



Ministerio de Agricultura  
y Desarrollo Rural



**Ajuste y validación técnica y económica del uso  
de harina de yuca (*Manihot esculenta* Crantz)  
y harina de batata (*Ipomoea batatas* Lam) en  
dietas para pollos de engorde de 1 a 42 días de  
edad para el pequeño productor**



**Lorena Vargas Castillo  
Yuri Mabel Villegas García**

Junio, 2005

SB  
211  
.C3  
V374

SB  
211  
.C3  
2374

## 1. JUSTIFICACIÓN

En la industria avícola la principal materia prima como fuente de energía es el maíz; los productores de este cereal no cubren la demanda que acarrea el sector avícola en Colombia, por esta razón el país se ve en la necesidad de importar grandes volúmenes al precio que indique el mercado; por otra parte, la globalización abre los mercados y por lo tanto hay que buscar competitividad con materias primas que se produzcan en el trópico y sean fuentes de nutrientes en la alimentación animal; la yuca y la batata que son productos tropicales, se presentan como una alternativa que puedan reemplazar el maíz como fuentes de energía ya que poseen rendimientos productivos mejores o iguales que este cereal.

Por ello, este trabajo se presenta como el resultado de una validación y ajuste a un trabajo de investigación (grado) con Harina de yuca y Harina de batata en la alimentación de pollos de engorde realizado anteriormente con el objetivo de comparar biológica y económicamente y de este modo al seleccionar la mejor o las mejores alternativas promover el uso de la harina de yuca y harina de batata como una propuestas para mejorar los ingresos de los productores pequeños y medianos y de este modo generar empleo.



UNIDAD DE INFORMACION Y  
DOCUMENTACION

08 AGO. 2005

221184

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 GENERAL**

- Desarrollar mediante pruebas de ajuste y validación adecuación de resultados experimentales para el empleo de harina de batata (*Ipomoea batatas* Lam) y harina de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en la alimentación de aves para medianos y pequeños productores.

### **2.2 ESPECÍFICOS**

- Evaluar el efecto en el rendimiento productivo (consumo de alimento, aumento de peso, conversión alimenticia, relación de eficiencia) debido al empleo de diferentes niveles y sistemas de suministro de harina de yuca y harina de batata en dietas para pollos de engorde de 1 a 42 días de edad.
- Determinar el rendimiento de la canal y nivel de pigmentación de piel, pico y patas en pollos de engorde de 1 a 42 días de edad debido al empleo de las dietas empleadas en el punto anterior.
- Establecer mediante análisis económico cual o cuales de las propuestas constituyen la mejor opción para el productor de pollos de engorde.

### **3. REVISIÓN DE LITERATURA**

#### **3.1 BATATA O CAMOTE (*Ipomoea batatas* Lam)**

La batata pertenece a la familia de las Convolvuláceas (*Convolvulaceae*), y especie *Ipomoea batatas*. La enredadera ornamental no comestible es *Ipomoea pandurata*, (Enciclopedia Microsoft Encarta, 2000.)

El camote o batata tiene lo que los botánicos llaman un centro secundario de diversidad genética; áreas geográficas donde el cultivo evolucionó separadamente de sus ancestros americanos. En Asia, se encuentran muchos tipos de camote genéticamente distintos de los hallados en las áreas de origen. La forma cómo llegaron al sudoeste del Pacífico es tema de debate. Se cree que los exploradores europeos lo llevaron en los albores de la conquista española de América Latina; otros se inclinan a pensar que mucho antes de que ello ocurriera, el camote cruzó el Pacífico moviéndose de una a otra isla, a bordo de las embarcaciones de los indígenas. El camote o batata es rico en carbohidratos y vitamina A. Tiene una gran diversidad de usos que incluyen el consumo de las raíces frescas, o de las hojas procesadas como follaje, almidón, harina, caramelos.

##### **3.1.1 Producción Mundial**

Debido a su versatilidad y adaptabilidad, el camote es el séptimo cultivo alimenticio más importante del mundo, después del trigo, arroz, maíz, Papa, cebada y yuca. Más de 133 millones de toneladas de batata se producen globalmente cada año. El continente asiático es el principal productor de camote o batata, con 125 millones de toneladas de producción anual. De China procede el 90 % de la producción total (117 millones de toneladas) cerca de la mitad de la batata producido en Asia

es usado para la alimentación animal, tanto en forma fresca como en productos procesados (CLAYUCA, 2003).

En contraste, aunque los agricultores africanos producen solamente alrededor de 7 millones de toneladas al año, gran parte de la producción es dedicada al consumo humano. Los rendimientos africanos son absolutamente bajos, aproximadamente un tercio de los rendimientos asiáticos, pero indican el enorme potencial de crecimiento futuro (CLAYUCA, 2003).

### **3.1.2 Valor Nutritivo**

Según Argenti, 1999 la batata es un cultivo altamente rendidor, con producciones entre 10 y 50 ton / ha y un rendimiento promedio entre 6.2 y 6.8 toneladas, destinadas para consumo humano. De este producto se puede aprovechar la raíz y el follaje. Es altamente digestible, rico en carbohidratos solubles y contiene vitaminas en cantidades suficientes para cubrir parcialmente los requerimientos nutricionales de los cerdos. Se considera uno de los cultivos energéticos más completos. Además, se pueden obtener dos ciclos / año, es de fácil propagación y se adapta a diferentes ecosistemas. Posee un contenido de proteína en la raíz de 2,8 a 9%, dependiendo de la variedad y de 17 % en el follaje.

El valor energético está entre 3.160 y 3.220 kcalED / kg de MS, equivalente a 90 y 96% de lo aportado por la yuca y el sorgo, respectivamente. Un contenido de extracto libre de nitrógeno (ELN) de 88,6%; 3,2% de fibra cruda; 3,5% de ceniza y 0,04% de fósforo disponible (ARGENTI y ESPINOZA, 1999).

### 3.1.3.1. Factores Antinutricionales

**3.1.3.1.1 Inhibidores de Tripsina:** Una clase amplia de polipéptidos y proteínas que se encuentran en las plantas y animales que inhiben la acción de las enzimas proteolíticas y así mismo se conocen como inhibidores de proteína, que actúan sobre la enzima digestiva tripsina. La incidencia de estos inhibidores tiene implicaciones nutricionales en la alimentación humana y animal; cuando son consumidos en forma fresca y cocida en plantas de mucho valor alimenticio.

El primer inhibidor de proteínas encontrado en plantas es el inhibidor de tripsina cristalizado de la soya. Otros inhibidores de proteínas que se describen en variedades de plantas, especialmente las gramíneas son las pertenecientes a la familia de las Solanáceas.

La función fisiológica exacta de los inhibidores de tripsina en plantas esta aun sin responder, ellos juegan un papel de protección en las plantas contra insectos o patógenos.

Las primeras plantas no leguminosas reportadas con contenidos de inhibidores de tripsina fue la batata (SOHONIE Y BHANDARKAR, 1954 citado por: WOOLFE, 1992).

La fuerte inhibición de tripsina como se ha demostrado en proceso *in vitro* con inhibidores tripsinicos de batata puede indicare con una interferencia en la digestión de la proteína *in vivo* esto teniendo implicaciones en la nutrición humana especialmente en la ingesta de la proteína. Además algunos inhibidores tripsinos pueden generar enteritis necrótica, y reducir la eficiencia alimenticia (WOOLFE, 1992).

