actividad enzimática en los diferentes compartimientos del intestino delgado, los posibles cambios morfológicos y del pH debidos al material con el cual se alimentó.

5.3.2.5 Diseño experimental

Se utilizó un diseño completamente al azar con 4 tratamientos (1 control y 3 experimentales con un 30% de inclusión de forraje de bore nacedero y morera) y 4 repeticiones para un total de 16 unidades experimentales (Tabla 17).

Tabla 17. Asignación de tratamientos a las cerdas para el sacrificio.

Tratamiento	No. Cerda	No. cerda	No cerda	No. cerda
Control	2	9	6	10
Nacedero30%	5	7	16	11
Bore 30%	12	14	1	13
Morera 30%	4	3	8	15

Elaborado por: Botero, 2003

5.3.2.6 Tratamientos

Los tratamientos fueron los siguientes:

Tratamiento 1: dieta control.

Tratamiento 2: 30% de inclusión de forraje de nacedero.

Tratamiento 3: 30% de inclusión de forraje de morera.

Tratamiento 4: 30% de inclusión de forraje de bore.

5.3.2.7 Variables analizadas

Se analizaron las siguientes variables:

- Digestibilidad aparente de la materia seca a nivel del duodeno, yeyuno, ileon, ciego y colon.
- Digestibilidad aparente de la proteína a nivel del duodeno, yeyuno, ileon, ciego y colon.
- Digestibilidad aparente de la energía a nivel del duodeno, yeyuno, ileon, ciego y colon.
- Digestibilidad aparente de la FDN a nivel del duodeno, yeyuno, ileon, ciego y colon.
- Digestibilidad aparente de la FDA a nivel del duodeno, yeyuno, ileon, ciego y colon.
- Contenido en proteínas solubles en la mucosa del duodeno, yeyuno e ileon.
- Actividad enzimática de la amino peptidasa N en la mucosa del duodeno, yeyuno e ileon.
- Actividad enzimática de la fosfatasa alcalina en la mucosa del duodeno, yeyuno e ileon.
- Actividad enzimática de la sacarasa en la mucosa del duodeno, yeyuno e ileon
- Relación mucosa / músculo en el duodeno, yeyuno e ileon.
- PH en el contenido del estomago, ciego y colon.
- Peso del estomago.
- Longitud y peso del intestino delgado.
- Longitud y peso del intestino grueso.

5.3.2.8 Análisis de Laboratorio⁴

Se realizaron los análisis de laboratorio antes descritos para materia seca, proteína, energía, fibra y cenizas y la determinación del óxido de cromo y de la actividad enzimática.

Análisis del Oxido de cromo: Para determinar la concentración del oxido de cromo, se utilizó la técnica propuesta por Furukawa y Tsukahara (1996). En la cual el óxido de cromo (Cr_2O_6) es convertido al correspondiente cromato por una digestión con ácido nítrico y perclórico.

Para cuantificar la concentración del cromo se lee la absorbancia en un espectrofotómetro a 350 nm de longitud de onda y se realiza una comparación con una curva estándar que se obtiene a partir de dicromato de potasio (foto 7).

Foto 6. Espectrofotómetro mostrando la curva de calibración utilizada para el análisis del cromo



⁴ Leterme y Estrada (2001)

Actividad enzimática: Las muestras del intestino delgado fueron homogenizadas (1.5 cm/1.2 ml) en suero fisiológico frío, usando un ultraturrax, posteriormente las muestras fueron fraccionadas en alícuotas de 100 μ l y congeladas a -40°C hasta su análisis.

Actividad enzimática de la amino peptidasa N: La actividad de la amino peptidasa fue determinada incubando los tejidos homogenizados a 37°C por 30 min en una solución tampón Tris 50mM con un pH de 7.3 (Sangild et al., 1995). El sustrato usado fue 1 mM L-alanina 4-nitroanilida (Sjöstrom et al., 1978). Después la reacción enzimática fue detenida añadiendo 0.2 mM de citrato de sodio pH 2.0, posteriormente las muestras fueron transferidas a placas microtiter (Microplate, Greiner Labortechnik, Germany). La absorbancia del p-nitroaniline liberado fue leído a 405 nm usando un lector de placas DYNEX MRX. p-Nitroanilina fue usada como estándar.

Actividad enzimática de la sacarasa: La actividad de la sacarasa fue estimada de acuerdo a Dahlquist (1964) incubando los tejidos homogenizados por 15 minutos a 37°C , pero con 90 mM, en 0.1M tampón maleato pH 6.0. La glucosa liberada será determinada usando el método de la glucosa oxidasa-peroxidasa optimizado para micro placas. La absorbancia del producto de la reacción en las muestras y los estándares de glucosa serán medidos a 490 nm.

Actividad enzimática de la fosfatasa alcalina: la actividad de la fosfatasa alcalina fue determinada utilizando una solución tampón Tris 50mM pH 9.4 (MgCl_2 1 mM) y 4-nitrophenyl fosfato (5.1 mM) que fue usado como el sustrato. Posteriormente fue incubada a 37°C por 8 min, la reacción fue detenida añadiendo NaOH 0.02 M y finalmente leída en el lector de micro placas a 405 nm.

Proteína soluble: La proteína soluble en la mucosa intestinal fue medida por el método de Lowry et al. (1951) por colorimetría, llevando a cabo una incubación a 37°C por 30 minutos y fue leída en el lector de micro placas a 595 nm.

5.3.2.9 Cálculos

Para realizar los cálculos de digestibilidad por medio de marcadores indigeribles, se tuvieron en cuenta las diferencias de concentración. Partiendo de una concentración en el alimento (2g /kg) y relacionándola con la concentración obtenida en el contenido intestinal.

En la Grafica 1, se representa en un ejemplo, el uso del marcador y el cálculo de la digestibilidad aparente, en la cual, la cantidad de marcador administrada en el alimento, debe ser encontrada en las heces, para así, determinar la cantidad de materia seca realmente excretada con referencia al alimento ingerido y poder calcular la digestibilidad. (Victoria, 2002)

Las formulas utilizadas para la determinación de las digestibilidades aparentes fueron las siguientes:

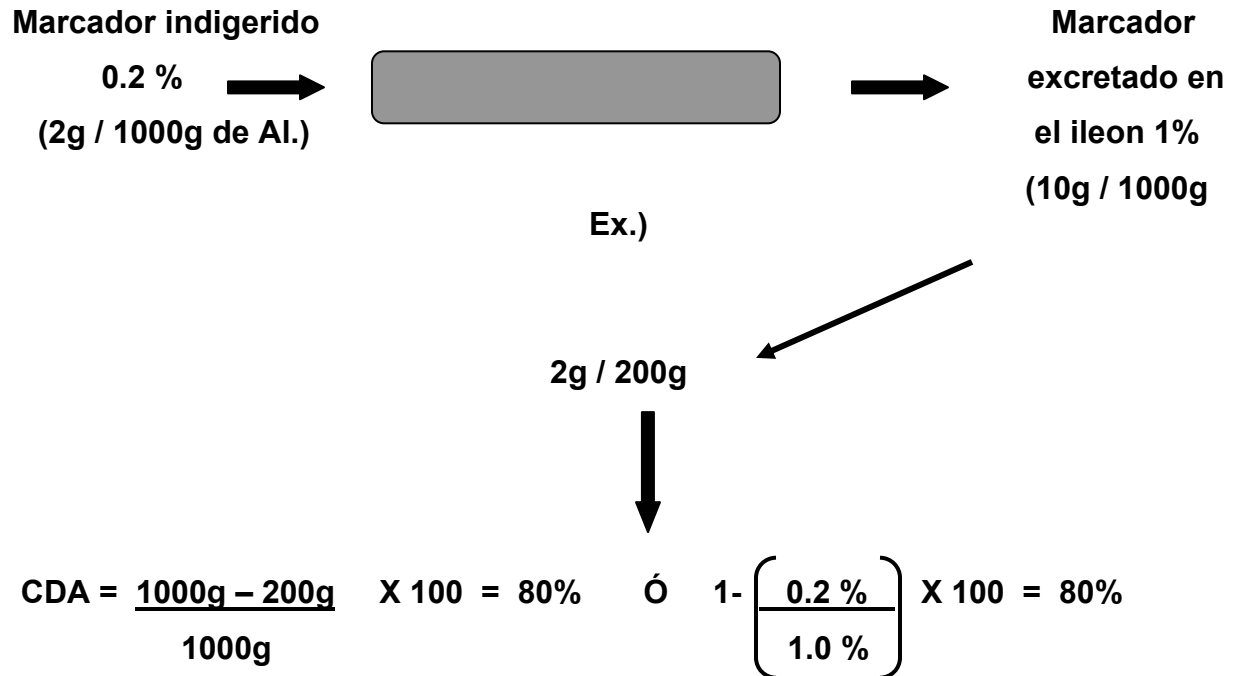
$$\text{CDA} = 1 - \frac{\% \text{ Óxido de cromo en el alimento}}{\% \text{ Óxido de cromo en el cont. Intestinal.}} \times 100$$

$$\text{CDA de Nutrientes} = \frac{\% \text{ óxido de cromo en el alimento} \times \% \text{ de nutriente en el c.intes}}{\% \text{ óxido de cromo en el c. intes} \times \% \text{ de nutriente en el alimento}} \times 100$$

CDA = Coeficiente de digestibilidad aparente.

C. intes= Contenido intestinal.

Grafica 1. Flujo de materia seca por el tracto digestivo y utilización del marcador para calcular el coeficiente de digestibilidad aparente.



5.3.2.10 Controles y registros

Para llevar a cabo el experimento mediante la técnica del sacrificio se llevo a cabo el siguiente protocolo:

- 22 días de acostumbramiento a la dieta. Suministrando 80 g/kg de Peso Metabólico ($w^{0.75}$) día.
- Mezclar el alimento, a razón de 2g de cromo por kg de alimento seco y suministrar los últimos 3 días.
- Alimentar a las 8 AM y a las 10 PM. (proporcionando primero el alimento mezclado con el cromo y cerciorándose de que sea consumido en su totalidad).
- Pesar y marcar los tarros para la recolección de las muestras; guardarlos en el congelador.

- Pesar la cerda.
- Sacrificar la cerda (8 AM) mediante electricidad buscando el menor sufrimiento y la rapidez en el sacrificio.
- Abrir la cerda rápidamente con el fin de evitar la descamación de células epiteliales y la producción de gases.
- Recuperar, pesar y estirar rápidamente el tracto gastrointestinal.
- Recuperar el contenido del ileon, duodeno y yeyuno de por lo menos 100 centímetros y refrigerar rápidamente.
- Tomar un pedazo de la pared intestinal del duodeno, yeyuno e ileon de por lo menos 10 cm., abrirla, lavarla con agua destilada fría, rasparla, tomar una muestra de la mucosa y refrigerarla.
- Estirar el intestino delgado, tomar su longitud y consecutivamente pesarlo (el contenido recuperado para las muestras será pesado y se le agregará al peso posteriormente).
- Lavar, vaciar y pesar el intestino delgado.
- Obtener la relación mucosa -músculo en duodeno, yeyuno e ileon. Tomando una muestra de aproximadamente 10 cm, pesándola y raspándola subsiguientemente hasta eliminar la mucosa en su totalidad y tomando su peso nuevamente.
- Pesar el estomago lleno.
- Recuperar una muestra del contenido estomacal y refrigerarla.
- Medir el pH del contenido estomacal.
- Pesar el estomago vacío.
- Pesar el ciego lleno.
- Medir el pH del contenido del ciego.
- Pesar el ciego vacío.
- Pesar el colon lleno.
- Medir el pH del contenido del colon.
- Pesar el colon vacío.
- Tomar el peso de los residuos.

5.3.2.11 Análisis estadístico

Los registros de las variables analizadas fueron sometidos a una ANDEVA de acuerdo al diseño experimental empleado (Steel y Torrie, 1980) incluido en el paquete de SAS.

El ANDEVA fue el siguiente:

Tabla 18. ANDEVA.

FV	GL
TRATAMIENTOS	3
ERROR (R-1) TRATAMIENTOS	12
TOTAL	15

Donde hubo diferencias ($P < 0.05$) se utilizó el test de rangos múltiples de Duncan para la separación de medias (Steel y Torrie, 1980) incluido en el paquete SAS.

Para el análisis estadístico se tuvieron en cuenta probabilidades de $\alpha < 0.05$ y se marco con tres asteriscos (***) a las probabilidades < 0.01 y con dos asteriscos (**) a las probabilidades entre 0.05 y 0.01. Los datos que mostraron diferencias no significativas se marcaron con NS y a los que presentaron diferencia significativa se les aplicó una prueba de Duncan y se marcaron las diferencias entre los promedios por medio de letras, en las Tablas se marco como S el cuadro que marca la significancia y con CV el cuadro que contiene los coeficientes de variación.

6. RESULTADOS

6.1 Análisis bromatológico

Como se observa en la Tabla 19 estos forrajes proporcionan un gran aporte en nutrientes, en este caso el valor mas importante en resaltar es el del contenido en proteínas, observando valores de 20.1% para el nacedero, 20.9% para el bore y 19.7% para la morera; así mismo es importante destacar su contenido en cenizas totales; mostrando un gran aporte en minerales, factor nutricional de gran importancia en la alimentación de cerdas reproductoras.

Al observar los niveles en fibra presentes en los forrajes encontramos al bore con los mayores contenidos en FDN, FDA y lignina, con 46.81, 20.56 y 6.85% respectivamente. Para la morera y el nacedero se observa en la FDN y la FDA a la morera con los mayores porcentajes con 42.39 y 17.38 y al nacedero con 40.2 y 16.31 respectivamente. En la celulosa y la hemicelulosa apreciamos que el bore contiene los mayores valores, seguido por la morera y por ultimo el nacedero. En la lignina se observa que el nacedero contiene un porcentaje un poco mayor que la morera con 5.27 frente a 5.16.

Tabla 19. Análisis bromatológico de la hoja de nacedero, bore y morera; tomados en base seca.

	NACEDERO	BORE	MORERA
MATERIA SECA %	93,13	92,94	93,37
PROTEINA %	20,09	20,87	19,65
ENERGIA kcal/ kg	3389,4	4197,4	4139,32
FDN %	40,2	46,81	42,39
FDA %	16,31	20,56	17,38
HEMICELULOSA %	23,89	26,25	25,01
CELULOSA %	11,04	13,71	12,22
LIGNINA %	5,27	6,85	5,16
CENIZAS %	16.3	9.8	12.8

En la Tabla 20 se observa el análisis bromatológico de los alimentos suministrados a las cerdas; es importante anotar que al suplementar con forrajes con altos contenidos en proteína, los niveles de esta proporcionados al animal serán mayores; así como también lógicamente serán mayores los niveles de fibra.

TABLA 20. Análisis bromatológico en materia seca de los alimentos suministrados a las cerdas.

% de inclusión	CONTROL	NAC 15	NAC 30	MORERA 15	MORERA 30	BORE 15	BORE 30
PROTEINA %	15.65	16.32	16.98	16.25	16.85	16.44	17.22
ENERGIA kcal/kg	4147.6	4033.8	3920.1	4146.3	4145.1	4155.0	4162.5
FDN %	17,08	20,54	24,01	20,87	24,67	21,54	26
FDA %	6,11	7,64	9,17	7,8	9,49	8,28	10,45
HEMICELULOSA %	10,97	12,9	14,84	13,07	15,18	13,26	15,55
CELULOSA %	4,56	5,53	6,51	5,71	6,86	5,94	7,31
LIGNINA %	1,55	2,11	2,66	2,09	2,63	2,34	3,14

NAC: Nacedero

6.2 Digestibilidad fecal aparente

6.2.1. Digestibilidad fecal aparente de la mezcla

En la Tabla 21 podemos observar los porcentajes de digestibilidad fecal aparente de la materia seca, proteína, energía, FDN y FDA de las mezclas de los forrajes con el alimento control.

Tabla 21. Porcentajes de digestibilidad fecal aparente de la mezcla.

%	CONTROL	NACEDERO 15	BORE 15	MORERA 15	NACEDERO 30	BORE 30	MORERA 30	S	C.V.
MATERIA SECA	83,7 ^A	77,9 ^C	81,7 ^{AB}	80,3 ^{BC}	73,0 ^D	78,7 ^{BC}	77,3 ^C	***	2.54
PROTEINA	88,3 ^A	77,4 ^C	82,9 ^B	81,4 ^{CB}	71,2 ^D	79,9 ^{CB}	78,5 ^C	***	3.30
ENERGIA	86,1 ^A	80,4 ^{DC}	83,4 ^{AB}	82,9 ^{BC}	75,1 ^E	79,5 ^D	79,2 ^D	***	2.28
FDN	57,8 ^{BC}	59,3 ^{BC}	65,6 ^{AB}	62,8 ^{ABC}	55,6 ^C	68,0 ^A	65,2 ^{BA}	**	7.85
FDA	37,2 ^{DC}	41,4 ^{DC}	51,3 ^{AB}	47,4 ^{ABC}	34,3 ^D	55,5 ^A	53,7 ^{BA}	***	17.78
ENERGIA DIGESTIBLE (KCAL / Kg)	3570 ^A	3244 ^C	3466 ^{AB}	3436 ^B	2945 ^D	3310 ^C	3282 ^C	***	2.26

S: significancia. CV: coeficiente de variación. NS: no significativo. ***: Probabilidades < 0.01.

** : Probabilidades entre 0.05 y 0.01. Las letras marcan las diferencias significativas.

Para el análisis de la Tabla 21 la discusión se enfocará desde tres puntos de vista diferentes; en primer lugar se hará un análisis entre los forrajes con la misma tasa de incorporación, posteriormente un análisis de todos los forrajes y finalmente los forrajes en comparación con la dieta control.

Si se comparan los forrajes con sus correspondientes tasas de incorporación (15 y 30 %) se observa que el bore tiene un mayor valor nutricional, ya que comparado con los otros forrajes obtuvo un mejor porcentaje en todas las variables analizadas y aunque en algunos casos no tuvo una diferencia significativa con los demás, siempre

obtuvo los valores mas altos; llegando a alcanzar digestibilidades del 82% para MS, 83% para proteína, 83% para energía, 68% para fibra detergente neutra y 55% para fibra detergente ácida, seguido por la morera y el nacedero en ultimo lugar con los valores mas bajos.

La energía digestible muestra al bore 15 con los mayores valores sin mostrar diferencia significativa frente a la dieta control y se observan diferencias significativas en todos los casos al pasar de un porcentaje de incorporación del 15 al 30%.

Al observar el análisis bromatológico se observa que el bore es aquel que presenta mayores niveles de fibras tanto de FDN, FDA como de Lignina, lo que comprueba lo presentado por muchos autores citados anteriormente en relación a la mayor importancia de las propiedades físico-químicas de la fibra, que a la cantidad de esta. Además se puede sostener dicha apreciación al observar las digestibilidades de las fibras, donde se aprecian diferencias marcadas y significativas en la mayoría de los casos entre el bore y el nacedero e incluso entre el nacedero con la morera y en mayor proporción al aumentar el nivel de incorporación de 15 a 30%.

El calificativo de digestibilidad de la fibra se otorga únicamente a titulo indicativo, dado que la fibra por definición es indigerible; lo correcto seria hablar de tasa de fermentación.

Situación parecida se observa para el resto de nutrientes en el nacedero, donde observamos una diferencia marcada cuando aumentamos la tasa de incorporación de 15 a 30%, llevando todas sus digestibilidades a valores mas bajos con diferencias significativas para todas las variables con respecto a los demás forrajes; Lo que nos podría estar indicando gran impacto de la fibra de este forraje sobre la digestibilidad; contrario a lo que ocurre con los otros 2 forrajes en los cuales no encontramos diferencias significativas al pasar de un nivel al otro exceptuando en la energía.

