

Efecto en el rendimiento productivo de cerdos en la etapa de acabado por el remplazo del total del maíz por harina de yuca en la dieta

Andrés Ayerbe Sinisterra

**Universidad de San Buenaventura
Facultad de Ingeniería Agroindustrial
Santiago de Cali
2002**

Efecto en el rendimiento productivo de cerdos en la etapa de acabado por el remplazo del total del maíz por harina de yuca en la dieta

Andrés Ayerbe Sinisterra

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agroindustrial

Directora

**Claudia Victoria Rodríguez Garzon
Zootecnista
Profesora tiempo completo
(Universidad De San Buenaventura)**

Codirector:

**Jorge Luis Gil Llanos
Zootecnista
(CIAT-CLAYUCA)**

**Universidad de San Buenaventura
Facultad de Ingeniería Agroindustrial
Santiago de Cali
2002**

**“La facultad y los jurados no son
responsables de las ideas emitidas por los
autores de las mismas”**

(Artículo 24, resolución 04 de 1.974)

Le doy gracias a Dios, a mi Papá, a mi Mamá, a mi novia Juliana, a mi familia que tanto me apoyo, a todos mis amigos por acompañarme en todos los buenos y malos momentos y gracias a todos mis compañeros del grupo CLAYUCA por brindarme la gran oportunidad de haber trabajado a sus lados.

AGRADECIMIENTOS

Expreso mis agradecimientos a:

- Bernardo Ospina Patiño, Ingeniero Agrícola. Director ejecutivo de CLAYUCA – CIAT, por brindarme su apoyo y la oportunidad de trabajar en el grupo CLAYUCA – CIAT.
- Jorge Luis Gil Llanos, Zootecnista. Asistente del Proyecto “Uso de la Yuca en la Alimentación Animal” CLAYUCA – CIAT, por sus recomendaciones, orientación, colaboración y su gran disposición en el desarrollo de este gran proyecto.
- Claudia Victoria Rodríguez, Zootecnista. Profesora de tiempo completo en la Universidad de San Buenaventura, por su ayuda y colaboración en el desarrollo del proyecto investigativo.
- Laboratorios de Servicios Analíticos – CIAT, por el aporte y calidad de sus datos analíticos.
- Carnes y Derivados de Occidente S.A. por permitir el acceso a sus instalaciones y colaborar con la investigación.
- A Granjas Paraiso Ltda. Y especialmente para:
 - Doctora María del Carmen Otero y Doña Emily por permitir el desarrollo del proyecto y la confianza depositada en el mismo.
 - Cesar Rodríguez. Por su gran apoyo y disponibilidad que lo caracteriza.
- A todo el personal del proyecto Agroempresas Rurales y CLAYUCA del CIAT, por su atenta colaboración.
- A todas aquellas personas que de una u otra forma hicieron posible la elaboración de este proyecto.
- Agradezco a mi novia quien me acompañó durante el proceso de todo mi proyecto de grado, gracias gordita por todo tu apoyo y ayuda, sin ti no habría logrado nada, te amo.
- Finalmente, y de manera especial, a mis padres: Juan José y la Nena Sinisterra por aguantar una que otra locura, gracias por brindarme la oportunidad de haber nacido, los quiero mucho y me siento muy orgulloso de tenerlos a mi lado, y a mi Familia por su gran apoyo.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág
RESUMEN	
INTRODUCCIÓN	12
1 MARCO TEÓRICO	15
1.1 Generalidades sobre yuca	15
1.2 Usos principales	15
1.3 Potencial nutricional de la yuca	16
1.4 Composición nutricional de la harina de yuca	17
1.5 Valor nutricional de la yuca	18
1.5.1 Proteína	19
1.5.2 Extracto no nitrogenado	20
1.5.3 Fibra	20
1.5.4 Extracto etéreo	20
1.5.5 Calcio y fósforo	20
1.5.6 Aminoácidos	20
1.5.7 Componentes energéticos	21
1.5.8 Vitaminas y minerales trazas	21
1.6 Toxicidad	22
1.7 Utilización de la yuca en la alimentación de cerdos	23
1.8 Generalidades de los cerdos	24
1.9 Requerimientos nutricionales de los cerdos	26
1.9.1 Presentación del alimento	29
1.9.2 Consumo de alimento	29
1.9.3 Palatabilidad	29
1.9.4 Consumo de agua	30
1.9.5 Consumo de nutrimentos	30
1.9.6 Separación por sexos	30
1.9.7 Problemas en la alimentación	31
1.9.8 Dietas mal balanceadas	31
1.9.9 Alta cantidad de rellenos fibrosos	31
1.9.10 Mal procesamiento	31
1.9.11 Mal mezclado	32
2 MATERIALES Y METODOS	33
2.1 Localización	33
2.2 Instalaciones y equipos	33
2.3 Animales	33
2.4 Sanidad	33
2.5 Alimentación	34
2.6 Tratamientos	34
2.7 Diseño experimental y análisis estadístico	34
2.8 Variables evaluadas	35
2.8.1 Consumo de alimento	35

2.8.2	Incremento de peso	36
2.8.3	Conversion alimenticia	36
2.8.4	Mortalidad	36
2.9	Analisis de costo beneficio	37
3	ANALISIS DE RESULTADOS	38
3.1	Rendimientos productivos en la etapa de acabado segun los niveles de inclusion de harina de yuca en la dieta	38
3.2	Rendimientos productivos en la etapa de acabado segun el sexo	39
3.3	Rendimientos productivos en la etapa de acabado segun la interaccion sexo por niveles de inclusion de harina de yuca en la dieta	39
3.4	Mortalidad	40
3.5	Analisis economico	41
3.6	Analisis economico para las hembras	41
3.7	Analisis economico para los machos	42
4	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	44
4.1	Conclusiones	44
4.2	Recomendaciones	44
	SUMMARY	45
	BIBLIOGRAFÍA	46
	ANEXOS	48

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.	Contenido de energía útil y proteína total en diferentes productos utilizados en alimentación animal	17
Tabla 2.	Análisis proximal de la harina de yuca para consumo animal	18
Tabla 3.	Contenido de nutrientes principales en la raíz de yuca	19
Tabla 4.	Aminoácidos en las raíces de yuca; su contenido en relación con el peso total de esta parte de la planta y su concentración con respecto al total de proteínas	21
Tabla 5	Principales vitaminas y minerales menores en las raíces de yuca	22
Tabla 6	Mezclas de una ración basada en harina de yuca y niveles crecientes de melaza de caña para engorde de cerdos	25
Tabla 7	Utilización de harina de yuca con niveles crecientes de melaza para engorde de cerdos	25
Tabla 8	Cantidad de ración total e ingredientes básicos para un programa de alimentación con harina de yuca y torta de soya, para cerdos en etapa de crecimiento y acabado. (en kilogramos)	26
Tabla 9	Requerimientos de nutrimentos principales para cerdos en crecimiento y engorde, según el NRC	27
Tabla 10	Rendimientos productivos para cerdos en desarrollo y engorde en Centroamérica	27
Tabla 11	Rendimientos esperados para cerdos PIC	27
Tabla 12	Fases de alimentación para cerdos en desarrollo y Engorde	28
Tabla 13	Requerimiento de nutrimentos para cerdos en desarrollo y engorde de líneas genéticas magras de acuerdo al sexo	28
Tabla 14	Consumo de fuentes energéticas altas en humedad	29

en la alimentación de cerdos. (kg)

Tabla 15	Consumo de alimento para cerdos en desarrollo y Engorde	30
Tabla 16	Rendimientos de machos castrados y hembras	31
Tabla 17	Composición alimenticia de la dieta a base de maíz amarillo suministrada por Granjas Paraiso Ltda. para la etapa de acabado en cerdos	35
Tabla 18	Composición alimenticia de la dieta a base de harina de yuca (100% de reemplazo del maíz) suministrada por Granjas Paraiso Ltda. Para la etapa de acabado en cerdos	36
Tabla 19	Efecto en los rendimientos productivos de cerdos en la etapa de acabado por la sustitución de maíz amarillo por la harina de yuca en la dieta	38
Tabla 20	Efecto en los rendimientos productivos de cerdos en la etapa de acabado por la sustitución de maíz amarillo por la harina de yuca en la dieta según el sexo	39
Tabla 21	Efecto en los rendimientos productivos de cerdos en la etapa de acabado debido a la interacción sexo por niveles de inclusión de harina de yuca reemplazando el maíz amarillo en la dieta	40
Tabla 22	Análisis del costo del alimento y relación costo beneficio en la etapa de acabado para cerdos alimentados con una dieta a base de maíz amarillo y una dieta a base de harina de raíces de yuca	41
Tabla 23	Análisis de costo beneficio en la etapa de acabado para hembras alimentadas con una a base de maíz amarillo y una dieta a base de harina de raíces de yuca como sustituto del maíz amarillo	42
Tabla 24	Análisis de costo beneficio en la etapa de acabado para machos alimentados con una dieta a base de maíz amarillo y una dieta a base de harina de raíces de yuca como sustituto total del maíz amarillo	43

LISTA DE ANEXOS

Anexo A.	Información de los animales que fueron estudiados en el proyecto	49
Anexo B.	Resultados del análisis del concentrado comercial a base de maíz suministrado por Granjas Paraíso	50
Anexo C.	Resultados del análisis del concentrado comercial a base de harina de Yuca suministrado por Granjas Paraíso	51
Anexo D.	Tabla de registro y control del ensayo	52

RESUMEN

La harina de yuca ha sido evaluada como reemplazos del maíz, sorgo y arroz hasta en niveles de inclusión del 50%, arrojando resultados positivos en rendimientos productivos, con el consiguiente ahorro económico.

Con el fin de evaluar a nivel comercial niveles más altos, se planteó un ensayo experimental en el cual se reemplazó el total de la fuente energética (maíz) por harina de yuca. Se planteó un diseño completamente al azar, con un arreglo factorial de $2 \times 2 + 1$ en el cual, se quería medir el efecto en las variables consumo de alimento, ganancia de peso, conversión alimenticia y peso final por los siguientes factores: efecto por el nivel de reemplazo (0 y 100%) efecto por el sexo, la interacción de los factores anteriores y compararlos con el tratamiento control de que era el total de los resultados de la granja.

Los resultados se sometieron a un análisis de varianza, pero debido al poco número de repeticiones que se lograron hacer, no se encontraron diferencias significativas al ($p > 0.05$). Sin embargo si observamos los rendimientos productivos en las tablas adjuntas podemos encontrar que si hay diferencias en el consumo de alimento, ganancia de peso y conversión alimenticia por el efecto del sexo y por los niveles de inclusión. Por lo tanto, se procede a realizar el análisis económico para presentar en forma más completa los resultados.