### **3.2 YUCA (*Manihot esculenta* Crantz)**

La yuca pertenece a la familia Euphorbiaceae constituida por unas 7200 especies que se caracterizan por su notable desarrollo de los vasos laticíferos, compuestos por células secretoras llamadas galactositos. Esto es lo que produce la secreción lechosa lo que caracteriza las plantas de esta familia. Un género muy importante de esta familia es *Manihot* al que pertenece la yuca, y se encuentra distribuido desde el suroeste de los estados unidos hasta Argentina. Naturalmente solo se encuentran especies del genero *Manihot* en las Américas (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación-FAO, 2003)

Agrega la FAO 2003, que la mayor parte de las raíces cosechadas en el país (más de 2 millones de ton/año) se destinan a la alimentación humana; sin embargo, su uso en la alimentación animal, como producto fresco en raciones para bovinos y porcinos, ha aumentado moderadamente (100 mil ton/año en la actualidad), esta cifra se incrementará sustancialmente en el futuro cuando se establezcan las nuevas tecnologías de producción y utilización de raíces y el follaje, de procesamiento en poscosecha, y de industrialización de nuevas variedades.

La yuca es una especie eficiente en la producción por hectárea de carbohidratos, según reportes suministrados por el Consorcio Latinoamericano y del Caribe de apoyo a la investigación y desarrollo de la yuca-CLAYUCA 1 hectárea de yuca puede producir 25 toneladas de raíces frescas las cuales se pueden convertir (factor de conversión de 2.51) en 9.96 toneladas de raíces secas y aportar 30 millones de calorías de EM, por lo tanto es un alimento energético básico en gran parte de la

industria de alimentos balanceados para animales, ya sea en forma de harina o pellets.

### **3.2.1 Producción Mundial**

En el año del 2002 se estimó en 184 millones de toneladas en equivalente de raíces frescas, es decir alrededor de un 2 % más que el nivel récord alcanzado en el 2001, debido a un aumento de su cultivo en África y en América Latina y el Caribe que ha compensado con creces la contracción registrada en Asia (FAO, 2003).

### **3.2.2 Producción Nacional**

La yuca en Colombia, y en general en América Latina y el Caribe, posee grandes ventajas que pueden ser utilizadas en beneficio de todos los integrantes de la cadena agroalimentaria. Es un cultivo con alto potencial de producción de raíces (25 ton/ha en promedio). Según información del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural-MADR, el Programa de apoyo a la yuca tiene como objetivos para el 2003, "incrementar el cultivo de yuca industrial en 7.500 nuevas hectáreas, y generar 4.688 empleos directos y 852 indirectos. Para el cuatrienio 2003-2006, las metas son sembrar 30 mil nuevas hectáreas, generar 18.750 empleos directos y 3.409 indirectos". Para alcanzar estas metas, el MADR considera necesario fortalecer las áreas de capacitación a técnicos y productores, manejar organismos genéticamente modificados, financiar bancos de maquinaria, impulsar los programas de financiamiento y ejecutar propuestas empresariales (OSPINA y CEBALLOS, 2002).

Dada su proximidad geográfica, los mercados de Medellín y Montería se pueden considerar como el mercado potencial a nivel local para la yuca

seca producida en la planta de Valencia-Córdoba pues son estos mercados los que consumen prácticamente la totalidad de la yuca seca producida en los departamentos de Córdoba y Sucre (OSPINA y CEBALLOS, 2002).

### 3.2.3 Demanda Nacional y Local de Yuca Seca

La industria de alimentos balanceados en Colombia ha mostrado en la última década una tasa de crecimiento anual mayor al 4%, inclusive ha alcanzado el 5% anual durante los últimos dos años, lo que representa una producción estimada de alimentos balanceados para animales de más de 3.3 millones de toneladas para el año 2004. Este incremento se debe al crecimiento en la producción destinada al sector avícola del 6% y al sector porcícola el 5% (PÉREZ, 2004).

La tabla 1 resume los aspectos más importantes del mercado local de la yuca seca, con base en encuestas realizadas a los gerentes de compras en las visitas realizadas a las ciudades de Medellín y Cerete (Córdoba) en el mes de Julio del año 2004 (PÉREZ, 2004).

**Tabla 1. Caracterización mercado local de la yuca seca (Antioquia y Córdoba) Julio/2004.**

Empresa	Grado de sustitución actual*	Cantidad de yuca seca requerida (Ton/año)	Sistema de negociación	Precio pagado por la yuca seca (\$/Ton)**	Precio pagado por el maíz importado (\$/Ton)**	Condiciones de pago***
Nutrilisto	Entre el 1% y el 70% (35% promedio)	Entre 1800 y 4800	Orden de compra	363.000	497.000	8 días
Solla	Varía según dieta	12.000	Contrato FORWARD	430.000	474.000	8 días
Contegral	25%	15.000 mínimo	Orden de compra	410.000-430.000	480.000	8 días
CIPA	Entre 10% y 15%	Entre 3.600 y 4.800	Orden de compra	430.000	525.000	20-30 días
Colanta	30%	12.000	Contrato FORWARD	420.000	530.000	8-15 días
Italcol	20%	3.600	Orden de compra	400.000	480.000	20-30 días

\* El grado de sustitución expresada por estas empresas depende principalmente de la disponibilidad de yuca seca, la formula a utilizar y los costos.

\*\* Puesto en planta de Alimentos Balanceados.

\*\*\* Después de facturado.

Fuente: Pérez, 2004.

El crecimiento en la industria de los alimentos balanceados para animales ha jalonado el consumo de maíz amarillo, el cual supera las 2.6 millones de toneladas anuales, en un país cuya producción promedio anual alcanzó en el 2003 solo 974.414 toneladas. Este déficit de materia prima brinda a la yuca seca un gran potencial de expansión, pues si partimos del hecho que en las dietas para pollos de engorde y ponedoras, así como para los cerdos en promedio se puede llegar a sustituir hasta un 50% del maíz amarillo utilizado, tendríamos una demanda potencial de 1.316.160 toneladas para el año 2003, partiendo de un consumo estimado de maíz amarillo de 2.632.320 toneladas para el mismo año (PÉREZ, 2004).

#### **3.2.4 Valor Nutritivo**

El almidón de las raíces es el principal alimento animal que ofrece la yuca, normalmente el contenido de materia seca (M.S.) de la raíz esta entre 34 y 38%, y el almidón entre 75 y 80%. De la producción de 25 toneladas se obtiene 9.5 de M.S. de estas son 5 de almidones. Un pequeño porcentaje esta constituido por proteínas (3%) y fibra (4%) (ARAUJO *et al*, s.f).

Los componentes principales del Extracto No Nitrogenado-ENN de la raíz de yuca son los carbohidratos solubles constituidos por almidones y azúcares, el almidón constituye el 80% de dicho extracto. El nivel de fibra cruda en la yuca presenta pequeñas variaciones según la variedad de la yuca, edad de la raíz; normalmente su valor no pasa del 1.5% en la raíz fresca y del 4% en harina. Los nutrientes grasos se encuentran en concentraciones mínimas en la raíz de la yuca, constituidos principalmente por galactosil-diglicéridos y ácidos grasos saturados, el Extracto Etéreo-EE es mayor en la corteza que en la pulpa, las

xantofilas, clorofilas, resinas entre otros están más concentradas en las hojas (ARAUJO *et al*, s.f).

Por otra parte, la raíz de yuca presenta valores de energía digestible de 3.296 Kcal/kg mientras que las hojas tienen un contenido de Proteína Cruda-PC de 30.15% y una digestibilidad del 58% con un nivel de Fibra Detergente Neutra-FDN de 41.5% (ARAUJO *et al*, s.f).

Las concentraciones de Fósforo son mayores en la raíz y la del Calcio en el follaje. El alto contenido de humedad de las raíces de yuca diluye la energía metabolizable en los productos frescos, no así en los secos, por esta razón en casi todos los animales monogástricos el uso de los productos frescos esta limitado. El contenido de vitaminas y minerales de las raíces es mínimo.

