

12

3000

1307

DIGESTIBILIDAD, VALOR NUTRITIVO Y ENERGETICO DEL PLATANO
(Musa paradisiaca. L) EN CERDOS

T E S I S

PRESENTADA AL PROGRAMA DE ESTUDIOS PARA GRADUADOS DE LA
UNIVERSIDAD NACIONAL - INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR EL TITULO DE :

" M A G I S T E R S C I E N T I A E "

P o r

LUIS GONZALO AGUDELO RESTREPO

ABRIL - 1973

BOGOTA - COLOMBIA

ANALIZADO

TESIS APROBADA POR :

COMITE CONSEJERO

Dr. JORGE TULIO GALLO C., Ph.D.	_____	Principal
Dr. ARTHUR OWEN., Ph. D	_____	Consejero
Dr. GUILLERMO CEDEÑO S., M.S.	_____	Consejero

" El Presidente de Tesis, el Consejo de Tesis y el Consejo Examinador de Grado, no serán responsables de las ideas emitidas por el candidato".

(Artículo 217 de los Estatutos de la Universidad Nacional).

DEDICO .

A María Eugenia y Juan Gonzalo

A mis padres y hermanos

Dignos estímulos de mi superación

AGRADECIMIENTO

INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO

Dr. JUAN JOSE SALAZAR

Dr. JORGE TULIO GALLO

Dr. SAMUEL POSADA

Dr. IVAN JIMENEZ

Dr. GUILLERMO CEDEÑO

Dr. ARTHUR OWEN

Dr. ALBERTO MONCADA

Dr. HECTOR OBANDO

Dr. HECTOR RODRIGUEZ

Dr. JEROME H. MANER

Srta. MARIA ISABEL ANDRADE

Sinceros agradecimientos por la ayuda, orientación y estímulo que me brindaron durante mi permanencia en el Programa para Graduados y en la realización de éste trabajo.

CONTENIDO

	Página
1. INTRODUCCION	1
2. OBJETIVOS	4
3. REVISION DE LITERATURA	5
3.1 Evaluación de la Energía	6
3.1.1. Nutrientes Digestibles Totales (NDT)	6
3.1.2. Energía Bruta (EB)	6
3.1.3. Energía Digestible (ED)	6
3.1.4. Energía Metabolizable (EM)	6
3.1.5. Energía Neta (EN)	11
3.1.6. Energía Neta Estimada (ENE)	11
3.1.7. Sistema California de Energía Neta.	12
3.1.8. Sistema Británico de Energía Neta.	12
3.1.9. Sistema Rostock de Energía Neta para engorde.	13
3.1.10. Energía Neta para Lactancia.	13
3.1.11. Equivalente Almidón.	13
3.2. El Plátano.	14
3.2.1. Composición Química.	15

	Página
3.2.1.1 Almidón.	18
3.2.1.2. Azúcares	18
3.2.1.3. Gomas.	20
3.2.1.4. Cenizas.	20
3.2.1.5. Pigmentos.	21
3.2.1.6. Toninos.	21
3.2.2. Contenido Energético	22
3.2.3. Valor Nutritivo.	23
3.3. Digestibilidad de los Almidones de algunas fuentes energéticas.	27
4. MATERIALES Y METODOS	32
EXPERIMENTO 1.	32
4.1. Digestibilidad y Energías digestible y metaboliza- ble de la harina de plátano verde con cáscara en raciones para cerdos.	32
4.1.1. Animales Experimentales.	32
4.1.2. Tratamientos.	32
4.1.3. Preparación de la harina de plátano verde con cáscara.	33
4.1.4. Dietas Experimentales.	33
4.1.5. Método utilizado	35
4.1.6. Período Preexperimental.	35
4.1.7. Período Experimental	37

	Página
4.1.8. Recolección de heces.	38
4.1.9. Análisis realizados	38
4.1.10. Diseño Experimental	38
EXPERIMENTO 2.	39
4.2 Evaluación de la harina de plátano verde con cáscara como fuente de energía para cerdos en etapa de crecimiento.	39
4.2.1. Animales.	39
4.2.2. Período Experimental.	40
4.2.3. Parámetros estudiados	41
4.2.4. Diseño Experimental	41
5. RESULTADOS.	42
EXPERIMENTO 1.	42
5.1. Digestibilidad y energías digerible y metabolizable de la harina de plátano verde con cáscara en raciones para cerdos.	42
5.1.1. Análisis proximal y contenido de NDT de las dietas experimentales	42
5.1.2. Digestibilidad de los Nutrientes.	43
5.1.3. Digestibilidad de la Energía.	45
5.1.4. Energía Metabolizable.	49
EXPERIMENTO 2.	50

	Página
5.2 Evaluación de la harina de plátano verde con cáscara como fuente de energía para cerdos en etapa de crecimiento.	50
6 DISCUSION	52
6.1. EXPERIMENTO 1.	52
6.2. EXPERIMENTO 2.	59
7. CONCLUSIONES.	62
8. RESUMEN.	64
9. BIBLIOGRAFIA	66
APENDICE	75

LISTA DE TABLAS

	Página
TABLA No. 1. Equivalencia de NDT a Energía Digestible y Energía Metabolizable.	5
TABLA No. 2. Composición química del plátano en base fresca 1/2/3.	16
TABLA No. 3. Cambios en azúcares, almidón y carbohidratos totales del plátano sometido a cuartos de maduración	20
TABLA No. 4. Composición química de la cenizas del plátano verde.	21
TABLA No. 5. Eficiencia de utilización (%) de azúcares y almidón en algunas especies	30
TABLA No. 6. Análisis proximal del plátano y de la HPVCC.	33
TABLA No. 7. Composición de la dieta basal utilizada en el Experimento Uno.	34
TABLA No. 8. Composición de la Premezcla Vitamínica.	34
TABLA No. 9. Composición de la Premezcla Mineral.	35
TABLA No. 10. Suministro de alimento durante el período Preexperimental.	36
TABLA No. 11. Suministro de alimento en el período Experimental.	37
TABLA No. 12. Composición de las Dietas del Experimento Dos.	40

	Página
TABLA No. 13. Análisis Químico y Nutrientes digestibles totales de las dietas del Experimento Uno.	42
TABLA No. 14. Valores promedios de Digestibilidad en Base Seca.	43
TABLA No. 15. Valores Promedios de Digestibilidad en base seca de la harina del plátano verde con cáscara.	44
TABLA No. 16. Energía Bruta del alimento y de las heces en Base Seca.	46
TABLA No. 17. Energía Digestible del alimento ingerido en Base Seca.	48
TABLA No. 18. Energía Metabolizable de la harina de plátano verde con cáscara en Base Seca (kcal/kg).	49
TABLA No. 19. Rendimiento de los cerdos sometidos a las diferentes dietas experimentales (0, 15, 30% HPVCC)	51
TABLA No. 20. Resumen de los resultados del Experimento Uno.	52
TABLA No. 21. Contenido de EM de algunas fuentes de Energía utilizadas en Alimentación Anual.	57
TABLA No. 22. Composición Química de las dietas del Experimento Uno. (Base Seca).	76
TABLA No. 23. Composición Química de las heces al Experimento Uno (Base Seca).	76
TABLA No. 24. Registro de los pesos de consumo de alimento y de las heces durante el Experimento Uno. (Base Seca).	77
TABLA No. 25. Coeficientes de Digestibilidad de los nutrientes en las Dietas del Experimento Uno.	78

	Página
TABLA No. 26. Energía Metabolizable Calculada para las Dietas del Experimento Uno, según ecuación de regresión. <u>1</u> /	80
TABLA No. 27. Energía Metabolizable calculada para las Dietas del Experimento Uno, según ecuación de regresión. <u>2</u> /	82
TABLA No. 28. Control de peso y alimento de los animales del Experimento Dos.	84

LISTA DE ANEXOS

	Página
ANEXO No. 1. Análisis de varianza de la digestibilidad de la materia seca de las dietas del Experimento Uno.	85
ANEXO No. 2. Análisis de varianza de la digestibilidad de la proteína de las dietas del Experimento Uno.	85
ANEXO No. 3. Análisis de varianza de la digestibilidad de la fibra de las dietas del Experimento Uno.	86
ANEXO No. 4. Análisis de varianza de la digestibilidad de la grasa de las dietas del Experimento Uno.	86
ANEXO No. 5. Análisis de varianza de la digestibilidad de los ENN de las dietas del Experimento Uno.	87
ANEXO No. 6. Análisis de varianza de la digestibilidad de la energía de las dietas del Experimento Uno.	87
ANEXO No. 7. Análisis de varianza del promedio de aumento diario de peso de los animales del Experimento Dos.	88
ANEXO No. 8. Análisis de varianza de la eficiencia alimenticia de los animales del Experimento Dos.	88

1. INTRODUCCION

El plátano, el maíz, el café, la caña de azúcar y la papa, ocupan los primeros lugares en la producción agrícola de Colombia.