INTRODUCCIÓN

El manejo económico de las producciones pecuarias depende en un alto porcentaje de los costos de alimentación los cuales están determinados por el uso de materia primas disponibles. Por tal motivo, la implementación o utilización de nuevos productos como harina de raíces de yuca se constituye como una alternativa propicia para los productores.

El uso de la harina de yuca en la alimentación animal no es una propuesta nueva, sin embargo los niveles de inclusión en las dietas para cerdos aun no han sido claramente determinados, pues diferentes pruebas exploratorias hacen pensar que tiene limitantes en su inclusión por factores de manejo en la preparación debido a la polvosidad del producto.

Por otro lado, tradicionalmente en Colombia, los sistemas de producción animal han utilizado el maíz como materia prima por excelencia. Salvo algunas excepciones, las zonas productoras de este cereal se caracterizan por su alto costo de tierras, y de producción en general asociadas a bajas productividades que se obtienen. Esto ha ocasionado que los consumidores de éste cereal principalmente la avicultura y porcicultura, se hayan visto obligados a importarlo en grandes cantidades, con los costos y consecuencias que esto ocasiona para el país.

Como una alternativa para esta situación de dependencia frente a la compra de las materias primas importadas, los sectores avícola y porcícola vienen apoyando las actividades realizadas por el Centro Internacional de Agricultura Tropical – CIAT y el Consorcio Latinoamericano y del Caribe de Apoyo la Investigación y al Desarrollo de la Yuca - CLAYUCA, con el objetivo de promover; a través de resultados de investigación, el uso de la yuca y sus diferentes componentes en la fabricación de alimentos balanceados para animales, que permitan disminuir total y parcialmente, las necesidades del maíz importado, favoreciendo no solo al productor de cerdos sino al cultivador de la yuca. Aunque, la mayoría de las raíces cosechadas en el país (más de 2 millones de toneladas métricas anuales) se destinan a la alimentación humana, las perspectivas de su uso en la alimentación animal (en la actualidad se destinan 100 mil toneladas), han aumentado considerablemente durante los últimos años. (CLAYUCA 2002 comunicación personal)

En relación con tecnologías de procesamiento que permitan la obtención de harina de yuca a un costo competitivo, en volúmenes adecuados y con calidad nutricional que permita su uso en programas de alimentación, también se han logrado algunos avances importantes en el último año, al punto que en la actualidad se encuentran disponibles varias opciones tecnológicas para la producción industrial de Harina de Yuca. (CLAYUCA 2002 comunicación personal)

Los esfuerzos para transformar la yuca en una fuente alternativa de materia prima para la elaboración de alimentos balanceados para animales han comenzado a dar frutos en los aspectos de tecnología de producción y procesamiento. Existen en la actualidad alrededor de 30 variedades de alto potencial de rendimiento desarrolladas por el CIAT y que están siendo utilizadas en varias regiones del país en el marco del programa de ampliación de áreas sembradas y aumento de la disponibilidad de material de siembra de buena calidad.

Al realizar los ajustes nutricionales necesarios en la dieta basándose en harina de yuca, el rendimiento animal es comparable con el obtenido en los planes de alimentación basados en cereales. Sin embargo, en condiciones experimentales solo se han utilizado niveles de harina de yuca que fluctúa entre 20 y 40% de la dieta total para cerdos. (Buitrago 1990) Además de la popularidad del maíz entre los nutricionistas animales y su disponibilidad en cualquier época del año, otro factor que ha limitado el uso de la harina de yuca es su poca oferta.

Para contrarrestar esta apatía hacia el uso de la harina de yuca por parte del sector dedicado a la producción animal, se hace necesario realizar trabajos de investigación con los productores comerciales (porcicultores), basados en programas de alimentación animal de tal forma que permita generar información biológica y económica para sustentar la viabilidad técnica y económica del uso intensivo de harina de yuca en las dietas, reemplazando la fuente energética tradicional; el maíz amarillo. Asimismo, se hace necesario desarrollar programas de capacitación, divulgación y transferencia tecnológica que ayude a los interesados a conocer los nuevos desarrollos tecnológicos en torno al cultivo de la yuca.

Por esta razón, se decidió realizar la presente investigación encaminada a cumplir con los siguientes objetivos:

- Evaluar el efecto en rendimiento productivo de cerdos en la etapa de acabado por el remplazo de los granos de cereales por harina de yuca en la dieta.
- Determinar el consumo de alimento, la ganancia de peso, la conversión alimenticia, el peso final y la mortalidad al reemplazar los granos de cereales por harina de yuca como fuente de energía, en dietas comerciales para cerdos en etapa de acabado.
- Evaluar el efecto en rendimiento productivo (Consumo de alimento, ganancia de peso, conversión alimenticia, peso final y mortalidad), en machos y hembras, manejados en forma independiente, al suministrar las dietas con el remplazo total de los granos de cereales por harina de yuca.

- Mediante análisis económico determinar cual o cuales tratamiento(s) constituye(n) la(s) mejor(es) alternativas para el productor.

MARCO TEORICO

1.1 Generalidades sobre la Yuca

La yuca es una especie vegetal de raíces amiláceas, que se cultiva únicamente en los trópicos. A pesar de que es uno de los cultivos alimenticios más importantes de los países tropicales, fuera de ellos es muy poco conocida; en el trópico se le considera a menudo como cultivo de subsistencia de baja categoría. (Cock 1990)

La yuca (*Manihot esculenta* Crantz) es una especie de origen latinoamericano, conocida también con los nombres comunes de tapioca, casava, manioca y mandioca entre los más comunes. Se cultiva principalmente por sus raíces amiláceas, aunque su follaje se suele aprovechar para la alimentación animal en algunas zonas productoras, al momento de cosechar las raíces. En ciertos lugares de Africa las hojas de yuca también se usan en la alimentación humana, como verduras frescas. (Buitrago 1990)

La yuca es un arbusto perenne, cuya altura varía de uno a cinco metros; sin embargo, en forma comercial se encuentra entre uno y medio a tres metros. (Sánchez et al 1999)

Por su adaptabilidad a las condiciones marginales, la yuca se ha diseminado en toda la zona tropical del mundo, y ha alcanzado una producción total de aproximadamente 130 millones de toneladas métricas anuales; cerca del 40% de este total se produce en Africa, otro 40% en Asia y la mayor parte de la cantidad restante se produce en América Latina y el Caribe. (Buitrago 1990)

1.2 Usos Principales

La yuca se usa principalmente como alimento humano y debido a su volumen y perecibilidad, generalmente se consume in situ o cerca del lugar de producción. Además de servir como alimento humano, la yuca se emplea para la alimentación animal y la extracción de almidones. (Cock 1990)

Los patrones en cuanto a la utilización de la yuca varían ampliamente de una región a otra. En las zonas de minifundio y en el caso de cultivos de subsistencia, las raíces se usan en mayor proporción como un producto básico de la alimentación, a nivel local; en menor escala se usan para la producción de almidón. En las zonas donde predomina la producción comercial, las raíces se transportan en forma fresca hacia los centros de consumo, o se procesan localmente para la obtención de harinas o almidón. La yuca fresca o seca se destina a la alimentación animal. (Buitrago 1990)

La yuca es una de las materias primas más comunes para la producción de almidón. El almidón de yuca se usa en la industria de alimentos, en la fabricación

de papel, como lubricante en la perforación de pozos petroleros y en la industria textil. Se usa también como sustrato para la producción de dextrinas, las cuales se usan en pegantes. (Cock 1989)

La importancia de la yuca como alimento para animales está relacionada directamente con la riqueza energética de sus raíces, ya que la cantidad de calorías que se obtiene de ellas supera ampliamente la de los granos de cereales utilizados normalmente en programas de alimentación animal. Sin embargo, el nivel proteínico de las raíces es bajo y exige una suplementación nutricional adecuada para que el animal pueda aprovechar todo el potencial calórico disponible en ellas. (Buitrago 1990)

Según Buitrago 1990, existen dos factores principales que permiten considerar la yuca como un recurso de gran valor para la alimentación animal en el trópico:

- a. Es un producto de amplia versatilidad en cuanto a sus posibilidades de uso como alimento de animales rumiantes y monogástricos; se puede usar en estado fresco, o seca en forma de harina, comprimidos o gránulos. Igualmente se pueden aprovechar de ella la cáscara, el bagazo, la mancha y otros subproductos de la industrialización.
- b. La planta presenta características agronómicas específicas que permiten su explotación no sólo en condiciones de alta tecnología sino en áreas marginales y con deficiente disponibilidad de insumos.

1.3 Potencial nutricional de la yuca

La yuca está constituida como una especie importante y eficiente en la producción de carbohidratos por hectárea en relación con los cereales, lo que la constituye en un alimento energético básico para gran parte de la industria de alimentos balanceados para animales, siendo utilizada en forma de harinas, chips o pellets. (Buitrago 1990)

Las raíces de yuca tienen 30 a 40%, de materia seca, o sea una proporción más alta que la de otras raíces y tubérculos. El almidón y los azúcares son los componentes predominantes (Aproximadamente un 90%) de la materia seca, siendo el almidón mucho más importante. La energía Metabolizable de la yuca seca, de 3500 a 4000 Kcal/g, es similar a la de la harina de maíz. (Cock 1989)

Buitrago (1990), reporta que tanto las raíces como el follaje de yuca (hojas, pecíolos y tallos tiernos) son productos primarios de la planta que se pueden utilizar como alimento para animales, si bien las raíces aportan la mayor cantidad de nutrimentos totales. Aunque la variedad y las condiciones del suelo y del ambiente afectan las proporciones en que se encuentran cada uno de esos órganos o partes en la planta madura, en promedio tales proporciones son las siguientes: 50% para las raíces, 40% para los tallos y pecíolos y 10% para las

hojas. Además, de estos productos primarios de la yuca existen otros derivados que tienen también buen potencial como alimento para animales, especialmente los subproductos de los procesos de industrialización. (el bagazo o ripio, la cascara o corteza y la mancha)

Con excepción del follaje, los productos y subproductos de la planta de yuca son esencialmente energéticos debido a su alto contenido de almidones y al bajo nivel de proteína en su composición proximal. (Gil - Buitrago 2002)