### **3.2.5 Factores Limitantes**

Las raíces de la yuca se caracterizan por su bajo contenido de proteína cruda y de aminoácidos; es notable su deficiencia en aminoácidos esenciales como la Metionina, Cistina, Triptofano, y en exceso contiene Arginina, Ácido Aspártico, Ácido Glutámico. Aproximadamente el 50% de la proteína cruda de la raíz corresponde a proteína verdadera mientras que el otro 50% o más está constituido por aminoácidos libres (Ácido Aspártico, Ácido Glutámico) y por componente no proteicos, principalmente nitritos, nitratos y compuestos cianogénicos. (GIL y BUITRAGO, 2002)

### **3.2.6 Factores Antinutricionales**

**3.2.6.1 Ion cianuros y Cianógenos:** Son compuestos responsables de los efectos tóxicos causados por las variedades amargas de yuca, los principales son glucósidos cianogénicos (Linamarina y lotaustralina). La raíz y las hojas contienen cantidades variables de estos glucósidos los cuales, al hidrolizarse por acción de la enzima linamarasa, liberan el radical CN<sup>-</sup> que, en medio ácido (jugo gástrico del animal) genera ácido cianhídrico (HCN). Este ácido es tóxico para el organismo del animal en concentraciones que superen el nivel de seguridad. Según el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC), el contenido máximo de cianuro total (CN<sup>-</sup>) permitido en la yuca seca y en los subproductos destinados a la alimentación animal es de 100 ppm (norma NTC 3258, primera actualización 2001). En las variedades dulces, el CN<sup>-</sup> (de cianógenos) se encuentra casi todo en la corteza de la raíz, la mayor parte del cianuro de la pulpa de la yuca se solubiliza en los subproductos acuosos restantes del lavado (GIL y BUITRAGO, 2002).

### **3.2.7 Alimentación en Pollos de Engorde**

El carácter “polvoriento” de dietas con alto contenido de harinas de raíces es totalmente superado durante el proceso de peletización, sin necesidad de recurrir a aditivos especiales. Este tipo de dietas permite la inclusión de los niveles máximos (45 a 55%) de harina de raíces y de harina del follaje (5 a 6%) Cuando se toma como punto de partida la mezcla de harina de raíces, harina de follaje de yuca, soya integral y torta de soya se puede formular una dieta perfectamente balanceada para pollos de engorde, en la cual estos ingredientes pueden llegar a constituir 95% de la ración total.

En trabajos experimentales realizados recientemente a través del proyecto conjunto CLAYUCA-MADR y la Federación Nacional de Avicultores de Colombia-FENAVI se han evaluado dietas para pollos de engorde. Las dietas fueron elaboradas con harina de yuca (raíces y hojas) y soya integral y se compararon con una ración comercial basada en maíz y soya integral. En el caso de las raciones con harina de yuca, se tuvo la oportunidad de comparar el efecto de harina deshidratada al sol con harinas deshidratadas en equipos disponibles comercialmente. Todos los grupos que consumieron harina de yuca (45 y 49%) y soya integral tuvieron un rendimiento en peso y conversión alimenticia igual o superior al grupo testigo de maíz y soya integral, este efecto se observó tanto en iniciación como en finalización. El consumo de alimento no se afectó en los tratamientos con niveles altos de harina de yuca. Los índices de mortalidad en todos los tratamientos no fueron influenciados por el tipo de dieta suministrada. Los grupos con dietas a base de harina de raíces, se caracterizaron por una pobre pigmentación de piel, picos y patas durante todo el tiempo, sin embargo el grupo con harina de raíces complementado con harina de las hojas, mostró una pigmentación igual a la del grupo testigo con maíz amarillo en calificación de 4 y los del grupo de harina sin hojas, no superaron la calificación 2 de la escala, donde (1 es pálido y 5 es más pigmentado) en una escala subjetiva propuestas por los autores (GIL y BUITRAGO, 2002).

GARCÍA Y CEDEÑO (1998) compararon la adición de un 15% o 30% de harina de yuca en la dieta de pollos de engorde formulada por aminoácidos dejando la proteína libre los resultados produjeron igual aumento de peso y peso final, pero, con un menor consumo de alimento y por consiguiente una mejor conversión alimenticia y relación de eficiencia en los pollos que consumieron la dieta con el 15% de harina de yuca.

VARGAS Y VILLEGAS (2004) evaluaron el suministro de diferentes niveles de 0% a 50% solas o combinadas de Harina e Yuca y/o batata en Udietas para pollos de engorde de 1 a 42 días de edad y encontraron que la mejor opción de manejo biológica y económicamente fue la combinación de 12.5% de Harina de yuca y 12.5% de Harina de batata en la dieta en diferentes fases de producción.

### **3.8 Harina de Follaje de yuca**

La parte aérea de la yuca que se considera útil para alimentación animal esta constituida, principalmente, por hojas, pecíolos, tallos secundarios y algunos tallos primarios.

También debe tenerse en cuenta que la calidad de la harina esta influenciada por la variedad de la planta, edad, fertilización, medio ambiente y distancias de siembras. Uno de los factores que más influye sobre la calidad y la cantidad de nutrientes del follaje se relaciona con la edad del material al momento del corte. Cuando se realizan cortes desde una edad temprana en cultivos orientados a la producción de follaje, se logra obtener el máximo rendimientos en términos de calidad y cantidad de nutrientes. Las mayores variaciones nutricionales en la harina de follaje, se refieren a la concentración de proteína, fibra y energía metabolizable. Mientras que el nivel de fibra se incrementa con la edad de la planta, las concentraciones de proteína y energía disminuyen.

El contenido de proteína puede variar desde el 25%, en cortes de follaje tierno (2 a 3 meses), hasta valores inferiores a 20%, en follaje con madurez y poca densidad de hojas.

Así mismo, las variaciones en fibra pueden fluctuar desde 10%, en producto con muchas hojas, hasta más de 20%, en el caso de muestras con mucho tallo. De acuerdo con el contenido de fibra y cenizas, la concentración de energía metabolizable se calcula entre 1.300 y 1.800 kilocalorías por kg, aproximadamente (BUITRAGO *et al*, 2001).

### **3.8.1 Niveles de inclusión de harina de follaje de yuca**

El factor externo más limitante, se relaciona con la característica de follaje fibroso, que, tal como sucede con otros tipos de follaje, no permite la inclusión de niveles superiores a 6-8% de la dieta final. La concentración alta de fibra y los problemas de palatabilidad de los follajes esta asociados directamente con el bajo nivel que se acepta en dietas para aves, sin embargo estos bajos niveles de inclusión proporcionan, de todas maneras, un aporte importante de proteína y de pigmentos naturales, tanto para pollos como para ponedoras (BUITRAGO *et al*, 2001).

## **4. MATERIALES Y METODOS**

### **4.1 Materiales**

#### **4.1.1 Localización**

El trabajo de campo se realizó en la unidad de investigación avícola de la Granja experimental Mario González Aranda (G.M.G.A) propiedad de la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira, ubicada a 1 Km de la facultad de ciencias agropecuarias; esta granja se encuentra situada a una altura de 1025 msnm. Con una temperatura promedio diaria de 24°C , precipitación promedio anual 1100mm y una humedad relativa del 75%.



Figura 1. Unidad de investigación avícola-Granja Mario González Aranda.

#### **4.1.2 Plantas de Yuca y Batata**

El CIAT, cuenta actualmente con 15 hectáreas de yuca en total, 13 sembradas y 2 en proceso de siembra, y 1.5 hectáreas de batata con 18 clones de las cuales en la actualidad CLAYUCA tiene destinadas a la investigación, parte de este material fue utilizado en esta validación durante el periodo de la practica, las variedades implementadas de Yuca fue la MCol 1505 y de Batata variedad 440045.

## **4.2 Metodología**

Para el desarrollo de la practica profesional se tomo como base los datos obtenidos en el trabajo de grado “Evaluación del uso de la harina de batata (*Ipomoea batatas* Lam) y de harina de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en dietas para pollos de engorde de 1 a 42 días de edad”, como continuación del empleo de materias primas tropicales en la inclusión de dietas para aves

Se realizó un ajuste a las dietas en niveles incrementales de harina de yuca y harina de batata, se fortificó los niveles de aminoácidos en las dietas y se adicionó harina de follaje de yuca.