Es poco lo que se conoce sobre la producción, área cultivada, consumo, valor de la producción y comercio del plátano, debido a que éste es bastante utilizado como sombrío provisional de cacaoales y cafetales y en tales condiciones resulta improbable concluir datos sobre el número total de plantas cultivadas.

Las variedades más importantes de plátano cultivadas en Colombia son Hartón, Tallo y Maqueño que son las más apetecidas y su producción se localiza en El Quindío, Valle del Cauca y Vegas de los grandes ríos. En la actualidad hay 3000 hectáreas sembradas de plátano hartón en la región de Urabá. La producción por hectárea en áreas especializadas alcanza las 800 matas que rinden 1600 racinos al año.

A comienzos del siglo la producción nacional de plátano era superior a la de banano pero debido a las perspectivas de exportación que se presentaron para el banano, la producción de plátano fué disminuyendo y por ende su precio fué aumentando paulatinamente. A este respecto cabe anotar que en los últimos 15 días se ha quintuplicado el valor de un racimo de plátanos en las principales capitales de los departamentos del país lo que haría imposible su utilización en alimentación animal en estas zonas. Pero existen regiones de produc-

ción alejadas de los centros de consumo, que presentan condiciones bastante favorables para el empleo del plátano en raciones para animales debido a que el precio por racimo se disminuye considerablemente llegando muchas veces al valor de \$5,00 por unidad. Aunque la producción de frutos por racimo es superior en banano que en plátano la producción de materia seca por racimo no presenta mucha variación por cuanto el peso del plátano es superior al del banano además de que el contenido de agua también es menor. Si a esto se suman los buenos resultados económicos de utilizar la harina de banano verde en alimentación de cerdos con un precio por tonelada de harina de \$2000 o puesta en Medellín, se crearía la factibilidad del uso de la harina de plátano verde en el caso de que ésta rindiera al menos los resultados de la harina de banano en alimentación de cerdos.

En la actualidad una firma comercial está produciendo harina de bananos y plátanos que son descartados para exportación, en la región de Turbo (Antioquia) con muy buenos resultados debido a la buena demanda por el producto.

Aplicando las nuevas técnicas de cultivo en especial la concerniente a la producción de matas por hectárea en Puerto Rico se han hecho ensayos de sembrar hasta 1500 matas por hectárea doblando así la producción y aprovechando el valor potencial de los ríos Mira, Cauap, Chagüi, Patía, Sangruianga, Satinpa, Salengo e Iscuandé en Mariño Guapí, Timiquí y Micay en la Costa del Cauca; Yurumanguí,

Raposo, Anchicayá y Dagua en el Valle; San Juan y Baudó en el litoral Pacífico, que son tierras inexploradas y exentas de huracanes*, podría aumentarse la producción de plátano para consumo interno, exportación y un excedente para la preparación de alimentos concentrados para animales, con el propósito último de suplir las necesidades protéicas del pueblo colombiano:

* Arenas F.L., 1965. Banano y Plátano. *Agric. Trop.* 21 (11):636

2. OBJETIVOS

- E. presente estudio tiene por objeto:
- a Determinar los coeficientes de digestibilidad aparente de la proteína, fibra, grasa y extracto no nitrogenado de la harina de plátano verde con cáscara.
 - b Determinar la energía digestible (ED) y energía metabolizable (EM) de la harina de plátano verde con cáscara. La importancia de este punto radica en que la EM es deducida a partir de la ED utilizando métodos convencionales previamente estudiados para estos tipos de alimentos altos en energía. Este método permitirá estimar la EM obviando los inconvenientes de utilización y determinación de sustancias indicadoras y contenido energético de la orina, lo cual es bastante laborioso, y;
 - c Evaluación de la harina de plátano verde con cáscara como fuente de energía para cerdos en crecimiento.

3. REVISION DE LITERATURA

3.1. Evaluación de la Energía.

Varios han sido los sistemas descritos para evaluar el contenido calórico de los alimentos. Unos de uso más generalizado empiezan a ser rebatidos en tanto que otros de menor uso, comienzan a tener su importancia en nutrición animal.

3.1.1 Nutrientes Digestibles Totales (NDT)

El sistema de los Nutrientes Digestibles Totales, ha sido uno de los más utilizados en los Estados Unidos y Canadá pero se ha acumulado gran cantidad de pruebas en su contra que han hecho de ésta, una medida obsoleta en nutrición de monogástricos. Debido al amplio margen de equivalencia de NDT a ED ó EM deducido de la Investigación, no se puede formular un valor confiable que permita ser aplicado en la nutrición de los cerdos.

TABLA 1. Equivalencia de NDT a Energía Digestible y Energía Metabolizable.

Investigador	NDT	ED (kcal/kg)	EM (kcal/kg)
Brody (1934)	1 Kilo	3.990	
Schneider (1947)	1 Kilo	4.371	
Lofgren (1951)	1 Kilo	4.525	
Maynard (1953)	1 Kilo	4.371	
Crampson (1956)	1 Kilo	4.481	
Swift (1957)	1 Kilo	4.400	
Zivkovic y Bowland (1963)	1 Kilo	4.461	
Tyler (1964)	1 Kilo	3.555	
N:R:C (1969)	1 Kilo	4.400	
Brody (1945)	1 Kilo		3.991
Zivkovic y Bowland (1963)	1 Kilo		4.233

3.1.2. . Energía Bruta (EB).

Es la cantidad de calor medida en calorías que es obtenida cuando una sustancia es completamente oxidada en una bomba calorimétrica que contiene de 25 a 30 atmósferas de oxígeno. La EB es un estimativo inadecuado de la energía del alimento que es disponible para el animal por que no toma en cuenta las pérdidas de energía que ocurren durante la digestión y el metabolismo.

3.1.3 Energía Digestible (ED).

Para cerdos, la ED se ha considerado como el concepto más útil en el racionamiento práctico. La ED es deducible de las EB por gramo de alimento y por gramo de heces o $ED = EB \text{ del alimento} - EB \text{ de las heces}$

La mayor pérdida de energía que sostiene un alimento entre el valor de combustión y el beneficio que presta al animal, está representada por la energía pérdida en las heces.

3.1.4. Energía Metabolizable (EM).

En términos generales, la energía disponible de un alimento está representada por la energía total del mismo, menos la energía en las heces y en los residuos urinarios. La energía total del alimento, viene de la oxidación de sus carbohidratos, grasa y proteína. Los carbohidratos y grasas son completamente oxidados durante la digestión, de ahí que su energía esté representada por la ED. La proteína digerida sin embargo, no es completamente metabolizada en el

cuerpo. El residuo de la oxidación biológica incompleta es excretado en la orina. En consecuencia, para obtener la energía disponible para el animal es necesario deducir de la ED, las pérdidas de energía que aparecen en la orina. En el caso de rumiantes se debe tener en cuenta la corrección por productos gaseosos de la digestión.

La EM satisface el gasto de energía necesitada por la acción del proceso fisiológico de la vida y permite al animal, acumular reservas corporales en forma de materia no nitrogenada y grasas. Si designamos la EM como M y la energía representada por la ganancia de materia orgánica como P, obtenemos la ecuación.

$$M = C + P$$

Donde C representa la cantidad de energía eliminada por el animal como calor latente y pérdidas por radiación, convección y conducción. La cantidad de calor C, puede ser dividida en dos fracciones: una que representa el gasto para mantenimiento del animal y otra que se relaciona con el cambio de los metabolitos ingeridos mientras llegan a ser digeridos y asimilados y también al gasto extra de energía que acompaña al acto de comer. (Leroy., 1964).