En la Tabla 1, donde se compara la yuca con otros productos agrícolas de amplio uso en la alimentación animal en términos de su rendimiento en energía total y su proteína cruda, se puede observar claramente la importancia de la yuca como fuente de energía. Por otra parte, la yuca tiene un bajo nivel de proteína como se aprecia en el cuadro, y ese hecho hace necesaria la adición de este nutrimento a las raciones preparadas con una alta proporción de la raíz. (Buitrago 1990)

Tabla 1. Contenido de energía útil y proteína total en diferentes productos utilizados en alimentación animal^a

Producto	Materia seca (%)	Energía (Mcal/kg)		Proteína (g/kg)
		Metabolizable	Digestible	
Raíz fresca de yuca	35	1.20	1.30	12
Raíz seca de yuca	90	3.10	3.40	34
Follaje fresco de yuca	28	0.34	0.36	65
Follaje seco de yuca	90	1.10	1.20	220
Batata fresca	30	1.03	1.05	17
Batata seca	90	3.08	3.15	51
Papa fresca	23	0.80	0.85	21
Papa seca	90	2.90	3.30	82
Banano fresco	20	0.65	0.75	10
Banano seco	90	2.85	3.30	45
Sorgo	90	3.25	3.30	87
Maíz	90	3.40	3.45	95
Arroz	90	3.15	3.40	80
Frijol	90	3.45	4.02	380

^a cifras estimadas y adaptadas a valores fijos de materia seca

Fuente: Buitrago J. 1990

1.4 Composición nutricional de la harina de yuca

La harina de raíces de yuca es principalmente una fuente de energía, con un alto contenido de almidón (60-70 %). Sin embargo el nivel de proteína es muy bajo, aproximadamente 2.5 % de la materia seca. Entonces, la inclusión de harina de yuca en las dietas depende del costo y la disponibilidad de otras fuentes de

energía y de proteína. Una ración balanceada que utiliza harina de yuca, necesita ser suplementada con niveles mayores de proteína y aminoácidos, grasa, minerales y vitaminas, en comparación con una ración basada totalmente en cereales. (Buitrago y Lukett 1999)

La variación en la composición nutricional de los productos y subproductos de la yuca es muy amplia, como consecuencia de la extensa gama de procesos posibles de desarrollar en la transformación de la yuca. Los resultados que se obtienen en análisis sobre la composición nutricional de las raíces generalmente son muy constantes, aunque se presentan algunos cambios menores asociados con la variedad de la yuca; estos cambios tienen que ver especialmente con los contenidos de proteína, fibra y humedad. (Buitrago 1990)

Normalmente las raíces y el follaje de yuca recién cosechados son productos perecederos, con alto nivel de humedad. En el caso de las raíces este nivel es más o menos constante (entre 62% y 68% de agua), pero en el follaje varía mucho más (entre 65% y 80%), dependiendo principalmente de la edad de la planta al momento de la cosecha y las condiciones ambientales. (Buitrago 1990)

1.5 Valor nutricional de la yuca

Buitrago 1990, en ensayos realizados en el Centro Internacional de Agricultura Tropical reporta datos de proteína cruda de 2.8%, fibra 3.2%, grasa 1.2%, cenizas 2.9%, Calcio 0.3% y Fósforo 0.4%.

En la Tabla 2, se indican las concentraciones de algunos nutrientes presentes en dos variedades (dulce y amarga) de raíces de yuca.

Tabla 2. Análisis proximal de la harina de yuca para consumo animal

Variedad	Humedad	proteína	Fibra Cruda (%)	Cenizas	Extracto Etéreo	Cianuro (ppm)
CM 340 -30	11	2.67	3.93	3.32	0.77	62
MVEN 25	13	2.64	3.94	3.39	0.73	60

Fuente: Laboratorio de servicios analíticos CIAT, 2001

Según Cock, 1989. las raíces de la yuca tienen 30 a 40% de materia seca, osea una proporción más alta que la de otras raíces y tuberculos. El contenido de materia seca depende de factores tales como la variedad, la edad de las raíces al momento de la cosecha, el suelo, las condiciones climáticas y la sanidad de la planta.

Los resultados que se obtienen en análisis sobre la composición nutricional de las raíces, por lo general, son muy constantes, aunque se presentan algunos cambios menores asociados con la variedad de la yuca, edad de la planta al

momento de la cosecha y las condiciones ambientales, tal como lo indica la Tabla 3.

1.5.1 Proteína

Las raíces de yuca se caracterizan por su bajo contenido de proteína cruda y aminoácidos. Aunque la mayoría de las variedades comerciales muestran contenidos de proteína que fluctúan entre 2% y 4% (sobre una base seca), el rango es bastante amplio ya que se ha encontrado variedades con niveles mayores que 10%. (Buitrago 1990)

En ensayos realizados en Clayuca, se reportan índices no mayores de un 2,8% de proteína presente en las raíces secas de yuca y 1.1 % en las raíces frescas (Buitrago et al, 2001)

Tabla 3. Contenido de nutrientes principales en la raíz de yuca

Nutriente	Base fresca (%) ¹⁾	Base seca (%) ¹⁾	Base seca (%) ²⁾	Base seca (%) ³⁾
Humedad	65.00	12 .00	10.60	12.00
Materia seca	35.00	88.00	89.40	88.00
Proteína total	1.10	2.70	-----	3.19
Fibra	1.20	2.80	4.10	3.08
Cenizas	0.70	1.70	3.70	3.38
E. Met. Aves	1.20	3.10	-----	-----
E. Met. Cerdos	1.30	3.30	-----	-----
E. Dig Cerdos	1.40	3.42	-----	-----
E. Dig Bovinos	1.30	3.31	-----	-----
Lisina	0.02	0.07	-----	-----
Metionina	0.01	0.03	-----	-----
Met +Cist	0.02	0.05	-----	-----
Treonima	0.01	0.03	-----	-----
Triptofano	-----	0.29	-----	-----
Arginia	0.01	-----	-----	-----
Isoleucina	0.01	0.03	-----	-----
Fenil +Terosina	0.01	0.05	-----	-----
Histidina	0.02	0.07	-----	-----
Valina	0.01	0.04	-----	-----
Calcio	0.11	0.30	0.15	-----
Fósforo disponible	0.15	0.20	0.11	-----
Sodio	0.01	0.03	0.02	-----
Cloro	0.02	0.08	-----	-----
Potasio	0.25	0.52	0.96	-----
Magnesio	0.03	0.08	6.00	-----

Fuente: 1-Buitrago 1990. 2-Frans Van Poppel 2001 y 3-Gil et al, 2001.

1.5.2 Extracto no nitrogenado

Los componentes principales del extracto no nitrogenado en la raíz de yuca son los carbohidratos solubles, constituidos por almidones y azúcares. El almidón constituye el 80% del extracto no nitrogenado. (Buitrago 1990)

1.5.3 Fibra

El nivel de fibra cruda en la yuca presenta pequeñas variaciones de acuerdo con la variedad de la planta y la edad de la raíz; sin embargo, normalmente sus valores no son superiores a 1.5% en la raíz fresca y a 4% en la harina. (Buitrago 1990)

1.5.4 Extracto etéreo

Los nutrimentos grasos se encuentran en una concentración mínima en la raíz de yuca, y están constituidos principalmente por galactosil-diglicéridos y ácidos grasos saturados. La concentración de extracto etéreo es mayor en la cáscara o corteza que en la pulpa. (Buitrago 1990)

1.5.5 Calcio y fósforo

Comparando los contenidos de calcio y de fósforo en la raíz se observa que el de calcio presenta mayor variación, y que su concentración es mayor en la cáscara que en la pulpa. El nivel de fósforo en las diferentes partes de la raíz (alrededor de 0.10% a 0.15%) es más constante, pero su disponibilidad nutricional fluctúa, al igual que en las hojas, entre 30% y 50%. (Gil y Buitrago 2002)

Se debe tener en cuenta que los valores de las concentraciones de calcio, fósforo y demás minerales pueden resultar alterados en el caso de la raíz, debido a su contaminación con suelo y con materiales extraños durante el proceso de recolección y procesamiento. (Buitrago 1990)

1.5.6 Aminoácidos

La Tabla 4, presenta información sobre el contenido de diferentes aminoácidos en la raíz y el follaje de yuca; debido al mayor contenido de proteína en el follaje, las cifras correspondientes a éste tienen mayor importancia relativa que las de la raíz.

La metionina y la cistina son aminoácidos pertenecientes al grupo de los azufrados, cuyos bajos niveles en las raíces y el follaje de yuca resultan limitativos para la nutrición de monogástricos, por lo tanto, cuando en la alimentación de este tipo de animales se utilizan niveles apreciables de raíces o

de follaje de yuca, es necesario incluir en la ración productos con un alto contenido de metionina, o bien metionina sintética. (Buitrago 1990)

1.5.7 Componentes energéticos

Debido al alto contenido de humedad de las raíces y el follaje de yuca, en los productos frescos los niveles de energía metabolizable están muy diluidos en contraste con lo que ocurre en los productos secos; por esta razón, en la mayoría de los casos de monogástricos el uso de los productos frescos está limitado. (Buitrago 1990)

Tabla 4. Aminoácidos en las raíces de yuca; su contenido en relación con el peso total de esta parte de la planta y su concentración con respecto al total de proteínas

Aminoácido	En las raíces		
	Base húmeda (% peso)	Base seca (% peso)	Concentración (% proteína)
Arginina	0.10	0.29	11.0
Histidina	0.02	0.07	2.60
Isoleucina	0.01	0.03	1.00
Leucina	0.11	0.31	11.70
Lisina	0.02	0.07	2.60
Metionina	0.01	0.03	1.00
Fenilalanina	0.01	0.03	1.00
Treonina	0.01	0.03	1.00
Triptófano	-----	-----	0.50
Valina	0.01	0.04	1.50
Alanina	0.05	0.15	5.70
A. aspártico	0.04	0.13	4.90
Cistina	0.003	0.01	0.40
A. glutámico	0.05	0.15	5.70
Glicina	0.003	0.01	0.40
Prolina	0.01	0.03	1.00
Serina	0.01	0.04	1.50
Tirosina	0.003	0.01	0.40

Fuente: Adaptado de Hutagalung 1977; citado por Buitrago 1990.