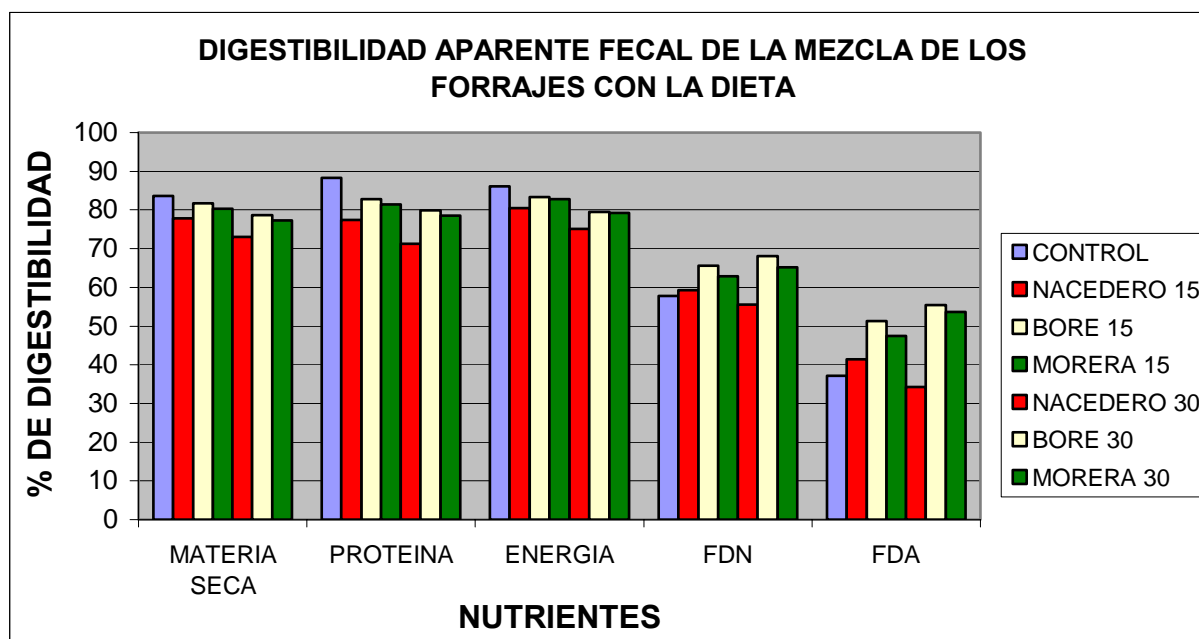
Por lo anterior se puede afirmar que en el manejo de cerdas adultas alimentadas con bore o morera desde el punto de vista estadístico, no existiría diferencia significativa al incorporar 15 o 30% del forraje en la dieta, exceptuando en el caso de la energía.

Al comparar todos los tratamientos con la dieta control podríamos considerar al bore como una gran alternativa, al observar en varios casos las diferencias no significativas en comparación a este.

Observando las digestibilidades de la fibra se encuentran unos menores valores para la dieta control, exceptuando en el nacedero 30%; dichos resultados pueden ser atribuidos a las propiedades físico-químicas de la cascarilla de arroz que es el complemento fibroso de la dieta control.

En la grafica 2 se observan más claramente las tendencias analizadas anteriormente.

Grafica 2. Digestibilidad fecal aparente de los nutrientes.



6.2.2. Digestibilidad fecal aparente de los forrajes

En la tabla 22 se observa la digestibilidad fecal aparente de los forrajes luego de realizar un despeje de las digestibilidades por medio de la formula antes descrita.

Tabla 22. Porcentajes de digestibilidad fecal aparente de los forrajes.

	NACEDERO 15	BORE 15	MORERA 15	NACEDERO 30	BORE 30	MORERA 30	S	C.V.
MATERIA SECA	48.0 ^C	73,2 ^A	63,7 ^{BA}	49,2 ^{BC}	68,1 ^A	63,5 ^{BA}	***	15.36
PROTEINA	27.4 ^C	52,6 ^{AB}	42,7 ^{BC}	31,7 ^C	60,6 ^A	56,0 ^{AB}	***	23.22
ENERGIA	54,5	71,1	63,8	53,2	67,6	67,1	NS	16.54
ENERGIA DIGESTIBLE (KCAL / Kg MS)	1396 ^B	2877 ^A	2675 ^A	1486 ^B	2704 ^A	2611 ^A	***	16.14

S: significancia. CV: coeficiente de variación. NS: no significativo. ***: Probabilidades < 0.01.

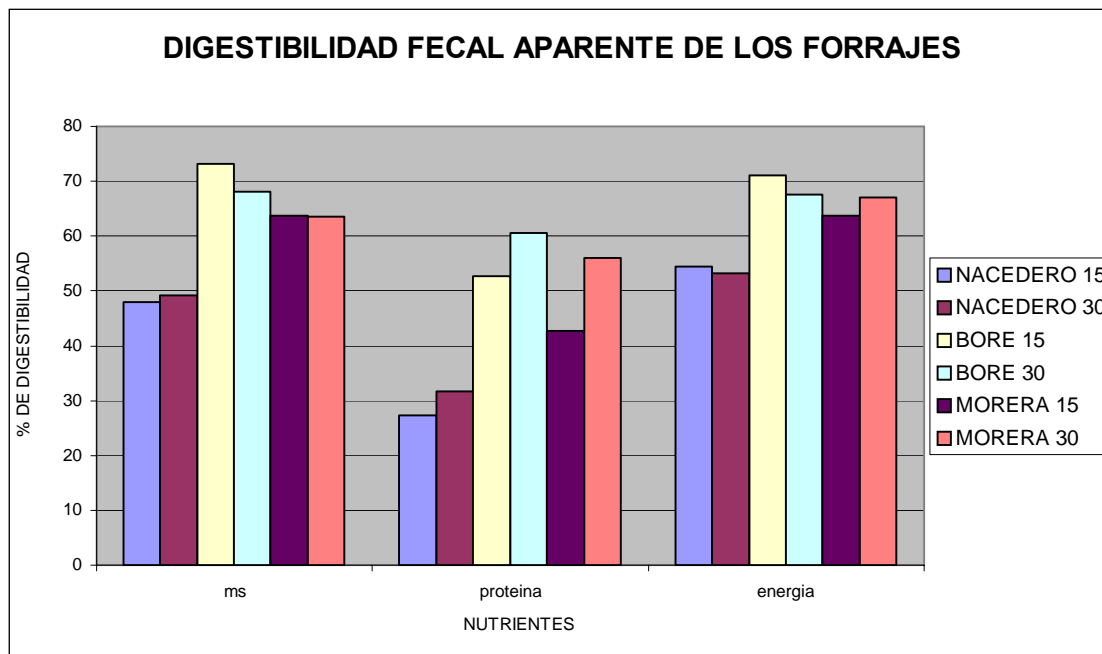
** : Probabilidades entre 0.05 y 0.01. Las letras marcan las diferencias significativas.

Al observar los porcentajes de digestibilidad fecal aparente para los forrajes se observa la misma tendencia anterior, donde el bore sigue obteniendo los promedios más altos, pero sin mostrar diferencias significativas con relación a la morera. El nacedero continúa presentando los porcentajes más bajos, no obstante exhibe un cambio en la tendencia al cambiar de porcentajes de incorporación (15 y 30%), mostrando en este caso diferencias no significativas.

La energía digestible no muestra diferencias significativas entre el bore y la morera pero si con el nacedero quien mostró valores muy bajos; en ningún caso se observaron diferencias al pasar de un 15 a un 30% de incorporación.

En la grafica 3 se consigue apreciar claramente las tendencias antes mencionadas.

Grafica 3. Digestibilidad fecal aparente de los forrajes.



6.3 Digestibilidad aparente a través del tracto intestinal

Las recolección de las muestras a nivel de yeyuno y colon se hicieron en la parte intermedia, dato que vale la pena tomar en cuenta debido a sus longitudes.

Para el yeyuno se encontraron longitudes hasta de 17-18 metros y para el colon promedios de hasta 6.7 metros.

6.3.1 Digestibilidad aparente de la materia seca a través del TI

En la Tabla 23 se consigue examinar el proceso de digestibilidad para la MS a través del tracto intestinal, donde se pueden considerar ciertos comportamientos en la digestibilidad de los materiales analizados.

Tabla 23. Promedios de digestibilidad aparente de la materia seca durante el paso del alimento por el tracto intestinal

	CONTROL	NACEDERO 30%	MORERA 30%	BORE 30%	S	C.V.
DUODENO	27,4	24,6	24,0	27,7	NS	63.56
YEYUNO	61,5	51,9	53,6	51,4	NS	19.20
ILEON	73,9 ^A	58,3 ^C	64,2 ^{BC}	68,4 ^{BA}	**	8.33
CIEGO	77,1	67,1	69,3	71,4	NS	6.56
COLON	81,9 ^A	72,4 ^B	77,3 ^{BA}	76,9 ^{BA}	**	4.65

S: significancia. CV: coeficiente de variación. NS: no significativo. ***: Probabilidades < 0.01.

** : Probabilidades entre 0.05 y 0.01. Las letras marcan las diferencias significativas.

Al observar la Tabla 23 y analizar el comportamiento de la digestibilidad se aprecia la paridad de estas en los dos primeros compartimientos del intestino delgado (duodeno-yeyuno), aunque en el centro del yeyuno se comienza a percibir una superioridad por parte del control; no obstante no se encuentran diferencia significativa solo hasta llegar al ileon. Es importante destacar que desde el punto de vista productivo y nutricional la digestibilidad ileal se convierte en el dato más significativo, dado que hasta allí se efectúa la absorción de casi la totalidad de los nutrientes y de la totalidad de la proteína.

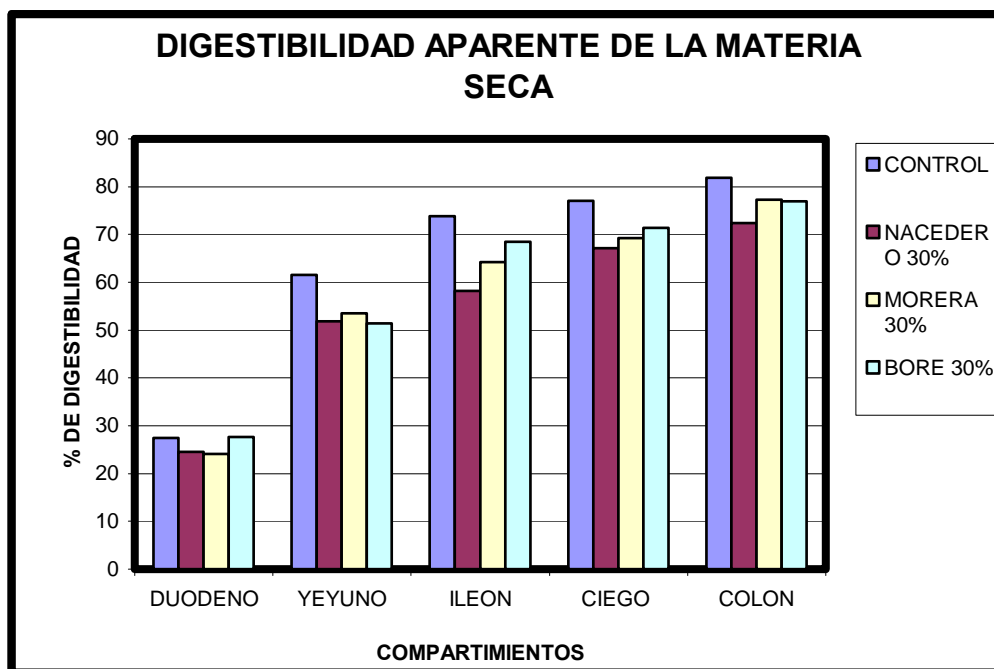
A nivel de ciego y colon lo que se observa es la fermentación o degradación microbiana de los nutrientes que han sobrepasado el ileon, dicha fermentación es dependiente principalmente de la fuente de fibra y de la presencia de nitrógeno, minerales y vitaminas que son esenciales para la total nutrición de la población microbiana que allí reside (Varel, 1997).

Las digestibilidades ileales muestran la misma tendencia observada en el primer experimento, donde se perfila el bore como el mejor de los forrajes y se encuentra entre el control y la morera sin mostrar diferencias significativas con ninguno, pero si

entre el control y la morera. El nacedero se muestra como el forraje que presenta la menor digestibilidad.

En la grafica 4 se logran observar mas claramente las tendencias de la digestibilidad, mostrando una digestibilidad duodenal muy uniforme y perfilando la dieta control en un nivel superior a partir del yeyuno. Los forrajes muestran semejanza hasta el yeyuno y exhiben una diferencia significativa a nivel ileal, donde se muestra al bore como el mejor forraje seguido por la morera aunque sin mostrar diferencia significativa y finalizando con el nacedero; lo que estaría indicando que la diferencia se está marcando en la segunda mitad del yeyuno, teniendo en cuenta que la muestra se tomo en el centro de este y que este en cerdas adultas puede llegar a medir hasta 17 metros.

Grafica 4. Promedios de digestibilidad aparente de la materia seca a través del tracto intestinal.



6.3.2 Digestibilidad aparente de la proteína a través del TI

En la Tabla 24 se aprecia la digestibilidad de la proteína a través del tracto intestinal, donde se observan diferencias interesantes para analizar.

Tabla 24. Porcentajes de digestibilidad aparente de la proteína durante el paso por el tracto intestinal.

	CONTROL	NACEDERO 30%	MORERA 30%	BORE 30%	SIG.	C.V.
DUODENO	1,8	16,6	-0,6	8,6	NS	
YEYUNO	70,7 ^A	49,1 ^B	49,9 ^B	43,5 ^B	**	21.59
ILEON	80,3 ^A	53,6 ^B	69,6 ^A	73,6 ^A	***	12.33
CIEGO	83,4 ^A	71,0 ^C	73,1 ^{BC}	79,3 ^{AB}	***	5.30
COLON	82,3 ^A	70,3 ^B	76,9 ^A	77,8 ^A	***	4.52

S: significancia. CV: coeficiente de variación. NS: no significativo. ***: Probabilidades < 0.01.

** : Probabilidades entre 0.05 y 0.01. Las letras marcan las diferencias significativas.

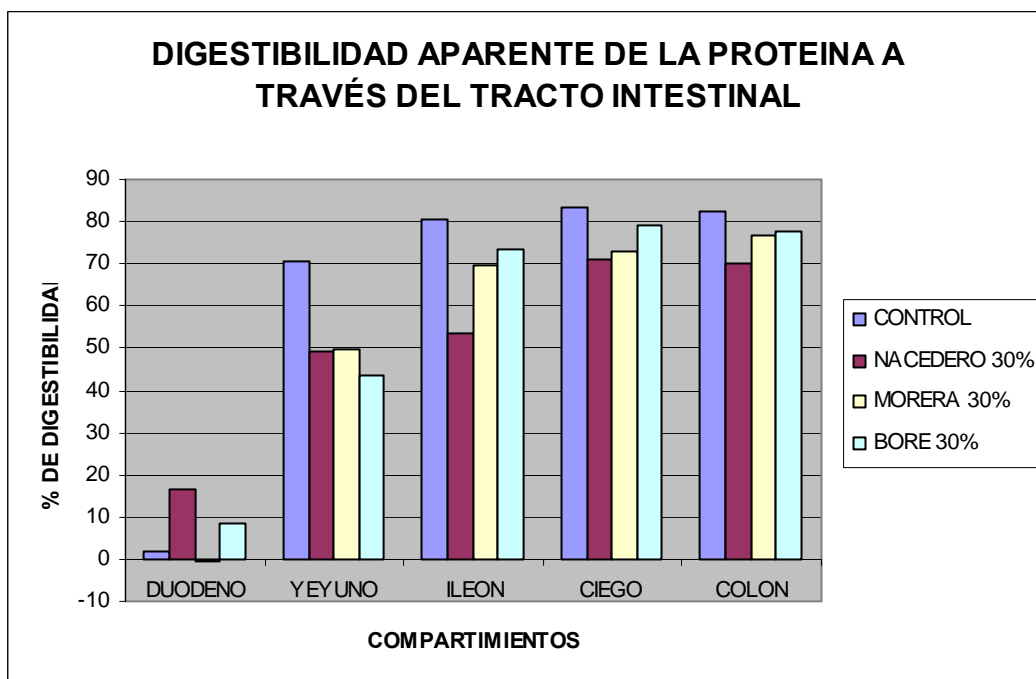
La tabla anterior nos muestra que a nivel del duodeno no se encontraron diferencias significativas y en cambio como se muestra en el anexo 14 se encuentran una variedad de datos negativos o tendientes a cero; lo que se podría explicar por la presencia de secreciones endógenas a nivel duodenal que aumentan los niveles de proteína; a nivel del yeyuno se observa una diferencia significativa para el control frente a los forrajes, lo que estaría indicando una absorción más rápida de la proteína en la dieta control; a nivel ileal esta diferencia se reduce considerablemente mostrando diferencias no significativas entre el control, el bore y la morera, dejando al nacedero con las digestibilidades más bajas.

Al observar la grafica 5 se aprecia la predisposición en la digestibilidad de la proteína, mostrando una proteína en la dieta control muy rápidamente digerible en la primera mitad del intestino delgado y una proteína en el bore y la morera con una digestión más lenta, pero que llega a unos buenos niveles, lo que muestra un

desarrollo de la digestibilidad en estos forrajes parecido al de la MS, que presenta gran influencia por la segunda mitad del intestino delgado. El nacedero muestra un estancamiento en la digestión de la proteína a nivel del centro del yeyuno.

Al comparar los forrajes se observa al bore como el material que presenta los mejores promedios, pero sin mostrar diferencias significativas con la morera; el nacedero sigue mostrando los mas bajos promedios de digestibilidad.

Grafica 5. Porcentajes de digestibilidad aparente de la proteína a través del tracto intestinal.



6.3.3 Digestibilidad de la energía a través del TI

En la Tabla 25 se aprecia la digestibilidad de la energía a través del tracto intestinal.

Tabla 25. Digestibilidad aparente de la energía durante el paso por el tracto intestinal.

	CONTROL	NACEDERO 30%	MORERA 30%	BORE 30%	S	C.V.
DUODENO	29,3	21,2	18,5	16,2	NS	83.34
YEYUNO	59,2	50,3	49,5	44,4	NS	18.87
ILEON	76,0 ^A	60,6 ^C	66,7 ^{BC}	70,7 ^{AB}	***	7.68
CIEGO	80,5 ^A	69,6 ^B	72,1 ^B	72,5 ^B	**	6.35
COLON	83,4 ^A	72,0 ^B	78,1 ^{BA}	76,7 ^B	***	4.93

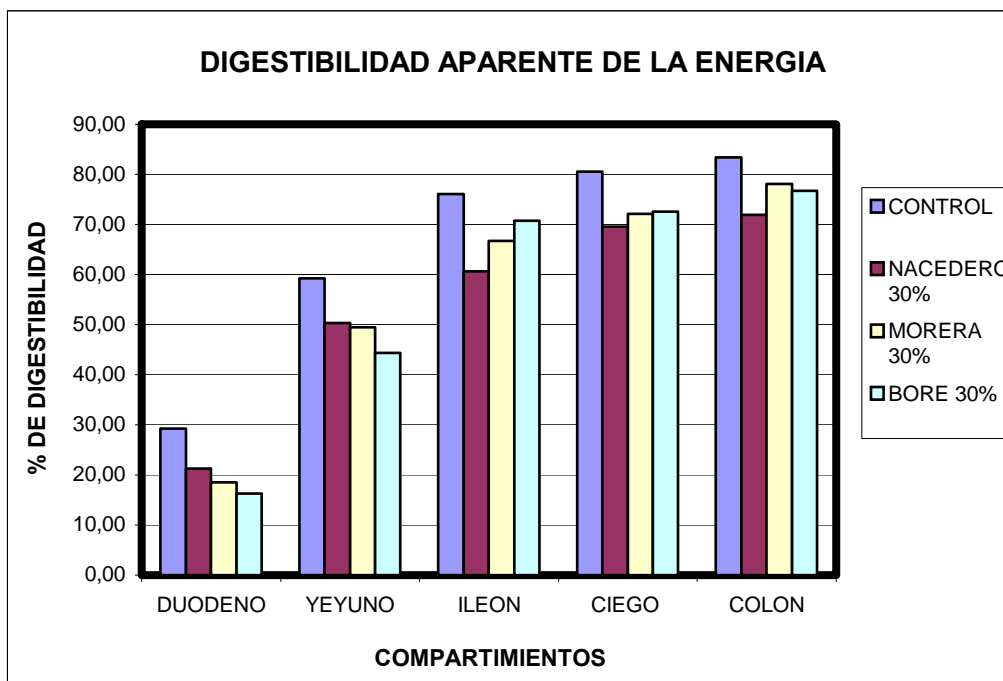
S: significancia. CV: coeficiente de variación. NS: no significativo. ***: Probabilidades < 0.01.