Blaxter (1964) pone de manifiesto el inmediato cambio que debe surgir para tratar de abolir determinadas medidas de energía de uso en nutrición de rumiantes y propone utilizar como unidad de energía la caloría en términos de EM por unidad de peso. A este respecto el Dr. Leitch citado por Blaxter (1964) dice: "No puedo creer que el

agricultor de hoy, que paga el precio del gas en peniques por termo, que se ha familiarizado con el uso del cc o del litro como medidas de capacidad de los cilindros y que no está en peligro de creer que un caballo de vapor tienen relación con un caballo de carrera o un clydesdale, tendría dificultad alguna en comprender las exigencias y los valores alimenticios en términos de calorías".

Los valores de EM de los alimentos han sido bastante utilizados en estudios de metabolismo, aunque Sibbald et al. (1960) sostienen que estos son de aplicación limitada puesto que en algunos casos los valores no son aditivos.

Brown (1968) admite que la eficiencia de utilización de EM parece ser idéntica en aves y cerdos en crecimiento. Sin embargo, los resultados no parecen ser muy consistentes debido a que se han presentado diferentes valores de EM para los mismos ingredientes en ambas especies. (Diggs et al., 1965; Sibbald et al., 1960).

En cerdos de 15.4 Kg alimentados individualmente en cajas metabólicas, se determinaron las ED y EM de 18 alimentos diferentes encontrándose como promedio que el 91,6% de la ED corregida por balance de nitrógeno, era EM (Diggs et al., 1965).

En resumen de los resultados de varias investigaciones sobre la equivalencia e interrelaciones entre EB, ED y EM nos muestra los siguientes postulados:

En dietas a base de caseína, almidón de maíz y grasa para ratas en crecimiento, el 91.6% de la EM es EM (Metta y Mitchell., 1954). El 81% de la EB del grano de maíz amarillo utilizado en alimentación de pollos, es EM (Potter y Matterson., 1960). Los mismos autores encuentran que el 98% lo es para el almidón.

Gay y Bell (1971), para 17 ingredientes diferentes utilizados en raciones para cerdos en crecimiento, asumen que el 98% de la ED es EM.

Himénez (1972) utilizando una dieta control a base de Soya-Maíz y administrando 4 niveles equivalentes al 2,3,4 y 5% del peso corporal de cerdos en crecimiento, encontró que el 95.5% de la ED era EM.

Para la harina de banano verde con cáscara administrada a cerdos en crecimiento, se ha encontrado que la ED es 98.5% metabolizable (Clavijo., 1972).

Otros investigadores han reportado valores promedios para el contenido energético de la orina de varias especies, lo cual da una base más para la determinación última de la ED y la deducción de la EM a partir de ésta. Así por ejemplo, Metta y Mitchell (1954) encuentran que el valor promedio de energía para el nitrógeno urinario en la rata es 5.29 kcal/gm. En tanto que para cerdos es 6.77 (Diggs et al., 1965) y para aves 8.22 kcal/gm (Sibbald et al., 1960).

Benker et al. (1960) determinan en experimentos con cerdos, que el contenido calórico de la orina equivale al 3% de la EB de las die-

tas.

Se han desarrollado además varios procedimientos matemáticos para estimar la EM (Leroy., 1964; Zivkovic y Bowland., 1963). Nehring et al, citado por De Alba (1971) relacionan la EM con los principios inmediatos digestibles y proponen la siguiente ecuación de regresión:

$$\text{EM/100 gm alimento} = (\text{Proteína digerida en 100})(4.50) + (\text{Grasa digerida en 100 gm})(8.62) + (\text{Fibra digerida en 100 gm})(4.00) + (\text{ENN digeridos en 100 gm})(4.17).$$

Esta fórmula permite el cálculo de la EM en kcal/kg únicamente en raciones para cerdos, ya que los autores han desarrollado varias ecuaciones para diferentes especies.

También pudo estimarse la EM de raciones para cerdos a partir del porcentaje de materia seca (MS) de las heces, utilizando la ecuación de Velásquez y Preston (1969).

$$\text{EM (Kcal/kg MS)} = 3.24 + 0.00558 X$$

donde X es el porcentaje de MS de las heces

Botarbinka y Kielanowski citados por Jiménez (1972) al analizar la validez de la ecuación propuesta por Hoffman (1965) sobre la equivalencia de la EM,

$$\text{EM (Kcal)} = 4.88 X_1 + 9.50 X_2 + 3.88 X_3 + 4.06 X_4$$

donde X_1 , X_2 , X_3 y X_4 son valores de proteína, extracto etéreo, fibra cruda y ENN digestibles, respectivamente.

demuestran la conveniencia de utilizar este estimativo de EM no solo en pruebas de laboratorio sino que también en condiciones prácticas.

En realidad, no es mucha la diferencia que existe entre EM determinada por métodos de laboratorio y la estimada por métodos convencionales. La diferencia en todos los casos estudiados, no sobrepasa el 3% (May y Bell., 1971; Potter y Matterson., 1960).

3.1.5 Energía Neta.

Es la diferencia entre la EM y el incremento de calor (IC). IC es el incremento en el calor de producción que sigue al consumo de alimento cuando el animal está en ambiente termoneutro.

La EN incluye la cantidad de energía que el animal usa para mantenimiento y producción. (EN_m + EN_p). La EN_p puede ser definida como la EN para engorde, producción de leche, huevos, lana, preñez o trabajo. La EN depende no solamente de las pérdidas digestivas, sino también de la naturaleza de la dieta, de la especie animal y de la función fisiológica para la cual es usada. (Hafez y Dyer., 1960)

3.1.6. Energía Neta Estimada (ENE)

Es otro método utilizado para expresar el valor energético de los alimentos. La ENE es calculada por la ecuación de Moore et al., (1953)

$$\text{ENE} = 13.93 \text{ NDT} - 34.63$$

donde ENE se expresa en Mcal por 100 libras de MS y NDT como porcentaje de NDT de las 100 libras de alimento.

3.1.7. Sistema California de Energía Neta.

Fue ideado por Lofgreen y Garret (1968) para crecimiento y engorde de ganado de carne. Estos investigadores proponen dos valores de EN. El uno llamado EN_m el cual se aplica al alimento que suple los requerimientos para mantenimiento y otro llamado EN_g el cual es la EN que proporciona el alimento por encima de los requerimientos para mantenimiento y esta medida representa la parte usada para ganancia de peso. La ecuación que se aplica para encontrar la EN_g es:

$$\text{En Novillos : } EN_g = (52.72 \text{ g} + 6.84 \text{ g}^2) (W^{0.75})$$

$$\text{En Novillas : } EN_g = (56.03 \text{ g} + 12.65 \text{ g}^2) (W^{0.75})$$

donde EN_g es Kcal de Energía depositada por unidad de peso corporal expresado como $kg^{0.75}$ y g es la ganancia diaria de peso en kg.

Este sistema ha sido bastante usado en los Estados Unidos especialmente en sistemas comerciales de lotes de ceba y en las industrias de alimentos.

3.1.8. Sistema Británico de Energía Neta.

Esta basada sobre la EM y, la razón que se da para adoptarlo, reside en que la EM es utilizada con una eficiencia diferente según la función fisiológica que la demande. La ecuación, la cual toma en

consideración los efectos de la ración, es como sigue:

$$K_m = 54.6 + 0.30 Q_m$$

donde k_m es la eficiencia de utilización de la EM para mantenimiento y Q_m es la EM de una dieta como porcentaje de la EB para mantenimiento.

3.1.9. Sistema Rostock de Energía Neta para Engorde (ENf).

Esta forma de EN para rumiantes, esta basada en los resultados de las investigaciones de Kellner en Alemania Oriental. La ecuación reportada toma en cuenta las digestibilidades de la proteína (PD), de la grasa (GD), de la fibra cruda (FCD) y de los ENN (ENND).

$$ENf = 1.71 PD + 7.32 GD + 2.01 FCD + 2.01 ENND$$

en la cual ENf se da en términos de Mcal de EN para engorde.

3.1.10. Energía Neta para Lactancia (ENL)

En esta medida, se asume que para producir 1 kg de leche, se necesitan 750 kcal de Energía Neta.

3.1.11. Equivalente Almidón.

Fué ideado por Kellner citado por De Alba (1971). Es una medida de aproximación a la EN y expresa la cantidad de almidón equivalente a una unidad de forraje necesaria para producir 1 kg de grasa en el animal. El sistema fué objeto de crítica por los discípulos de Kellner cuando llegaron al convencimiento de que aún con las correcciones debidas para tomar en cuenta la fibra y el incremento de calor, una

unidad de almidón, daba valores más altos en grasa en un cerdo que en un novillo (Nehring citado por De Alba, 1971).