1.5.8 Vitaminas y minerales trazas

En general el contenido de vitaminas y minerales en las raíces de yuca es mínimo, especialmente en comparación con otras materias primas de uso común en la alimentación animal. En la Tabla 5 se encuentra información referente de vitaminas y minerales menores más importantes. (Buitrago 1990)

Tabla 5 Principales vitaminas y minerales menores en las raíces de yuca

Vitaminas y minerales		Contenidos/100g de raíces	
		Base húmeda	Base seca
Vitamina A	(UI)	19.50	55.00
Tiamina B1	(mg)	0.05	0.16
Riboflavina B2	(mg)	0.03	0.08
Niacina	(mg)	0.06	0.17
Acido ascórbico	(mg)	30.00	86.00
Potasio	(%)	0.25	0.72
Magnesio	(%)	0.03	0.08
Hierro	(ppm)	17.00	48.00
Cobre	(ppm)	2.00	6.00
Zinc	(ppm)	14.00	41.00
Manganeso	(ppm)	3.00	10.00
Sodio	(ppm)	76.00	213.00

Fuente: Adaptado de Buitrago 1990. (Chadha 1961; Terra 1964 y Ravindran et al. 1983)

En la yuca se observan algunas diferencias importantes entre el follaje tierno y el maduro, principalmente en cuanto a los valores de las vitaminas A y del complejo B. (Buitrago 1990)

1.6 Toxicidad

La yuca cruda contiene Linamarina y Iotaustralina, dos glucósidos que se convierten en ácido cianhídrico o prúsico al entrar en contacto con la linamarasa, una enzima que se libera cuando las células de las raíces de la yuca se rompen; el ácido prúsico es venenoso. (Cock 1989)

El nivel de glucósidos cianogénicos y/o de ácido cianhídrico total presentes en la raíz de yuca determinan la diferencia entre variedades amargas (de mayor toxicidad) y variedades dulces. Aunque no existe una medida precisa, se consideran como variedades amargas aquéllas con un contenido de ácido cianhídrico superior a 100mg/kg de pulpa o parénquima fresco (o sea 100 ppm) y como variedades dulces aquéllas con niveles inferiores. (Buitrago 1990)

La mayor parte del ácido cianhídrico se solubiliza en los subproductos acuosos resultantes del lavado de la pulpa, después de la extracción del almidón. (Buitrago 1990)

1.7 Utilización de la yuca en alimentación de cerdos

El nivel de energía en la harina de yuca es menos crítico cuando este producto se usa en raciones para cerdos que cuando se trata de dietas para aves; sin embargo, debido a que los niveles de harina que se utilizan en el caso de los cerdos son normalmente altos, algunos de los factores limitativos de la yuca como alimento adquieren mayor importancia y ponen de manifiesto problemas no observados en otras especies que consumen cantidades inferiores del producto. Dentro de estos problemas está la deficiencia de aminoácidos azufrados y el contenido de ácido cianhídrico en variedades amargas de yuca, estos factores podrían alterar en mayor grado la calidad y la palatabilidad de raciones que tienen altos niveles de harina de yuca. (Buitrago 1990)

El uso de las raciones se puede suministrar a los cerdos en forma de harina o peletizada, pero es más recomendable esta última opción no sólo por el hecho de presentar una mayor densidad específica, sino porque disminuye el contenido de polvo de la ración.

Las raíces de yuca presentan deficiencias en varios nutrimentos principalmente en proteínas, vitaminas y minerales. Estos nutrimentos se deben adicionar a la ración principal y para ello se recomienda elaborar una sola mezcla de materias primas capaces de complementar con la mayor precisión posible las limitaciones mencionadas; tales materias primas deben estar disponibles y ser económicas. Existen diferentes alternativas para la preparación de implementos nutricionales, entre las cuales el productor puede seleccionar la más conveniente para sus propias condiciones, teniendo en cuenta las recomendaciones anteriores. (Buitrago 1990)

En los programas de alimentación para cerdos la yuca se puede suministrar en forma fresca o seca, mezclada con el suplemento nutricional, o en forma separada. Sin embargo, el suministro del suplemento a voluntad conduce invariablemente a un sobre consumo de proteína, minerales y vitaminas que encarece y hace ineficiente el programa de alimentación. (Buitrago 1990)

La yuca fresca de variedades dulces se puede suministrar a los cerdos para su consumo a voluntad, o puede ofrecérseles en cantidades controladas para evitar el desperdicio; sin embargo, no se debe restringir el consumo. Cada día se debe ofrecer a los animales la cantidad correspondiente en forma fresca y picada; para calcular las cantidades requeridas diariamente se puede considerar como guía el consumo óptimo determinado para la etapa de producción o peso del animal, si bien en la práctica el consumo real es inferior a ese óptimo. (Buitrago 1990)

Los cerdos con más de 45 kg de peso (finalización – engorde) requieren mayor cantidad de energía y menos proteína en sus dietas. Por otra parte el consumo diario de alimento se incrementa en forma paulatina, de tal manera que la

deficiencia energética de algunas dietas se puede compensar con el mayor consumo de alimento; en estas condiciones, los cerdos con mayor peso pueden consumir raciones con altos niveles de harina de yuca sin que se afecte su rendimiento. Esta circunstancia se debe tener en cuenta al elaborar los programas de alimentación a base de harina de yuca, especialmente cuando los costos de las materia primas favorecen el uso en un alto porcentaje de este producto. (Buitrago 1990)

1.8 Generalidades de los cerdos

De acuerdo a Easter y Ellis (2000) el período de desarrollo y engorde empieza cuando los cerdos tienen un sistema digestivo capaz de utilizar dietas simples, y responder adecuadamente a situaciones de estrés calórico e inmunológico. Este período ocurre cerca de los 20 kg de peso y termina cuando el cerdo es enviado a mercado.

Los rendimientos productivos de los cerdos en las etapas de levante y ceba dependen de la genética, de la alimentación, de la salud y del manejo. (Campabadal 2001)

El satisfacer los requerimientos nutrimentales de los cerdos es uno de los factores que más afectan los rendimientos productivos. El porcicultor debe conocer no sólo cuál nutrimento y en qué cantidad lo necesita el cerdo para cada una de sus fases productivas, sino que debe también entender el efecto que tiene ese nutrimento sobre el crecimiento y la reproducción de los cerdos. (Campabadal 2001)

El período que comprende el desarrollo y el engorde del cerdo es una de las etapas más importantes de la vida productiva del animal, pues aquí se consume entre el 75 y el 80% del total del alimento necesario en su vida productiva. Siendo este rubro el principal costo de producción, la utilización eficiente del alimento repercutirá en la rentabilidad de la operación porcina. Tradicionalmente, el período de desarrollo y engorde para los cerdos de razas puras tradicionales y algunos híbridos comprendía pesos entre los 30 y 50 kg, para la etapa en desarrollo y de 50 a peso a mercado (90 – 100) para la etapa de engorde. (Campabadal 2001)

La elaboración y formulación de alimentos balanceados para explotaciones porcinas comerciales se hace, al igual que para aves, en programas de computación de costo mínimo. Las Tablas 6 y 7 muestran la composición de dietas para cerdos obtenidas con harina de yuca, a un precio equivalente al 80% del precio del sorgo. En el caso de cerdos se puede apreciar que ingredientes como melaza de caña pueden ser incorporados en niveles mayores que los especificados para aves. Igualmente, los resultados experimentales obtenidos con cerdos sugieren que las raciones para esta especie animal pueden incluir niveles de harina de yuca algo más altos que para aves. (Gómez, et al 1979)

Tabla 6 Mezclas de una ración a base de harina de yuca y niveles crecientes de melaza de caña para engorde de cerdos

Rango de peso vivo Kg	Tiempo Semanas	Ración basal 18% Prot. %	Melaza de caña %	% Proteína en la ración
20-25	0-2	5	95	17.1
25-35	2-5	10	90	16.2
35-50	5-8	15	85	15.3
50-60	8-10	20	80	14.4
60-70	10-12	25	75	13.5
70-80	12-13	30	70	12.6
80-95	13-14	35	65	11.7

Fuente: Gómez, G., et al 1979

Tabla 7 Utilización de harina de yuca con niveles crecientes de melaza para engorde de cerdos

Parámetro	Testigo (Maíz)	Harina de yuca + melaza
No días de prueba	119	112
Peso promedio/cerdo, kg		
Inicial	17.3	16.9
Final	93.7	97.6
Ganancia diaria, kg	0.64	0.72
Consumo total/cerdo, kg		
Ración total	228	265
Maíz o harina de yuca	189	121
Melaza	-	62
Torta de soya	28	70

Fuente: Gómez, G., et al 1979

Aunque en la práctica las raciones de costo mínimo para cerdos incluirían niveles de harina de yuca del orden de 30-40%. La tabla 8, presenta las cantidades de raciones requeridas para cerdos, utilizando harina de yuca como sustituto total de los granos de cereales y torta de soya como la única fuente proteica. La diferencia entre la adición de las cantidades de harina de yuca y de torta de soya y la cantidad de dieta total, está representada por los suplementos de minerales y vitaminas requeridos para cubrir las necesidades de estos nutrientes. (Gómez, et al. 1979)

En un gran número de trabajos de investigación se ha demostrado la posibilidad de incluir diferentes concentraciones de harina de yuca en remplazo de los principales granos de cereales, con resultados satisfactorios en la mayoría de los casos. La digestibilidad de las raciones a base de harina de yuca ha sido equivalente o superior a la que se obtiene con raciones de cereales. (Zausch et al., 1968. Chico et al., 1972)

Tabla 8 Cantidad de ración total e ingredientes básicos para un programa de alimentación con harina de yuca y torta de soya, para cerdos en etapa de crecimiento y acabado. (en kilogramos)

Ingrediente	%
Harina de yuca	48.0
Torta de soya	10.9
Soya extruída	20.0
Aceite de palma	3.3
Mogolla de trigo	15.0
Núcleo de Vit., Min. y aditivos	2.8

Fuente: Gómez, G., et al 1979

Según Buitrago (1990). Los cerdos con más de 45 – 50 kg de peso (finalización o engorde) requieren mayor cantidad de energía y menos proteína en sus dietas. Por otra parte, el consumo diario de alimento se incrementa en forma paulatina, de tal manera que la deficiencia energética de algunas dietas se puede compensar con el mayor consumo de alimento; en estas condiciones, los cerdos con mayor peso pueden consumir raciones con altos niveles de harina de yuca sin que se afecte su rendimiento.

Esta circunstancia se debe tener en cuenta al elaborar los programas de alimentación a base de harina de yuca, especialmente cuando los costos de las materias primas favorecen el uso de un alto porcentaje de este producto. (Buitrago 1990)

1.9 Requerimientos nutricionales de los cerdos

En la Tabla 9 se ilustran los requerimientos nutricionales y en la Tabla 10 los rendimientos productivos para cerdos en las etapas de crecimiento y engorde.