** : Probabilidades entre 0.05 y 0.01. Las letras marcan las diferencias significativas.

Del análisis de la digestibilidad por el tracto intestinal se podría anotar:

Existe una digestibilidad muy pareja para la energía en duodeno y yeyuno, sin mostrar diferencias significativas, sin embargo, exento de estar marcado estadísticamente se observa una digestibilidad mas rápida para el control y una mas lenta para el bore, mostrando unas digestibilidades ya con diferencias a nivel ileal, manifestando nuevamente las tendencias anteriormente observadas, donde no se encuentran diferencias significativas entre el control y el bore ni entre el bore y la morera, pero si entre la morera y el control, el nacedero se continua mostrando con los menores niveles de digestibilidad aunque sin mostrar diferencias estadísticas con la morera.

Grafica 6. Digestibilidad aparente de la energía durante el paso del alimento por el tracto intestinal.



Como se logra apreciar en la grafica 6 y en la Tabla anterior el control sigue obteniendo una digestión mas rápida y el bore una mas lenta muy influenciada por la segunda mitad del intestino delgado.

La dieta con bore entre el yeyuno y el ileon muestra un aumento prolongado en la digestibilidad que pasa de 44 a 71% pasando del mas bajo a el mejor de los forrajes.

A nivel cecal se observa un emparejamiento en los niveles de digestibilidad para los forrajes, lo que estaría indicando un mayor aporte de energía para el nacedero seguido por la morera y el bore proporcionado por la fermentación de la fibra principalmente; en el colon se observa una mayor fermentación por parte de la morera

6.3.4 Digestibilidad de la fibra detergente neutra (FDN) a través del TI

Es importante recordar nuevamente que el indicativo de digestibilidad para las fibras se da solamente a título indicativo pues por definición las fibras son indigeribles, lo correcto sería hablar de tasa de fermentación.

La digestibilidad ileal de las fibras, se puede explicar por:

- Las secreciones estomacales pueden solubilizar parte de la hemicelulosa.
- Parte de las fibras son solubilizadas en el contenido intestinal y pueden ser fermentadas por bacterias presentes en el intestino delgado.
- Los procesos digestivos modifican la forma de presentación de las fibras, liberan parte de la fracción soluble y las fibras se cargan de secreciones, bacterias, moco, etc, lo que hace que su análisis sea complicado.

En la Tabla 26 se evalúa el porcentaje en la digestibilidad de la FDN a través del paso del alimento por el tracto intestinal.

Tabla 26. Porcentaje de digestibilidad aparente de la FDN durante el paso por el tracto intestinal.

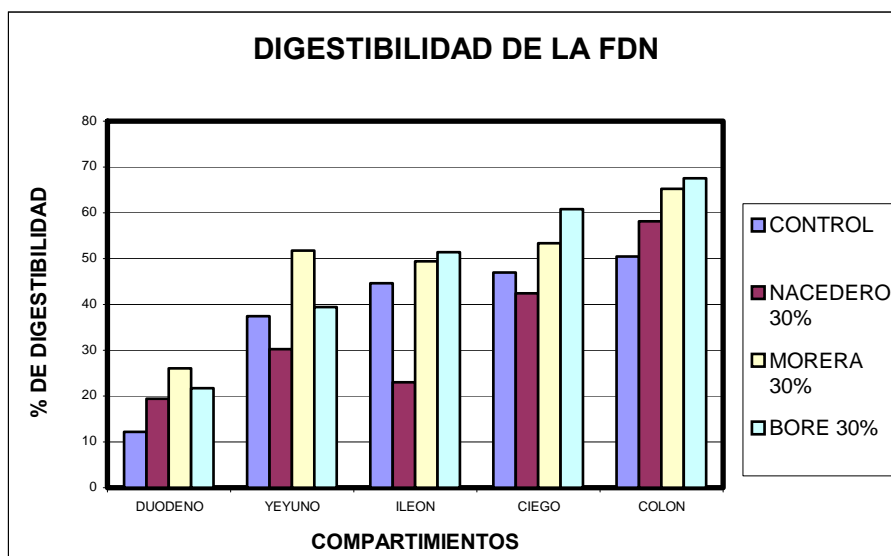
	CONTROL	NACEDERO 30%	MORERA 30%	BORE 30%	S	C.V.
DUODENO	12,2	19,4	26,0	21,7	NS	77.93
YEYUNO	37,4	30,2	51,8	39,4	NS	33.57
ILEON	44,6 ^A	23,0 ^B	49,4 ^A	51,4 ^A	**	31.19
CIEGO	46,9	42,4	53,4	60,8	NS	23.28
COLON	50,4	58,1	65,3	67,5	NS	14.15

S: significancia. CV: coeficiente de variación. NS: no significativo. ***: Probabilidades < 0.01.

** : Probabilidades entre 0.05 y 0.01. Las letras marcan las diferencias significativas.

Como se aprecia en la tabla anterior, en cuanto a la digestibilidad de la FDN solo se encontraron diferencias significativas a nivel ileal. Donde el bore presento la mayor tasa de fermentación seguido por la morera el control y el nacedero, aunque solo se encontró diferencia significativa con el nacedero; lo que nos ratifica una vez más lo analizado anteriormente a cerca de la presencia en la fibra del nacedero de los enlaces mas resistentes a la acción microbiana.

Grafica 7. Porcentaje de digestibilidad aparente de la FDN durante el paso por el tracto intestinal.



Al observar las tendencias en la digestibilidad de la FDN en la grafica 7 se concluye:

El control muestra un ascenso más o menos parejo hacia el ileon, un poco mas acentuado hacia el yeyuno y muestra un reducido aumento hacia ciego y colon, lo que muestra una baja fermentación debido a su menor contenido en fibras.

El nacedero expone una depresión entre el yeyuno e ileon la cual es inexplicable biológicamente; por lo tanto es debida seguramente a un error experimental, posiblemente una muestra poco representativa del contenido normal del ileon, además es difícil analizar las fibras en los contenidos intestinales, pues parte del contenido se puede solubilizar en la solución detergente. Del ileon se muestra un

acrecentamiento hacia el intestino grueso, lo que pauta una alta tasa de fermentación de la FDN a este nivel.

La morera exhibe un aumento en la tasa de fermentación altamente representativa entre el duodeno y el yeyuno, mostrando posteriormente un estancamiento hasta el ciego y un incremento hacia el colon manifestando allí una alta fermentación.

Por ultimo el bore presenta unas tasas de digestibilidad que ostentan una fermentación mas o menos escalar, presentando las mas altas digestibilidades en ileon, ciego y colon, lo que podría estar determinando sus mayores desempeños frente a los otros forrajes en las digestibilidades para los nutrientes antes expuestos.

6.3.5 Digestibilidad de la fibra detergente ácida (FDA) a través del TI

En la Tabla 27 se observan los porcentajes de digestibilidad o mejor de fermentación para la FDA a través del paso del alimento por el tracto intestinal.

Tabla 27. Porcentajes de digestibilidad aparente de la FDA durante el paso del alimento por el tracto intestinal

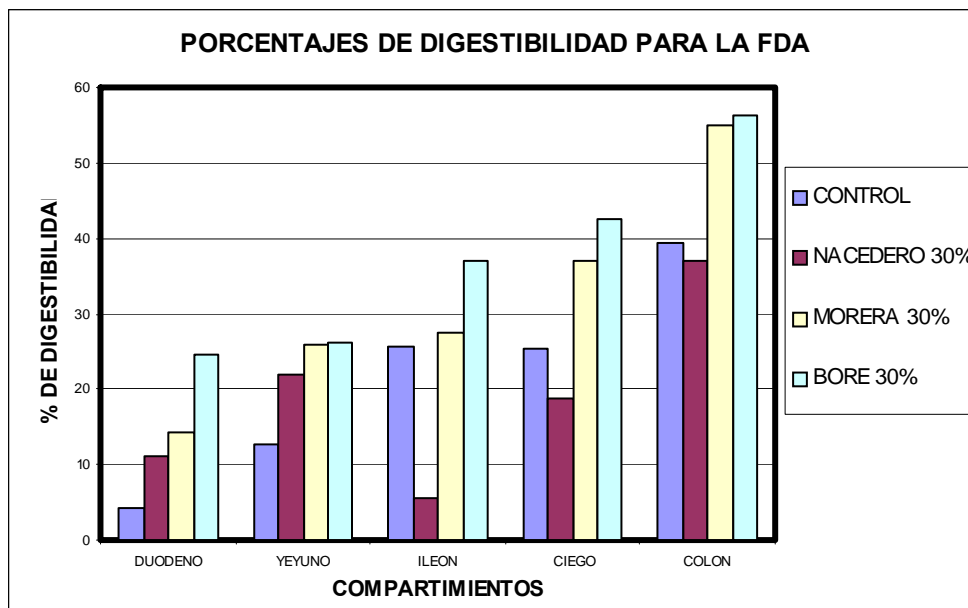
	CONTROL	NACEDERO 30%	MORERA 30%	BORE 30%	S	C.V.
DUODENO	4,3	11,0	14,3	24,5	NS	137.70
YEYUNO	12,8	22,0	26,0	26,2	NS	72.32
ILEON	25,7	5,7	27,5	37,1	NS	68.07
CIEGO	25,4 ^{AB}	18,8 ^B	37,1 ^A	42,6 ^A	**	35.60
COLON	39,5 ^B	37,0 ^B	54,9 ^A	56,3 ^A	**	18.96

S: significancia. CV: coeficiente de variación. NS: no significativo. ***: Probabilidades < 0.01.

** : Probabilidades entre 0.05 y 0.01. Las letras marcan las diferencias significativas.

Al observar la Tabla anterior se logra apreciar la ausencia de diferencias significativas para los compartimientos del intestino delgado y la presencia en el intestino grueso, donde se muestran el bore y la morera con los rangos de digestibilidad mas altos, mostrando una fibra mas fácilmente fermentable.

Grafica 8. Porcentajes de digestibilidad aparente para la FDA a través del paso del alimento por el tracto intestinal.



Observando la Grafica 8 se concluye:

La dieta control con niveles más bajos en fibra, muestra una digestibilidad ileal similar a la del bore y la morera, posteriormente un estancamiento a nivel cecal, lo que indicaría una baja tasa de fermentación y una fermentación un poco mas acentuada en el colon.

El nacadero muestra porcentajes de fermentación bajos exceptuando a nivel del colon; aunque nuevamente muestra un error posiblemente experimental,

Para la morera ocurre algo similar a lo observado en la FDN, donde se muestra un incremento en el porcentaje de digestibilidad entre el duodeno y el yeyuno y un

estancamiento hasta el ileon, donde asciende hacia el ciego y colon, mostrando una alta tasa de fermentación.

El bore muestra rápidamente a nivel de duodeno valores más altos de digestibilidad, seguido por un estancamiento hacia el yeyuno y un ascenso hacia el ileon, expresando los promedios de digestibilidad más altos a este nivel, lo que pauta una mayor tasa de fermentación ileal, posteriormente expone un leve ascenso hacia el ciego y uno mas acentuado hacia el colon mostrando una mayor fermentación en el colon frente al ciego.

En cerdos puede producirse una mayor digestibilidad de la hemicelulosa que de celulosa por su solubilidad parcial en ácidos estomacales; la celulosa en cambio no se afecta por ácidos débiles (Bailey, 1973; Van Soest, 1994, citados por Xuan Dung et al, 2002).

Dicha apreciación es una de las causas por las cuales la FDN presenta una mayor digestibilidad que la FDA.

6.3.6 Resumen de digestibilidades ileales

En la tabla 28 se observan los porcentajes de digestibilidad ileal aparente para la dieta control y los 3 forrajes estudiados con un porcentaje de inclusión del 30%.

Tabla 28. Porcentajes de digestibilidades ileales aparentes

	CONTROL	NACEDERO 30%	MORERA 30%	BORE 30%	S	C.V.
MATERIA SECA	73,9 ^A	58,3 ^C	64,2 ^{BC}	68,4 ^{BA}	**	8.33
PROTEINA	80,3 ^A	53,6 ^B	69,6 ^A	73,6 ^A	***	12.33
ENERGIA	76,0 ^A	60,6 ^C	66,7 ^{BC}	70,7 ^{AB}	***	7.68
FDN	44,6 ^A	23,0 ^B	49,4 ^A	51,4 ^A	**	31.19
FDA	25,7	5,7	27,5	37,1	NS	68.07

S: significancia. CV: coeficiente de variación. NS: no significativo. ***: Probabilidades < 0.01.

** : Probabilidades entre 0.05 y 0.01. Las letras marcan las diferencias significativas.

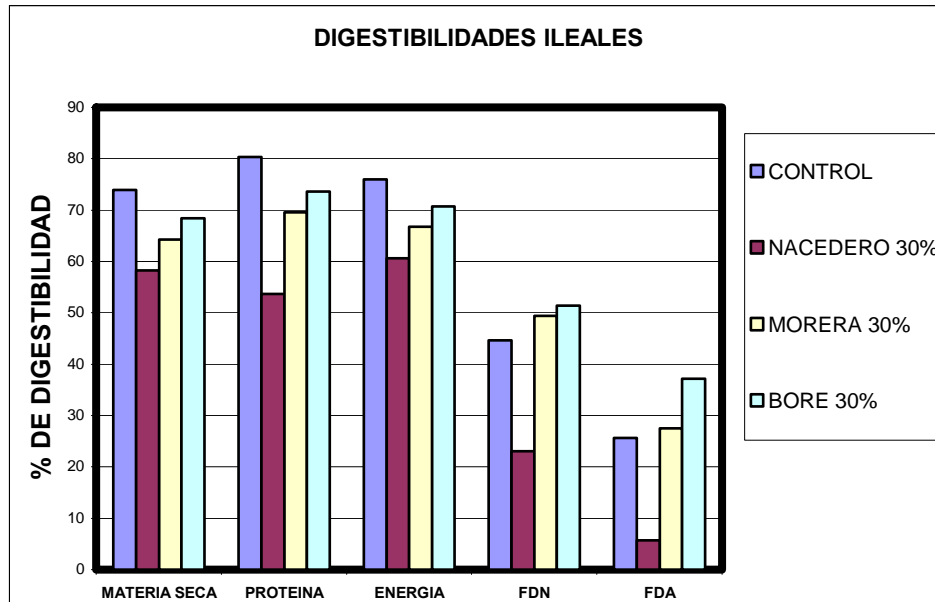
En la tabla se observan diferencias significativas para todas las variables analizadas exceptuando la FDA.

En todas las digestibilidades se muestra al bore como el mejor de los forrajes y en ningún caso presenta diferencia significativa estadísticamente con la dieta control, por lo que dicho forraje se muestra como una gran alternativa en la alimentación de cerdas adultas.

En segundo lugar se observa la morera con digestibilidades muy parecidas a las del bore, e incluso sin mostrar diferencias significativas con este, pero si con el control en la materia seca y la energía.

Por ultimo se divide el nacedero con los menores promedios.

Grafica 9. Porcentajes de digestibilidad ileal aparente.



En la grafica 9 se observan los porcentajes de digestibilidad para las diferentes variables, encontrando una predisposición casi idéntica para la materia seca, proteína y energía.

LA FDN y la FDA muestran una tendencia parecida; hallando en orden descendente al bore, la morera, el control y el nacedero; por lo que podríamos concluir que el bore es el forraje que presenta los contenidos de fibra con propiedades físico-químicas que lo hacen mas fácilmente fermentable por las bacterias en el intestino delgado, seguido de cerca por la morera. El nacedero muestra los contenidos de fibra mas difícilmente accesibles a las bacterias presentes en el intestino delgado.

La digestibilidad ileal es la que radica mayor importancia a nivel nutricional ya que hasta este punto se ha absorbido la mayoría de los nutrientes y la totalidad de la proteína.

En 1973, la polaca Zebrowska demostró que el intestino grueso es incapaz de absorber aminoácidos. La digestibilidad de los aminoácidos debe medirse a nivel

ileal; la comparación de valores de digestibilidad medidos a nivel ileal y fecal confirma la hipótesis de que la fermentación microbiana modifica la cantidad de aminoácidos que sale del intestino delgado (Sauer et al, 1982).

Al comparan las digestibilidades ileales con las fecales (Tabla 29) dan una idea clara de los procesos de fermentación ocurridos en el intestino grueso. La diferencia en las digestibilidades de la energía muestran el aporte energético dado por la fermentación de las fibras.

Se estima que la fermentación de las fibras puede contribuir con un 5 a 15% de los aportes energéticos de un cerdo dependiendo de la composición de la dieta, y aun mas en el caso de cerdos alimentados con forrajes (Leterme, 2002)

Tabla 29. Porcentajes de digestibilidades fecales e ileales de la dieta control y los forrajes con un 30% de incorporación.

	DIGESTIBILIDAD ILEAL			
	CONTROL	NACEDERO 30	BORE 30	MORERA 30
MATERIA SECA	73,9	58,3	64,2	68,4
PROTEINA	80,3	53,6	69,6	73,6
ENERGIA	76,0	60,6	66,7	70,7
FDN	44,6	23,0	49,4	51,4
FDA	25,7	5,7	27,5	37,1
	DIGESTIBILIDAD FECAL			
	CONTROL	NACEDERO 30	BORE 30	MORERA 30
MATERIA SECA	83,7	73,0	78,7	77,3
PROTEINA	88,3	71,2	79,9	78,5
ENERGIA	86,1	75,1	79,5	79,2
FDN	57,8	55,6	68,0	65,2
FDA	37,2	34,3	55,5	53,7
	DIFERENCIAS ENTRE DIGESTIBILIDADES			
MATERIA SECA	9,8	14,7	14,5	8,9
PROTEINA	8,0	17,6	10,3	4,9
ENERGIA	10,1	14,5	12,8	8,5
FDN	13,2	32,6	18,6	13,8
FDA	11,5	28,6	28,0	16,6

Al observar la tabla 29 se aprecia al nacedero con los mayores niveles de fermentación a nivel del intestino grueso seguido por la morera y el bore quien presenta tazas de fermentación muy bajas, incluso menores que el control.

6.4 Fisiología digestiva de la cerda

6.4.1 Comportamiento del tracto gastrointestinal (TGI)

En esta sección se aprecian ciertos comportamientos sucedidos en el tracto gastrointestinal al alimentar cerdas adultas de entre 190 y 240 kg con una dieta control y 3 dietas experimentales con un porcentaje de incorporación del 30% de bore, nacedero y morera.

6.4.1.1 Longitud y peso de los compartimientos del TGI

En la Tabla 30 se aprecian la longitud y peso de los diferentes compartimientos del TGI en cerdas adultas alimentadas con una dieta control y 3 dietas experimentales con nacedero, bore y morera con un 30% de incorporación en la dieta.

Se observa una diferencia significativa para el ciego presentándolo en la dieta con nacedero con un peso mayor que para las demás, ratificando lo expuesto por muchos autores que manifiestan un agrandamiento del sistema GIT como una respuesta al suministrar dietas fibrosas por periodos de tiempo prolongados, lo que además podría estar confirmando lo presentado anteriormente donde se consideraba al nacedero frente a los demás forrajes como el portador de la fibra con las propiedades físico-químicas mas agresivas nutricionalmente para el animal.