3.2. El Plátano.

Según la mayoría de los botánicos, se ha considerado al Asia como el área de origen del plátano (Musa paradisíaca, L) (Mesa., 1952)

Refieren algunos historiadores que en el año 327 A.C. se encontró este vegetal en el Valle del Indo y de allí fué llevado a las costas orientales del Africa. Solo hasta el año 1516 de la era cristiana se supone que fué traído por los conquistadores a América, inicialmente en la Española (hoy Santo Domingo) y luego esparcido por Norte, Centro y Sur América.

En Colombia el primero en conocer el Llano como una posible zona comercial para el banano fué el Colombiano José Manuel González, quien en 1807 llevó de Panamá semilla de banano a Riofrío (corregimiento de Ciénaga". (Eidt., 1953).

El plátano se cultiva desde 0 hasta 2000 m.s.n.m. con una temperatura óptima de 24°C. y variaciones de 15.6 a 35°C. (Arenas., 1965)

La gran extracción de potasio del suelo por parte del plátano, hace que se tenga que utilizar más potasio que nitrógeno o fósforo en la fertilización del terreno. Sin embargo, la deficiencia de cualquier de estos elementos, afecta notablemente el crecimiento de la planta, el desarrollo de las hojas y la producción de frutos (Murray

1959).

formalmente se cultivan 800 matas de plátano por hectárea con una producción de 2 racimos al año por mata. Para el caso de la variedad hartón se obtienen frutos de hasta 500 gm de peso, lo que da un promedio de 30 kg/racimo y 48 toneladas de fruta fresca/año. (Cardeñosa., 1957)

Con éstos datos y teniendo en cuenta que el peso del vástago es de aproximadamente 5 kg se obtiene una producción de 16 toneladas por hectárea/año de harina de plátano con 10% de humedad.

3.2.1 Composición Química.

En la Tabla 2 se muestra la composición química del plátano en base húmeda y según recopilación de datos de varios autores.

La pulpa del plátano está formada de agua, almidón, azúcares, celulosa, una pequeña cantidad de gomas, resinas, taninos, dextrinas, albuminoide y sustancias minerales tales como cloruros, sulfatos, fosfatos silicatos y oxalatos de K, Na, Ca, Mg, Mn, Fe, Al, Zn, y Cu. En la corteza existe furfurool y en la pulpa de los frutos maduros hay alcohol etílico, Se ha comprobado la presencia de una pequeñísima cantidad de yodo. (Cardeñosa., 1954).

TABLA 2. Composición Química del Plátano en base fresca 1/2/3

	Plátano Verde %	Plátano Maduro %
Humedad	66.00	69.00
Almidón	23.31	3.40
Celulosa	4.20	1.33
Sucrosa	-	0.22
Glucosa	2.05	16.26
Dextrinas	1.10	1.01
Gomas	0.30	5.70
Proteína	1.20	2.00
Fibra Cruda	0.50	0.50
Grasa	0.30	0.20
Cenizas	0.80	0.80
Taninos	0.03	0.02
	ppm	
Calcio	80	
Fósforo	290	
Hierro	6	

Continuación Tabla 2.

	ppm
Beta Caroteno	2.4
Tiamina	0.5
Ribo flavina	0.5
Niacina	7.0
Acido Ascórbico	120.0
Acido Tartárico	2.0
Acido Málico	0.5
Energía (cal/ gm)	104.0

- 1/ ardeñosa. 1954
- 2/ Simmonds. 1964
- 3/ Cajón. 1943

3.2.1 1. Almidón.

Dentro del género *Musa*, se han considerado los clones almidones y los clones azucarados o dulces. Los primeros (plátanos), son menos aromáticos que los segundos (bananos). (Simmonds. 1964).

El plátano en estado verde contiene más almidones que el banano. El almidón va desapareciendo con la maduración, debido a que va siendo englobado por células gigantes en las cuales se digiere poco a poco y se transforma en azúcares reductores, fenómeno que se acelera mucho a temperaturas de 30 a 60 °C. (Cardeñosa. 1954).

En el plátano, la hidrólisis de almidón a azúcar y la desaparición de la acidez a medida que madura, ocurre a una rata menor que la que se presenta en el banano. El resultado es que hasta un avanzado estado de madurez, el plátano tiene comparativamente, más almidón y más acidez en la pulpa que el banano. (Simmonds. 1964).

3.2.1 2. Azúcares.

En el plátano verde, el material sacarino es casi todo sacarosa; en tanto que en la fruta madura cosechada, hay cuatro quintas partes de azúcares invertidos y una quinta parte de sucrosa. Durante el desarrollo, los azúcares permanecen a muy baja concentración, en cambio el almidón se acumula rápidamente. Esta acumulación de almidón y de materia seca en la pulpa es mayor durante las dos o tres semanas siguientes a la cosecha, que antes de la edad de ser cosechada. Los azúcares reductores son transformados a almidones durante el desarro-

llo de la fruta, pero cuando la fruta se va a cosechar y durante la maduración, el almidón cambia a Glucosa (Hodgson y Reed. 1950). La sucrosa llega a un máximo cuando el plátano comienza a ennegrecerse y termina casi por desaparecer. (Cardeñosa. 1954).

Se reconocen dos períodos diferentes del crecimiento en la fruta. El primero es el del almidón de reserva en el curso del cual, la fruta baja en azúcar soluble, fija sus reservas de almidón a expensas de los azúcares reductores. Como la sucrosa es utilizada con menos rapidez que los azúcares reductores, el primero llega a ser predominante. (Hodgson y Reed. 1950).

La glucosa presenta un porcentaje bastante variable. Por acción distásica, la sucrosa y el almidón se reducen a glucosa. Aquella, baja de 4% hasta 0.2% en el plátano y de 9% a 2% en el banano. De esta forma la glucosa aumenta durante la maduración. En el plátano llega hasta el 30% después de 35 días de maduración a una temperatura de 15°C. Gran parte de esta glucosa se cristaliza en solución de alcohol metílico y precipitación fraccionada con éter. (Cardeñosa. 1954).

La cantidad de azúcares formados durante la maduración, es proporcional al almidón desaparecido.

TABLE 3. Cambios en Azúcares, Almidón y Carbohidratos Totales del Plátano sometido a cuartos de maduración *

	Días en el cuarto de maduración				
	0	5	9	11	17
Almidón Total	32.20	30.90	28.58	20.17	6.12
Azúcares Totales	0.82	1.02	3.84	9.78	21.10
Carbohidratos Totales	33.02	31.92	32.36	29.95	27.22

* Hodgson y Reed. 1950.

3.2.1 3. Gomas.

Se encuentran especialmente en la corteza. Estas contienen oxalato de calcio, taninos, furfurool y azúcares.

3.2.1 4. Cenizas.

Las cenizas del plátano se carbonatan rápidamente. En igualdad de condiciones se observa una regularidad en el análisis de las cenizas exceptuando el calcio y el magnesio. El manganeso se encuentra en proporción relativamente grande.

TABLA 4. Composición Química de las cenizas del plátano verde *

K ₂ O	47,85
CaO	7,42
P ₂ O ₅	10,84
Na ₂ O	5,16
MgO	11,45
Al ₂ O ₃	0,44
Fe ₂ O ₃	0,001
Mn ₃ O ₄	0,113
SiO ₂	1,83
SO ₃	1,00
Cl	0,012

* Cardeñosa. 1954

3.2.1.5. Pigmentos.

Los tres pigmentos que existen en el plátano son: clorofilas a y b, Xantofila y Carotenos. Las clorofilas se van eliminando de una manera continua en tanto que los otros pigmentos permanecen más o menos constantes. (Cardeñosa. 1954).

