



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO

INSTITUTO DE POSGRADO Y EDUCACIÓN CONTINUA

**“UTILIZACION DE TRES NIVELES DE HARINA DE ACHIRA
(*Canna edulis*) EN LA ALIMENTACIÓN DE POLLOS BROILER”**

Dra. Ana Lucia Chafra Moína.

**Tesis presentada ante el Instituto de Postgrado y Educación Continua de
la ESPOCH. Previa a la obtención del Grado de Magíster en Producción
Animal**

Riobamba – Ecuador

2013



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO

Certificación:

EL TRIBUNAL DE TESIS CERTIFICA QUE:

El trabajo de investigación titulado “UTILIZACION DE TRES NIVELES DE HARINA DE ACHIRA (Canna edulis) EN LA ALIMENTACIÓN DE POLLOS BROILER” de responsabilidad de la Dra. Ana Lucía Chafra Moina ha sido prolijamente revisado y se autoriza su presentación.

Tribunal de tesis:

(Dr. Ms.c. Juan Vargas Guamán)

PRESIDENTE

FIRMA

(Dra. Ms.c. Sonia E. Peñafiel)

DIRECTORA

FIRMA

(Ing. Ms.c. Julio Usca)

MIEMBRO

FIRMA

(Dr. Ms.c. Guido Brito)

MIEMBRO

FIRMA

Riobamba, Diciembre 2013

DERECHOS INTELECTUALES

Yo, Dra. Ana Lucía Chafra Moína declaro que soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en la presente Tesis y que el patrimonio intelectual generado por la misma pertenece exclusivamente a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

060314745-5

AGRADECIMIENTO

Expreso el más profundo agradecimiento a mi Dios por haberme dado la vida y recibir cada momento sus bendiciones.

A mi familia por ser mi más grande orgullo y por estar siempre a mi lado, enseñándome a perseverar para llegar triunfante a la meta.

A mi directora Dra, MSc. Sonia Peñafiel, por ser el eje importante para la culminación de este trabajo y por brindarme su amistad.

A mi gran amiga Lucía quien con su apoyo y amistad incondicional se ha convertido en un pilar muy importante en mi vida.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por la formación académica recibida, que con sus conocimientos y enseñanzas ha logrado generar profesionales de la más alta calidad.

DEDICATORIA

Todo lo logro alcanzado, meta culminada será siempre dedicada a mi Señor quién se merece toda Honra y Gloria.

A la memoria de mi madre Rosita, de quien he recibido la mejor herencia de amor, superación y respeto.

Con todo mi cariño y mi amor para mi familia quienes hicieron todo en la vida para que yo pudiera lograr mis sueños, por motivarme y darme la mano cuando sentía que el camino se terminaba, a ustedes por siempre mi corazón y mi agradecimiento.

Aniluc

TABLA DE CONTENIDOS

	Pp
AGRADECIMIENTO	
DEDICATORIA	
LISTA DE TABLAS	I
LISTA DE GRAFICOS	II
RESUMEN	III
SUMMARY	IV
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	3
REVISION DE LITERATURA	5
A. LA ACHIRA	5
1. Condiciones De Cultivo	6
B. COMPOSICION QUIMICA DE LA ACHIRA	8
C. PROCESOS TECNOLOGICOS PARA LA OBTENCION DE HARINA DE ACHIRA	11
1. Almidón De Achira	13
a. Características del almidón de achira	14
b. Comparación del almidón de achira con otras especies vegetales	15
D. GENERALIDADES EN LA PRODUCCION DE POLLOS	16
1. Importancia De la Alimentación para Pollos	17
2. Requisitos Nutritivos para Aves	19
a. Proteínas	20
b. Carbohidratos	21
c. Grasas	22
d. Minerales	22
e. Vitaminas	23
f. Agua	24
3. Tipos de Alimentos	26
a. Proteicos	26
b. Alimentos energéticos	27
4. Dietas para Pollos de alta Productividad	28
5. Factores a tener en cuenta en la formulación de dietas vegetales	30
a. Niveles de Potasio en las Dietas de Pollos de Engorde	31
b. Aminoácidos Limitantes en Raciones con Bajos Niveles de Proteína	31
c. Proteína Ideal	32
6. Línea Genética Broiler	33