### **4.2.1 Pruebas de ajuste y validación**

1. Sistemas de alimentación en niveles incrementales 5%, 10% y 15% Harina de Yuca + Harina de Batata de acuerdo a las fases 1-14, 14 a 28 y 28 a 42 días de edad respectivamente.
2. Requerimientos nutricionales fortificando en 10% los Aminoácidos (metionina + cistina y lisina).
3. Adición de follaje de yuca como fuente pigmentante para coloración en piel, pico y patas.

### **4.2.2 Periodo de Validación**

Comprendió de 1 a 42 días de edad dividida en tres subfases:

1. Cría de 1 a 14 días de edad.
2. Desarrollo o levante de 14 a 28 días de edad.
3. Ceba 28 a 42 días de edad.

### 4.2.3 Procesamiento de la Harina de yuca y Harina de Batata

Luego de ser cosechadas la yuca y la batata fueron sometidas a un lavado para extraer tierra adherida a las raíces, si este proceso no se realizaba el producto final podría tener un alto contenido de cenizas, reduciendo la calidad, para esto se empleo una lavadora de yuca con tambor rotatorio.



Figura 2. Lavadora con tambor rotatorio

Para facilitar el secado de las raíces fue necesario exponer al aire una mayor superficie de las mismas, se empleo una picadora de yuca con disco de tipo tailandés.



Figura 3. Picadora con disco tailandés



Figura 4. Trozos de yuca

El secado de las raíces de yuca y batata permitió eliminar la mayor parte de humedad para obtener un producto que se pudiera almacenar por

largos periodos sin que se deteriorara, además de ayudar a disminuir (en el caso de la yuca) factores antinutricionales.

Se empleo el sistema de secado natural (secado en patio en piso de cemento y en bandejas) para el secado de batata.

**4.2.3.1 En piso:** Se esparcieron los trozos de batata en el suelo de cemento formando una capa uniforme; para determinar cual o cuales eran las cantidades adecuadas para secar batata por metro cuadrado se pueden secar bajo las condiciones de CIAT.

Se emplearon 6 cuadros de 1 m<sup>2</sup> cada uno y se llenaron con cantidades crecientes de batata 4, 6, 8, 10,12 y 14 Kg.

Todas las muestras estuvieron expuestas durante 4 días y en horas de la noche eran cubiertas con un plástico debido a la presencia de lluvias, las muestras fueron volteadas 3 veces / día cada 3 horas.

Pasado estos cuatro días se determinó que la mejor opción para el secado en piso era la de 10 kg / m<sup>2</sup> porque en mayores cantidades las muestras no estaban totalmente secas, y en las cantidades de 4, 6, y 8 Kg las muestras estaban secas pero sé no se aprovechaba el espacio.

**4.2.3.2 En bandeja:** Otro de los métodos de secado fue en bandejas cada una de 1.20 x 2.40 m en cada bandeja se distribuyeron 16, 18, 20 y 22 Kg del material fresco.

Estas muestras también estuvieron expuestas durante 4 días y en horas de la noche fueron cubiertas con un plástico debido a la presencia de lluvias, con una frecuencia de volteo de 3 veces / día cada 3 horas.

Luego de hacer este muestreo se determinó que la cantidad de 20 Kg por bandeja era la que mejor aprovecha las corrientes de aire y los rayos del sol para su secado, ya que al comprimir las cantidades de 22 Kg las muestras presentaban un poco de humedad y las de 18 Kg tenían una apariencia bastante deshidratada.



Figura 5. Secado en Piso de cemento



Figura 6. Secado en Bandejas

Los trozos secos de yuca, batata, maíz y torta de soya fueron molidos en un molino de martillo con unan criba con orificio de  $\frac{1}{2}$  pulgada para facilitar su mezcla en las dietas a utilizar.



Figura 7. Molino de martillo

Para la elaboración de las dietas de validación se utilizaron las siguientes materias primas.



**Figura 8. Maíz**



**Figura 9. Harina de Follaje de Yuca**



**Figura 10. Harina de Yuca**



**Figura 11. Harina de Batata**



**Figura 12. Torta de Soya**



**Figura 13. Soya Integral Extruida**



**Figura 14. Arena**



**Figura 15. Premezcla**



**Figura 16. Aceite de Palma**



**Figura 17. Metionina sintética 99%**



**Figura 18. Fosfato bicálcico**



**Figura 19. Sal común**



**Figura 20. Carbonato de Calcio**

#### 4.2.4 Elaboración de las dietas

Para la elaboración de las dietas como primer paso se procedió a seleccionar y pesar en una balanza electrónica cada una de las materias primas a utilizar; iniciando con los macro elementos (maíz, torta de soya, soya integral extruida, harina de yuca, harina de batata, harina de follaje de yuca), seguido por los micro elementos o premezcla (fosfato bicálcico, carbonato de calcio, sal común, metionina sintética al 99%, arena cernida) y por último el aceite de palma.



Figura 21. Balanza electrónica

Luego de ser pesadas cada una de las materia primas se adicionaban en una mezcladora tipo horizontal con capacidad de 500 kg la soya integral extruida como primer ingrediente para disminuir la polvosidad de la harina de yuca, harina de batata y harina de follaje de yuca, luego la torta de soya y por último el maíz esta mezcla se dejaba rotar durante 10 minutos, pasado este tiempo se le adicionaba la premezcla (fosfato bicálcico, carbonato de calcio, sal común, premezcla, metionina) que 5 minutos antes se había elaborado en una mezcladora tipo horizontal con capacidad de 25 kg y se dejaba mezclar durante 5 minutos; luego se le adicionaba la arena durante 5 minutos más y por último se le

adicionaba el aceite de palma y la mezcla se dejaba 10 minutos y pasado este tiempo se empacaba en bolsas de polipropileno de 40 o 50Kg.



**Figura 22. Mezcladora horizontal con capacidad de 500Kg**



**Figura 23. Mezcladora horizontal con capacidad de 25 Kg**



**Figura 24. Elaboración del alimento**

#### 4.2.5 Animales

Se utilizaron 800 pollos de un día de nacidos machos y hembras de la línea Cobb, los cuales fueron distribuidos por sexos en cubículos de 40 animales para cada dieta, para un total de 160 animales por tratamiento.



Figura 25. Pollos en la prueba de validación

#### 4.2.6 Alimentación

La presentación del alimento fue en forma de harina.

El suministro de alimento y el agua se hizo a voluntad para todos los tratamientos.



Figura 26. Alimento en forma de harina

Se suministró agua fresca proveniente del acueducto de Palmira almacenada en tanques con capacidad de 250 litros.



Figura 27. Tanque almacenamiento de agua 250 litros

#### **4.2.7 Plan sanitario**

Para la desinfección del galpón y equipos, se empleó un producto con base en hipoclorito de sodio, detergente y agua. Con esta mezcla se lavaron los equipos (comederos, bebederos, redondeles, tanque de almacenamiento de agua y lámparas de calefacción), cortinas y el piso del galpón. Adicionalmente las instalaciones fueron flameadas.

A la entrada del galpón se colocó cal en una poceta para desinfección de botas y/o calzado de visitantes a la unidad.

Se siguió un plan de vacunación previa recomendación del Médico Veterinario, siguiendo los parámetros empleados por el Instituto Colombiano Agropecuario-ICA.

Se empleó la vacuna contra New Castle (cepa B1) a los 14 días de edad de los animales; su aplicación se hizo de forma ocular.