3.2.1.6. Taninos.

Los taninos son sustancias de amplia distribución en el reino vegetal. En algunas especies de leguminosas forrajeras tales como lespeleza, trébol y veza, se encuentran en concentraciones suficientes

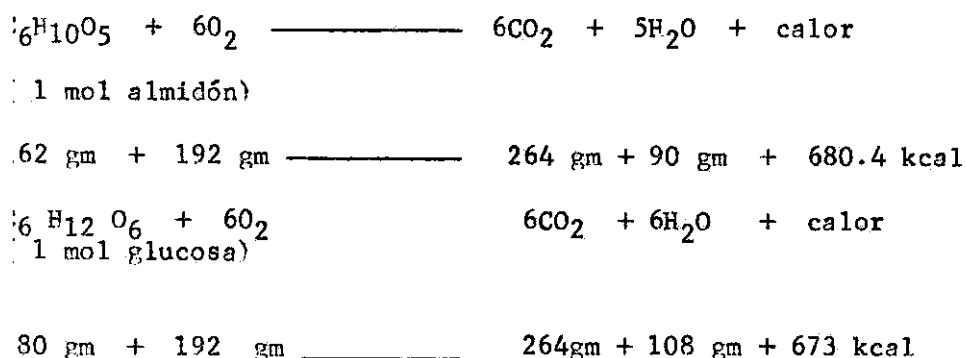
para afectar la calidad del forraje. No hay evidencia que indique que los taninos de las plantas sean tóxicos para el ganado pero existen ciertos complejos tánicos que disminuyen la digestibilidad de los forrajes. Las plantas que contienen altos porcentajes de taninos son generalmente menos palatables para los animales en pastoreo. (Buras. 1963; Donnelly. 1963).

Smart et al (1961*, citados por Rotar (1965), encontraron que cuando los taninos estaban en grandes concentraciones en los forrajes, inhibían la actividad celulolítica del rumen. Estos efectos se reportaron cuando las concentraciones eran superiores al 7%.

Los taninos son los que dan la astringencia al fruto y disminuyen a medida que el plátano va madurando (Cardeñosa. 1954; CIAT, CIAT 1971), presumiblemente porque son metabolizados o condensados a formas complejas no astringentes (Barnell y Barnell citados por Simmonds. 1964) ó porque ocurre un cambio químico durante la maduración que, aunque no representa disminución de la cantidad, se pasa de taninos activos a taninos ligados desapareciendo así la astringencia y el sabor amargo (Lossecke. 1950).

3.2.2 Contenido Energético.

El calor de combustión del almidón, determinado en bomba calorimétrica es 4,20 kcal/gm. Para la Glucosa es 3,74 (Swift y French. 1954).



según Chatfield, Watt y Merrill citados por Simmonds (1964), el valor calórico del plátano por cada 100 gm de pulpa es superior al del banana (119 y 94 cal respectivamente) y según Hodgson y Reed (1959), el contenido de NDT de la harina de plátano es de 73,6%.

Mellner citado por De Alba (1958), encontró que un kg de azúcar producía 281 gm de grasa en el cerdo en tanto que un kg de almidón producía 352 gm.

3.2.3 Valor Nutritivo.

Existe poca información sobre el valor nutritivo del plátano debido a que la mayoría de los investigadores no citan las variedades estudiadas o confunden las diferentes familias de plátano y banana y como existen diferencias bioquímicas entre unas y otras, es de esperar diferencias en cuanto a valor nutricional y utilización por los animales.

Mesa (1970), al comparar los siguientes tratamientos:

1) Maíz Soya;

- l) 45% azúcar refinada;
- l) 45% azúcar moreno;
- l) 25% Melaza;
- l) 59% Harina de Yuca;
- l) 30% Harina de plátano;

l) 59% Harina de plátano, estandarizados a 16% de proteína, en alimentación de cerdos, encontró que los promedios de aumento diario de peso eran: 790; 900; 910; 880; 830; 740 y 740 respectivamente; en tanto que las eficiencias alimenticias correspondientes fueron: 3.34; 2.75; 3.02; 3.62; 3.62; 3.40 y 4.26. Los tratamientos con azúcar fueron superiores a todos los demás en cuanto a eficiencia alimenticia (P < 0.01). Al nivel de 30% de harina de plátano se observó una mejor relación alimento/aumento que en las dietas con 25% de melaza y con 59% de yuca. Mesa (1970) reporta que los menores rendimientos de la dieta con 5% de harina de plátano se debieron a su mayor contenido de fibra, a menor densidad energética, a la diferencia en el tipo de carbohidratos de acuerdo al estado de madurez y la menor digestibilidad.

Al comparar varios niveles (5-10-15-20-25- y 30%) de harina de banano verde con cáscara en combinación con maíz amarillo molido y un concentrado comercial, en la alimentación de pollos New Hampshire, se encontró que la harina de banano podía utilizarse como sustituto del maíz o de otro cereal en niveles hasta de un 10%. Niveles superiores deprimen el crecimiento y reducen significativamente la conversión de alimento.

Resultados similares fueron obtenidos por Platt (1950) al utilizar raciones de 0, 15 y 30% de harina de banano verde como sustituto del maíz en raciones para pollos de 5 semanas.

Clavijo (1972), al administrar harina de banano verde y maduro con cáscara como fuente de energía para ratas en crecimiento, encontró que las dos harinas sustituían el 59,8% de la sucrosa de una dieta basal pero notándose una superioridad de la harina del banano verde con cáscara sobre la del banano maduro en cuanto a ganancia diaria de peso y eficiencia de conversión de alimento (4,52 contra 3,93 gm y 3,65 contra 4,02 gm/gm).

Lenke, citado por De Alba (1951) realizó un experimento con cerdos de un peso inicial de 30 kg, utilizando niveles de 25% y 35% de banano maduro y encontró aumentos de más de 470gm por animal y por día. El autor indica que los bananos substituyen eficazmente un 30% del concentrado.

Price, citado por De Alba (1951), obtuvo magníficos resultados en producción de huevos y mayores ingresos netos cuando se usaron bananos a libre voluntad que cuando se utilizaron otros suplementos en la alimentación de gallinas.

En un experimento donde se compararon raciones a base maíz, yuca y banano para cerdos en etapa de crecimiento, se encontró que los mejores rendimientos económicos se lograban con un tratamiento a base

de 21% de concentrado y banano a libre voluntad. De esta experiencia se deduce que la forma más efectiva y barata en que se pueden utilizar los bananos es a razón de 6 partes por peso de bananos y una de concentrado (De Alba. 1951).

Otros investigadores encuentran que los bananos maduros con cáscara reemplazan satisfactoriamente al maíz en raciones para cerdos en crecimiento y acabado siendo más efectivas durante el período en que los cerdos pesan menos de 90 libras, que cuando están más pesados. Los animales alimentados con banano maduro presentaron una mayor tasa de crecimiento pero una menor eficiencia de conversión de alimentos que los alimentados con maíz. (Squibb et al. 1953).

Resultados publicados por De Alba y Basadre (1952). Demuestran aumentos diarios de peso de 610 gm en cerdos alimentados con 11,7 kg de banano maduro más 275 gm de harina de pescado.

Alvarado citado por Clavijo (1972), al comparar niveles de 15, 30, 45 y 60% de harina de banano verde sin cáscara, con una dieta control a base de maíz, torta de algodón, pescado y 16% de proteína para cerdos en crecimiento y acabado, encontró que al aumentar el nivel de harina de banano, se incrementaba la ganancia diaria de peso pero se obtenía una menor eficiencia alimenticia.

Empleando la harina de banano verde con cáscara en cerdos en crecimiento y engorde a los niveles de 0,25 , 50 y 75%, Celleri

De Alba

et al (1971), observaron que al aumentar el nivel de harina, se afectaban los aumentos= diarios y la relación alimento/aumento desfavorablemente a la vez que aumentaba el costo por kilogramo.

Por otra parte se ha encontrado que la cáscara desecada de banano contiene el doble de proteínas y diez veces más de grasa que la harina de banano sin cáscara, la cual a su vez supera a la cáscara desecada en su menor contenido de fibra y mayor ENN (De Alba., 1951)

3.3. Digestibilidad de los Almidones de Algunas Fuentes Energéticas

Los granulos de almidón crudos son más resistentes a la acción de las enzimas digestivas. Resultados publicados por Sandstedt y Gates citado por Naber y Touchburn (1969), muestran que la alfa amilasa es 165 a 7000 veces más activa sobre el almidón cocido que sobre el crudo.

En tres estudios realizados con el fin de determinar el efecto del tratamiento con agua a varias temperaturas, y la ruptura mecánica de los almidones de papa y maíz sobre el crecimiento, eficiencia de conversión de alimentos y EM de dietas para pollos, se encontró que el almidón de papa no tratado, era pobremente utilizado por el pollo en tanto que el tratamiento con agua a 58° C. producía una gelatinización del almidón que lo hacía bastante digestible, mejorando así el crecimiento, la eficiencia de conversión de alimento y el contenido del EM de la dieta. Los mismos autores demuestran que la ruptu

ra mecánica de los granulos de almidón durante la molienda, aumenta la susceptibilidad a la digestión enzimática.