Tabla 30. Comportamiento del tracto gastrointestinal en cerdas adultas alimentadas con una dieta control y 3 diferentes fuentes de forraje.

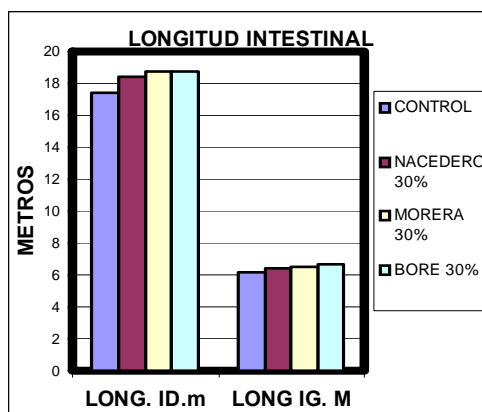
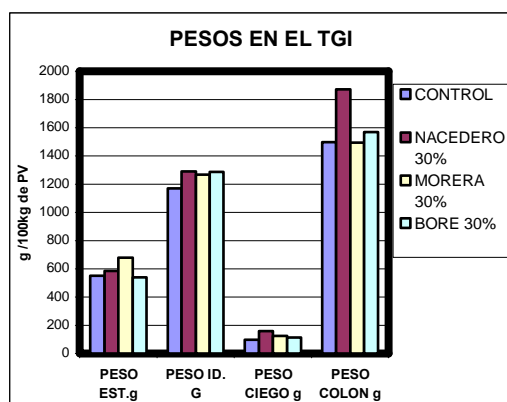
	CONTROL	NACEDERO 30%	MORERA 30%	BORE 30%	S	C.V.
PESO CORPORAL	218,00	221,25	208,75	210,00	NS	8.64
LONG. ID.m	17,38	18,45	18,71	18,74	NS	9
LONG IG. M	6,17	6,38	6,48	6,67	NS	14.15
PESO EST.g /100kg pv	549.22	585.22	680.22	541.13	NS	14.96
PESO ID. g / 100kg pv	1168.75	1288.74	1269.40	1286.32	NS	14.59
PESO CIE g / 100kg pv	97.32 ^B	160.37 ^A	123.81 ^B	111.76 ^B	***	15.42
PESO COL g /100 kg pv	1497.55	1873.37	1495.28	1569.84	NS	28.88779

LONG. = Longitud. ID. = Intestino delgado. IG. = Intestino grueso. EST. = Estomago
COL= colon PV= peso vivo.

S: significancia. CV: coeficiente de variación. NS: no significativo. ***: Probabilidades < 0.01.

** : Probabilidades entre 0.05 y 0.01. Las letras marcan las diferencias significativas.

Grafica 10 y 11. Longitud y peso de los compartimientos del TGI en cerdas adultas alimentadas con una dieta control y 3 dietas experimentales con nacedero bore y morera con un porcentaje de incorporación del 30%



En la grafica 10 se observan los pesos en el TGI donde encontramos aunque sin diferencias significativas al nacedero con los mayores promedios en intestino delgado, ciego y colon, corroborando posiblemente lo expuesto anteriormente.

En la grafica 11 se observan las longitudes intestinales para cerdas adultas entre 190 y 240 kg de peso vivo, donde encontramos para el intestino delgado promedios entre

17.4 y 18.7 m y para el intestino grueso promedios entre 6.2 y 6.7 m sin encontrar diferencias significativas, aunque mostrando en ambos casos longitudes menores para la dieta control.

Para el anterior experimento se presume necesario un mayor tiempo de exposición a los materiales suministrados para encontrar diferencias más fácilmente detectables.

6.4.1.2 Contenidos en materia seca a través del TGI

En la Tabla 31 se puede apreciar el comportamiento de la materia seca según los diferentes materiales utilizados a lo largo del tracto gastrointestinal.

Tabla 31. Contenidos en porcentaje de materia seca a través del tracto gastrointestinal.

	CONTROL	NACEDERO 30 %	MORERA 30 %	BORE 30%	S	C.V.
ALIMENTO	90,16	90,92	91,18	90,89		
C. ESTOM	28,32 ^A	15,84 ^B	14,57 ^B	18,52 ^B	**	27.65
DUODENO	15,02 ^A	7,24 ^C	10,82 ^{BC}	12,33 ^{BA}	***	21.60
YEYUNO	18,40 ^A	10,75 ^B	14,10 ^{AB}	12,90 ^B	**	22.97
ILEON	14,47 ^A	10,88 ^B	11,54 ^B	10,37 ^B	**	14.37
CIEGO	16,76	9,25	10,99	9,87	NS	31.93
COLON	22,20	16,12	18,30	19,84	NS	20.78

C. ESTOM: CONTENIDO ESTOMACAL

S: significancia. CV: coeficiente de variación. NS: no significativo. ***: probabilidades < 0.01.

** :Probabilidades entre 0.05 y 0.01. Las letras marcan las diferencias significativas.

En la Tabla anterior se consigue observar sucesos interesantes que ocurren con la materia seca a través del TGI. Si comparamos los cuatro tratamientos y observamos los cambios en la materia seca, encontramos diferencias como las presentadas en el

estomago, donde se observan cambios hasta de un 13 % en el contenido de materia seca al alimentar con la dieta control o con un forraje; igualmente se podría agregar que no existen diferencias significativas para los forrajes exceptuando el nacedero en el duodeno, donde la materia seca llega a un 7.24%, lo que podría estar indicando que dicho forraje contiene un mayor numero de células con capacidad de retención de agua.

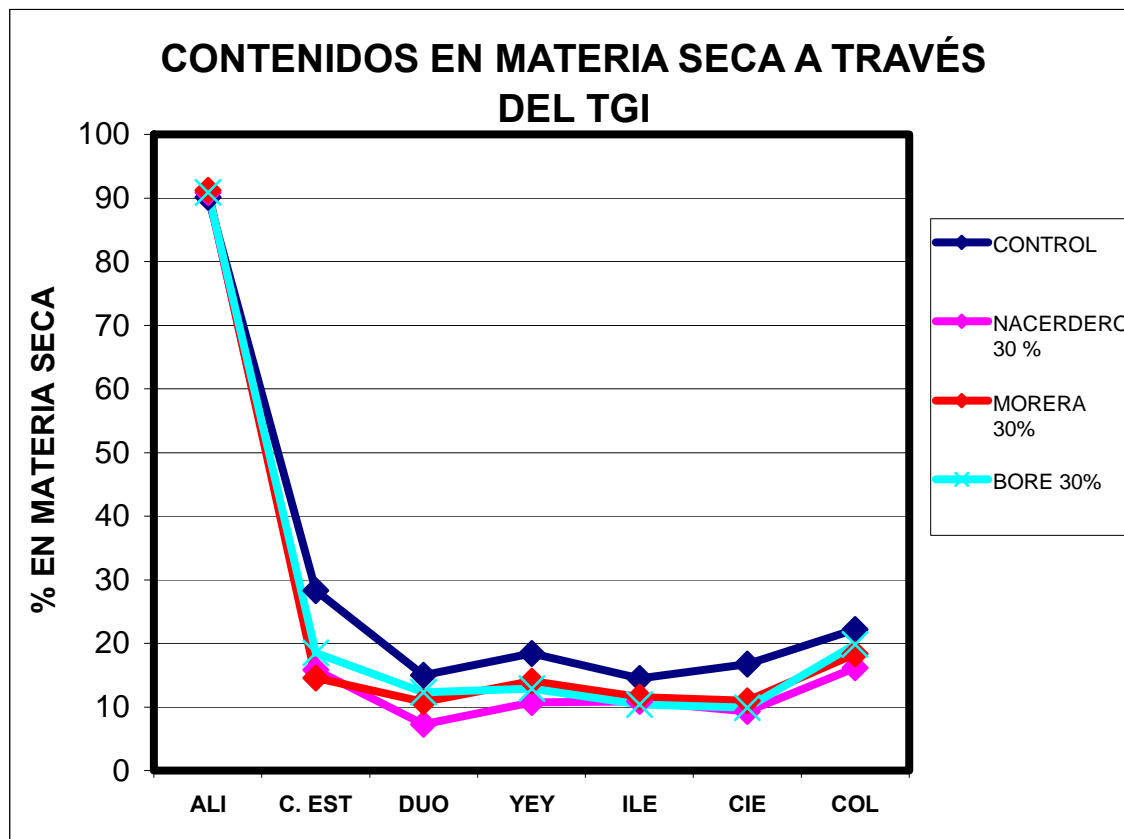
En la grafica 12 se logra percibir la tendencia de los contenidos en MS durante el paso del alimento por el tracto gastrointestinal.

Donde observamos una baja considerable desde la ingestión del alimento a la llegada al estomago; pasando de niveles de un 90 a un 16% de materia seca teniendo en cuenta que las cerdas cuentan con bebederos a disposición permanente y realizan un continuo consumo de agua mientras se alimentan; los niveles continúan disminuyendo hacia el duodeno, suben un poco hacia el yeyuno, vuelven a bajar hacia el ileon, se conservan mas o menos estables en el ciego y comienzan a subir en el colon; Ya que como es sabido una de sus funciones es la del reciclaje del agua; y sigue absorbiendo hasta ser excretado; llegando a un % de materia seca aproximado en las excretas de 31, 19, 24 y 25 % para el control, nacedero, morera y bore respectivamente (datos tomados del primer experimento)

Al observar la grafica se advierte la indudable acción de los forrajes sobre los contenidos en materia seca a través del tracto intestinal. Dichos cambios se deben en gran mediada a:

- la capacidad de retención de agua de los forrajes.
- La mayor producción de mucus como medio de defensa a la presencia de las fibras, dado que el mucus es un gel acuoso compuesto de una glicoproteina muy hidratada.

Grafica 12. Contenidos en materia seca del alimento a través del paso por el TGI



6.4.1.3 pH del estomago, ciego y colon

En la Tabla 32 se aprecian los pH en el contenido del estomago, ciego y colon en cerdas adultas alimentadas con una dieta control y 3 dietas experimentales con nacedero, bore y morera con un porcentaje de incorporación del 30%.

Tabla 32. PH en el contenido del estomago, ciego y colon.

	CONTROL	NACERDERO 30%	MORERA 30%	BORE 30%	S	C.V.
PH ESTOMAGO.	2,65	4,30	2,49	3,28	NS	32.87
PH CIEGO	6,24	6,59	6,41	6,50	NS	2.66
PH COLON	6,26	6,57	6,45	6,86	NS	5.10

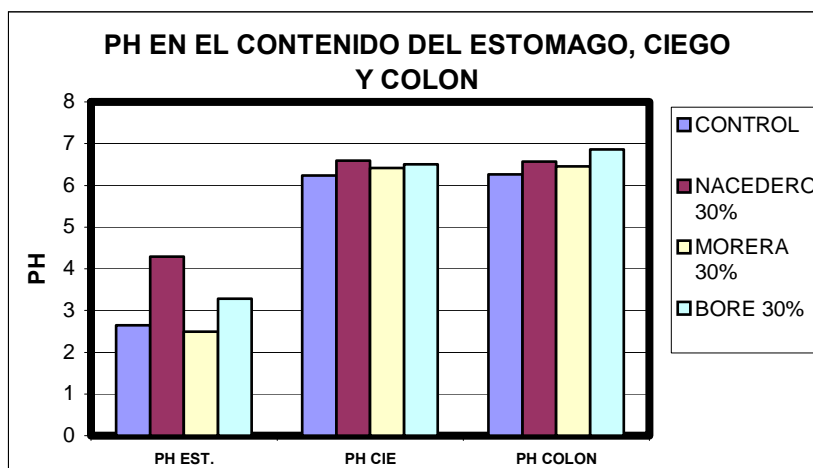
S: significancia. CV: coeficiente de variación. NS: no significativo. ***: probabilidades < 0.01.

** Probabilidades entre 0.05 y 0.01. Las letras marcan las diferencias significativas.

Como se observa en la Tabla anterior el pH en los contenidos no presenta diferencias significativas estadísticamente y encontramos los promedios entre 2.49 y 4.30 para el contenido estomacal, entre 6.24 y 6.59 para el ciego y entre 6.26 y 6.86 para el colon.

Como se observa en la Grafica 13 los pHs son muy parejos, aunque en el contenido estomacal se observa un mayor valor para el nacedero y en el ciego y colon se observan unos más bajos para el control.

Grafica 13. PH en el contenido del estomago, ciego y colon en cerdas adultas alimentadas con una dieta control y 3 dietas experimentales con nacedero, bore y morera con un porcentaje de incorporación del 30%



6.4.1.4 Relación mucosa– músculo en la pared intestinal

En la Tabla 33 se indican las relaciones obtenidas en la pared del duodeno, yeyuno e ileon entre el peso de la mucosa en relación con el peso del músculo, ósea la cantidad de mucosa presente en una porción de músculo, por ejemplo: en la dieta control en el duodeno se encontró una relación de 0.19, lo que quiere decir que en 1g de pared intestinal se encontrarán 0.19g de mucosa y 0.81 g de músculo.

Tabla 33. Relación mucosa músculo en el intestino delgado para los diferentes materiales suministrados.

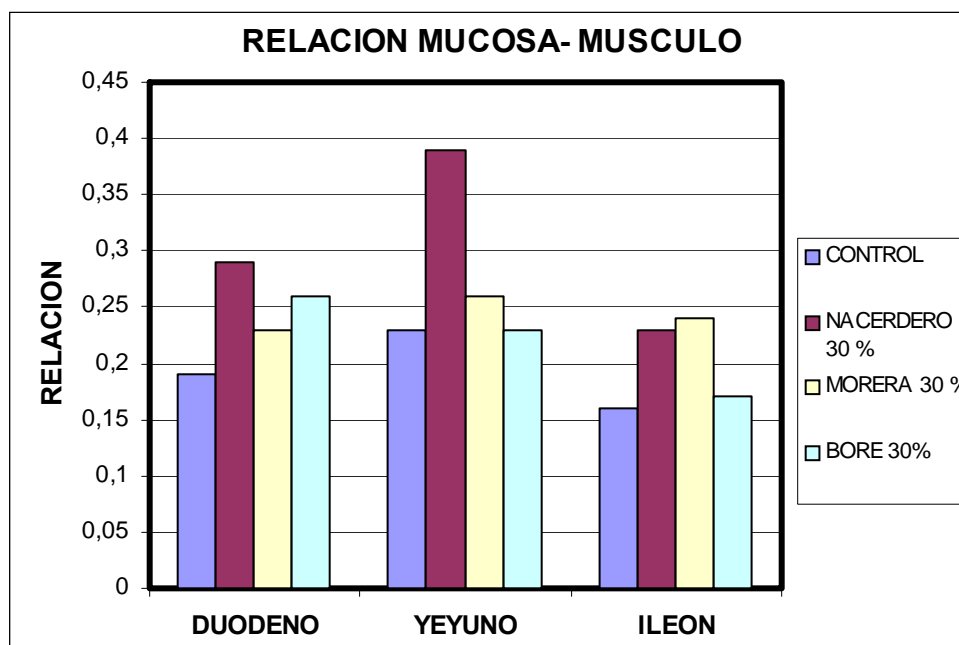
	CONTROL	NACEDERO 30%	MORERA 30%	BORE 30%	S	C.V.
DUODENO	0,19	0,29	0,23	0,26	NS	33.01
YEYUNO	0,23 ^B	0,39 ^A	0,26 ^B	0,23 ^B	***	19.86
ILEON	0,16	0,23	0,24	0,17	NS	26.21

S: significancia. CV: coeficiente de variación. NS: no significativo. ***: Probabilidades < 0.01.

** : Probabilidades entre 0.05 y 0.01. Las letras marcan las diferencias significativas.

En la Tabla 33 se expresan los valores correspondientes a la relación mucosa músculo según los diferentes alimentos suministrados, hallando diferencia significativa a nivel del yeyuno donde el nacedero presentó el mayor promedio; queriendo decir con esto, que al suministrar una dieta con este forraje, la capa de mucosa principal fuente de defensa en el intestino delgado sufre un ensanchamiento, con la respectiva mayor producción de mucosa que conlleva finalmente a un incremento en las pérdidas endógenas y en la humedad del contenido intestinal.

Grafica 14. Relación mucosa músculo en el intestino delgado para los diferentes materiales suministrados.



La grafica anterior muestra las variaciones en la relación mucosa- músculo exponiendo al nacedero con los mayores valores en duodeno y yeyuno y al control con los más bajos en todo el intestino.

La fisonomía de la pared intestinal depende en gran medida de la composición del alimento, que en contacto permanente con un medio agresivo (fibras, enzimas, factores antinutricionales, bacterias) incrementa la producción de la mucosa (celulas epiteliales, mucus) como un medio de defensa (Leterme, 2002).

6.4.2 Actividad enzimática

La actividad enzimática fue medida en la mucosa del intestino delgado y se calculó con base en la proteína soluble en micro moles de enzima sobre miligramos de proteína soluble hora ($\mu\text{M} / \text{mg prot} / \text{h}$)

6.4.2.1 Proteínas solubles

En la Tabla 34 se aprecian los datos de proteína soluble medidos en la mucosa intestinal en el duodeno, yeyuno e ileon.

Tabla 34. Proteínas solubles en la mucosa intestinal en mg/ml.

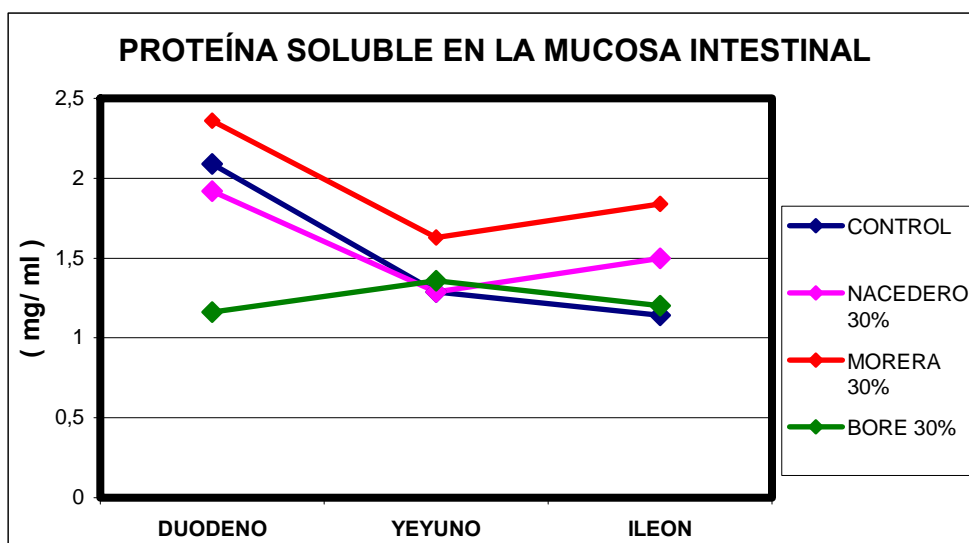
	CONTROL	NACEDERO 30%	MORERA 30%	BORE 30%	S	C.V.
DUODENO	2,09 ^A	1,92 ^A	2,36 ^A	1,16 ^B	**	25.22
YEYUNO	1,29	1,29	1,63	1,36	NS	19.02
ILEON	1,14 ^B	1,50 ^{BA}	1,84 ^A	1,20 ^B	***	17.70

S: significancia. CV: coeficiente de variación. NS: no significativo. ***: Probabilidades < 0.01.

** : Probabilidades entre 0.05 y 0.01. Las letras marcan las diferencias significativas.

En la Tabla anterior se aprecian los resultados obtenidos al medir la proteína soluble en la mucosa intestinal, encontrando diferencias significativas a nivel del duodeno e ileon. A nivel duodenal se observa a la morera presentando el mayor promedio pero sin mostrar diferencias significativas con el nacedero y la dieta control; a nivel ileal se continúa observando a la morera con el mayor promedio sin mostrar diferencia significativa con el nacedero y se presenta al nacedero sin mostrar diferencias significativas con el bore y el control.