La clasificación de las diferentes etapas de alimentación para el período de desarrollo y engorde es de vital importancia, pues permite una máxima utilización de los nutrimentos. Como se explicó anteriormente existen variaciones, según sea la línea genética y su capacidad para producir carne magra. En la Tabla 12 se presenta la clasificación por fases de alimentación recomendadas por la Universidad de Illinois y que tienen como objetivo aprovechar al máximo la capacidad de los cerdos para producir carne magra durante el período de desarrollo. (Hollis 1996)

En la Tabla 11 se ilustran los rendimientos esperados para cerdos de la raza PIC, en Centroamérica.

Tabla 9 Requerimientos de nutrimentos principales para cerdos en crecimiento y engorde, según el NRC

Factores nutricionales	Requerimientos según sea el peso vivo		
	20-35 kg	35-60 kg	60-100 kg
Energía digestible ⁶ (Mcal/Kg)	3.38	3.39	3.39
Energía Metabolizable (Mcal/Kg)	3.17	3.19	3.19
Proteína (%)	16.00	14.00	13.00
Lisina (%)	0.70	0.61	0.57
Arginina (%)	0.20	0.18	0.16
Histidina (%)	0.18	0.16	0.15
Isoleucina (%)	0.50	0.44	0.41
Leucina (%)	0.60	0.52	0.48
Metionina + cistina (%)	0.45	0.40	0.30
Fenilalanina + tirosina (%)	0.70	0.61	0.57
Treonina (%)	0.45	0.39	0.37
Triptofano (%)	0.12	0.11	0.10
Valina (%)	0.50	0.44	0.41
Calcio (%)	0.60	0.55	0.50
Fósforo (%)	0.50	0.45	0.40

Fuente: Adaptado de Buitrago 1990

Tabla 10 Rendimientos productivos para cerdos en desarrollo y engorde en Centroamérica

Etapa	Desarrollo	Engorde
Ganancia de peso (g/día)	700 – 750	800 – 850
Consumo de alimento (kg/día)	2.00 – 2.20	3.00 – 3.20
Conversión alimentaria	2.75 – 3.00	3.75 – 4.00

Fuente: Campabadal 2001

Tabla 11 Rendimientos esperados para cerdos PIC

Parámetro	Metas sugeridas	Potencial commercial
Ganancia de peso, kg/día	0.890	0.820
Alimento/Ganancia	2.70	2.75
Ganancia magra, kg/día	0.430	0.400
Alimento/Ganancia magra	5.40	5.75
Grasa dorsal m.m	19.00	20.20
% carne magra	54.00	53.00

Fuente: Campabadal 2001

Una alimentación eficiente en el período de desarrollo y engorde, debe cumplir con tres metas importantes: maximizar la eficiencia de producción de tejido

muscular en relación al tejido graso de la canal y la producción de carne magra con características físicas, químicas y sensoriales aceptables. (Stahly 1993)

Tabla 12 Fases de alimentación para cerdos en desarrollo y engorde

Etapa	Peso (kg)	Etapa	Peso (kg)
Crecimiento		Engorde	
Fase I	20 – 35	Fase I	55 – 75
Fase II	35 – 55	Fase II	75 – 95
Fase III	-----	Fase III	95 - 120

Fuente: Hollis 1996

La mayoría de las tables de requerimiento presentan valores para los diferentes sexos y para el potencial para producir carne magra. En la tabla 13 se presentan los valores recomendados por investigadores de las Universidades de Purdue, Ohio State y Michigan State para machos castrados y hembras.

(Tri – State 1998)

Tabla 13 Requerimiento de nutrimentos para cerdos en desarrollo y engorde de líneas genéticas magras de acuerdo al sexo

Nutrimentos	Pesos en kg					
	45 – 70		70 - 90		90 a mercado	
%	M	H	M	H	M	H
Proteína	17-20	17-20	16-19	16-19	15-18	14-17
Lisina	0.95	1.00	0.85	0.90	0.75	0.75
Lisina g/día	16	21	18	21	18	19
Triptofano	0.17	0.18	0.15	0.16	0.14	0.14
Treonina	0.62	0.65	0.55	0.58	0.49	0.49
Metionina + cistina	0.57	0.60	0.51	0.54	0.45	0.45
Calcio	0.72	0.72	0.72	0.58	0.58	0.58
Fósforo Aprov.	0.30	0.30	0.30	0.21	0.21	0.21
Sal	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25

Fuente: Tri – State 1998

(H: hembras; M: machos castrados)

Los esquilmos o residuos agrícolas están representados por los alimentos energéticos altos en humedad y los constituyen el banano, la yuca, el camote y las frutas. Estos productos deben utilizarse junto con un complemento que suministre proteínas, calcio, Fósforo, vitaminas y minerales traza. En general el suplemento contiene 30% de proteínas y se suministra a razón de 1 kg a 1.25 kg por cerdo por día. Para una mayor utilización debe darses dos veces pro día a cerdos con pesos superiors a 30 kg. El uso del banano, la yuca, el camote u otra fuente energética está determinada por el precio y la disponibilidad en la zona.

En la Tabla 14 se presenta el consumo promedio de estas fuentes energéticas. (Campabadal 1986)

Tabla 14 Consumo de fuentes energéticas altas en humedad en la alimentación de cerdos. (kg)

Fuente energética	Desarrollo	Engorde
Banano verde	4	6
Banano maduro	6	8
Yuca seca	5	6
Camote	5	6

Fuente: Campabadal 1986

1.9.1 Presentación del alimento

Existen cuatro formas principales de presentación del alimento para ser suministrado a cerdos en desarrollo y engorde. Estas formas son en harina, en pellet, como alimento húmedo o en pasta y en forma líquida. (Campabadal 2001)

El éxito de estas formas de presentación dependerá de las facilidades para procesar el alimento, del costo, del tipo de instalaciones y de su disponibilidad. Existe una variación en los rendimientos productivos obtenidos por estos métodos y ellos involucran diferentes tipos de manejo y de instalaciones para la alimentación. (Campabadal 2001)

La forma de alimentar en harina es la forma más común de presentación de un alimento, ya que es fácil de adquirir y a un menor costo. Su principal problema es que puede producir mayores desperdicios. Los rendimientos que resulten dependerán del tamaño de la partícula, de sus constituyentes, de su polvosidad y del grado de mezclado. (Campabadal 2001)

1.9.2 Consumo de alimento

Es el principal responsable del rendimiento productivo de los animales. El principal concepto que debe tener un porcicultor es el siguiente <<Los cerdos no comen porcentajes, comen gramos o Mcal de Energía por día>>. (Campabadal 2001)

En la Tabla 15 se presentan los consumos promedios para Centroamérica de cerdos alimentados con una dieta a base de grano más una fuente de proteína. (Campabadal 2001)

1.9.3 Palatabilidad

Se define como el grado de aceptación de un alimento. Para que un alimento sea palatable debe estar fresco, libre de hongos, con ingredientes palatables y que no sea polvoso. (Campabadal 2001)

1.9.4 Consumo de agua

El consumo de agua es indispensable para un adecuado consumo de alimento. Un cerdo de 15 a 90 kg consume de 2 a 6 lts de agua diario, aumentando hasta un 100% en temperaturas altas. (English et al. 1988)

Tabla 15 Consumo de alimento para cerdos en desarrollo y engorde

Peso del cerdo (kg)	Cantidad (kg/día)
30 a 40	1.80
40 a 50	2.20
Promedio	2.00
50 a 60	2.60
60 a 70	2.80
70 a 80	3.10
80 a 90	3.50
Promedio	3.00

Fuente: Campabadal 2001

Dieta: maíz + harina de soya

Un concepto importante a considerar por los porcicultores es la disponibilidad de agua para los cerdos. Para un cerdo en desarrollo se requiere que el bebedero suministre 500ml/minuto, mientras que para uno en engorde 750ml/minuto. Con estas cantidades se asegura un adecuado consumo de agua. (Campabadal 2001)

1.9.5 Consumo de nutrimentos

Los factores que influyen el consumo de alimento también afectan directamente en el consumo de nutrimentos. Sin embargo, otros factores como son la concentración de nutrimentos en la dieta, tipo de materia prima, su procesamiento, biodisponibilidad de nutrimentos y calidad en el mezclado del alimento, también afectan este consumo. (Campabadal 2001)

1.9.6 Separación por sexos

Existen factores fisiológicos de peso, hormonas y sexo que pueden afectar el consumo de alimento. De estos factores el de más importancia práctica es el efecto del sexo y la necesidad de separar sexos durante el período de desarrollo y engorde. (Campabadal 2001)

La separación de sexos es una práctica realizada por numerosos porcicultores para capitalizar las diferencias de crecimiento y las características de canal entre sexos. Las hembras tienen un mayor porcentaje de canal, son menos grasosas y tienen un mayor crecimiento del tejido magro; además son más eficientes. (Cromwell 1988) (Tabla 16)

Tabla 16 Rendimientos de machos castrados y hembras

Parámetros	Macho castrado	Hembra
Consumo de alimento (kg)	2.92	2.59
Ganancia diaria (kg)	0.83	0.77
Alimento/ganancia	3.51	3.36
Grasa dorsal (mm)	29.05	24.00
Área del ojo del lomo (cm ²)	32.30	34.75
Rendimiento (%)	72.30	73.10
% de músculo	52.78	55.08

Fuente: Cromwell 1988

1.9.7 Problemas en la alimentación

Existen ciertos problemas en la alimentación que afectan los rendimientos productivos de cerdos en desarrollo y engorde. Estos problemas son las dietas mal balanceadas, la elevada utilización de subproductos agrícolas, el mal procesamiento y el mal mezclado. (Campabadal 2001)

1.9.8 Dietas mal balanceadas

Es un problema bastante común en las porquerizas centroamericanas. Los porcicultores utilizan dietas que no satisfacen los requerimientos mínimos de nutrientes, según las diferentes etapas de vida de el cerdo, o bien satisfacen el requerimiento de proteína y no el de aminoácidos, o se usan excesos de calcio, que muchas veces conducen a problemas de paraqueratosis. En otras ocasiones usan niveles de materias primas que tienen restricciones nutrimentales, presencia de tóxicos o problemas físicos. Todos estos tipos de dietas causan una pérdida económica a la explotación porcina. (Campabadal 2001)