Figura 28. Vacunación contra New Castle en forma ocular

#### **4.2.8 Alojamiento**

Los animales fueron alojados en galpones de ladrillo con cortinas laterales para el manejo de la ventilación y evitar las corrientes directas del aire distribuidos en 20 cubículos de 3.66 m<sup>2</sup> (3.03m de largo x 1.21m de ancho) en piso de cemento y a una densidad de 10 pollos por metro cuadrado, cada cubículo estaba dotado con cama de viruta, lámpara de calefacción con bombillos de 100 voltios, comedero de tolva y bebedero de galón en la fase de cría y bebederos automáticos en la fase de engorde.



Figura 29. Distribución de los animales en cubículos de 3.66 m<sup>2</sup>

#### 4.2.9 Pesaje

Se realizaron controles de peso y alimento cada dos semanas (1 día, 14 días, 28 días y 42 días de edad) para obtener datos de incremento de peso y consumo de alimento, los pesajes correspondientes se realizaron el mismo día a todo el lote completo.



Figura 30. Pesaje a los 14 días



Figura 31. Pesaje a los 42 días

#### 4.2.10 Medicamentos

Los animales fueron tratados con un antibiótico (Enrofloxacina al 10%) con previo diagnóstico del Médico Veterinario a la cuarta semana de la validación durante tres días seguidos debido a una infección respiratoria.

En forma preventiva se suministró un antiestresante cada vez que se realizaban pesajes para disminuir la incidencia de estrés.



#### **4.2.11 Dietas Ajuste y Validación**

- D1:** Dieta control alimento convencional basado en maíz, torta de soya, soya integral extruida-SIE, premezcla (minerales, vitaminas y Coccidiostato), fosfato bicálcico, carbonato de calcio, sal común y metionina sintética al 99%; de 1 a 42 días de edad.
- D2:** Control experimental (dieta seleccionada escogida del trabajo de grado) 10 % Harina de Yuca + 10 % Harina de Batata + maíz, torta de soya, soya integral extruida-SIE y premezcla (minerales, vitaminas y Coccidiostato), fosfato bicálcico, carbonato de calcio, sal común y metionina sintética al 99%; de 1 a 42 días de edad.
- D3:** Incremental 5 %- 10 % -15 % Harina de Yuca + Harina de Batata + ingredientes adicionales de 1 a 14, 14 a 28 y 28 a 42 días de edad respectivamente.
- D4:** Incremental 5 %- 10 % -15 % Harina de Yuca + Harina de Batata Fortificado en 10 % de Aminoácidos más limitantes (metionina + cistina y lisina) distribuidos de forma similar al anterior.
- D5:** Incremental 5 %- 10 % -15 % Harina de Yuca + Harina de Batata + 5 % - 7.5 % - 10 % de Harina de Follaje de Yuca. Igualmente distribuido de 1 a 14, 14 a 28 y 28 a 42 días de edad respectivamente.

La composición y análisis calculado de las dietas empleadas en la fase de cría (1 a 14 días de edad) desarrollo o levante (15 a 28 días de edad), y engorde (29 a 42 días de edad) se presentan en las tablas 2, 3 y 4 respectivamente.

**Tabla 2 Composición y análisis calculado de las dietas de validación con harina de batata y harina de yuca (raíces y follaje) en niveles incrementales para pollos de engorde en fase de cría (1-14 días de edad).**

Ingrediente	Dietas evaluadas				
	Control convencional	10 % Harina de Yuca + 10 % Harina de Batata	Incremental 5 % de Harina de Yuca y 5 % Harina de Batata	Incremental fortificado en 10 % Aminoácidos (metionina + cistina y lisina)	Incremental + 5 % Follaje de yuca
Maíz amarillo	41.10	16.00	31.50	31.50	27.50
<b>H. Batata</b>	<b>0.00</b>	<b>10.00</b>	<b>5.00</b>	<b>15.00</b>	<b>5.00</b>
<b>H. Yuca</b>	<b>0.00</b>	<b>10.00</b>	<b>5.00</b>	<b>5.00</b>	<b>5.00</b>
<b>H. Follaje Yuca</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>5.00</b>
Torta de Soya	22.30	22.00	21.09	21.09	20.43
Soya Integral Extruida	23.00	27.96	26.15	26.15	25.33
Fosfato Bicálcico	1.36	1.10	1.22	1.22	1.20
Carbonato de Calcio	0.47	0.66	0.45	0.45	0.60
Sal	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Premezcla	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
DL-Metionina 99%	0.21	0.32	0.26	0.28	0.25
Aceite de Palma	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
Arena	6.15	6.59	3.92	3.89	4.28
<b>TOTAL</b>					
Análisis Calculado					
Energía metabolizable Kcal/kg	3.10	3.10	3.10	3.10	3.10
Proteína Bruta %	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00
<b>Metionina + cistina %</b>	0.90	0.90	0.90	<b>0.99</b>	0.90
<b>Lisina %</b>	1.25	1.25	1.25	<b>1.37</b>	1.25
Calcio %	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10
Fósforo disponible %	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45

**Tabla 3 Composición y análisis calculado de las dietas de validación con Harina de batata y Harina de yuca (raíces y follaje) en niveles incrementales para pollos de engorde en fase de desarrollo o levante (14-28 días de edad).**

Dietas evaluadas					
Ingrediente	Control convencional	10 % Harina de Yuca + 10 % Harina de Batata	Incremental 10 % de Harina de Yuca y 10 % Harina de Batata	Incremental fortificado en 10 % Aminoácidos (metionina + cistina y lisina)	Incremental + 5 - 7.5 y 10 % Follaje de yuca
Maíz amarillo	41.10	16.00	31.50	31.50	27.50
<b>H. Batata</b>	<b>0.00</b>	<b>10.00</b>	<b>10.00</b>	<b>105.00</b>	<b>5.00</b>
<b>H. Yuca</b>	<b>0.00</b>	<b>10.00</b>	<b>10.00</b>	<b>5.00</b>	<b>5.00</b>
<b>Harina</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>5.00</b>
Torta de Soya	22.30	22.00	21.09	21.09	20.43
Soya Integral Extruida	23.00	27.96	26.15	26.15	25.33
Fosfato Bicálcico	1.36	1.10	1.22	1.22	1.20
Carbonato de Calcio	0.47	0.66	0.45	0.45	0.60
Sal	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Premezcla	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
DL-Metionina 99%	0.21	0.32	0.32	0.35	0.21
Aceite de Soya	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
Arena	6.15	6.59	3.92	3.89	4.28
<b>TOTAL</b>					
Análisis Calculado					
Energía metabolizable Kcal/kg	3.10	3.10	3.10	3.10	3.10
Proteína Bruta %	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00
<b>Metionina + cistina %</b>	0.90	0.90	0.90	<b>0.99</b>	0.90
<b>Lisina %</b>	1.25	1.25	1.25	<b>1.37</b>	1.25
Calcio %	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10
Fósforo disponible %	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45

**Tabla 4 Composición y análisis calculado de las dietas de validación con Harina de batata y Harina de yuca (raíces y follaje) en niveles incrementales para pollos de engorde en fase de engorde (28-42 días de edad).**

<b>Dietas evaluadas</b>					
<b>Ingrediente</b>	<b>Control convencional</b>	<b>10 % Harina de Yuca + 10 % Harina de Batata</b>	<b>Incremental 5-10 y 15 % de Harina de Yuca y Harina de Batata</b>	<b>Incremental fortificado en 10 % Aminoácidos (metionina + cistina y lisina)</b>	<b>Incremental + 5 - 7.5 y 10 % Follaje de yuca</b>
Maíz	48.00	28.00	18.00	18.00	16.00
<b>H. Batata</b>	<b>0.00</b>	<b>10.00</b>	<b>15.00</b>	<b>15.00</b>	<b>15.00</b>
<b>H. Yuca</b>	<b>0.00</b>	<b>10.00</b>	<b>15.00</b>	<b>15.00</b>	<b>15.00</b>
<b>Harina</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>10.00</b>
Torta de Soya	16.43	18.22	19.05	19.05	16.80
Soya Integral Extruida	20.76	21.78	22.38	22.38	20.80
Fosfato Bicálcico	1.04	0.78	0.66	0.66	0.60
Carbonato de Calcio	1.08	1.08	1.07	1.07	0.87
Sal	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Premezcla	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
DI-Metionina 99%	0.08	0.11	0.13	0.14	0.11
Aceite de Soya	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
Arena	7.19	4.62	3.30	3.29	0.00
<b>TOTAL</b>					
<b>Análisis Calculado</b>					
Energía metabolizable Kcal/kg	3.20	3.20	3.20	3.20	3.20
Proteína Bruta %	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
<b>Metionina + cistina %</b>	0.700	0.70	0.70	<b>0.77</b>	0.70
<b>Lisina %</b>	1.00	1.00	1.00	<b>1.10</b>	1.00
Calcio %	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
Fósforo disponible %	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35

#### **4.2.12 Análisis económico**

Se utilizó el análisis de presupuestos parciales, análisis de dominancia y tasa retorno marginal, según la metodología del CIMMYT, México (1988).