Grafica 15. Proteína soluble en la mucosa intestinal en mg/ ml



En la grafica se observan las tendencias encontradas para la proteína soluble en la mucosa intestinal para los diferentes alimentos suministrados, encontrando la morera con los mayores promedios en todos los casos.

Al bore lo encontramos en una tendencia contraria a la de los demás forrajes, encontrando su máximo valor a nivel del yeyuno.

El control muestra una tendencia descendente hacia el ileon.

6.4.2.2 Actividad enzimática de la aminopeptidasa N

En la tabla 35 se observa la actividad de la aminopeptidasa N a través del intestino delgado.

Tabla 35. Actividad enzimática de la aminopeptidasa N en $\mu\text{M} / \text{mg prot} / \text{h}$

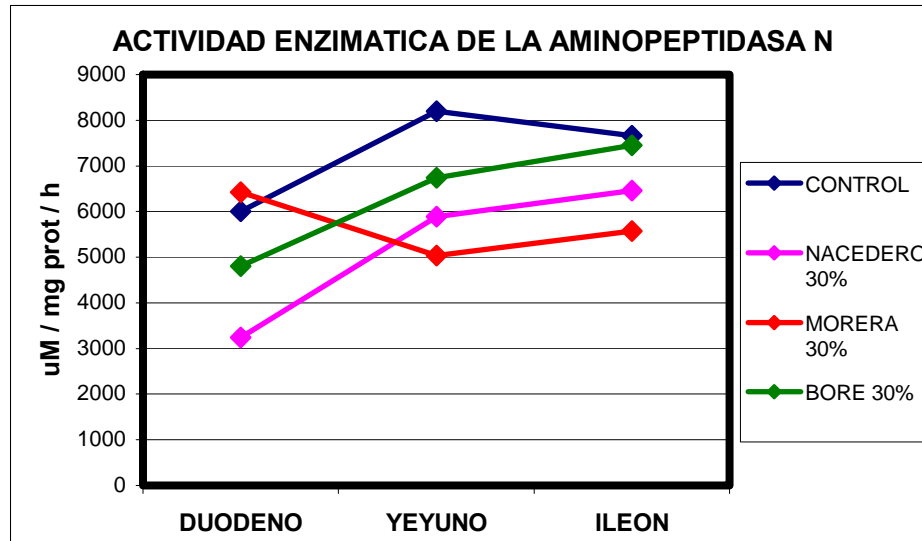
	CONTROL	NACEDERO 30%	MORERA 30%	BORE 30%	S	C.V.
DUODENO	6002.41	3240.02	6426.96	4799.59	NS	35.15
YEYUNO	8197.43 ^A	5882.22 ^{BC}	5033.20 ^C	6743.90 ^{AB}	***	14.61
ILEON	7656.10	6462.60	5567.53	7450.35	NS	15.87

S: significancia. CV: coeficiente de variación. NS: no significativo. ***: Probabilidades < 0.01.

** : Probabilidades entre 0.05 y 0.01. Las letras marcan las diferencias significativas.

En la tabla anterior se observa diferencia significativa exclusivamente a nivel del yeyuno, donde encontramos al control con el mayor promedio, seguido por el bore pero sin mostrar diferencia significativa, en tercer lugar encontramos al nacedero y concluimos con la morera.

Como se observa en la grafica 16 en el duodeno se observa a la morera con un promedio mayor aunque muy cerca al control, consecutivamente en el yeyuno se observa al control con los mayores promedios seguido por el bore y en el ileon se observa al control por encima pero con el promedio casi idéntico al bore. El nacedero tiene el menor promedio a nivel duodenal, pero en el yeyuno e ileon se muestra por enzima de la morera.

Grafica 16. Actividad enzimática de la aminopeptidasa N en $\mu\text{M} / \text{mg prot} / \text{h}$ 

En la grafica anterior se observa la superioridad presentada por el control y el bore en la actividad enzimática de la aminopeptidasa N, mostrando con ello una de las causas de sus mayores niveles de digestibilidad proteica; junto a esto, observando las tendencias en el bore se logra determinar una de las razones por las cuales el bore muestra una mayor influencia en el proceso digestivo por la segunda mitad del intestino delgado.

6.4.2.3 Actividad enzimática de la fosfatasa alcalina

En la tabla 36 se aprecia la actividad enzimática de la fosfatada alcalina a través del intestino delgado (duodeno- yeyuno- ileon)

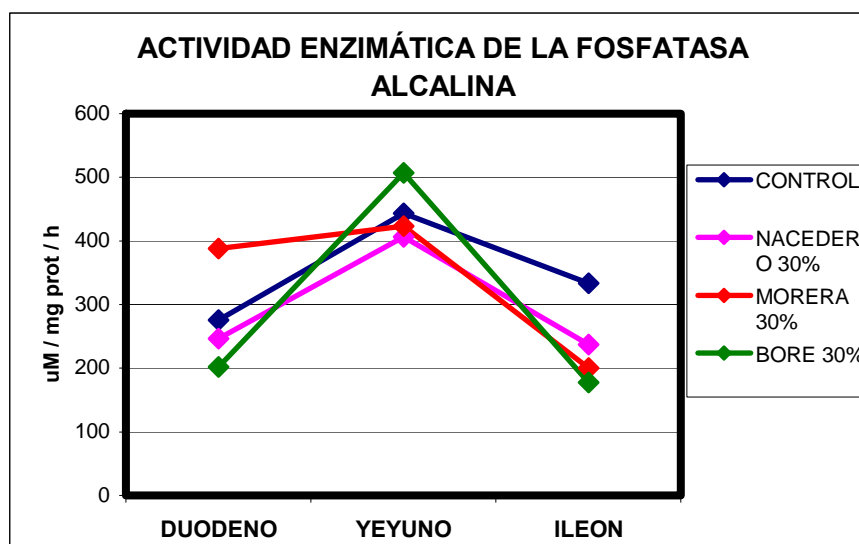
Tabla 36. Actividad enzimática de la fosfatasa alcalina en $\mu\text{M} / \text{mg prot} / \text{h}$

	CONTROL	NACEDERO 30%	MORERA 30%	BORE 30%	S	C.V.
DUODENO	275.33	246.22	387.85	202.21	NS	45.38
YEYUNO	443.16	406.50	423.45	507.11	NS	52.35
ILEON	333.55	237.19	200.19	177.88	NS	51.64

S: significancia. CV: coeficiente de variación. NS: no significativo. ***: Probabilidades < 0.01.

** : Probabilidades entre 0.05 y 0.01. Las letras marcan las diferencias significativas.

La tabla anterior no nos muestra diferencias significativas para ningún compartimiento del intestino delgado

Grafica 17. Actividad enzimática de la fosfatasa alcalina en $\mu\text{M} / \text{mg prot} / \text{h}$ 

En la grafica 17 se observa la tendencia de la fosfatasa alcalina a través del intestino delgado, encontrando sus mayores manifestaciones a nivel del duodeno; el bore muestra los menores valores a nivel duodenal e ileal pero los más altos en el yeyuno, la morera igual que en la fosfatasa alcalina tiende a tener valores altos a nivel duodenal y el nacedero tiende a estar en valores mas bien intermedios.

6.4.2.4 Actividad enzimática de la sacarasa

En la tabla 37 se aprecia la actividad enzimática de la sacarasa a través del intestino delgado (duodeno, yeyuno e ileon)

Tabla 37. Actividad enzimática de la sacarasa en $\mu\text{M} / \text{mg prot} / \text{h}$.

	CONTROL	NACEDERO 30%	MORERA 30%	BORE 30%	S	C.V.
DUODENO	488.90 ^A	259.80 ^B	297.46 ^{AB}	78.34 ^B	***	48.72
YEYUNO	1945.77 ^A	1124.40 ^{BC}	610.53 ^C	1415.22 ^{AB}	***	27.17
ILEON	918.38 ^A	362.53 ^B	306.80 ^B	732.22 ^A	***	33.51

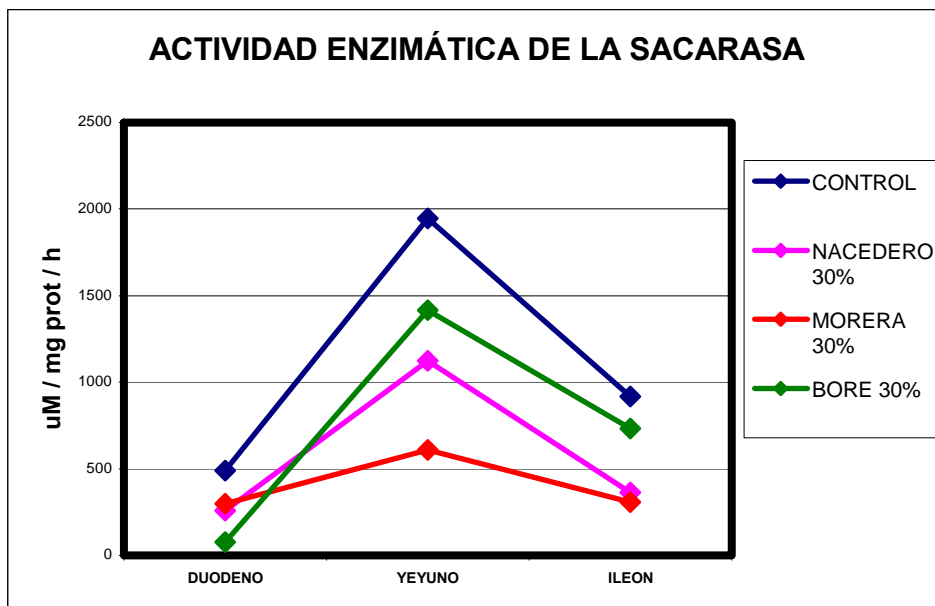
S: significancia. CV: coeficiente de variación. NS: no significativo. ***: Probabilidades < 0.01.

** : Probabilidades entre 0.05 y 0.01. Las letras marcan las diferencias significativas

En la tabla 37 se estiman diferencias significativas para todas las variables, encontrando en el duodeno al control con los mayores promedios seguido por la morera, aunque sin mostrar diferencias significativas; a este nivel la morera sigue obteniendo los promedios mas altos para los forrajes.

En el yeyuno observamos al control con el promedio mas alto sin mostrar diferencia significativa con el bore, seguido por el nacedero y encontrando a la morera con el promedio más bajo que tampoco muestra diferencias significativas con el nacedero.

A nivel ileal se observa una disociación; encontrando al control y al bore dominando con los promedios mas altos y al nacedero y la morera en un segundo plano con promedios mas bajos.

Grafica 18. Actividad enzimática de la sacarasa en $\mu\text{M} / \text{mg prot} / \text{h}$ 

En la grafica 18 se observa la tendencia seguida por la sacarasa, encontrando los mayores valores en el yeyuno y los mas bajos en el duodeno; igualmente se muestra al control con los valores mas altos, al bore con los mas altos para los forrajes en yeyuno siguiendo la tendencia de los análisis anteriores realizados para actividad enzimática y a la morera con los mas altos en el duodeno siguiendo la misma tendencia.

En la grafica se observa la superioridad del control y el bore en la actividad enzimática de la sacarasa, mostrando con ello una de las razones por las cuales estos materiales presentan los promedios más altos en las digestibilidades de la energía, así mismo muestra tendencias por las cuales se observa una digestibilidad en el bore mas marcada por la segunda mitad del intestino delgado.

7. DISCUSIÓN

La composición bromatológica de los forrajes mostró altos niveles proteicos con valores muy semejantes para los 3 forrajes, encontrando porcentajes de 20.1 para el nacedero, 20.9 para el bore y 19.7 para la morera, siguiendo la tendencia mostrada por Montoya 2003 y Leterme et al 2003 donde el bore siempre muestra los mayores porcentajes seguidos por el nacedero y la morera y reportaron valores entre 24 y 16%. Así mismo se destacan altos porcentajes en cenizas mostrando un importante aporte en minerales, datos que se corroboran por Quirama y Caicedo 2003 donde se presentan los contenidos en minerales; la fibra que es el factor limitante para la alimentación con forrajes para cerdos, mostró mayores niveles en el bore con 46.8, 20.6 y 6.9% de FDN, FDA y lignina respectivamente frente a la morera con 42.4, 17.4 y 5.2% y al nacedero con 40.2, 16.3 y 5.3% mostrando mayores valores que los reportados por Leterme et al 2003 quienes encontraron valores entre 39,8 y 21.8 % para la FDN y entre 23.3 y 10.2 para la FDA y encontraron al nacedero con los mayores promedios.

Para la prueba de digestibilidad fecal aparente de los diferentes nutrientes se encontró al bore como el mejor de los forrajes, presentando siempre los promedios mas altos y mostrando digestibilidades del 82% para MS, 83% para proteína, 83% para energía, 68% para fibra detergente neutra y 55% para fibra detergente ácida seguido por la morera y se halló al nacedero como el portador de los menores promedios datos que se corroboran por Montoya 2003 quien encontró la misma tendencia para la digestibilidad in Vitro, encontrando porcentajes de digestibilidad de 49.9, 42.9 y 28.9 para el bore la morera y el nacedero respectivamente, igualmente determino el mismo orden en la taza de fermentación mediante la técnica de jeringas. Quirama y Caicedo 2003 encontraron valores muy similares en las digestibilidades de los 3 forrajes en la alimentación de cerdos de 35 kg con un porcentaje del 35% de incorporación.

Se destaca el hecho de que el bore es el portador de los mayores contenidos en fibra y de los mayores porcentajes de digestibilidad, por lo que permite concluir lo expuesto por Souffrant 2001, Rodríguez y Figueroa, 2000, Wenk 2001 y Bergner, 1980 en referencia a la importancia de las propiedades físico-químicas de la fibra del alimento en los procesos digestivos, más que la cantidad de esta.

Rodríguez y Figueroa, 2000 estudiaron las digestibilidades de una variedad de materiales fibrosos concluyendo que es la naturaleza de la fibra la que está influyendo sobre la digestibilidad in Vitro del nitrógeno, quizás por el tipo de enlace y asociación que se establece entre la fibra y el nitrógeno y no a la cantidad de FDN, ósea que la digestibilidad de los nutrientes de los alimentos se ve afectada heterogéneamente según la composición de la fibra de cada uno de ellos.

Se conoce que la mayoría de los polisacáridos que no son almidón influyen significativamente en las pérdidas endógenas. El tipo de fibras es lo más importante. Por ejemplo, la celulosa de madera incorporada en dietas libres de proteínas no afecta las pérdidas, Igualmente las fibras internas del grano de cebada o de arveja afectan más las pérdidas que las fibras de su cáscara (Leterme et al., 1998).

Para el bore y la morera no se encontraron diferencias significativas al pasar de un porcentaje de incorporación del 15 al 30% exceptuando en la energía; para el nacedero se muestra la situación inversa, al pasar de un porcentaje de incorporación del 15 al 30% sus digestibilidades disminuyen significativamente lo que indica la acción de este forraje sobre la digestibilidad. A medida que aumenta la incorporación disminuye su utilización.

Leterme et al, 2003 alimentaron cerdos de 20kg con nacedero y azolla sin encontrar limitaciones en los procesos de digestibilidad al incorporar 10% del forraje en la dieta. Aunque existe una marcada influencia por la edad en la flora bacteriana de los individuos la edad y, sobre todo, la dieta. Fernández et al; citados por Gómez (2002), encontraron que la capacidad de digerir fibra era en promedio 30% superior en animales adultos que en animales en crecimiento, en razón de la mayor cantidad de

bacterias; el número de bacterias celulolíticas era 6.7 veces mayor en animales adultos.

Para las digestibilidades de materia seca, proteína y energía se observó en el control una tasa más rápida de digestión en la primera mitad del intestino delgado; el bore y la morera mostraron una alta influencia por la segunda mitad y el nacedero mostró cierto estancamiento entre el yeyuno e ileon. Se asumen dichos comportamientos debidos a la acción de la fibra sobre los procesos de digestión por el efecto de enlaces, encapsulamientos y efecto barrera que impiden la acción de las enzimas sobre los nutrientes y sus procesos de fermentación que permiten la liberación de dichos nutrientes.

Los forrajes contienen un alto porcentaje de proteína unido a la fibra. Rodríguez y Figueroa, 2000 evaluaron el porcentaje de nitrógeno unido a la FDN para diferentes forrajes, encontrando valores entre un 92 y 43%. Para la hoja de nacedero y bore se encontraron porcentajes de 59 y 64 respectivamente mientras cereales como maíz y cebada presentan valores de 8 y 9% respectivamente (Leterme, 2002)

Como ya es conocido, la celulosa es un polímero rígido y compacto y no accesible por las enzimas bacterianas. Las bacterias atacan la superficie de la molécula, pero el metabolismo enzimático se produce muy lentamente. La mayor parte de las pectinas y hemicelulosa se hallan dispuestas entre las fibras de celulosa, y esta disposición dificulta el acceso a ellas por las enzimas. Pero, una vez las enzimas llegan a ellas, su hidrólisis es relativamente fácil. Otras propiedades químicas de los componentes de la fibra que afectan a su degradación son la ramificación, metoxilación y melificación, ya que por una parte impiden el acceso de las enzimas al complejo y, por otra, forman enlaces muy fuertes y resistentes al ataque enzimático (Soler et al, 1998). El acceso de las bacterias a los polisacáridos y las uniones naturales de sacárido parece jugar un papel preponderante en la variabilidad de la fermentación de la fibra. Tamaño y porosidad de la fibra puede afectar su accesibilidad por la bacteria (Guillon et al, 1995).

A nivel ileal se encontró al bore como el mejor de los forrajes con porcentajes de 68.4 para la MS, 73.6 para la proteína, 70.7 para la energía, 51.4 para la FDN y 37.1 para la FDA, sin mostrar diferencia significativa frente a la morera y presentando al nacedero con los valores mas bajos de digestibilidad.

La digestibilidad ileal es la que radica mayor importancia a nivel nutricional ya que hasta este punto se ha absorbido la mayoría de los nutrientes y la totalidad de la proteína.

La digestibilidad fecal de las proteínas no refleja bien su digestibilidad real, el intestino grueso no puede absorber aminoácidos, además la microflora presente en la microflora va a fermentar los componentes alimenticios no digeribles y a cambiar la cantidad y perfil de aminoácidos; por ello la digestibilidad debe medirse a nivel ileal (Leterme, 2002)

Al observar las diferencias entre las digestibilidades fecales e ileales se aprecia el grado de fermentación ocurrido en el intestino grueso, encontrando al nacedero con los mayores niveles de fermentación seguido por la morera y el bore quien presenta tazas de fermentación muy bajas, incluso menores que el control.

El intestino grueso, es el lugar donde ocurre una intensa fermentación microbiana sobre las fibras vegetales. Que son los principales componentes indigeribles que vienen del intestino delgado. La eficiencia de la fermentación depende del tipo de fibras (celulosa, hemicelulosa, fibras solubles) y de la presencia, en cantidad suficiente de una fuente de nitrógeno (proteínas indigeribles). La fermentación anaeróbica de las fibras, da como resultado la producción de ácidos grasos volátiles (ácido acético, propionico y butírico) y de ácido láctico, que son absorbidos por la pared intestinal para ser enviados en la sangre y servir de fuente de energía al organismo (Leterme, 2002).

Generalmente, los constituyentes de las paredes de las células vegetales proporcionan la mayor parte de los carbohidratos fermentados en el colon. Se estima

que la fermentación de las fibras puede aportar entre un 5 y un 15% de los aportes energéticos de un cerdo, dependiendo de la composición de la dieta, y aun más, en el caso de cerdos alimentados con forrajes (Bravo Y Redondo, 2003).

Para las variables analizadas de longitud y peso de los compartimientos del tracto gastrointestinal se observó una diferencia significativa para el peso del ciego, el cual obtuvo valores más altos al alimentar con la dieta que contenía nacedero.