1.9.9 Alta cantidad de rellenos fibrosos

Una práctica muy común en los porcicultores centroamericanos es la utilización de altos niveles de subproductos agroindustriales en las dietas de los cerdos, con el objetivo de disminuir costos de alimentación. Sin embargo, esta práctica afecta el costo de alimentación por unidad de ganancia, pues estos subproductos aceleran el pasaje del alimento a través del tracto gastrointestinal, disminuyen la digestibilidad de nutrientes y afectan la conversión alimentaria. (Campabadal 2001)

1.9.10 Mal procesamiento

El mal procesamiento puede ser tanto de los ingredientes, como lo es la utilización de productos crudos (especialmente oleaginosas), como del alimento terminado. En ambos casos se presenta el problema de los tóxicos y de una baja disponibilidad de nutrimentos. Otro factor que afecta mucho los rendimientos de los cerdos es el grado de molienda de los granos. (Campabadal 2001)

El grado de molienda es un factor común que afecta la utilización del grano por su efecto negativo sobre la digestibilidad de nutrimentos. Numerosos estudios han demostrado que reduciendo el tamaño de particular de los granos se mejora su valor nutritivo, mediante un aumento de la digestibilidad de la materia seca, proteína cruda y Energía. (Owsley et al., 1981; Ohh et al., 1983)

Esta mejora es producto de que el molido aumenta el área de superficie expuesta al sistema digestivo. Entre más fino es el tamaño de particular, la superficie expuesta a la digestión se incrementa geométricamente. (Allee 1983)

Sin embargo, las partículas muy finas aumentan la incidencia de úlceras esofagogástricas. (Maxwell 1970 – 1972), debido a un aumento en la actividad de la pepsina y en la fluidez de los líquidos estomacales. (Reimann et al., 1968) que permiten que el ácido de las partes bajas del estómago haga contacto con las partes poco protegidas de la mucosa esofágica.

1.9.11 Mal mezclado

El mal mezclado es el responsable, en muchos casos, de los bajos rendimientos de los cerdos. Muchas veces la dieta está perfectamente balanceada, pero al ser mal mezclada, existe una mala distribución de nutrimentos, produciendo deficiencias o toxicidades. La adición de líquidos (aceites y/o melazas) en forma no adecuada, produce la formación de grumos o pelotas que afectan la distribución de drogas y microingredientes. (Campabadal 2001)

En conclusión, la alimentación de cerdos en desarrollo y engorde debe estar bien balanceada, de tal forma que los animales reciban los nutrimentos necesarios para maximizar su potencial genético de producción. (Campabadal 2001)

2 MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Localización

El trabajo de Campo se realizó en la porcícola “Granjas Paraíso Ltda.”, ubicada en el Municipio de Palmira, corregimiento de Palmaseca, en la recta Cali – Palmira, situado a 5 km de la ciudad de Cali y 12 km de la ciudad de Palmira a 1020 msnm, con una temperatura promedio de 25 grados centígrados, con una precipitación promedio anual de 1100 mm y una humedad relativa del 75%¹.

2.2 Instalaciones y equipos

El trabajo se realizó en un galpón de 100 m de largo por 10 metros de ancho, cuya construcción posee piso en cemento, paredes en ladrillo, techo en teja de barro, bebederos automáticos y comederos tipo canoa en cemento.

Se usaron 8 corrales con capacidad cada uno para 20 animales en ceba, con una dimensión de 5 m de largo por 4 m de ancho.

Se emplearon además todos aquellos materiales y equipo como fueron basculas, mezcladora tipo vertical, baldes, carreta y en general los necesarios en una explotación de esta índole requeridos para pesaje de alimento y animales, suministro de alimento, mezclado de alimento y control sanitario.

2.3 Animales

Se utilizaron 161 cerdos (82 hembras y 79 machos) con un peso promedio de 47.30 kilos para las hembras y para los machos 50.10 kilos, los cuales corresponden a cruces comerciales de las líneas DK29 Y PIC 406 procedentes de la misma explotación.

El período experimental correspondió a las fases de levante y ceba a partir de los 48.96 kilos de peso en promedio. En este período se tomará el peso inicial, peso a los 85 kilos y peso final.

2.4 Sanidad

Al iniciar el trabajo se hizo una limpieza general del galpón, lavado previo de los corrales con una solución de agua y detergente, posteriormente se desinfectaron con un producto comercial a base de yodo.

Todos los cerdos se encontraron en condiciones sanitarias adecuadas y fueron sometidos al mismo programa de manejo, alimentación y de control sanitario suministrado por la granja.

¹ Granjas Paraíso. Comunicación personal

2.5 Alimentación

Las dietas fueron formuladas en base a los requerimientos nutricionales de los animales para la etapa de evaluación. (las dietas se elaboraron en la misma granja y supervisadas por las personas encargadas por parte del propietario y el responsable del proyecto de investigación)

La dieta experimental corresponde al reemplazo del 100% de maíz por harina de yuca, y como fuentes proteicas se incluyeron torta de soya y soya integral extruida mas la mezcla de micronutrientes.

Para la obtención de la harina de raíces de yuca, se usaron variedades de yuca provenientes del CIAT, donde se proceso el material y se seco por método artificial, dando como resultado final una humedad de 12%.

La composición de los alimentos usados en este estudio, puede observarse en las tablas 17 y 18.

Para la mezcla de los ingredientes se utilizo una mezcladora de tipo vertical con capacidad para 250 kilos.

Todas las dietas fueron isoproteicas e isocalóricas durante toda la fase de evaluación.

2.6 Tratamientos

Se evaluaron 4 tratamientos, conformados de la siguiente manera:

- T1 0% de inclusión de harina de yuca como sustituto del total del maíz amarillo en la dieta para machos.
- T2 100% de inclusión de harina de yuca como sustituto del total del maíz amarillo en la dieta para machos.
- T3 0% de inclusión de harina de yuca como sustituto del total del maíz amarillo en la dieta para hembras.
- T4 100% de inclusión de harina de yuca como sustituto del total del maíz amarillo en la dieta para hembras.
- T5 Control

2.7 Diseño experimental y análisis estadístico

Se usó un diseño completamente al azar (DCA) con 5 tratamientos, con un arreglo factorial $2 \times 2 + 1$ (2 niveles de reemplazo o inclusión 0 y 100% de harina

de yuca x 2 sexos hembras y machos + 1 control) en el cual se midió el efecto en las variables, consumo de alimento, ganancia de peso, conversión alimenticia y peso final por los siguientes factores: Efecto por el nivel de reemplazo (0 y 100%) efecto por sexo (machos y hembras) para un total de 4 tratamientos, y se utilizó cuatro repeticiones por tratamiento, 20 animales por repetición para un total de 80 animales por tratamiento y 160 animales en total.

Tabla 17 Composición alimenticia de la dieta a base de maíz amarillo suministrada por Granjas Paraiso Ltda. Para la etapa de acabado en cerdos

Items	(kg)
Maíz importado	338
Harina de arroz	0
Mogolla de trigo	120
Torta de soya 48	34
Soya integral extruida	186
Salvado de maíz	120
Harina de pescado	5
Sorgo	180
Nucleo: aditivos, vitaminas y minerales	17
Total	1000

Porcícola Granjas Paraiso. 2001

El modelo matemático correspondió a:

$$Y_{ij} = u + T_i + E_{ij} \quad \begin{matrix} J = 1, \dots, t \\ J = 1, \dots, t \end{matrix}$$

En donde:

Y_{ij} = variable aleatoria observable
 U = Media general
 T_i = efecto del i-enésimo tratamiento
 E_{ij} = Error experimental

2.8 Variables evaluadas

2.8.1 Consumo de alimento

Para evaluar esta variable se consideró la cantidad de alimento ofrecido y rechazado en las diferentes etapas productivas de cada uno de los lotes, y de los alimentos que componen la dieta de cada tratamiento experimental.

Tabla 18 Composición alimenticia de la dieta a base de harina de yuca (100% de reemplazo del maíz) suministrada por Granjas Paraiso Ltda. Para la etapa de acabado en cerdos

Items	(kg)
Harina de yuca	480.93
Aceite de palma	33.00
Mogolla de trigo	149.98
Torta de soya 48	108.98
Soya integral extruida	186.00
Carbonato de Calcio	12.00
Fosbic 18	4.00
Sal	3.90
Toxi – Pac	2.50
DL – Metionina	1.69
Fungi – Pac	2.50
PX Levante	1.00
L – Treonina	0.31
Colina 60%	0.30
Salinomicina	0.25
Fitasa R	0.20
Total	1000.00

Porcícola Granjas nálisi. 2001

2.8.2 Incremento de peso

Se evaluó de acuerdo a las diferentes etapas productivas teniendo en cuenta el peso al inicio y el peso al final para la etapa de acabado.

2.8.3 Conversión alimenticia

La conversión Alimenticia (C.A.) se calculó teniendo en cuenta la relación existente entre consumo de alimento y la ganancia de peso, mediante la siguiente fórmula:

$$C.A.= \frac{\text{Consumo promedio de alimento (g/día)}}{\text{Incremento promedio de peso (g/día)}}$$

2.8.4 Mortalidad

Se registró teniendo en cuenta la mortalidad en la etapa de acabado de los animales.

2.9 Análisis de costo / beneficio

Para determinar los costos y los beneficios económicos se tuvo en cuenta:

Costos fijos: Costo de animales, medicamentos, transporte y construcciones.

Costos variables: Costo del alimento y mano de obra.

Ingresos: Venta de animales.

Los anteriores datos sirvieron como base para la determinación del ingreso bruto y neto de los diferentes tratamientos y para hacer el análisis de costo / beneficio de cada uno de ellos.

3 ANÁLISIS DE RESULTADOS

La investigación a nivel comercial, tiene particularidades que en determinados momentos limitan el seguimiento exacto de la metodología investigativa, por lo tanto no se pudieron tener el número de repeticiones planteadas inicialmente. Sin embargo los resultados fueron sometidos a un análisis de varianza, pero debido al poco número de repeticiones que se lograron hacer, no se encontraron diferencias significativas al ($p>0.05$). Los resultados (rendimientos productivos) pueden ser observados en las tablas adjuntas pudiendo encontrar que si hay diferencia en consumo de alimento, ganancia de peso y conversión alimenticia por el efecto de sexo y por los niveles de inclusión. Por lo tanto se procede a realizar el análisis económico para poder presentar en forma más completa los resultados.