**4.2.12.1 Análisis de presupuesto parcial:** Esta técnica permite organizar los datos del experimento y ayuda a tomar una decisión sobre el tratamiento más conveniente, destacando las alternativas que tienen más posibilidad de ser adoptados por los avicultores y resaltando aquellas cuya utilización resultaría antieconómico; estos se denominan presupuestos parciales porque no se incluyen todos los costos y retribuciones de la producción, sino aquellos cuyos valores varían en las diferentes alternativas consideradas (CIMMYT, 1988). En este análisis, para cada tratamiento se considera, en la fase de cría, ceba y total, los siguientes rubros:

**4.2.12.2 Aumento de peso (g):** Se refiere a la diferencia entre el peso inicial y final promedio del ave, para cada una de las fases analizadas y para la fase consolidada.

**4.2.12.3 Beneficio bruto de campo (\$/ave):** Equivale al peso promedio ganado para el periodo analizado (bien sea por fase o fase consolidada), multiplicado por el precio promedio del Kg de pollo en pie al momento del mercado.

**4.2.12.4 Costos variables (\$/ave):** Se estima considerando el consumo promedio por pollo en la respectiva fase por el costo del kilo de alimento.

**4.2.12.5 Beneficio neto (\$/ave):** Equivale a la diferencia entre el valor del beneficio bruto de campo y el valor de los costos variables y se

hace un orden de priorización de mayor a menor beneficio neto entre tratamientos (CIMMYT, 1988).

**4.2.12.6 Análisis marginal:** Se realizará para establecer la forma en que los beneficios netos cambian conforme cambian los costos variables. Se realizará mediante el análisis de dominancia de las alternativas y la estimación del retorno marginal.

**4.2.12.7 Análisis de dominancia de las alternativas:** Permite efectuar el análisis marginal de los datos, para hacerlo se listan todas las alternativas en orden de mayor a menor beneficio neto colocando otra columna con los costos variables correspondientes, después se revisa de arriba hacia abajo la columna de costos para identificar y eliminar las alternativas dominadas, o sea, los tratamientos con los costos variables iguales o superiores al del anterior no dominado.

**4.2.12.8 Tasa de retorno marginal:** Es el criterio de selección del tratamiento a recomendar entre los tratamientos no dominados. Se estima mediante los valores de beneficio neto marginal y el costo variable marginal. El costo y beneficio neto marginal es el incremento correspondiente al pasar de un tratamiento no dominado a otro del menor al mayor beneficio neto y costo marginal. Para calcular la tasa retorno marginal se divide el valor del beneficio neto marginal entre los costos variables marginales correspondientes, para expresarla en forma porcentual se multiplica por cien (CIMMYT, 1988).

## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1 Rendimiento productivo

#### 5.1.1 Fase de cría 1-14 días de edad

Para el periodo analizado Cría (1-14 días de edad) no se encontraron diferencias apreciables en el rendimiento productivo debido al empleo de diferentes niveles y sistemas de suministro de harina de yuca y harina de batata en dietas para pollos de engorde de 1 a 14 días de edad.

No obstante, la dieta de validación con el mejor rendimiento productivo para esta fase fue la dieta 3 (Incremental 5% de Harina de Yuca y 5% Harina de Batata), seguido por la dietas 1 (Control Convencional) y 5 (Incremental + 5% Follaje de yuca).

**Tabla 5. Efecto de la Harina de Yuca (raíces y follaje) y Harina de Batata en el rendimiento productivo de pollos de engorde en la fase de cría (1-14 días de edad).**

Dietas evaluadas					
Variable	Control Convencional	10 % Harina de Yuca + 10 % Harina de Batata	Incremental 5%-10% y 15 % de Harina de Yuca y Harina de Batata (5% harina de yuca + 5% harina de batata para esta fase)	Incremental fortificado en 10 % Aminoácidos (metionina + cistina y lisina)	Incremental + 5% - 7.5% y 10 % Follaje de yuca (5% harina de yuca + 5% harina de batata + 5% harina de follaje de yuca para esta fase)
Numero de animales	39	40	40	40	40
Peso inicial Kg	0.056	0.057	0.057	0.054	0.057
Peso final Kg	0.297	0.291	0.300	0.288	0.293
Rendimiento acumulado pollo / periodo					
Consumo alimento Kg	0.483	0.481	0.476	0.478	0.484
Aumento de peso Kg	0.241	0.234	0.244	0.234	0.236
Conversión alimenticia	2.000	2.020	1.940	2.050	2.000

### 5.1.2 Fase de desarrollo o levante 14-28 de edad

Para el periodo analizado desarrollo (14-28 días de edad) el concentrado convencional tuvo un mejor rendimiento productivo. Dentro de las dietas de ajuste se encontró que la mejor fue la dieta 3 (Incremental 10% de Harina de Yuca y 10% Harina de Batata) con un menor consumo de alimento y un mejor aumento de peso para el final de esta fase con la mejor conversión alimenticia, seguido por la dieta 5 (Incremental + 7.5% Follaje de yuca).

**Tabla 6. Efecto de la Harina de Yuca (raíces y follaje) y Harina de Batata en el rendimiento productivo de pollos de engorde en la fase desarrollo levante (14-28 días de edad).**

Dietas evaluadas					
Variable	Control Convencional	10 % Harina de Yuca + 10 % Harina de Batata	Incremental 5-10 y 15 % de Harina de Yuca y Harina de Batata (10% Harina de yuca + 10% harina de batata para esta fase)	Incremental fortificado en 10 % Aminoácidos (metionina + cistina y lisina)	Incremental + 5 - 7.5 y 10 % Follaje de yuca (10% harina de yuca + 10% harina de batata + 7.5% para esta fase)
Numero de animales	39	40	40	40	40
Peso inicial Kg	0.297	0.291	0.300	0.288	0.293
Peso final Kg	1.177	1.035	1.131	1.084	1.121
Rendimiento acumulado pollo / periodo					
Consumo alimento Kg	1.68	1.66	1.64	1.65	1.66
Aumento de peso Kg	0.880	0.744	0.831	0.796	0.828
Conversión alimenticia	1.91	2.23	1.97	2.10	2.00

### 5.1.3 Fase de engorde 28-42 días de edad

Para la fase de Engorde (28-42 días de edad) las diferencias fueron muy marcadas en las dietas 3 y 5; estas dietas presentaron una disminución en el rendimiento productivo ya que se vieron afectadas en las dos últimas semanas por fuertes cambios climáticos; a esto se le suma que el sector donde estuvieron ubicados estas dietas sufrió una inundación que hizo que disminuyera el consumo de alimento lo que se vio reflejado en el aumento de peso.