Existen diferencias histológicas entre los granulos de almidón de los diferentes materiales y vegetales y de ahí que se haya tratado de estudiar la respuesta de los animales a los diferentes tipos de almidón.

Bussner et al (1963), encuentran que el almidón de papa no es completamente disponible para la rata en tanto que el del trigo, maíz y yuca son bien utilizados por ella. Estos investigadores reportan que el almidón inmodificado y la amilosa de la papa, incrementa las ganancias de peso de las ratas en crecimiento cuando la caseína suple el 6% de la proteína de la dieta. Estas dos fuentes de carbohidratos dieron bajos rendimientos cuando la caseína suplía el 15% de la proteína de la dieta. Los almidones inmodificados de maíz, trigo, arroz y yuca, así como la maltosa y amilopectina de maíz y de papa dieron valores normales de ganancia de peso y relación de eficiencia proteica en ambos niveles de proteína (6 y 15%).

Cuando la sucrosa y el almidón de maíz se utilizaron en niveles de 70% de la dieta para ratas lactetas y adultas, la sucrosa bajo la tasa de crecimiento en las primeras y disminuyó el peso en las segundas. Todas las dietas eran adecuadas en los nutrientes conocidos, (Al-Nagdy et al., 1966).

Estudios "in vitro" evidenciaron una digestibilidad de 78% para los almidones de maíz, trigo, arroz y yuca. Los almidones de papa presentaron un bajo grado de digestibilidad el cual vario inversamente con el consumo de estos almidones en la dieta. (Booher et al., 1951). Desde el punto de vista fisiológico se sugiere que la relativa baja digestibilidad de los almidones inmodificados de papa, es ocasionada por una cantidad o concentración insuficiente de amilasa o algún otro agente en los jugos digestivos, el cual se requiere para modificar estos almidones antes del ataque por la amilasa. Por otro lado parece que el almidón de papa presenta una resistencia a la digestión. Esta propiedad reside exclusivamente en las capas exteriores de los granulos organizados y está asociada con los conceptos modernos de los puentes de hidrogeno, de estas estructuras o con un tejido del granulo de naturaleza no almidón. Las condiciones que aumentan la digestibilidad de estos almidones, incluyen varias modificaciones las cuales producen hidrataciones de los granulos, cambios en la naturaleza química o ruptura de las estructuras organizadas del granulo. Por último existe la sugerencia teórica de que la propiedad de la resistencia del almidón a la digestión, sea un factor protector durante el almacenamiento "in situ" bajo condiciones de alta humedad. (Booher et al., 1951).

Denusses y Terrier citados por Loesecke (1950), encontraron una digestibilidad de 54% para el almidón de banano al utilizar ratones

blancos y 79,58% al emplear coballos.

Se ha indicado que el almidón es menos digestible que los azúcares por lo que se ha sugerido utilizar el plátano maduro en lugar del verde por contener una cantidad pequeña de almidón. (Simmonds, 1964). Sin embargo, Nehring et al. (1964), demuestran que no existe diferencia entre la utilización de azúcares y almidón en las especies monogástricas. Los resultados de sus investigaciones pueden observarse en la Tabla 5.

Tabla 5. Eficiencia de utilización (%) de azúcares y almidón en algunas especies (*)

	Cerdos	Ganado de leche	Ovejas
Almidón	75.7 ± 1.6	64.1 ± 1.7	64.1 ± 1.6
Celulosa	70.6 ± 5.8	69.0 ± 2.1	53.2 ± 2.6
Sucrosa	74.6 ± 1.8	55.7 ± 2.2	58.8 ± 1.9

* Nehring et al., 1964

Como se ha visto, existe muy poca información sobre la utilización del plátano en la alimentación animal. No se conocen datos sobre digestibilidad de los nutrientes ni contenido calórico del plátano. En vista de que esta fruta constituye una fuente energética de gran difusión en el trópico, con precios relativamente bajos en aquellas zonas alejadas de los centros de consumo, se planea un experimento con

el fin de determinar la digestibilidad de los nutrientes y la concentración de energía del plátano verde datos que permitirán considerar su uso más eficiente en la nutrición de los cerdos.

4. MATERIALES Y METODOS

Los experimentos se llevaron a cabo en la Sección de Porcinos, del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias TIBAITATA, localizada en el Municipio de Mosquera a una altura de 2630 m.s.n.m. con una temperatura promedio de 13°C. y precipitación pluvial anual media de 625 mm.

EXPERIMENTO 1.

4.1. Digestibilidad y energías digestible y metabolizable de la harina de plátano verde con cáscara en raciones para cerdos.

4.1.1. Animales Experimentales.

Se utilizaron 15 cerdos Duroc Jersey (D), Landrace (L) y DxD con un peso inicial promedio de 17 kilogramos y 170 días de edad distribuidos al azar en jaulas metabólicas equipadas con sus respectivos comederos - bebederos y adimentos especiales para recolección de heces y orina.

4.1.2. Tratamientos

Se fijaron tres tratamientos correspondiendo a cada uno de ellos cinco animales arreglados en un diseño experimental completamente al azar. Los grupos experimentales fueron:

TRATAMIENTOS.

- a) Dieta control a base de soya, maíz con 40.41% de proteína.
- b) Dieta control más 40% de harina de plátano verde con cáscara

(HPVCC). Esto representa una dieta total con 28.49% de HPVCC.

- b) Dieta control más 80% de HPVCC o sea una dieta total con 44.45% de HPVCC.

4.1.3 Preparación de la harina de Plátano verde con cáscara.

Los plátanos de la variedad Hartón fueron cortados en rodajas de aproximadamente 2 cm. de espesor las cuales se colocaron en bandejas para ser llevados a un horno eléctrico a 60°C. durante 72 horas. No se procedió a utilizar ningún método para prevenir el ennegrecimiento del fruto una vez tajado. Se procedió luego a elaborar la harina en un molino eléctrico.

TABLA 6. Análisis proximal del plátano y de la HPVCC

	Humedad	Proteína	Fibra	Grasa	Ceniza	ENN
Plátano verde	32.07	2.41	0.79	0.89	2.93	60.91
HPVCC (Humedad Labora torio)	11.90	3.13	1.03	1.15	3.80	78.99
HPVCC (Base seca)		3.55	1.17	1.31	4.31	89.66

4.1.4. Dietas Experimentales.

La composición de la dieta basal y de las premezclas vitamínicas y mineral, se detallan en las tablas 7, 8 y 9

TABLA 7. Composición de la dieta basal utilizada en el Experimento Uno.

	Cantidad (Kg)
Tort de Soya	70,0
Maíz Amarillo	20,5
Hari a de Puestos	7,6
Vita inas	1,0
Mine ales	0,4
DL-M tionina	0,5
	100,0

Contenido calculado (%): Proteína, 40,0; Calcio 2.01; Fósforo .4; Metionina, 1.1; Lisina, 2.3; Triptofano, 0.46.

TABLA 8. Composición de la Premezcla Vitaminica.

Vitamina A (325.000 UI/gm)	0,6	gm
Vitamina D (850.000 UI/gm)	0,024	gm
Riboflavina (40%)	1,7	gm
Niacina (50%)	10,0	gm
Pantotenato de Calcio (80%)	3,0	gm
Colina (50%)	200,0	gm
Vitamina B12 (52.8 mgm/kg)	37,0	gm
Aurofac 40 (88 gm/kg)	23,0	gm
Maíz Molido	724,676	gm
	1000,0	gm

TABLA 9. Composición de la Premezcla Mineral.

Sulfato de Manganeso (32,5% Mn)	12,0	gm
Sulfato de Cobre (25.46% Cu)	3,5	gm
Oxido de Zinc (80% Zn)	22,0	gm
Acetato de Cobalto (24.78% Co)	1,0	gm
Sulfato de Hierro	12,0	gm
Sal yodada	349,5	gm
	400,0	gm

La Composición Química de las dietas experimentales puede apreciarse en la Tabla 22 del Apendice.