3.1 Rendimientos productivos en la etapa de acabado según los niveles de inclusión de harina de yuca en la dieta

En la Tabla 19, se indican los parámetros productivos de los animales con respecto a los niveles de inclusión de harina de yuca. (0% y 100%)

Tabla 19 Efecto en los rendimientos productivos de cerdos en la etapa de acabado por la sustitución de maíz amarillo por la harina de yuca en la dieta

Parámetros productivos	Niveles de inclusión de harina de yuca	
	0 %	100 %
Número de animales	81.00	80
Peso Prom. Inicial (kg)	48,10	49,28
Peso Prom. Final (kg)	96,01	96,41
Ganancia de peso promedio (kg)	47,91 ^a	47,13 ^a
Ganancia Prom. Diario (kg)	0,749	0,736
Consumo Prom. Diario (kg)	2,22 ^a	2,12 ^a
Conversión Alimenticia	2,96 ^a	2,89 ^a
Mortalidad	0	0

^ano se encontraron diferencias significativas al ($p>0.05$)

A pesar de no presentarse diferencias significativas estadísticamente si se observa que los animales que consumieron dieta con el 0% de inclusión de harina de yuca presentaron un mayor consumo de alimento y mayor ganancia de peso, aunque la conversión alimenticia para el 100% de reemplazo del maíz amarillo por harina de yuca arrojó mejores resultados.

El consumo superior alcanzado en el tratamiento testigo donde se utilizó una dieta a base de maíz amarillo, quizá pueda atribuirse a una mayor palatabilidad y/o disminución de la polvosidad de este, lo que a su vez juega un papel importante en el consumo; ya que para que un aliemtno sea palatable debe estar

fresco, libre de hongos, con ingredientes palatables y que no sea polvoso como lo afirma Campabadal y Navarro. (2001)

3.2 Rendimientos productivos en la etapa de acabado según el sexo

En la Tabla 20, se indican los parámetros (número de animales, peso inicial, peso final, consumo de alimento, ganancia de peso, conversión alimenticia y mortalidad) con respecto al sexo. (machos y hembras)

Tabla 20 Efecto en los rendimientos productivos de cerdos en la etapa de acabado por la sustitución de maíz amarillo por la harina de yuca en la dieta según el sexo

Parámetros productivos	Sexo	
	Machos	Hembras
Número de animales	79	82
Peso Prom. Inicial (kg)	50,08	47,30
Peso Prom. Final (kg)	97,12	95,30
Consumo Prom dia/animal (kg)	2,22 ^a	2,12 ^a
Ganancia de peso promedio (kg)	47,04 ^a	48,00 ^a
Ganancia Prom. Diario (kg)	0,735	0,750
Conversión Alimenticia	3,02 ^a	2,84 ^a
Mortalidad	0	0

^ano se encontraron diferencias significativas al ($p>0.05$)

A pesar de que no se encontraron diferencias significativas se puede decir que las hembras presentaron un menor consumo de alimento con una mejor conversión alimenticia que los machos.

El menor consumo encontrado en el tratamiento donde se incluyó harina de raíces de yuca como sustituto del maíz amarillo en la dieta para hembras, pudo ser atribuida a la mayor polvosidad que presenta la harina de yuca, este comportamiento se explica por las limitaciones que tiene el cerdo al consumir alimento con alto grado de polvosidad y tal vez a la formación de úlceras esofagogástricas debido a un aumento en la actividad de la pepsina y en la fluidez de los líquidos estomacales que permiten que el ácido de las partes bajas del estómago haga contacto con las partes poco protegidas de la mucosa esofágica. (Campabadal, et al 2001)

3.3 Rendimientos productivos en la etapa de acabado según interacción sexo por niveles de inclusión de harina de yuca en la dieta

En la tabla 21, se indican los parámetros productivos con respecto al sexo (machos y hembras) y a los niveles de inclusión de harina de yuca en las dietas.

El consumo de alimento está dentro de los parámetros que reporta Granjas Paraiso, los cuales se encuentran en niveles que van desde 2,25 kg día para machos y 2,14 kg día para hembras, con un promedio de la granja de 2,20 kg día.

Tabla 21 Efecto en los rendimientos productivos de cerdos en la etapa de acabado debido a la interacción sexo por niveles de inclusión de harina de yuca reemplazando el maíz amarillo en la dieta

Parámetros productivos	Sexo por niveles de inclusión de harina de yuca en la dieta			
	0 %		100 %	
	Machos	Hembras	Machos	Hembras
Número de animales	40	41	39	41
Peso Prom. Inicial (kg)	49,95	46,25	50,20	48,35
Peso Prom. Final (kg)	97,54	94,48	96,69	96,13
Ganancia Prom. de peso (kg)	47,59	48,23	46,49	47,78
Ganancia Prom. Diario (kg)	0,744 ^a	0,754 ^a	0,726 ^a	0,747 ^a
Consumo Prom. Diario (kg)	2,24 ^a	2,20 ^a	2,20 ^a	2,06 ^a
Conversión Alimenticia	3,01 ^a	2,92 ^a	3,02	2,76 ^a
Mortalidad	0	0	0	0

^ano se encontraron diferencias significativas al ($p > 0.05$)

Es notorio que el aporte nutricional es decisivo ya que el tratamiento donde se incluyó harina de raíces de yuca como sustituto del maíz amarillo sin tener un gran consumo, logró un elevado incremento de peso, casi equiparable con los animales a los que se les suministró una dieta a base de maíz amarillo. Esta afirmación es válida de acuerdo con Campabadal y navarro (2001) donde afirman que la alimentación de cerdos en desarrollo y engorde debe estar bien balanceada, de tal forma que los animales reciban nutrimentos necesarios para maximizar su potencial genético de producción.

Los resultados obtenidos para incremento de peso en los tratamientos (T2 = 726 gramos día y T4 = 747 gramos día) donde se incluyó harina de raíces de yuca como sustituto del maíz amarillo se acercan a los valores reportados por Granjas Paraiso que son de 775 gramos día. Lo cual coincide con lo reportado por campabadal y navarro (2001) quienes reportan incrementos de peso diario para cerdos en las etapas de desarrollo y engorde de 775 gramos día.

3.4 Mortalidad

No se presentó mortalidad en ninguno de los dos tratamientos como se puede observar en la Tabla 1 del anexo.

3.5 Análisis económico

Análisis de presupuesto parcial del efecto en el rendimiento productivo de cerdos en la etapa de acabado por el reemplazo del maíz amarillo por harina de yuca en la dieta.

La Tabla 22 indica el análisis del costo del alimento y relación costo beneficio en la etapa de acabado para cerdos.

Tabla 22 Análisis del costo del alimento y relación costo beneficio en la etapa de acabado para cerdos alimentados con una dieta a base de maíz amarillo y una dieta a base de harina de raíces de yuca

Parámetros de Producción	0 % harina de yuca	100 % harina de yuca
Número de cerdos	81	80
Peso prom. inicial (kg)	48,10	49,28
Peso prom. final (kg)	96,01	96,41
Aumento prom. total (kg)	47,91	47,13
Aumento prom. diario (kg)	0,749	0,736
Consumo prom. diario (kg)	2,22	2,12
Conversión alimenticia	2,96	2,89
Costos de alimento y relación costo beneficio		
Costo/kg alimento, \$/kg ⁽¹⁾	\$533	\$526
Costo de alimento/kg cerdo producido, \$/kg ⁽¹⁾	\$1578	\$1520
Costo/kg alimento, \$/kg ⁽²⁾	\$533	\$517
Costo de alimento/kg cerdo producido, \$/kg ⁽²⁾	\$1578	\$1473

(1) valor de la harina de raíces de yuca con el 75% del costo del maíz

(2) valor de la harina de raíces de yuca con el 70% del costo del maíz

Al incluir harina de raíces de yuca como sustituto del maíz amarillo se observa una disminución en los costos (costo kg de alimento = \$526) al elaborar la dieta, lo que se refleja en el kilogramo de cerdo producido. (costo de alimento por kg de cerdo producido = \$ 1520)

3.6 Análisis económico para hembras

La Tabla 23 muestra los costos de producción, ingresos y costo / beneficio kg para cerdas alimentadas con harina de yuca como reemplazo del total del maíz amarillo.

El costo por kilogramo de alimento se ve reflejado en el tratamiento T4 donde se incluyó harina de raíces de yuca dando un mejor resultado en beneficio neto (T4 = \$ 257.662) en comparación con el tratamiento donde no se incluyó harina de raíces de yuca (T3 = \$ 246.298), reflejando esto por una mejor conversión alimenticia, al utilizar la dieta con inclusiones de harina de yuca a pesar de que el incremento de peso no fué superior al del tratamiento tres (T3 = 48,23 kg vs T4 = 47,78 kg) con una dieta a base de maíz amarillo.

Tabla 23 Análisis de costo beneficio en la etapa de acabado para hembras alimentadas con una a base de maíz amarillo y una dieta a base de harina de raíces de yuca como sustituto del maíz amarillo

Ítem	0 % Harina de Yuca	100 % Harina de Yuca
Peso Inicial (kg)	46,25	48,35
Peso Final (kg)	94,48	96,13
Aumento de Peso (kg)	48,23	47,78
Precio kg de cerdo	\$3400	\$3400
Beneficio Bruto de Campo	\$321.232	\$326.842
Costos Variables		
Consumo de Alimento (kg)	140,59	131,52
Costo kg Alimento (\$)	\$533	\$526
Costo Total Alimento (\$)	\$74.934	\$69.180
Total Costos Variables	\$74.934	\$69.180
Beneficio Neto	\$246.298	\$257.662

3.7 Análisis económico para los machos

En la Tabla 24, se ilustran los resultados obtenidos al evaluar cerdos machos con las dietas utilizadas.

El tratamiento que ofreció un beneficio superior para machos en la etapa de acabado fué T3 (\$255.140) seguido por T4 (\$254.838), indicando esto que para el análisis de costo beneficio en machos, el tratamiento cuatro aunque presento un menor costo total de alimento (\$73.908) con respecto al tratamiento tres (\$76.496), no alcanzo un mejor beneficio neto, debido a que el incremento de peso fué menor, lo que se ve reflejado en el costo por kilogramo de carne en el momento de la venta de animales.