**Tabla 7. Efecto de la Harina de Yuca (raíces y follaje) y Harina de Batata en el rendimiento productivo de pollos de engorde en la fase engorde (28-42 días de edad).**

Dietas evaluadas					
Variable	Control Convencional	10 % Harina de Yuca + 10 % Harina de Batata	Incremental 5-10 y 15 % de Harina de Yuca y Harina de Batata (15 % harina de yuca + 15% harina de batata para esta fase)	Incremental fortificado en 10 % Aminoácidos (metionina + cistina y lisina)	Incremental + 5 - 7.5 y 10 % Follaje de yuca (15 % harina de yuca + 15% harina de batata + 10% harina de follaje de yuca para esta fase)
Numero de animales	37	39	39	39	40
Peso inicial Kg	1.177	1.035	1.131	1.084	1.121
Peso final Kg	2.000	1.900	1.860	1.840	1.800
Rendimiento acumulado pollo / periodo					
Consumo alimento Kg	2.11	2.12	2.08	2.10	2.00
Aumento de peso Kg	0.823	0.865	0.729	0.756	0.679
Conversión alimenticia	2.46	2.45	2.85	2.77	2.94

### 5.1.4 Fase total 1-42 días de edad.

En la prueba de validación durante la fase de 1 a 42 días el control convencional se caracterizó por alcanzar el mejor rendimiento productivo que en las dietas ajustadas, se observaron diferencias en las demás dietas evaluadas debido al empleo de diferentes niveles y sistemas de suministro de harina de yuca y harina de batata en dietas para pollos de engorde.

**Tabla 8. Efecto de la Harina de Yuca (raíces y follaje) y Harina de Batata en el rendimiento productivo de pollos de engorde en la fase total (1-42 días de edad).**

Dietas evaluadas					
Variable	Control Convencional	10 % Harina de Yuca + 10 % Harina de Batata	Incremental 5-10 y 15 % de Harina de Yuca y Harina de Batata (15 % harina de yuca + 15% harina de batata para esta fase)	Incremental fortificado en 10 % Aminoácidos (metionina + cistina y lisina)	Incremental + 5 - 7.5 y 10 % Follaje de yuca (15 % harina de yuca + 15% harina de batata + 10% harina de follaje de yuca para esta fase)
Numero de animales	39	40	40	40	40
Peso inicial Kg	0.056	0.057	0.057	0.054	0.057
Peso final Kg	2.000	1.900	1.860	1.840	1.800
Rendimiento acumulado pollo / periodo					
Consumo alimento Kg	4.27	4.26	4.20	4.23	4.14
Aumento de peso Kg	1.94	1.84	1.80	1.79	1.74
Conversión alimenticia	2.20	2.31	2.33	2.36	2.38
Relación eficiencia	203	194	188	180	177

## 5.2 Rendimiento en canal

Según la tabla 9, se puede observar que el rendimiento en canal en general fue semejante, excepto la dieta 3 que produjo el rendimiento más bajo, probablemente debido al alto peso de las vísceras, plumas y sangre.

El rendimiento en canal alcanzado en el presente trabajo con las dietas de validación están dentro de un rango aceptado (69% - 72%) según las tablas de la línea Cobb, 2003.

**Tabla 9. Efecto de la Harina de Yuca (raíces y follaje) y Harina de Batata en el rendimiento de la canal en pollos de engorde a los 42 días de edad.**

<b>Dietas evaluadas</b>					
<b>Variables</b>	<b>Control Convencional</b>	<b>10 % Harina de Yuca + 10 % Harina de Batata</b>	<b>Incremental 5-10 y 15 % de Harina de Yuca y Harina de Batata</b>	<b>Incremental fortificado en 10 % Aminoácidos</b>	<b>Incremental + 5 - 7.5 y 10 % Follaje de yuca</b>
Peso vivo (g)	2281	2137	2150	2262	2069
Duración días	42	42	42	42	42
<b>Rendimiento en Canal</b>					
Peso en canal (g)	1650	1569	1494	1631	1512
Peso vísceras, plumas y sangre (g)	631	556	656	631	556
Rendimiento (%)	72	73	69	72	73



**Figura 32. Pesaje en pie**



**Figura 33. Sacrificio en forma yugular**



**Figura 34. Rendimiento en canal**

### 5.3 Pigmentación

Para medir el grado de pigmentación de piel, pico y patas como referencia se tomó el abanico de Roche el cual es el más usado para medir la pigmentación en la yema huevo, este abanico cuenta con una escala de 1 a 14 donde 1 es la coloración más pálida y 14 la más intensa.

El grupo de animales alimentados con las dietas a base de harina de follaje de yuca, se caracterizó por su pigmentación más marcada en la piel (5) mientras que los demás grupos control convencional y demás con Harina de yuca y Harina de batata sin follaje no superaron la calificación de 3.

En cuanto a la pigmentación de pico y patas no se encontraron diferencias apreciables entre las dietas implementadas en esta validación como se muestra en la tabla 10.

**Tabla 10. Efecto de la Harina de Yuca (raíces y follaje) y Harina de Batata y Harina de follaje de yuca en la pigmentación de piel, pico y patas en pollos de engorde a los 42 días de edad.**

<b>Dietas evaluadas</b>					
<b>Variables</b>	<b>Control Convencional</b>	<b>10 % Harina de Yuca + 10 % Harina de Batata</b>	<b>Incremental 5-10 y 15 % de Harina de Yuca y Harina de Batata</b>	<b>Incremental fortificado en 10 % Aminoácidos</b>	<b>Incremental + 5 - 7.5 y 10 % Follaje de yuca</b>
Peso vivo (g)	2281	2137	2150	2262	2069
Duración días	42	42	42	42	42
<b>Pigmentación</b>					
Pico	2	3	2	2	2
Piel	3	2	1	2	5
Patas	2	2	1	2	3



**Figuras 35 y 36. Pigmentación pico**



**Figuras 37 y 38. Pigmentación de patas**



**Figuras 39 y 40 Pigmentación de piel**

## 6. ANÁLISIS ECONOMICO

### 6.1 Análisis de presupuestos parciales

Al hacer el análisis de presupuestos parciales, se observa que el la dieta en la cual se obtiene un beneficio neto mayor fue la dieta 1 (Control Convencional) seguido por la dieta 2 (10% Harina de Yuca + 10% Harina de batata) y la dieta 3 incremental 5 – 10 y 15 % Harina de Yuca y Harina de Batata como se observa en la tabla 11.

**Tabla 11. Análisis de presupuestos parciales del empleo de Harina de Yuca y/o Batata en pollos de engorde de 1 a 42 días de edad.**

<b>Dietas evaluadas</b>					
<b>Variables</b>	<b>Control Convencional</b>	<b>10 % Harina de Yuca + 10 % Harina de Batata</b>	<b>Incremental 5-10 y 15 % de Harina de Yuca y Harina de Batata</b>	<b>Incremental fortificado en 10 % Aminoácidos</b>	<b>Incremental + 5 – 7.5 y 10 % Follaje de yuca</b>
Peso Inicial Kg	0.056	0.057	0.057	0.054	0.057
Peso Final Kg	2.00	1.90	1.86	1.84	1.80
Aumento de peso	1.94	1.84	1.81	1.80	1.73
Beneficio Bruto de Campo \$*	5141	4876	4796	4770	4584
<b>Costos Variables</b>					
Consumo Alimento Kg	4.26	4.26	4.20	4.22	4.14
Costo Alimento Kg	896	872	881	888	883
Costo Total Alimento	3817	3715	3700	3747	3656
Total Costos Variables	3817	3715	3700	3747	3656
Beneficio Neto \$	1324	1161	1096	1023	928
<b>Prioridad según Beneficio Neto</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>

\* El precio de kilo de pollo en pie \$2.650

## 6.2 Análisis de Dominancia

El análisis de dominancia permite ordenar los datos de mayor a menor beneficio neto con sus correspondientes costos variables y por medio de estos identifican y eliminan las alternativas dominadas, es decir, los tratamientos con los costos variables iguales o superiores al del anterior no dominado.