La fibra dietética es parte integral de todo el material de alimentación de origen vegetal para los cerdos, tiene efectos específicos en todos los procesos digestivos del cerdo y también indirectamente en el metabolismo intermedio, la alimentación a largo plazo con altos niveles de fibra pueden alterar las características fisiológicas y anatómicas del tracto digestivo del cerdo (Wenk, 2001).

Simons, citado por Klis y Jansman (2002), estimó que el peso del tejido del tracto digestivo en pollos pudo incrementar en un 30%, cuando fueron alimentados con altos niveles de carbohidratos estructurales o dietas altamente viscosas.

Los contenidos en materia seca a través del paso del alimento por el tracto intestinal muestran la indudable acción de los forrajes, aumentando considerablemente los niveles de humedad, especialmente en el nacedero, posiblemente por contener un mayor número de células con capacidad de retención de agua.

Las fibras de los forrajes y plantas acuáticas presentan altos niveles de fibras con capacidad de retención de agua por enlaces químicos o retención dentro de células abiertas, lo que puede afectar los procesos de digestibilidad (Leterme, 2002).

Las propiedades físico químicas del alimento determinan el efecto de la fibra sobre la digestibilidad; es difícil determinar cuáles de estas propiedades son responsables de los efectos, parece que la solubilidad, viscosidad y capacidad de retención de agua en la fibra dietética son los aspectos más importantes que influyen sobre la

digestibilidad ileal de nutrientes y pérdidas endógenas en las cerdas (Souffrant, 2001).

Leterme et al. (1998), demostraron la relación de la alta capacidad de retención de agua y el flujo de N ileal de $r^2 = 0.996$. El consumo de fibra de arveja aumento la salida de mucus del intestino delgado y de células epiteliales.

El pH en los contenidos no presenta diferencias significativas y encontramos los promedios entre 2.49 y 4.30 para el contenido estomacal, entre 6.24 y 6.59 para el ciego y entre 6.26 y 6.86 para el colon datos que difieren con los presentados por otros autores como Robertson, 1986 quien encontró valores de pH para el ciego y colon en los cerdos alimentados con dietas altas en fibra significativamente menores que los valores obtenidos en los mismos sitios con dietas conteniendo bajo nivel de fibra. Bravo, Gurr Y Redondo, 2003 afirman que los ácidos grasos de cadena corta que se forman durante la fermentación de la fibra reducen el pH del contenido del intestino grueso.

Para la relación mucosa-músculo se halló diferencia significativa a nivel del yeyuno, presentando al nacedero con el mayor valor; queriendo decir con esto, que al suministrar una dieta con este forraje, la capa de mucosa principal fuente de defensa en el intestino delgado sufre un ensanchamiento, se asume que es debido a la presentación de una fibra más agresiva.

El efecto de algunas materias primas y en especial de sus componentes (tipos de fibras, factores antinutricionales, etc) son determinantes sobre la salud del intestino delgado en monogástricos. Ellas modifican la morfología del intestino, la profundidad y el espesor de las vellosidades (Leterme, 2002).

Klis y Jansman (2002), afirman que en cerdos las pérdidas endógenas de proteína cruda en la parte final del ileon, están en el orden de 12-30 g/kg de materia seca consumida, dependiendo de la composición de la dieta.

Se considera que el N perdido en forma de mucus representa en promedio 13% del N endógeno o sea 1.3 g N endógeno/kg materia seca ingerida (Lien et al., citados por Leterme, 2002).

En la actividad enzimática se observó una superioridad para las cerda alimentadas con la dieta control y el bore, lo que muestra una de las causas por las cuales estos materiales exhiben los valores más altos en cuanto a la digestibilidad de la MS, proteína y energía; así mismo en el bore se observaron unos niveles enzimáticos mayores en el yeyuno e ileon, lo que exterioriza una de las causas por las cuales este forraje presenta una influencia más marcada por la segunda mitad del intestino delgado en la digestibilidad de la MS, proteína y energía.

La digestión de las proteínas y de los carbohidratos digeribles, iniciada por las enzimas pancreáticas no es total. Debe ser finalizada por enzimas de la pared intestinal. No existen glándulas que secreten otras enzimas, las últimas son sintetizadas en las células epiteliales (Leterme, 2002).

Las células epiteliales migran sobre las vellosidades en dirección de la sima, durante su migración maduran y adquieren más enzimas digestivas, lo que aumenta su capacidad de absorción. Cuando llegan a la sima son descamadas, empujadas por las más resientes. La totalidad de las células epiteliales se renueva cada 3 días, es decir que se renuevan más o menos 100 millones de células cada minuto, es una forma de defensa; las células de la sima son muy frágiles y en contacto permanente con un medio muy agresivo y corrosivo (fibras, enzimas, factores antinutricionales, bacterias) su renovación constante permite mantener la integridad de la pared. (Leterme, 2002)

Una disminución en el número de enterocitos maduros, debido a una alta tasa de migración de las células de la cima de los vellos puede resultar en una baja actividad enzimática y capacidad de absorción (Salgado et al., 2001),

Lo que se quiere mostrar con las apreciaciones anteriores se refiere a la influencia del contenido intestinal sobre las células epiteliales, que son las encargadas de sintetizar y transportar las enzimas. Cuando suministramos un alimento en este caso con alto contenido en fibras, las células epiteliales en un medio de defensa serán descamadas rápidamente y al haber una mayor circulación las células pueden llegar a la sima aun en un estado inmaduro, lo que disminuirá la presencia de enzimas.

El metabolismo se ve influido por el pH, temperatura, actividad del agua y por la naturaleza química del contenido del lumen. El estado físico y químico de los polímeros del sustrato determina el grado de desdoblamiento o rotura (Soler et al, 1998).

Los forrajes se muestran como alternativa para la implementación en los procesos productivos de los pequeños productores, con el fin de implementar tecnologías mas acorde a sus condiciones productivas y lograr una optimización en la productividad consiguiendo con esto un paso importante en el mejoramiento de su calidad de vida.

8. CONCLUSIONES

Los tres forrajes estudiados presentaron altos contenidos proteicos así como un considerable aporte en cenizas, presentándose como gran alternativa para la suplementación de las cerdas.

Para las pruebas de digestibilidad fecal e ileal aparentes de los diferentes nutrientes se encontró al bore como el mejor de los forrajes, presentando siempre los promedios más altos, seguido por la morera y se halló al nacedero como el portador de los menores promedios.

Es posible incorporar un 30% de bore y morera en las dietas para cerdas adultas sin observar mayores alteraciones de los procesos digestivos; el nacedero muestra bajas en su potencial nutricional al pasar del 15 al 30%.

Observando los procesos de digestibilidad y el comportamiento del tracto digestivo, se concluye la presencia en el nacedero de fibras más agresivas para el normal funcionamiento del tracto gastrointestinal. Se atribuyen los menores valores de digestibilidad de la MS, proteína y energía para este forraje a una gran variedad de factores que influyen sobre los procesos digestivos atribuidos a la conformación físico-química de la fibra, como la presentación de mayor peso en el intestino grueso, una mayor capa de mucosa y los mayores contenidos en humedad, así como las menores tazas de fermentación de la fibra en el intestino delgado.

El bore pese a presentar los mayores contenidos en fibras fue el forraje que mostró el mayor valor nutricional, obteniendo las mayores digestibilidades fecales e ileales para la MS, proteína y energía e incluso sin mostrar diferencias significativas en la digestibilidad ileal frente a la dieta control; además mostró las mayores tazas de fermentación para la FDN y la FDA en el intestino delgado. Lo que demuestra la

importancia de las propiedades físico-químicas de la fibra por encima de la cantidad de esta presente en el forraje.

En el intestino delgado se observa una más rápida absorción de los nutrientes en la dieta control; el bore y la morera muestran una alta influencia por la segunda mitad, asumida a los procesos de fermentación que van permitiendo la liberación de los nutrientes y el acceso de las enzimas a ellos.

La actividad enzimática mostró una superioridad para las cerdas alimentadas con la dieta control y el bore, lo que muestra una de las causas por las cuales estos materiales exhiben los valores mas altos de digestibilidad de la MS, proteína y energía; así mismo en el bore se observaron unos niveles enzimáticos mayores en el yeyuno e ileon, lo que exterioriza una de las causas por las cuales este forraje presenta una influencia mas marcada por le segunda mitad del intestino delgado en la digestibilidad de la MS, proteína y energía.

Entre los tres forrajes estudiados el bore se muestra como el material con el mayor potencial nutricional para la alimentación de cerdas adultas, seguido por la morera y finalizando con el nacedero.

Los tres forrajes presentaron altos niveles de digestibilidad presentándose como alternativa para la incorporación en los procesos productivos de los pequeños productores.

9. RECOMENDACIONES

Se debe seguir avanzando en la búsqueda de tecnologías para mejorar la productividad de los pequeños productores.

Como se logra observar en el trabajo aun existe un gran vacío en los conocimientos relacionados con la acción de las fibras sobre los procesos digestivos. Se deben centrar investigaciones en este campo en pos de lograr un mayor entendimiento de los procesos digestivos y sus posibles alteraciones en la búsqueda de herramientas que conlleven a una optimización de la producción.

Se debe trabajar en la búsqueda y evaluación de nuevos materiales forrajeros de fácil producción y adquisición para el pequeño productor con el fin de mostrarle un mayor número de alternativas de fácil adaptación e implementación según su sistema productivo.

Es importante transmitir estas tecnologías al pequeño productor, para lo cual se debe complementar con ensayos productivos que le brinden una mayor seguridad y confianza en la implementación de estos procesos.

10. FINANCIACIÓN

Este proyecto hace parte del proyecto 00CG0023, denominado Investigación-Desarrollo a Favor de la Producción del Cerdo en el Sur Occidente de Colombia financiado por la Cooperación Universitaria Belga.

11. BIBLIOGRAFIA

- Basto G G, Sabogal O R, Arango A H, (1993). El Bore (*Alocasia macrorrhiza*) reduce costos en la alimentación de cerdas. ICA. Revista Carta Ganadera No.9, Bogotá Colombia, p.27-30.
- Becerra, M. (1991). *Azolla anabaena*: un recurso valioso para la producción agropecuaria en el trópico, Serie de Manuales Técnicos, No. 1, CIPAV, Cali, Colombia.
- Bergner. H. (1980). Chemische Grundlagen des Strohaufschlusses in der Pelletierpresse. Arch. Anim. Nutr. 30:239-256.
- Bravo, C.L., Gurr, M., Redondo, M.L. (2003). Los beneficios de la fibra dietética. tomado de: www.informacionconsumidor.com/scripts/ciencia.articulo.asp?cod=539 Pagina consultada: marzo 23 del 2003. 5:40 pm.
- Cronquist, A. (1981). An integrated system of clasification of flowering plants. New York. Columbia. Univ. Press p5
- Cuellar, P. (2000). Alimentación no convencional de Cerdos, mediante la utilización de recursos disponibles. Tomado de: www.cipav.org.co/cipav/resrch/livestk/piedad.htm Página consultada: Abril 22 del 2003. 6:20pm
- Dahlquist A., 1964. Method for assay of intestinal disaccharidase. Anal. Biochem. 7, 18-25.
- Dung, N. (2002). Tropical fibre sources for pigs digestibility, digesta retention and estimation of fibre digestibility *in vitro*. Animal Feed Science and Technology. 102:109-124.
- Gomez, M., Murgueitio, E., y Rios, C. (1997). Árboles y arbustos forrajero utilizados en la alimentación animal como fuente protéica. Fundación CIPAV. Conciencias. Cali. Colombia
- Gomez, M. (2002). Bore *Alocacia macrorrhiza* (linneo.) Schott, una especie con potencial para la agroforestería pecuaria. Tres especies vegetales promisorias, Nacedero *Trichanthera gigantea*, Boton de oro *Tithonia diversifolia* y Bore *Alocacia macrorrhiza*. Cali (Colombia), p13-25.

- Gonzalez. C. 1994. Utilización de la batata (*Ipomoea batatas L*) en la alimentación de cerdos en confinamiento y en pastoreo. Tesis Doctoral. U.C.V. Facultad de Agronomía. p 235.
- Guillon, F.; Renard,C; Hospers, J. Thibault, J. And Barry, J. (1995). Characterization of residual fibres from fermentation of pea and apple fibres by human faecal bacteria. J Sci. Food Agric. 68:521-529.
- INRA. 2002. Unité Mixte de Recherches sur le Veau et le Porc. Méthode de laboratoire. Activité enzymatique.
- Jin, L., Reynolds, L.P; Redmer,D.A., Caton, J.S., Crenshaw, J.D. (1994). Effects of dietary fibre on intestinal growth, cell proliferation, and morphology in growing pigs. J. Anim. Sci. 72, 2270-2278.
- Jensen.B.B., (2001). Possible ways of modifying type and amount of products from microbial fermentation in the gut. The Nottingham university press, Nottingham, pp. 274-291.
- Klis J. D. and Jansman A. J., 2002. Optimising nutrient digestion, absorption and gut barrier function in monogastrics: reality or illusion?. Nutrition and health of the gastrointestinal tract. Wageningen Academic Publishers. Netherlands, pag. 15-36.
- Langhang,W. (1999). Appetite Regulation. In: Lobley, G.E., White,A., Macrae,J.C., Protein Metabolism and Nutrition, EAAP publication No. 96, Wageningen Pers., The Netherlands, 225-252
- Langlois, A., Corring, T., Fevrierc., (1987). Effect of Wheat Bran on exocrine Pancreas secretion in the Pig. Reprod.Nutr. Dev. 27, 929-939.
- Leterme, P., Leeuwen, P., Thewis, A., Huisman, J.,(1996). Chemical composition of pea inner fibre isolates and their effect on the endogenous digestive secretions in pigs. J. Agric. Food. 72.127-134.
- Leterme, P., Froidmond, E., Rossi, F., Thewis, A. (1998). The high water-holding capacity of pea inner fibres affect the ileal flow of endogenous amino acids in pigs, J. Agris. Food. Chem. 46. 1927-1934.
- Leterme, P. y Estrada, F. (2001). Notas de laboratorio de Nutrición Animal. Universidad Nacional de Colombia. Sede Palmira.
- Leterme, P.; Munoz, L., 2002. Factors influencing pulse consumption in Latin America. Br. J. Nutr. 88(3): 5251-5254.
- Leterme, P. (2002). Nutrición de monogástricos. Apuntes de clase. Maestría en Producción Animal Tropical. Universidad Nacional de Colombia. Sede Palmira.

- National Research Council (NRC). (1998). Nutrient Requirements of Swine. Tenth Revised Edition.
- Leterme, P., Rosales, A., Valencia, A., Mera, F., Ballesteros, R., Souffrant, W., Londoño, A., Sarria, P., Buldgen, A. (2003). Effect of intake of tree foliage and aquatic plant on the rate of ingestion and fecal and ileal digestibilities in pigs. International Symposium on Digestive PHysiology in Pigs, Banff, Canada (2003) Volume 2.
- Leterme, P., Londoño, A., Estrada, F., Buldgen, A., Souffrant, W. 2003. Chemical composition, nutritive value and voluntary intake of tropical tree foliage in pigs International Symposium on Digestive PHysiology in Pigs, Banff, Canada.
- Lowry O.H., Rosebrough N.J., Farr, A.L. and Randall, R.J., 1951. protein measurement with the folin pHenol reagent. J. Biol. Chem. 193, 265-275.
- Mera, J. y Valencia, A. (2003). Determinación de la digestibilidad fecal aparente y de la digestibilidad ileal real de las proteínas de la hoja del nacedero (*Trichanthera gigantea*) en cerdos. Trabajo de grado en Zootecnia. Universidad Nacional de Colombia. Sede Palmira.
- Montoya, C., 2003. Determinación del valor nutricional del follaje de bore, *Xanthosoma* sp; nacedero *Trichanthera gigantea* y morera *Morus alba* mediante la técnica de producción de gas *in vitro*, , Universidad nacional de colombia, sede palmira, Seminario de grado.
- National Research Council (NRC). (1998). Nutrient requirements of swine. Tenth revised edition.
- Quirama, A. y Caicedo, A. (2003). Determinación del valor nutricional del follaje de bore, *Xanthosoma* sp; nacedero *Trichanthera gigantea* y morera *Morus alba* en cerdos. Trabajo de grado en Zootecnia. Universidad Nacional de Colombia. Sede Palmira.
- Restrepo T L F, Sabogal O R, Ulloa B C, Avendaño C H, Bejarano B. E, Andrade A C 1988 La Porcicultura en Colombia. Corporación de Estudios Ganaderos y Agrícolas CEGA e Instituto Agropecuario ICA Bogotá Colombia, 185p.
- Rijnen, M.M., Heetkamp, J.W., Verstegen, M.W., Schrama, J.W. (1999). Effects of dietary fermentable carbohydrates pPhysical activity and energy metabolism in group-housed sows. Proceeding of the ASAS meeting, P 182.
- Robertson, J.; Murison, S. And Chesson, A. (1986). Loss of selected water-insoluble polysacharides and component neutral sugars from swede (*Brassica napus* (cv. Danestone)) and cereal bran measured during digestion in the pig caecum. J. Sci. Food Agric 37:359-365.

- Rodriguez, M Y Figueroa, V. (2000). Evaluación de la fracción nitrogenada de diferentes alimentos fibrosos y su efecto sobre la digestibilidad *in vitro*. Instituto de Investigaciones Porcinas. La Habana, Cuba. Tomado de: www.sian.info.ve/porcinos/publicaciones/rcpp21/MAYDEL.htm Pagina visitada: mayo 7 de 2003. 8:30 pm.
- Rodríguez, P., Garcia, J Y De Blass, C. (1999). Fibra Soluble y su implicación en nutrición animal: Enzimas y probióticos. Avances en Nutrición y alimentación animal. Tomado de: www.fedna.com/avances/fibra/nutrianimal.html Página visitada: Mayo 7 de 2003. 9:30 pm.
- Rosales, M. (1997). *Trichanthera gigantea* (Humboldt. Et Bonpland.) Nees, a review. En: Livestock feed resources and integrated farming systems. II FAO electronic conference on tropical feeds. Roma, 9 pp. En CD-ROM.
- Salgado P., Lalles J.P., Toullec R., Mourato M., Cabral F., Freire J.P.B. 2001b. Nutrient digestibility of chickpea (*Cicer arietinum* L.) seeds and effects on the small intestine of weaned piglets. *Animal Feed Science and Technology* **91**, 197-212.
- Sangild P.T., Sjöstrom H., Noren O., Fowden, A:C:, and SILVER M., 1995. The prenatal development and glucocorticoid control of brush-border hydrolases in the pig small intestine. *Pediatr. Res.* **37**, 207-212.
- Sarria, P. Y Ngoan, J. (1993). Palatabilidad de algunas forrajeras en cerdos.
- Sarria, P. (1994). Efecto del nacedero (*Trichanthera gigantea*) como reemplazo parcial de la soya en cerdas en gestación y lactancia recibiendo una dieta básica de jugo de caña. *Livestock Research for Rural Development*. Volume 6, Number 1, March 1994
- Sarria, P., Rosero, P. M., Murgueitio, R. E. (1999). Desarrollo de Sistemas Sostenibles de Producción de cerdos usando recursos tropicales disponibles a nivel de finca. CIPAV y SINTAP PRONATTA, Cali 100p.
- Sarria, P. (2002). Experiencias en la utilización de Nacedero *Trichanthera gigantea* (H. & B.) Nees en la alimentación de cerdos. Tres especies vegetales promisorias, Nacedero *Trichanthera gigantea*, Botón de oro *Tithonia diversifolia* y Bore *Alocacia macrorrhiza*. Cali (Colombia), p145-156

- Sjöstrom H., Noren O., Jeppensen L., Staun M., Svensson B. and Christiansen L., 1978. Purification of different amphiphilic forms of a microvillus aminopeptidase from pig small intestine using immunoadsorbent chromatography. Eur. J. Biochem. 88, 503-511.
- Sauer, W., Just, A., Jorgensen, H. (1982). The effect of feed intake on ileal and fecal availabilities in pigs. Z. Tierphysiol. Tierernahrg. Futtermittelkunde 48, 177- 184.
- Soler, L. (1998). La fibra alimentaria (y II). Metabolismo implicaciones fisiológicas. Medicina Clinica. 110:32-37.
- Souffrant, W.B. (2001). Effect of dietary fibre on ileal digestibility and endogenous nitrogen losses in the pig. Animal Feed Science and Technology. 90: 93-102.
- Varel, V y Yen, G. (1997). Microbial perspective on fiber utilization by Swine. Journal Animal Science 75: 2715-2722.
- Victoria, N. (2002). Determinación del valor nutricional de la soya integral extruida *Glycine max*; para la alimentación de la tilapia roja *Oreochromis sp.* Trabajo de grado en Zootecnia. Universidad Nacional de Colombia. Sede Palmira.
- Wenk, C. (2001). The role of dietary fibre in the digestive physiology of the pig. Animal Feed Science and Technology. 90. pag. 21-33.
- Zarate, E y Orozco, J. (1998) Contribución al conocimiento del patrón sexual del pato muscovy *Cairina moschata* (L) y su adiestramiento para la colecta del semen. Trabajo de grado en Zootecnia. Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira.
- Zebrowska, T., Low, A.G., Zebrowska, H. (1983). Studies on gastric digestion of protein and carbohydrate, gastric secretion and exocrine pancreatic in the growing pig. Br. J. Nutr. 49, 401-410.
- Xuan Dung, N. N., Manh, L. H. Udén, P. (2002). Tropical fibre sources for pigs— digestibility, digesta retention and estimation of fibre digestibility in vitro. Animal Feed Science and Technology. 102, 109–124.