4.1.5. Método Utilizado.

Para el grupo control (a), el alimento fué suministrado individualmente a cada animal en cantidad equivalente al 3% de su peso corporal. Para los grupos con 28,4% y 44.45% de HPVCC, la cantidad de alimento equivalió al 3% del peso del animal más el 40 y el 80% por peso de esa cantidad en la forma de HPVCC. La cantidad de alimento diario fué suministrada en dos porciones: a las 8 y a las 15 horas. Luégo de una hora de exposición del alimento se suponía que había habido un consumo suficiente y se procedía a retirar los sobrantes los cuales se descontaban del consumo total. Una vez se retiraba el alimento, se proporcionaba agua a voluntad.

4.1.6. Período Preexperimental.

Se acordó un período de acostumbramiento preliminar de 8

días en el cual los animales consumieron las dietas experimentales
conforme a la Tabla 10.

Tabla 10. Suministro de Alimento durante el período Preexperimental.

Animal No.	Dieta No.	Peso del Animal Kg	Consumo de Alimen to Kg
3	1	18.0	0,540
8	1	16.5	0,495
11	1	17.0	0,510
12	1	16,5	0,495
13	1	16.5	0,495
5	2	17.5	0,735
7	2	17,5	0,735
9	2	16.5	0,673
10	2	18.0	0,756
14	2	17.0	0,714
1	3	16.0	0,864
2	3	18.0	0,972
4	3	17.0	0,918
6	3	18.0	0,972
15	3	18.0	0,972

4.1.7 Período Experimental

Al iniciarse el período experimental, los animales fueron pesados y se asignó un nuevo suministro de alimento conforme al peso como se muestra en la Tabla 11. Este período tuvo una duración de 10 días con un segundo pesaje al 5o. día y un nuevo nivel de suministro de alimento (Tabla 11).

TABLA 11. Suministro de Alimento en el Período Experimental.

Jaula	No.	Dieta No.	Al iniciar experimento Peso kg	Alimento kg	Al 5o. día Experimento Peso kg	Alimento kg
		1	17.5	0,525	19.5	0,585
		1	15.5	0,465	16.5	0,495
11		1	15.5	0,465	16.5	0,475
12		1	16.0	0,480	16.7	0,501
13		1	16.5	0,475	17.5	0,525
		2	18.5	0,777	20.0	0,840
		2	18.5	0,777	21.0	0,882
		2	15.5	0,651	17.5	0,735
14		2	18.5	0,777	20,5	0,861
15		2	18.0	0,750	20.0	0,840
		3	15.0	0,810	16.0	0,864
		3	18.5	0,999	20.5	1,107
		3	18.0	0,972	20.0	1,080
		3	18.0	0,972	20.5	1,107
16		3	18.0	0,972	19.0	1,026

4.1.8 Recolección de heces.

La colección de heces fué total y se llevó a cabo cada segundo día durante el período experimental o sea que se hicieron 5 recogidas por cada animal. Las heces no recibieron ningún tratamiento para prevenir su putrefacción, ya que una vez recolectadas, se llevaban al horno a 60°C hasta su completo secado. Una vez secas, se pesaron y se molieron en un micromolino con malla de 1 mm y de su producto se tomaron muestras de cien gramos para posteriores análisis .

4.1.9 Análisis Realizados.

A cada una de las muestras de las dietas experimentales y de las heces, se les determinó su análisis bromatológico y calorimétrico. El bromatológico se realizó por duplicado siguiendo el método utilizado por el Laboratorio de Nutrición Animal de Tibaitatá el cual está basado en el A.O.A.C. 1965. El calorimétrico se llevó a cabo por duplicado en dos bombas calorimétricas o sea que se obtuvieron 20 análisis por animal y se utilizó para el, la metodología indicada por el Manual Parr 130 de 1966. La ED se obtuvo por diferencia entre la EB por gm de dieta y la EB por gm de heces. La EM fué estimada a partir de la ED utilizando métodos convencionales previamente estudiados y a partir de ecuaciones de regresión.

4.1.10. Diseño Experimental.

Se empleó el diseño completamente al azar con análisis de

varianza simple y prueba de DMS* para determinar si existían diferencias significativas o no entre los tratamientos.

EXPERIMENTO 2.

4.2. Evaluación de la Harina de Plátano verde con cáscara como fuente de energía para cerdos en etapa de crecimiento.

4.2.1. Animales.

Se utilizaron los 15 animales del Experimento 1, con un peso inicial promedio de 20,7 kg y distribuidos al azar en tres grupos experimentales con 5 animales por grupo y correspondiendo a cada uno de ellos las siguientes raciones.

Ración 1 : Soya-Maíz y 16% de proteína.

Ración 2 : 15% de Harina de Plátano verde con cáscara (HPVCC)

Ración 3 : 30% de HPVCC.

La Composición de las dietas experimentales puede observarse en la Tabla 12.

* Diferencia mínima significativa

TABLA 12. Composición de la Dietas del Experimento Dos.

	Dieta 1	Dieta 2	Dieta 3
Torta de Soya	16.0	20.0	23.0
Maíz Amarillo	80.5	51.5	33.5
HPVC		15.0	30.0
Melaza		10.0	10.0
Harina de Huesos	2.0	2.0	2.0
Carbonato de Ca	0,5	0.5	0.5
Vitaminas	0.6	0.6	0.6
Minerales	0.4	0.4	0.4
	100.0 kg	100.0 kg	100.0 kg

La premezcla vitamínica y mineral utilizadas en este experimento fueron iguales a las empleadas en el experimento 1 y que se detallan en las Tablas 8 y 9

La melaza fué adicionada a las dietas 2 y 3 para proporcionar más cohesión a las partículas del material alimenticio ya que la HPVCC es bastante polvosa y se desperdicia mucho por esa causa. Se asumió además que la melaza no aportaba proteína a la ración total y se suplió la diferencia con torta de soya.

4.2.2. Período Experimental.

El ensayo tuvo una duración de 28 días con 4 pesajes indivi-

duales en cada período de 7 días. Los sobrantes de alimento eran descontados al consumo total en cada período.

4.2.3. Parámetros Estudiados.

Los controles de peso y alimento sirvieron para los posteriores análisis de peso total y peso promedio por período, promedio de aumento de peso diario, consumo de alimento promedio diario y eficiencia de conversión de alimento.

4.2.4 Diseño.

Se efectuó un diseño completamente al azar con análisis de variación simple y prueba de DMS* para determinar diferencias estadísticas entre los tratamientos con relación a los parámetros estudiados.

* Diferencia mínima significativa

5. RESULTADOS

EXPERIMENTO 1.

5.1. Digestibilidad y Energías digerible y metabolizable de la harina de plátano verde con cáscara en raciones para cerdos.

Para cada uno de los parámetros estudiados en este experimento se realizó la prueba de DMS, las cuales figuran en el apéndice.

5.1.1. Análisis próximo y contenido de NDT de las dietas experimentales.

En la Tabla 13 se muestra el resumen bromatológico y el contenido de NDT de las dietas utilizadas en este experimento.

Tabla 13. Análisis Químico y Nutrientes Digestibles Totales de las dietas del Experimento 1.

	Humedad %	P.C. %	F.C.%	E.E.%	Ceniza %	ENN %	NDT
Dieta 1	0	40.41	4.57	2.60	13.71	38.71	74.05
Dieta 2 (28.49% HPVCC)	0	31.57	4.21	1.99	9.01	53.22	78.95
Dieta 3 (44.45% HPVCC)	0	22.54	3.90	1.93	7.57	64.06	81.26

P. C. = Proteína cruda

F. C. = Fibra Cruda

E. E. = Extracto Etéreo

ENN = Extractos no Nitrogenados

NDT = Nutrientos digeribles Totales

En la Tabla 23 del Apéndice se puede observar el Análisis Químico de las heces de los animales utilizados en el Experimento 1.

5.1.2 Digestibilidad de los Nutrientes

Los promedios de los datos de digestibilidad de los nutrientes de las raciones experimentales se observan en la Tabla 14. Un informe más amplio se puede apreciar en la Tabla 25 del Apéndice.

Tabla 14. Valores promedios de Digestibilidad en base seca de las dietas experimentales.