Este análisis demuestra que las dietas 1, 2, 3 y 5 son superiores, constituyéndose en las dietas no dominadas y la mejor alternativa desde el punto de vista económico para los avicultores.

**Tabla 12. Análisis de Dominancia**

Dietas evaluadas		Beneficio Neto	Costos Variables
1	Control Convencional	1324	3817
2	10 % Harina de Yuca + 10 % Harina de Batata	1161	3715
3	Incremental 5-10 y 15 % de Harina de Yuca y Harina de Batata	1096	3700
4	Incremental fortificado en 10 % Aminoácidos	1023	3747**
5	Incremental + 5 - 7.5 y 10 % Follaje de yuca	928	3656

\*\* Dieta dominada

### 6.3 Tasa de Retorno Marginal

Al realizar el análisis de retorno marginal para comprobar la consistencia de la recomendación anterior se observa que la dieta más rentable fue el 1 con una tasa de retorno marginal mayor, esto significa que por cada \$100 que se invierte se obtiene una ganancia extra de \$ 62.6.

**Tabla 13. Tasa de Retorno Marginal**

Dietas evaluadas		Beneficio Neto	Costos Variables	Incremento Beneficio Neto	Incremento Costos Variables	Tasa Retorno Marginal %
1	Control Convencional	1324	3817	163	102	160
2	10 % Harina de Yuca + 10 % Harina de batata	1161	3715	65	15	433
3	Incremental 5-10 y 15 % de Harina de Yuca y Harina de Batata	1096	3700	168	44	382
5	Incremental + 5 - 7.5 y 10 % Follaje de yuca	928	3656			

Para la fase de cría (1-14 días de edad) y la fase de desarrollo (14-28 días de edad) la dieta con mejor rendimiento productivo fue la 3 (5% harina de yuca + 5% harina de batata y 10% harina de yuca + 10% harina de batata respectivamente).

Para la fase de engorde (28-42 días de edad) la dieta con mejor comportamiento productivo fue la 2 (10% harina de yuca + 10% harina de batata), es decir que al implementar dietas a base yuca y batata no se debe exceder más del 10% siempre y cuando la presentación de la dieta sea en forma de harina, para obtener rendimientos productivos similares a los de un concentrado convencional disminuyendo así los costos de producción, brindando una buena opción para los pequeños y medianos productores avícolas.

**Tabla 14. Efecto en el rendimiento productivo de la dietas del Control convencional vs. Dieta seleccionada 10% Harina de Yuca (raíces y follaje) + 10% Harina de Batata en pollos de engorde en la fase engorde (1-42 días de edad).**

Variables	Control Convencional	Alimento seleccionado 5% harina de yuca + 5% harina de batata en fase de cría, 10 % harina de yuca + 10% harina de batata en fase de desarrollo + 10 % Harina de Yuca + 10 % Harina de Batata en la fase de engorde
Peso Inicial Kg	0.056	0.057
Peso Final Kg	2.00	1.94
Aumento de peso	1.94	1.88
Beneficio Bruto de Campo \$	5141	4982
<b>Costos variables</b>		
Consumo Alimento Kg	4.26	4.24
Costo Kg Alimento	896	881
Costo Total Alimento	3817	3735
Beneficio Neto \$	1324	1247

**Tabla 15. Análisis de Dominancia de las dieta del Control convencional vs. Dieta seleccionada 10% Harina de Yuca (raíces y follaje) + 10% Harina de Batata en pollos de engorde en la fase engorde (1-42 días de edad).**

Dietas evaluadas		Costos Variables	Beneficio Neto
1	Control Convencional	3817	1324
2	Propuesta: 1-28 días de edad dieta 3 (Incremental 5-10 y 15 % de Harina de Yuca y Harina) + 28-42 días de edad dieta 2 (Incremental 5-10 y 15 % de Harina de Yuca y Harina de Batata).	3735	1247

**Tabla 16. Tasa de Retorno Marginal de la dietas del Control convencional vs. Dieta seleccionada 10% Harina de Yuca (raíces y follaje) + 10% Harina de Batata en pollos de engorde en la fase engorde (1-42 días de edad).**

Dietas evaluadas		Costos Variables	Beneficio Neto	Incremento costos variables	Incremento Beneficio Neto	Tasa Retorno Marginal %
1	Control Convencional	3817	1324	82	77	107
2	Propuesta: 1-28 días de edad dieta 3 (Incremental 5-10 y 15 % de Harina de Yuca y Harina) + 28-42 días de edad dieta 2 (Incremental 5-10 y 15 % de Harina de Yuca y Harina de Batata).	3735	1247			



Se elaboró un plegable informativo sobre el procesamiento y empleo de yuca y batata en la alimentación de pollos de engorde a grupos relevantes de productores avícolas interesados en implementar el uso de estas materias primas en alimentación animal.

## 8. BIBLIOGRAFIA

- ARAUJO, C. DIAZ, I. VECCHIONACCE, H. (s.f.) Uso de raíces y tubérculos en la alimentación de cerdos Digestibilidad. (en línea, consultado agosto de 2004). Disponible en:  
[http://www.agronegocios.com.py/rural/ganaderia/porcinos\\_nutricion2.html](http://www.agronegocios.com.py/rural/ganaderia/porcinos_nutricion2.html).
- ARGENTI, P. ESPINOZA, F. Alimentación alternativa para cerdos INIA (FONAIAP) Instituto de Investigaciones Zootécnicas Maracay Venezuela 1999.
- BUITRAGO, J.A. 1990. La yuca en la alimentación animal. Centro Internacional de Agricultura Tropical-CIAT. Cali, Colombia. 446 Pág.
- BUITRAGO, J. GIL, J L. OSPINA, B. La yuca en la alimentación avícola. Cuaderno Avícola # 14. FENAVI-Federación Nacional de Avicultores de Colombia. FONAV-Fondo Nacional Avícola Bogotá, Colombia 2001.
- CLAYUCA-Consortio Latinoamericano y del Caribe de Apoyo a la Investigación y al Desarrollo de la Yuca. La yuca, oportunidad de crecimiento y desarrollo económico de Colombia. Documento institucional. CIAT Cali, Colombia 2003. 3 Pág.
- CIMMYT. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos; Libro de ejercicios. Edición completamente revisada. México D.F., México; CIMMYT.1988.

- ENCICLOPEDIA MICROSOFT® ENCARTA® 2000. © 1993-1999 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.
- FAO-Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación 2003. (en línea, consultado agosto de 2004). Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/005/y963511.html>.
- GARCIA, D. CEDEÑO, D. Evaluación de dos sistemas de formulación de la proteína y aminoácidos con dos niveles de harina de yuca en dietas para pollos de engorde 1 a 42 días. Trabajo dirigido de grado. Universidad Nacional de Colombia. Sede. Palmira 1998.
- GIL, JL. BUITRAGO, JA. La yuca en la alimentación animal. En: La yuca en el tercer milenio sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización. CIAT. Cali, Colombia 2002.
- OSPINA, B. y CEBALLOS, H. La yuca en el tercer milenio sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización. CIAT. Cali, Colombia 2002.
- PEREZ, S. Mercado Nacional de la Yuca. Comunicación interna CLAYUCA 2004. (Datos sin publicar).
- Requerimientos Para pollos de engorde, según NRC (1994) y ROSTAGNO (2000) Disponible en: <http://www.engormix.com/nuevo/pruebas/colaboraciones.asp.html>.
- Tablas de rendimiento de la línea comercial Cobb, 2003.

- VARGAS, L. VILLEGAS, Y. M. Evaluación del uso de la Harina de Yuca (*Manihot esculenta* Crantz) y Harina de Batata (*Ipomoea batatas* Lam) en dietas para pollos de engorde de 1 a 42 días de edad. Trabajo dirigido de grado. Universidad Nacional de Colombia. Sede. Palmira 2004.
- WOOLFE, J A. Sweet potato: an untapped food resource. Cambridge University press. Cambridge. 1992.