12. ANEXOS

ANEXO 1. DIGESTIBILIDAD FECAL APARENTE DE LA MATERIA SECA

DIGESTIBILIDAD FECAL APARENTE DE LA MATERIA SECA					
	% DE DIGESTIBILIDAD FECAL				PROMEDIOS
CONTROL	0,836	0,857	0,833	0,821	0,837
NACEDERO 15	0,785	0,781	0,802	0,748	0,779
NACEDERO 30	0,738	0,738	0,744	0,699	0,730
BORE 15	0,820	0,833	0,803	0,812	0,817
BORE 30	0,794	0,758	0,813	0,782	0,787
MORERA 15	0,804	0,795	0,810	0,802	0,803
MORERA 30	0,786	0,761	0,808	0,737	0,773

ANEXO 2. DIGESTIBILIDAD FECAL APARENTE DE LA PROTEINA

DIGESTIBILIDAD FECAL APARENTE DE LA PROTEINA					
	% DE DIGESTIBILIDAD FECAL				PROMEDIOS
CONTROL	0,861	0,889	0,898	0,885	0,883
NACEDERO 15	0,791	0,796	0,785	0,725	0,774
NACEDERO 30	0,742	0,723	0,722	0,662	0,712
BORE 15	0,804	0,849	0,816	0,846	0,829
BORE 30	0,782	0,781	0,815	0,818	0,799
MORERA 15	0,793	0,813	0,828	0,821	0,814
MORERA 30	0,770	0,785	0,833	0,753	0,785

ANEXO 3. DIGESTIBILIDAD FECAL APARENTE DE LA ENERGIA

DIGESTIBILIDAD FECAL APARENTE DE LA ENERGIA					
	% DE DIGESTIBILIDAD FECAL				PROMEDIOS
CONTROL	0,855	0,864	0,871	0,854	0,861
NACEDERO 15	0,801	0,818	0,823	0,775	0,804
NACEDERO 30	0,757	0,772	0,761	0,715	0,751
BORE 15	0,828	0,854	0,823	0,831	0,834
BORE 30	0,795	0,774	0,823	0,789	0,795
MORERA 15	0,829	0,836	0,830	0,820	0,829
MORERA 30	0,785	0,796	0,822	0,764	0,792

ANEXO 4. DIGESTIBILIDAD FECAL APARENTE DE LA FDN

DIGESTIBILIDAD FECAL APARENTE DE LA FDN					
	% DE DIGESTIBILIDAD FECAL				PROMEDIOS
CONTROL	0,570	0,635	0,551	0,557	0,578
NACEDERO 15	0,594	0,603	0,653	0,523	0,593
NACEDERO 30	0,642	0,593	0,544	0,445	0,556
BORE 15	0,661	0,643	0,682	0,637	0,656
BORE 30	0,702	0,613	0,709	0,697	0,680
MORERA 15	0,627	0,594	0,687	0,605	0,628
MORERA 30	0,643	0,666	0,687	0,612	0,652

ANEXO 5. DIGESTIBILIDAD FECAL APARENTE DE LA FDA

DIGESTIBILIDAD FECAL APARENTE DE LA FDA					
	% DE DIGESTIBILIDAD FECAL				PROMEDIOS
CONTROL	0,397	0,492	0,324	0,274	0,372
NACEDERO 15	0,393	0,449	0,496	0,319	0,414
NACEDERO 30	0,443	0,441	0,269	0,217	0,343
BORE 15	0,536	0,527	0,518	0,470	0,512
BORE 30	0,651	0,426	0,603	0,540	0,555
MORERA 15	0,448	0,464	0,541	0,443	0,474
MORERA 30	0,580	0,547	0,591	0,427	0,536

ANEXO 6. DIGESTIBILIDAD FECAL APARENTE DE LA MS DEL FORRAJE

DIGESTIBILIDAD FECAL APARENTE DE LA MS DEL FORRAJE					
	% DE DIGESTIBILIDAD FECAL				PROMEDIOS
NACEDERO 15	0,522	0,493	0,632	0,272	0,480
NACEDERO 30	0,520	0,518	0,538	0,390	0,492
BORE 15	0,751	0,837	0,640	0,699	0,732
BORE 30	0,705	0,585	0,770	0,664	0,681
MORERA 15	0,648	0,583	0,685	0,632	0,637
MORERA 30	0,677	0,597	0,752	0,516	0,635

ANEXO 7. DIGESTIBILIDAD FECAL APARENTE DE LA PROTEINA DEL FORRAJE

DIGESTIBILIDAD FECAL APARENTE DE LA PROTEINA DEL FORRAJE					
	% DE DEGESTIBILIDAD				PROMEDIOS
NACEDERO 15	0,277	0,307	0,237		0,273
NACEDERO 30	0,416	0,352	0,350	0,149	0,317
BORE 15	0,359	0,665	0,442	0,639	0,526
BORE 30	0,548	0,546	0,659	0,670	0,606
MORERA 15	0,287	0,422	0,519	0,478	0,426
MORERA 30	0,510	0,559	0,718	0,453	0,560

ANEXO 8. DIGESTIBILIDAD FECAL APARENTE DE LA ENERGIA DEL FORRAJE

DIGESTIBILIDAD FECAL APARENTE DE LA ENERGIA DEL FORRAJE					
	% DE DIGESTIBILIDAD				PROMEDIOS
NACEDERO 15	0,633	0,602	0,632	0,312	0,545
NACEDERO 30	0,632	0,573	0,539	0,384	0,532
BORE 15	0,681	0,842	0,633	0,688	0,711
BORE 30	0,745	0,580	0,745	0,633	0,676
MORERA 15	0,539	0,716	0,681	0,614	0,638
MORERA 30	0,740	0,656	0,740	0,549	0,671

ANEXO 9. DIGESTIBILIDAD FECAL APARENTE DE LA FDN DELFORRAJE

DIGESTIBILIDAD FECAL APARENTE DE LA FDN DELFORRAJE					
	% DE DIGESTIBILIDAD				PROMEDIOS
NACEDERO 15	0,742	0,798	1,132	0,264	0,734
NACEDERO 30	0,816	0,651	0,487	0,158	0,528
BORE 15	1,190	1,069	1,328	1,024	1,153
BORE 30	1,013	0,719	1,036	0,998	0,942
MORERA 15	0,957	0,743	1,358	0,816	0,969
MORERA 30	0,818	0,894	0,963	0,714	0,847

ANEXO 10. DIGESTIBILIDAD FECAL APARENTE DE LA FDA DEL FORRAJE

DIGESTIBILIDAD FECAL APARENTE DE LA FDA DEL FORRAJE					
	% DE DIGESTIBILIDAD				PROMEDIOS
NACEDERO 15	0,660	1,031	1,344	0,167	0,801
NACEDERO 30	0,669	0,664	0,091	-0,083	0,335
BORE 15	1,612	1,551	1,491	1,170	1,456
BORE 30	1,362	0,612	1,203	0,992	1,042
MORERA 15	1,026	1,133	1,646	0,991	1,199
MORERA 30	1,127	1,017	1,164	0,616	0,981

ANEXO 11. DIGESTIBILIDA APARENTE DE LA MATERIA SECA A TRAVÉS DEL TRACTO INTESTINAL

DIGESTIBILIDA APARENTE DE LA MATERIA SECA							
CERDA	DIETA	DUODENO	YEYUNO	ILEON	CIEGO	COLON	FECAL
1	CONTROL	0,273	0,651	0,709	0,702	0,802	
2	CONTROL	0,330	0,639	0,741	0,757	0,781	
3	CONTROL	0,133	0,481	0,771	0,834	0,864	
4	CONTROL	0,360	0,690	0,734	0,790	0,830	
	PROMEDIOS	0,274	0,615	0,739	0,771	0,819	0,832
1	NACEDERO 30%	0,345	0,536	0,494	0,636	0,686	
2	NACEDERO 30%	0,492	0,539	0,552	0,655	0,696	
3	NACEDERO 30%	0,070	0,348	0,624	0,716	0,758	
4	NACEDERO 30%	0,075	0,652	0,660	0,678	0,755	
	PROMEDIOS	0,246	0,519	0,583	0,671	0,724	0,730
1	MORERA 30%	0,118	0,611	0,638	0,636	0,758	
2	MORERA 30%	0,110	0,652	0,603	0,671	0,789	
3	MORERA 30%	0,243	0,352	0,739	0,760	0,778	
4	MORERA 30%	0,490	0,527	0,589	0,704	0,767	
	PROMEDIOS	0,240	0,536	0,642	0,693	0,773	0,773
1	BORE 30%	0,140	0,537	0,707	0,704	0,799	
2	BORE 30%	0,265	0,469	0,628	0,774	0,820	
3	BORE 30%	0,425	0,488	0,710	0,693	0,726	
4	BORE 30%		0,562	0,693	0,686	0,732	
	PROMEDIOS	0,277	0,514	0,684	0,714	0,769	0,787

ANEXO 12. DIGESTIBILIDAD APARENTE DE LA PROTEINA A TRAVÉS DEL TRACTO INTESTINAL

DIGESTIBILIDAD APARENTE DE LA PROTEINA							
CERDA	DIETA	DIG DUO	D CENTRO YEY	DIG ILEON	CIEGO	COLON	FECAL
1	CONTROL	0,106	0,733	0,753	0,795	0,815	
2	CONTROL	0,087	0,752	0,802	0,836	0,785	
3	CONTROL	-0,138	0,583	0,844	0,860	0,856	
4	CONTROL	0,020	0,758	0,813	0,847	0,836	
	PROMEDIOS	0,018	0,706	0,803	0,834	0,823	0,883
1	NACEDERO 30%	0,294	0,573	0,326	0,672	0,662	
2	NACEDERO 30%	0,337	0,460	0,530	0,682	0,660	
3	NACEDERO 30%	-0,041	0,287	0,630	0,753	0,737	
4	NACEDERO 30%	0,072	0,645	0,659	0,733	0,751	
	PROMEDIOS	0,166	0,491	0,536	0,710	0,703	0,712
1	MORERA 30%	-0,151	0,615	0,674	0,648	0,773	
2	MORERA 30%	-0,172	0,590	0,681	0,778	0,790	
3	MORERA 30%	0,003	0,313	0,794	0,758	0,769	
4	MORERA 30%	0,298	0,478	0,635	0,740	0,743	
	PROMEDIOS	-0,005	0,499	0,696	0,731	0,769	0,785
1	BORE 30%	0,001	0,396	0,740	0,772	0,804	
2	BORE 30%	0,090	0,396	0,738	0,837	0,799	
3	BORE 30%	0,167	0,509	0,756	0,768	0,729	
4	BORE 30%		0,439	0,710	0,795	0,778	
	PROMEDIOS	0,086	0,435	0,736	0,793	0,778	0,799

ANEXO 13. DIGESTIBILIDAD APARENTE DE LA ENERGIA A TRAVÉS DEL TRACTO INTESTINAL

DIGESTIBILIDAD APARENTE DE LA ENERGIA							
CERDA	DIETA	DIG DUO	D CENTRO YEY	DIG ILEON	CIEGO	COLON	FECAL
1	CONTROL	0,307	0,638	0,724	0,769	0,816	
2	CONTROL	0,336	0,596	0,788	0,783	0,798	
3	CONTROL	0,163	0,477	0,785	0,856	0,876	
4	CONTROL	0,366	0,658	0,744	0,814	0,846	
	PROMEDIOS	0,293	0,592	0,760	0,805	0,834	0,861
1	NACEDERO 30%	0,271	0,517	0,579	0,657	0,687	
2	NACEDERO 30%	0,514	0,506	0,540	0,672	0,667	
3	NACEDERO 30%	0,034	0,394	0,635	0,753	0,761	
4	NACEDERO 30%	0,030	0,595	0,670	0,701	0,764	
	PROMEDIOS	0,212	0,503	0,606	0,696	0,720	0,751
1	MORERA 30%	0,009	0,598	0,697	0,649	0,759	
2	MORERA 30%	0,116	0,615	0,607	0,699	0,796	
3	MORERA 30%	0,148	0,298	0,757	0,781	0,789	
4	MORERA 30%	0,468	0,469	0,608	0,757	0,779	
	PROMEDIOS	0,185	0,495	0,667	0,721	0,781	0,792
1	BORE 30%	0,009	0,476	0,731	0,730	0,793	
2	BORE 30%	0,135	0,380	0,654	0,785	0,810	
3	BORE 30%	0,343	0,455	0,732	0,701	0,712	
4	BORE 30%		0,465	0,712	0,686	0,751	
	PROMEDIOS	0,162	0,444	0,707	0,725	0,767	0,795

ANEXO 14. DIGESTIBILIDAD DE LA FDN A TRAVÉS DEL TRACTO INTESTINAL

DIGESTIBILIDAD DE LA FDN							
CERDA	DIETA	DIG DUO	D CENTRO YEY	DIG ILEON	CIEGO	COLON	FECAL
1	CONTROL	0,131	0,298	0,398	0,357	0,552	
2	CONTROL	0,174	0,417	0,359	0,490	0,324	
3	CONTROL	0,086	0,297	0,511	0,645	0,644	
4	CONTROL	0,099	0,485	0,516	0,385	0,496	
	PROMEDIOS	0,122	0,374	0,446	0,469	0,504	0,568
1	NACEDERO 30%	0,244	0,094	0,013	0,256	0,529	
2	NACEDERO 30%	0,461	0,372	0,103	0,425	0,520	
3	NACEDERO 30%	0,097	0,294	0,386	0,545	0,671	
4	NACEDERO 30%	-0,027	0,448	0,418	0,472	0,604	
	PROMEDIOS	0,194	0,302	0,230	0,424	0,581	0,556
1	MORERA 30%	0,135	0,592	0,569	0,548	0,684	
2	MORERA 30%	0,151	0,689	0,454	0,334	0,607	
3	MORERA 30%	0,236	0,305	0,581	0,664	0,704	
4	MORERA 30%	0,521	0,484	0,372	0,589	0,615	
	PROMEDIOS	0,260	0,518	0,494	0,534	0,653	0,628
1	BORE 30 %	0,126	0,489	0,624	0,562	0,764	
2	BORE 30 %	0,178	0,308	0,364	0,698	0,630	
3	BORE 30 %	0,347	0,291	0,535	0,563	0,653	
4	BORE 30 %		0,490	0,534	0,610	0,653	
	PROMEDIOS	0,217	0,394	0,514	0,608	0,675	0,680

ANEXO 15. DIGESTIBILIDAD DE LA FDA A TRAVÉS DEL TRACTO INTESTINAL

DIGESTIBILIDAD DE LA FDA							
CERDA	DIETA	DIG DUO	D CENTRO YEY	DIG ILEON	CIEGO	COLON	FECAL
1	CONTROL	0,032	0,003	0,240	0,100	0,395	
2	CONTROL	-0,094	0,236	0,152	0,242	0,371	
3	CONTROL	-0,035	-0,015	0,358	0,388	0,509	
4	CONTROL	0,268	0,287	0,277	0,286	0,303	
	PROMEDIOS	0,043	0,128	0,257	0,254	0,394	0,346
1	NACEDERO 30%	0,013	-0,009	-0,047	0,064	0,260	
2	NACEDERO 30%	0,456	0,268	-0,216	0,154	0,301	
3	NACEDERO 30%	-0,023	0,278	0,204	0,350	0,517	
4	NACEDERO 30%	-0,004	0,341	0,286	0,183	0,402	
	PROMEDIOS	0,110	0,219	0,057	0,188	0,370	0,343
1	MORERA 30%	0,011	0,291	0,288	0,313	0,522	
2	MORERA 30%	0,002	0,328	0,218	0,281	0,596	
3	MORERA 30%	0,230	0,022	0,472	0,532	0,584	
4	MORERA 30%	0,331	0,398	0,122	0,358	0,492	
	PROMEDIOS	0,143	0,260	0,275	0,371	0,549	0,536
1	BORE 30 %	0,120	0,385	0,453	0,389	0,636	
2	BORE 30 %	0,271	0,044	0,138	0,513	0,650	
3	BORE 30 %	0,345	0,278	0,435	0,321	0,469	
4	BORE 30 %		0,341	0,460	0,481	0,496	
	PROMEDIOS	0,245	0,262	0,371	0,426	0,563	0,555

ANEXO 16. PORCENTAJE DE MATERIA SECA A TRAVÉS DEL TRACTO GASTROINTESTINAL

CONTENIDO EN MATERIA SECA A TRVÉS DEL TGI ALIMENTANDO CON DIETA CONTROL								
	ALIMENTO	C EST	DUODENO	YEYUNO	ILEON	CIEG	COLON	ESES
CONTROL 1	90,16	24,33	10,76	20,34	16,16	27,12	22,38	34,24
CONTROL 2	90,16	26,25	14,26	16,40	17,32	16,25	20,11	31,13
CONTROL 3	90,16	36,15	18,54	19,42	11,02	10,14	19,94	31,84
CONTROL 4	90,16	26,54	16,54	17,45	13,40	13,54	26,35	30,67
PROMEDIO	90,16	28,32	15,02	18,40	14,47	16,76	22,20	31,97

CONTENIDO EN MATERIA SECA A TRVÉS DEL TGI ALIMENTANDO CON NACEDERO 30%								
	ALIMENTO	C EST	DUODENO	YEYUNO	ILEON	CIEG	COLON	ESES
NACEDERO1	90,92	21,37	6,65	12,30	10,15	9,38	16,24	19,61
NACEDERO 2	90,92	14,39	5,55	13,27	13,47	9,08	11,79	19,86
NACEDERO 3	90,92	20,18	8,71	6,77	9,68	9,86	23,04	16,50
NACEDERO 4	90,92	7,44	8,05	10,67	10,21	8,66	13,40	22,35
PROMEDIO	90,92	15,84	7,24	10,75	10,88	9,25	16,12	19,58

CONTENIDO EN MATERIA SECA A TRAVÉS DEL TGI ALIMENTANDO CON BORE 30%								
	ALIMENTO	C EST	DUODENO	YEYUNO	ILEON	CIEG	COLON	ESES
BORE 1	90,89	16,90	12,20	14,18	10,18	8,89	21,60	27,05
BORE 2	90,89	13,36	9,27	12,54	9,85	10,36	18,68	23,56
BORE 3	90,89	22,30	15,52	19,00	10,66	8,84	15,35	19,04
BORE 4	90,89	21,51	0,00	5,87	10,79	11,39	23,72	28,65
PROMEDIO	90,89	18,52	12,33	12,90	10,37	9,87	19,84	24,57