Tabla 24 Análisis de costo beneficio en la etapa de acabado para machos alimentados con una dieta a base de maíz amarillo y una dieta a base de harina de raíces de yuca como sustituto total del maíz amarillo

Items	0 % Harina de Yuca	100 % Harina de Yuca
Peso Inicial (kg)	49,95	50,20
Peso Final (kg)	97,54	96,69
Aumento de Peso (kg)	47,59	46,49
Precio del kg de cerdo	\$3.400	\$3.400
Beneficio Bruto de Campo	\$331.636	\$328.746
Costos Variables		
Consumo de Alimento (kg)	143,52	140,51
Costo kg Alimento (\$)	\$533	\$526
Costo Total Alimento (\$)	\$76.496	\$73.908
Total Costos Variables	\$76.496	\$73.908
Beneficio Neto	\$255.140	\$245.838

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.4 Conclusiones

- 1 La utilización de harina de raíces de yuca en mezcla con otros ingredientes, constituye una alternativa para la alimentación de cerdos en la fase de acabado.
- 2 Se pudo comprobar que el reemplazo total del maíz por harina de yuca en la dieta no afectó los valores productivos. (Consumo de alimento, ganancia de peso, conversión alimenticia, peso final y mortalidad)
- 3 Los animales que consumieron raciones a base de harina de yuca, presentaron una mejor conversión alimenticia que aquellos que se alimentaron con una ración comercial a base de maíz amarillo.
- 4 Desde el punto de vista económico el tratamiento con el 100 % de inclusión de harina de raíces de yuca presentó el mayor beneficio neto influenciado por el costo del alimento.

4.5 Recomendaciones

1. Desarrollar nuevos esquemas de alimentación y participar en el desarrollo de un plan integral de producción, fomento y utilización de yuca para alimentación animal.
2. Realizar ensayos con niveles inferiores de harina de raíces de yuca que permitan evaluar la mezcla con otros ingredientes de tipo energético.
3. Utilizar niveles altos de inclusión de melaza (6%) cuando se reemplace totalmente el maíz por harina de raíces de yuca.
4. Realizar ensayos donde se involucre la parte aérea de la yuca como fuente de proteína para enriquecer la ración.

SUMMARY

The cassava flour have been evaluated as replacement of corn, sorghum and rice including levels up to 50 %, generating positive in productive profitabilities results, whit the consequent economic saving.

With the purpose of doing a commercial evaluation, higher levels, an experimental plan was designed where the total source of energy (corn) was replaced by cassava flour.

An experimental design was done randomly, using a factorial arrangement of $2 \times 2 + 1$ with the purpose of to measuring the effect on the variables, amount of consumed food, weighth increasing, food conversion and final weight by the following factors: effect for the replacement level (0 and 100%) effect by sex, the interaction of the factors described above and compare them with the control treatment of the total results of the farm.

The result were submitted through an analysis of variability, but unfortunately with the number of repetitions that were done, no significant defferences at ($p > 0.05$) were found.

Nevertheless, if we observe the productive efficiency in the attached tables, we could find that there are differences in the food consumption, weight increasing and food conversion by the effect of sex or by inclusion levels. Finnaly in addition we proceed to do the economic analysis so that we can present results in a completed way.

BIBLIOGRAFIA

Allee, G.L. The effect of particle size of cereal grains on the nutritional value for swine, first International Symposium on Particle size reduction in the feed industry. Kansas State University. 1983.

Buitrago, J.A. La Yuca En La Alimentacion Animal. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia. 446 p. 1990.

Buitrago, J. A., Gil, J. L. y Ospina, B. La yuca en la alimentación avícola. Cuadernos avícolas 14. Federación Nacional de Avicultores FENAVI – FONAV. Bogotá, Colombia. 45 p. 2001.

Buitrago, J.A. y Luckett, L.M. Potencial de la Yuca Industrial para Producción de Alimentos Animales. Publicación ASA (Asociación Americana de Soya). Reporte de trabajos demostrativos. Cali, Colombia. 27 p. 1999

Campabadal, C. y Navarro, H. Alimentación de los cerdos en condiciones tropicales. Asociación Americana de Soya – ASA. Mexico D.F., Mexico. 280 p. 2001.

CIAT. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Informes Anuales. Programa de Yuca.

CIAT. YUCA: Investigación, Producción y Utilización. compilado por: Dominguez, Carlos. Centro Internacional de Agricultura Tropical – CIAT. Documento de trabajo No. 50. Cali, Colombia. 656 p. 1970.

CLAYUCA. Consorcio Latinoamericano y del Caribe de Apoyo a la Investigacion y Desarrollo de la Yuca. Informe Anual 1999 – 2000.

Cock, J. H. La Yuca, Nuevo potencial para un cultivo tradicional. Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1989. 240 p.

CROMWELL, G. L.; CLINE, T. T.; CRENSHAW, J. D.; CRENSHAW, T. D.; EWAN, R. C.; HAMILTON, C. R.; LEWIS, A. J.; MAHAN, D. C.; MILLER, E. R.; PETTIGREW, J. E.; TIBBLE, L. F.; and VEUM, T. L. The dietary protein and (or) lisen requirements of barrows and gilts. J. Anim Sci. 71:1510. 1988.

ENGLISH, P. R.; FOWLER, V. R.; BAXTER, S. and SMITH, B. The growing and finishing pig. Improving Efficency. Farm Press. England. 1988.

Gil, J. L. y Buitrago, J. A. La yuca en el tercer milenio. Utilización de la yuca en l;a limentación animal. Ciat, Cali, Colombia. Pp 590 – 620. 2002.

Gil, J. L.; Escobar, G. y Buitrago, J. A. Evaluación técnica y económica de cuatro dietas a base de harina de yuca y una dieta commercial para la alimentación de pollos de engorde. Informe técnico. CLAYUCA (CIAT). 14p. 2001.

GOMEZ, G.; SANTOS y VALDIVIESO, M. YUCA. Investigación, Producción y Utilización. Centro Internacional de Agricultura Tropical – CIAT. Documento de trabajo No. 50. Cali, Colombia. 656 p. 1979.

HOLLIS, G. R. feeding management for all classes of swine. En memorias de LANCE, San José de Costa Rica. Pag 9. 1996.

Laboratorio de Servicios Analíticos. Centro Internacional de Agricultura Tropical – CIAT. 2001

MAXWELL, C.V.; PERRY, E. M.; CURTIN, T. M.; KOWALCZYK, T.; BENEVENGA, N. J. and GRUMMER, R. H. Effect of dietary particle size on lesion development and on the content of various regions of the swine stomach. J. Anim. Sci. 30:911. 1970.

OWSLEY, W. F.; KNABE, D. A. and TANKSLEY, T. D. Effect of sorghum particle size digestibility of nutrients at the terminal ileum and over the total digestive tract of growing – finishing pigs. J. Anim. Sci. 52:557. 1981.

Poppel. F.V. Analyseuitslagen kb, grondstoffen, Cehave Landbouwbelang Voeders bv. Veghel, Holanda. (comunicación personal) 2001.

REIMAN, E. M.; MAXWELL, C. V.; KOWLCZYK, T.; BENEVEGA, N. J.; GRUMMER, R. H. and HOESKSTRA, W. G. Effect of grind of corn of gastric lesion and content of swine. J. Anim. Sci. 27:992. 1968.

SÁNCHEZ, D.; ACOSTA, J.; RODRÍGUEZ, M. y OLIVERA, A. Manual para producir follaje de yuca Manihot esculenta Crantz, en Tabasco. Libro Técnico Num. 3. división agrícola. Tabasco, México. 95 p. 1999.

STAHLY, T. Impact of nutritional regimen on lean growth and carcass composition. Winter swine series. Breeding , feeding and marketing lean pork. Iowa State University. 1993.

TRI – STATE. Swine Nutrition Guide. Purdue University. Ohio State University and Michigan State University. Bulletin 869. 1998.

ANEXO

Anexo A

Información de los animales que fueron estudiados en el proyecto

Granjas paraíso	hembras	machos	hembras	machos	machos	hembras	machos	hembras
Harina de yuca	si	si	no	no	si	si	no	no
Corral	75	77	78	79	22	26	20	24
No de lote	2801	2801	2801	2801	3001	3001	3001	3001
No inicial	21	20	20	20	19	20	20	21
No final	21	20	20	20	19	20	20	21
Peso inicial lote kg	1048	984	930	1010	974	936	988	966
Peso Prom. Inicial kg	49,9	49,2	46,5	50,5	51,2	46,8	49,4	46,0
Peso final kg	1971,9	1888,4	1895,6	1933,0	1880,2	1967,2	1863,0	1977,6
Peso Prom. final kg	93,9	94,42	94,78	96,65	98,96	98,36	98,43	94,17
Aumento de peso kg	44,00	45,22	48,28	46,15	47,76	51,56	49,03	48,17
Días de ceba	64	64	64	64	64	64	64	64
Ganancia/cerdo/día kg	0,687	0,706	0,754	0,721	0,746	0,805	0,766	0,753
Consumo total alim. kg	2682	2781,4	2844	2776	2360	2415	2964,6	2901,6
Consumo prom. total kg	127,7	139,07	143	138,8	141,95	135,34	148,23	138,17
Consumo/cerdo/día kg	1,99	2,17	2,22	2,17	2,22	2,11	2,32	2,16
Conversion alimenticia	2,90	3,07	2,96	3,00	2,97	2,62	3,02	2,87

Anexo B

Resultados del análisis del concentrado comercial a base de maíz suministrado por Granjas Paraíso

Descripción	Proteína (%)	Fibra C (%)	E.ET (%)	Cenizas (%)	MS (%)
Etapa de levante	17.33	4.91	8.14	8.45	88.12
Etapa de finalización	18.32	4.06	6.49	7.88	87.62

CIAT Laboratorio de Servicios Analíticos

Anexo C

Resultados del análisis del concentrado comercial a base de harina de yuca suministrado por Granjas Paraíso

Descripción	Proteína (%)	Fibra C (%)	E.ET (%)	Cenizas (%)	Humedad (%)	ENN
	16.13	4.99	7.80	7.21	10.07	63.87
CIAT	Laboratorio de Servicios Analíticos					

Anexo D

Tabla de registro y control del ensayo.

Porcicola Granjas Paraiso Ltda. Registro de engorde

Lote _____ Corral _____ Sexo _____ Poceta _____

Fecha inicial _____ # inicial _____ Peso inic. total (kg) _____

Peso Prom. (kg) _____ .Fecha salida _____ # final _____

peso final.total (kg) _____ .Peso prom final (kg) _____

Semana	Consumo semanal	Total bult (sem)	Consumo promedio	Total kilos (sem)	Total acum. (kg)
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
Resultados tecnicos		Lote		Prom.	
Aumento total de peso					
Conversion alimenticia					
Semana	Observaciones				
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					