	M.S. %	P.C. %	F.C. %	E.E. %	ENN %
Diet. 1	81.70	86.84	68.19	66.26	88.57
Diet. 2 (28.49% HPVCC)	83.69	83.86	71.14	48.57	91.17
Diet. 3 (44.45% HPVCC)	85.58	79.12	72.59	46.38	93.19

Al efectuar el análisis estadístico de los parámetros estudiados, se encontró una superioridad significativa ($P < 0.01$) de la digestibilidad de la materia seca de las dietas con 28.49 y 44.45% de HPVCC sobre la dieta control, a la vez que la dieta 3 presentó igual nivel de significancia sobre la dieta 2. El valor de digestibilidad de la proteína de la dieta 1, resultó significativamente mayor ($P < 0.01$) que su correspon

dienta en las dietas 2 y 3. Aunque se obtuvo un mayor promedio de digestibilidad de la fibra al incrementar el nivel de HPVCC con respecto a la dieta control, no se encontraron diferencias estadísticas ($P > 0.05$) que pusieran de manifiesto la superioridad de un tratamiento sobre otro. La porción de los NDT más afectada con la inclusión de HPVCC en la dieta, fue la grasa ya que los valores promedio de digestibilidad de las dietas 2 y 3 mostraron gran diferencia con relación a la dieta control, lo cual reveló una superioridad significativa ($P < 0.01$) de la dieta 1. El valor promedio de digestibilidad de los ENN de la dieta 1, resultó ser significativamente menor ($P < 0.01$) con relación a los valores encontrados para las dietas con HPVCC. A su vez la dieta con el mayor nivel de HPVCC (44.45%), tuvo un mejor comportamiento ($P < 0.01$) que la dieta con 28.49% de HPVCC.

Al utilizar el método de las ecuaciones simultáneas para encontrar la digestibilidad de los nutrientes de la HPVCC, se encontraron los siguientes promedios:

Tabla 15. Valores promedio de Digestibilidad en base seca de la Harina de plátano verde con cáscara.

	M.C. %	P.C. %	F.C. %	E.E. %	ENN %
HPVC:	89.57	72.93	78.32	12.86	98.33

Al comparar estos datos con los promedios de digestibilidad de

los nutrientes de las dietas experimentales se nota una relación directa entre las digestibilidades de M.S., F.C. y ENN y una inversa entre P.C. y E.C. En efecto la HPVCC mejoró significativamente (P 001) las digestibilidades de M.S., F.C. y ENN de la dieta control a la vez que afectó desfavorablemente (P 001) las digestibilidades de P.C. y E.E. de la misma dieta.

5.1.3. Digestibilidad de la Energía.

En la Tabla 16 se indica la EB de alimento y de las heces, halladas en bomba calorimétrica y que se expresan en kcal/kg alimento y heces.

TABLE 16. Energía Bruta del Alimento y de las Heces en Base Seca.

		EB (kcal/kg)
	Dieta 1	4.373,36
	Dieta 2 (28.49% HPVCC)	4.377,48
	Dieta 3 (44.45% HPVCC)	4.253,71
Jaula No.	Dieta No.	EB de las heces (kcal/kg)
3	1	3.675,19
8	1	3.716,77
11	1	3.702,22
12	1	3.733,69
13	1	3.845,89
	Promedio	3.734,75
5	2	4.125,87
7	2	4.123,10
9	2	4.121,08
10	2	4.245,21
14	2	4.195,81
	Promedio	4.162,21
1	3	4.466,47
2	3	4.478,73
4	3	4.489,28
6	3	4.523,70
15	3	4.513,29
	Promedio	4.494,29

Al efectuar el análisis estadístico de los promedios de EB de las heces, se encontró una diferencia significativa (P 0.01) entre ellos.

Con base en la Tabla anterior y teniendo en cuenta los pesos del alimento ingerido y de las heces, se procedió a calcular la ED de las dietas utilizando el método de diferencia y cuyos resultados se detallan en la Tabla 17.

Aunque los promedios de digestibilidad de la energía de las dietas experimentales no mostraron mucha diferencia, el análisis estadístico comprobó la superioridad de las dietas control y con 28.49% de HFVCC sobre la dieta con 44.45% de HPVCC (P 005). Las dietas 1 y 2 fueron similares en cuanto a ED (P 005).

El promedio de EB de la HPVCC obtenida en la bomba calorimétrica fué de 3.741,91 kcal/kg de materia seca en tanto que la ED deducida de las dietas 2 y 3 fué 3.616,50 kcal/kg, valor éste correspondiente al 96.65% de la EB.

TABLA 17. Energía Digestible del alimento ingerido en base seca.

	Alimento ingerido en base seca (kg)	Peso heces base seca (kg)	ED kcal/kg
Dieta 1	4,919	0,8926	3.706,44
	4,262	0,7765	3.696,11
	4,254	0,7097	3,755,51
	4,342	0,8469	3.645,20
	4,528	0,8586	3,644,13
Promedio			3.689,47
Dieta 2 (23.49% HPVCC)	7,002	1,112	3.722,05
	7,209	1,162	3,712,72
	5,979	0,9864	3,697,55
	7,174	1,238	3,644,84
	7,010	1,106	3.715,23
Promedio			3.698,47
Dieta 3 (41.45% HPVCC)	6,237	0,7974	3.682,69
	8,583	1,2038	3.625,55
	7,875	1,2012	3.587,21
	7,711	1,1234	3.594.63
	6,554	1,0062	3.560,83
Promedio			3.610,18

5.1.1. Energía Metabolizable.

Para el cálculo de la EM de las dietas experimentales, se tuvieron en cuenta las siguientes ecuaciones de regresión:

$$EM \text{ (kcal)} = PD \times 4.50 + FD \times 4.0 + GD \times 8.62 + ENND \times 4.17 \quad (1)$$

$$EM \text{ (kcal)} = PD \times 4.88 + FD \times 3.38 + GD \times 9.50 + ENND \times 4.06 \quad (2)$$

$$EM \text{ (Mcal/kg M.S.)} = 3.24 + 0.00558 X \quad (3)$$

PD = Proteína digestible

FD = Fibra digestible

GD = Grasa digestible

ENND = Extractos no nitrogenados digestibles

M.S. = Materia seca

X = % de M.S. de las heces

Los datos de EM calculados para las dietas experimentales se observan en la Tabla del Apéndice.

El promedio de EM de la HPVCC calculado para las tres ecuaciones de regresión se detalla a continuación.

TABLA 18. Energía Metabolizable de la harina de plátano verde con cáscara en base seca. (kcal/kg)

	Ecuación 1	Ecuación 2	Ecuación 3
En dieta 2 (28.49% HPVCC)	3.758,13	3.658,86	3.731,62
En dieta 3 (44.45% HPVCC)	3.732,73	3.601,21	3.731,68
Promedio	3.745,43	3.630,03	3.731,65

Los valores promedios de EM de la HPVCC deducidos por ecuaciones de regresión y estimado a partir de la ED fueron respectivamente 3.702,37 y 3.563,75 kcal/kg correspondientes al 98.94 y 95.29% de la EB. Al estimar la EM a partir de la ED, se asumió que el 98.5% de la ED era EM, basados en las determinaciones realizadas por Clavijo (1972) con harina de banano verde con cáscara para cerdos en crecimiento.

EXPERIMENTO 2.

5.2. Evaluación de la harina de plátano verde con cáscara como fuente de energía para cerdos en etapa de crecimiento.

El resumen de los resultados obtenidos en este experimento se detalla en la Tabla 19. Datos más completos se muestran en las tablas del apéndice.

Aunque no se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$) que manifestaran la superioridad de un tratamiento sobre otro en cuanto a aumento promedio diario de peso (kg), se notó una ligera ventaja de la dieta con 15% de HPVCC sobre las dietas 1 y 3; a la vez que la dieta con 30% HPVCC fué mejor que la dieta control con respecto a este parámetro. La prueba de DLS tampoco reveló diferencias significativas al 1 y 5% entre las dietas con relación a eficiencia alimenticia, aunque la mejor proporción alimento/aumento se presentó para la dieta con 30% HPVCC.

Tabla 19. Rendimiento de los cerdos sometidos a las diferentes dietas experimentales (0, 15 y 30% HPVCC).

	Dieta 1 0% HPVCC	Dieta 2 15% HPVCC	Dieta 3 30% HPVCC
Aumento total (kg)	18,6	20,3	19,9
Consumo promedio (kg)	54,0	61,6	53,8
Promedio aumento diario (kg)	0,664	0,725	0,710
Alimento/aumento	2,90	3,03	2,71

Peso inicial promedio, 21.0 kg, cinco cerdos por tratamiento,
18 días en experimento.