CONTENIDO EN MATERIA SECA TRAVÉS DEL TGI ALIMENTANDO CON MORERA 30%								
	ALIMENTO	C EST	DUODENO	YEYUNO	ILEON	CIEG	COLON	ESES
MORERA 1	91,18	18,47	12,30	13,79	11,40	10,56	12,69	23,15
MORERA 2	91,18	18,51	11,69	13,19	12,01	11,23	18,67	24,67
MORERA 3	91,18	13,94	9,05	15,17	10,84	11,60	22,25	24,00
MORERA 4	91,18	7,37	10,25	14,24	11,90	10,56	19,58	25,89
PROMEDIO	91,18	14,57	10,82	14,10	11,54	10,99	18,30	24,43

ANEXO 17. PORCENTAJES EN LOS CONTENIDOS EN PROTEINA A TRAVÉS DEL TGI

CONTROL CONTENIDOS EN PROTEINA							
	ALIMENTO	DUODENO	YEUONO	ILEON	CIEGO	COLON	EXCRETAS
CONTROL 1	15,65	19,25	11,96	13,26	10,75	14,60	13,26
CONTROL 2	15,65	21,33	10,75	11,94	10,60	15,40	12,19
CONTROL 3	15,65	20,55	12,58	10,66	12,25	16,55	10,06
CONTROL 4	15,65	23,97	12,25	11,02	11,37	15,04	9,56
PROMEDIO	15,65	21,27	11,89	11,72	11,24	15,40	11,27
NACEDERO 30% CONTENIDOS EN PROTEINA							
	ALIMENTO	DUODENO	YEUONO	ILEON	CIEGO	COLON	EXCRETAS
NACEDERO 1	16,98	18,31	15,63	22,62	15,29	18,27	16,75
NACEDERO 2	16,98	22,14	19,88	17,82	15,69	18,99	17,93
NACEDERO 3	16,98	19,00	18,59	16,74	14,75	18,46	18,41
NACEDERO 4	16,98	17,04	17,33	16,99	14,08	17,27	19,09
PROMEDIO	16,98	19,12	17,86	18,54	14,95	18,25	18,05
BORE 30% CONTENIDOS EN PROTEINA							
	ALIMENTO	DUODENO	YEUONO	ILEON	CIEGO	COLON	EXCRETAS
BORE 1	17,22	20,01	22,47	15,25	13,25	16,82	18,24
BORE 2	17,22	21,32	19,59	12,15	12,43	19,16	15,56
BORE 3	17,22	24,95	16,51	14,49	13,00	17,05	17,05
BORE 4	17,22		22,07	16,25	11,21	14,26	14,32
	17,22	22,09	20,16	14,54	12,48	16,82	16,29
MORERA 30% CONTENIDOS EN PROTEINA							
	ALIMENTO	DUODENO	YEUONO	ILEON	CIEGO	COLON	EXCRETAS
MORERA 1	16,85	22,00	16,67	15,19	16,28	15,80	18,04
MORERA 2	16,85	22,19	19,89	13,57	11,37	16,82	15,18
MORERA 3	16,85	22,19	17,85	13,27	17,02	17,57	14,68
MORERA 4	16,85	23,21	18,61	14,95	14,82	18,60	15,81
PROMEDIO	16,85	22,40	18,26	14,25	14,87	17,20	15,93

ANEXO 18. CONTENIDOS EN ENERGIA A TRAVÉS DEL TGI

CONTROL 30% CONTENIDOS EN ENERGIA							
	ALIM	DUO	YEY	ILE	CIE	COL	EXCRE
CONTROL 1	4147,55	3953,40	4305,91	3935,97	3216,77	3854,00	3660,90
CONTROL 2	4147,55	4110,30	4641,10	3394,26	3709,82	3825,34	3954,90
CONTROL 3	4147,55	4005,33	4179,46	3895,54	3609,85	3775,31	3393,11
CONTROL 4	4147,55	4108,89	4580,81	3998,25	3668,21	3751,58	3205,51
PROMEDIO	4147,55	4044,48	4426,82	3806,01	3551,16	3801,56	3553,60
NACEDERO 30% CONTENIDOS EN ENERGIA							
	ALIM	DUO	YEY	ILE	CIE	COL	EXCRE
NACEDERO 1	3920,11	4368,03	4076,43	3259,00	3691,50	3899,65	3638,92
NACEDERO 2	3920,11	3744,94	4200,91	4023,91	3735,82	4296,82	3414,06
NACEDERO 3	3920,11	4070,35	3647,11	3811,27	3407,49	3885,73	3651,27
NACEDERO 4	3920,11	4112,12	4568,29	3798,26	3635,89	3776,93	3719,28
PROMEDIO	3920,11	4073,86	4123,18	3723,11	3617,68	3964,78	3605,88
BORE 30% CONTENIDOS EN ENERGIA							
	ALIM	DUO	YEY	ILE	CIE	COL	EXCRE
BORE 1	4162,50	4799,90	4706,02	3823,71	3801,82	4292,85	4146,87
BORE 2	4162,50	4900,26	4860,26	3875,77	3952,94	4223,19	3892,46
BORE 3	4162,50	4756,01	4432,11	3841,37	4061,73	4380,65	3945,42
BORE 4	4162,50		5080,65	3900,25	4165,41	3863,36	4013,80
PROMEDIO	4162,50	4818,72	4769,76	3860,27	3995,48	4190,01	3999,64
MORERA 30% CONTENIDOS EN ENERGIA							
	ALIM	DUO	YEY	ILE	CIE	COL	EXCRE
MORERA 1	4145,08	4658,47	4286,89	3466,26	3995,37	4128,56	4151,87
MORERA 2	4145,08	4118,58	4587,18	4111,20	3801,21	4011,71	3536,05
MORERA 3	4145,08	4664,55	4489,25	3850,88	3777,18	3949,45	3851,99
MORERA 4	4145,08	4325,21	4651,25	3949,56	3404,51	3926,74	3716,31
PROMEDIO	4145,08	4441,71	4503,64	3844,47	3744,57	4004,12	3814,06

ANEXO 19. PORCENTAJES EN LOS CONTENIDOS EN FDN A TRAVÉS DEL TGI

CONTROL FDN							
	ALIMENTO	DUODENO	YEYUNO	ILEON	CIEGO	COLON	EXCRETAS
CONTROL 1	17,08	20,42	34,32	35,29	36,80	38,66	44,69
CONTROL 2	17,08	21,04	27,61	42,26	35,87	52,74	43,59
CONTROL 3	17,08	18,00	23,12	36,48	36,54	44,55	42,31
CONTROL 4	17,08	24,04	28,40	31,11	49,97	50,46	45,83
PROMEDIO	17,08	20,88	28,36	36,29	39,80	46,60	44,11
NACEDERO 30% FDN							
	ALIMENTO	DUODENO	YEYUNO	ILEON	CIEGO	COLON	EXCRETAS
NACEDERO 1	24,01	27,75	46,87	46,82	49,07	35,96	32,82
NACEDERO 2	24,01	25,45	32,69	48,06	40,07	37,97	37,24
NACEDERO 3	24,01	23,30	26,03	39,24	38,49	32,67	42,75
NACEDERO 4	24,01	26,67	38,16	41,06	39,36	38,79	44,34
PROMEDIO	24,01	25,79	35,94	43,80	41,75	36,35	39,29
BORE 30 FDN							
	ALIMENTO	DUODENO	YEYUNO	ILEON	CIEGO	COLON	EXCRETAS
BORE 1	26,00	26,43	28,71	33,32	38,46	30,56	37,65
BORE 2	26,00	29,06	33,89	44,45	42,53	43,45	41,52
BORE 3	26,00	29,54	36,00	41,63	37,01	32,98	40,56
BORE 4	26,00	0,00	30,25	39,40	32,27	33,65	36,07
PROMEDIO	26,00	28,35	32,21	39,70	37,57	35,16	38,95
MORERA 30% FDN							
	ALIMENTO	DUODENO	YEYUNO	ILEON	CIEGO	COLON	EXCRETAS
MORERA1	24,67	24,22	25,85	29,35	30,59	32,21	41,06
MORERA 2	24,67	23,55	22,07	33,96	49,97	46,01	34,55
MORERA 3	24,67	24,90	26,46	39,55	34,49	32,88	40,27
MORERA 4	24,67	23,20	26,92	37,69	34,26	40,70	36,42
PROMEDIO	24,67	23,97	25,32	35,14	37,33	37,95	38,08

ANEXO 20. PORCENTAJES EN LOS CONTENIDOS EN FDA A TRAVÉS DEL TGI

CONTROL FDA							
	ALIMENTO	DUODENO	YEYUNO	ILEON	CIEGO	COLON	EXCRETAS
CONTROL 1	6,11	8,14	17,45	15,94	18,42	18,69	22,44
CONTROL 2	6,11	9,98	12,93	20,00	19,09	17,57	21,71
CONTROL 3	6,11	7,29	11,95	17,13	22,55	22,00	24,83
CONTROL 4	6,11	6,99	14,07	16,64	20,76	24,97	24,67
PROMEDIO	6,11	8,10	14,10	17,42	20,20	20,81	23,41
NACEDERO 30% FDA							
	ALIMENTO	DUODENO	YEYUNO	ILEON	CIEGO	COLON	EXCRETAS
NACEDERO 1	9,17	13,83	19,93	18,97	23,59	21,58	19,54
NACEDERO 2	9,17	9,82	14,56	24,90	22,51	21,10	19,53
NACEDERO 3	9,17	10,09	10,17	19,45	21,00	18,34	26,16
NACEDERO 4	9,17	9,96	17,38	19,22	23,25	22,37	23,88
PROMEDIO	9,17	10,92	15,51	20,64	22,59	20,85	22,28
BORE 30% FDA							
	ALIMENTO	DUODENO	YEYUNO	ILEON	CIEGO	COLON	EXCRETAS
BORE 1	10,45	10,69	13,88	19,50	21,54	18,95	17,71
BORE 2	10,45	10,37	18,81	24,21	22,50	20,25	24,78
BORE 3	10,45	11,91	14,72	20,34	23,14	20,26	22,21
BORE 4	10,45	0,00	15,72	18,35	17,27	19,65	21,62
PROMEDIO	10,45	10,99	15,78	20,60	21,11	19,78	21,58
MORERA 30% FDA							
	ALIMENTO	DUODENO	YEYUNO	ILEON	CIEGO	COLON	EXCRETAS
MORERA 1	9,49	10,65	17,29	18,68	17,88	18,76	18,57
MORERA 2	9,49	10,64	18,35	18,71	20,76	18,23	18,01
MORERA 3	9,49	9,65	14,31	19,20	18,51	17,81	20,19
MORERA 4	9,49	12,46	12,08	20,26	20,65	20,62	20,69
PROMEDIO	9,49	10,85	15,51	19,21	19,45	18,86	19,37

ANEXO 21. COMPORTAMIENTO DEL TRACTO DIGESTIVO DE LAS CERDAS ALIMENTADAS CON LA DIETA CONTROL

TRACTO DIGESTIVO DE CERDAS ALIMENTADAS CON LA DIETA CONTROL												
PESO CORPORAL	LONG. ID.m	LONG IG. M	PESO EST.g	PESO ID. G	PESO CIEGO g	PESO COLON g	PH EST.	PH CIE	PH COLON	RELACION MUCOSA-MUSCULO		
										DUO	YEY	ILEON
245,00	20,19	6,90	1257,00	3360,00	228,50	3293,00	2,87	6,26	6,32	0,18	0,24	0,13
213,00	15,52	5,88	1118,70	2067,80	146,80	2742,20	3,99	6,17	6,15	0,29	0,15	0,21
193,00	15,69	5,50	1172,40	2365,30	173,40	2549,80	2,11	6,22	6,18	0,18	0,21	0,10
221,00	18,10	6,40	1218,00	2447,00	303,30	4503,00	1,64	6,32	6,40	0,10	0,33	0,22
218,00	17,38	6,17	1191,53	2560,03	213,00	3272,00	2,65	6,24	6,26	0,19	0,23	0,16

ANEXO 22. COMPORTAMIENTO DEL TRACTO DIGESTIVO DE LAS CERDAS ALIMENTADAS CON NACEDERO

TRACTO DIGESTIVO DE CERDAS ALIMENTADAS CON NACEDERO 30%												
PESO CORPORAL	LONG. ID.m	LONG IG. M	PESO EST.g	PESO ID. G	PESO CIEGO g	PESO COLON g	PH EST.	PH CIE	PH COLON	RELACION MUCOSA-MUSCULO		
										DUO	YEY	ILEON
247,00	19,30	7,70	1503,40	4008,20	404,60	6869,00	4,96	6,45	6,17	0,35	0,35	0,28
197,00	19,10	6,00	1340,50	2780,10	309,70	3706,00	2,89	6,60	6,39	0,38	0,37	0,20
217,00	17,00	4,80	1030,70	2254,60	360,50	2998,40	3,92	6,56	7,06	0,33	0,44	0,16
224,00	18,40	7,00	1292,00	2423,70	345,70	3247,00	5,43	6,75	6,64	0,11	0,39	0,28
221,25	18,45	6,38	1291,65	2866,65	355,13	4205,10	4,30	6,59	6,57	0,29	0,39	0,23

ANEXO 23. COMPORTAMIENTO DEL TRACTO DIGESTIVO DE LAS CERDAS ALIMENTADAS CON MORERA

TRACTO DIGESTIVO DE CERDAS ALIMENTADAS CON MORERA 30%												
PESO CORPORAL	LONG. ID.m	LONG IG. M	PESO EST.g	PESO ID. G	PESO CIEGO g	PESO COLON g	PH EST.	PH CIE	PH COLON	RELACION MUCOSA-MUSCULO		
										DUO	YEY	ILEON
224,00	19,50	6,30	1984,00	3288,40	242,70	4366,00	1,94	6,30	6,51	0,23	0,25	0,20
194,00	17,35	6,00	1205,90	2374,50	209,50	2852,20	3,66	6,39	6,54	0,25	0,30	0,31
220,00	16,78	6,80	1243,80	2595,90	291,40	2757,00	2,02	6,61	6,84	0,18	0,27	0,20
197,00	21,20	6,80	1277,00	2375,10	288,50	2578,00	2,33	6,34	5,91	0,27	0,23	0,24
208,75	18,71	6,48	1427,68	2658,48	258,03	3138,30	2,49	6,41	6,45	0,23	0,26	0,24

ANEXO 24. COMPORTAMIENTO DEL TRACTO DIGESTIVO DE LAS CERDAS ALIMENTADAS CON BORE

TRACTO DIGESTIVO DE CERDAS ALIMENTADAS CON BORE 30%												
PESO CORPORAL	LONG. ID.m	LONG IG. M	PESO EST.g	PESO ID. G	PESO CIEGO g	PESO COLON g	PH EST.	PH CIE	PH COLON	RELACION MUCOSA-MUSCULO		
										DUO	YEY	ILEON
227,00	18,80	8,06	1217,40	2928,30	282,30	3712,00	3,38	6,25	6,99	0,26	0,21	0,12
210,00	17,56	7,00	1198,80	2942,10	217,40	4369,00	1,95	6,45	6,54	0,34	0,26	0,20
189,00	19,00	5,80	1093,40	2445,20	178,40	3058,00	4,80	6,40	6,60	0,24	0,30	0,19
214,00	19,60	5,80	1024,70	2483,50	267,00	2023,70	2,97	6,90	7,32	0,21	0,15	0,17
210,00	18,74	6,67	1133,58	2699,78	236,28	3290,68	3,28	6,50	6,86	0,26	0,23	0,17

ANEXO 25. CONTENIDO EN PROTEINA SOLUBLE (mg/ml)

CONTENIDO EN PROTEINA SOLUBLE (mg/ml)		
CONTROL		
DUODENO	YEUENO	ILEON
2,01	1,11	1,11
2,26	1,45	0,98
1,60	1,40	1,33
2,50	1,18	1,16
2,09	1,29	1,14
BORE		
DUODENO	YEUENO	ILEON
0,92	1,03	1,44
1,03	1,25	1,48
1,00	1,90	0,89
1,68	1,27	1,01
1,16	1,36	1,20
MORERA		
DUODENO	YEUENO	ILEON
2,03	2,11	2,21
1,94	1,49	1,92
2,18	1,49	1,48
3,30	1,43	1,74
2,36	1,63	1,84
NACEDERO		
DUODENO	YEUENO	ILEON
2,64	1,38	1,70
1,74	1,24	1,63
1,68	1,37	1,44
1,63	1,18	1,21
1,92	1,29	1,50

ANEXO 26. ACTIVIDAD ENZIMATICA DE LA AMINOPEPTIDASA N

ACTIVIDAD DE LA AMINOPEPTIDASA N		
µM / mg prot / h		
CONTROL		
DUODENO	YEYUNO	ILEON
6377,11	8962,57	7123,12
5274,16	6644,38	9083,79
6953,96	8599,25	7002,90
5404,41	8583,52	7414,58
6002,41	8197,43	7656,10
BORE		
DUODENO	YEYUNO	ILEON
6812,61	7574,33	6050,44
2679,83	7576,71	6631,56
4353,87	5752,51	7916,39
5352,06	6072,04	9202,99
4799,59	6743,90	7450,35
MORERA		
DUODENO	YEYUNO	ILEON
9499,06	4390,40	4130,15
6553,62	4556,78	5313,84
5853,71	5452,25	6362,63
3801,43	5733,38	6463,48
6426,96	5033,20	5567,53
NACEDERO		
DUODENO	YEYUNO	ILEON
5332,63	5250,65	6272,75
3808,78	6922,46	6497,15
3117,49	4752,44	7424,33
701,20	6603,32	5656,18
3240,02	5882,22	6462,60

ANEXO 27. ACTIVIDAD ENZIMATICA DE LA FOSFATASA ALCALINA

FOSFATASA ALCALINA		
µM / mg prot / h		
CONTROL		
DUODENO	YEYUNO	ILEON
256,54	448,10	130,46
248,32	375,54	322,02
404,61	233,90	254,31
191,83	715,08	627,39
275,33	443,16	333,55

BORE

DUODENO	YEYUNO	ILEON
149,58	797,91	135,56
90,50	454,24	90,49
404,11	247,47	214,13
164,66	528,82	271,32
202,21	507,11	177,88

MORERA

DUODENO	YEYUNO	ILEON
555,09	508,06	270,66
406,57	187,93	162,63
343,42	840,28	257,81
246,31	157,54	109,67
387,85	423,45	200,19

NACEDERO

DUODENO	YEYUNO	ILEON
410,51	344,77	175,70
185,80	227,83	245,06
299,77	494,22	222,62
88,80	559,16	305,39
246,22	406,50	237,19

ANEXO 28. ACTIVIDAD ENZIMATICA DE LA SACARASA

ACTIVIDAD DE LA SACARASA		
$\mu\text{M} / \text{mg prot} / \text{h}$		
CONTROL		
DUODENO	YEYUNO	ILEON
603,44	1894,29	1097,32
376,07	1557,57	1099,43
467,24	1962,87	735,42
508,86	2368,36	741,34
488,90	1945,77	918,38
BORE		
DUODENO	YEYUNO	ILEON
111,20	1111,59	663,89
61,65	1982,37	421,41
79,85	831,96	1055,12
60,66	1734,96	788,47
78,34	1415,22	732,22
MORERA		
DUODENO	YEYUNO	ILEON
474,40	702,17	329,83
262,61	323,61	270,02
307,22	696,13	463,34
145,61	720,20	164,02
297,46	610,53	306,80
NACEDERO		
DUODENO	YEYUNO	ILEON
518,72	1161,64	212,95
352,19	978,61	424,84
127,20	1413,97	268,03
41,07	943,38	544,28
259,80	1124,40	362,53