E. REQUERIMIENTOS ENERGETICOS	34
1. Distribución de la Energía en el Animal	35
a. Unidades Energéticas	35
b. Calor de Combustión o energía bruta	36
c. Energía digestible	36
d. Energía metabolizable	37
e. Determinación de la EM usando el sistema NIRS	39
2. Método de Alimentación Precisa	41
3. Ecuaciones de Predicción der la EM de los Alimentos	42
4. Factores que afectan la EM de los Alimentos para ves	43
A. MATERIALES Y METODOS	45
1. Localización y duración del experimento	45
2. Unidades Experimentales	46
3. Materiales y equipos	46
a. De campo	46
b. De laboratorio	47
4. Tratamiento y Diseño experimental	47
5. Mediciones Experimentales	51
a. Caracterización Bromatológica de la Harina de achira	51
b. Determinación de la Energía Metabolizable de la Harina de Achira	51
c. Evaluación Productiva de los Pollos	52
d. Evaluación productiva al sacrificio	52
e. Análisis Económico	52
f. Análisis estadístico	52
B. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL	53
1. Proceso de Obtención de Harina	53
2. Suministro de harina en la Alimentación de Pollos	53
3. Metodología de evaluación	54
4. Determinaciones Analíticas	55
a. Determinación de Humedad Inicial	55
b. Determinación de Humedad Higroscópica	55
c. Determinación de Cenizas	56
d. Determinación de Fibra Bruta	56
e. Determinación de Proteína Bruta	57
f. Determinación de Extracto Etéreo	57
g. Determinación de Extracto Libre de Nitrógeno (ELN)	58

h. Determinación de Contenido de Almidón	58
i. Determinación de Azúcares Reductores y Totales	59
j. Determinación de Energía metabolizable empleando el método NIRs	59
A. RESULTADOS Y DISCUSION	60
1. Caracterización Bromatológica de la Harina de achira	60
a. Contenido de Materia seca	60
b. Contenido de Materia Orgánica y Cenizas	61
c. Contenido de Proteína	63
d. Contenido de Fibra Cruda	64
e. Contenido de Extracto Etéreo	65
f. Contenido de Extracto Libre de Nitrógeno (ELN)	65
g. Contenido de azúcares y Almidón	65
B. VALORACION DE LA ENERGIA METABOLIZABLE EN BASE SECA (NIRS)	66
C. EVALUACION DEL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE LOS POLLOS DE CARNE BAJO EL EFECTO DE DISTINTOS NIVELES (%) DE HARINA DE ACHIRA (<i>Canna edulis</i>)	68
2. Fase Inicial (0-21 días de Edad)	68
a. Pesos y ganancia de Pesos, g	68
b. Consumo de Materia Seca y Conversión alimenticia	72
c. Mortalidad (%)	73
3. Fase de Engorde (28-42 días de Edad)	73
a. Pesos y ganancia de Pesos, g	73
b. Consumo de Materia Seca y Conversión alimenticia	76
c. Mortalidad (%)	76
d. Curva de Crecimiento	77
4. Parámetros Fisiológicos del Pollo a los 42 días de edad	78
a. Peso a la canal	78
b. Rendimiento a la canal	79
c. Peso de la pechuga	80
d. Peso de la Vísceras	82
e. Peso grasa Abdominal	83
f. Peso del Hígado	84
g. Bolsa de Fabricio	85
h. Peso de Bazo	86
5. Análisis Económico	87
	89

CONCLUSIONES	
RECOMENDACIONES	91
BIBLIOGRAFIA	92

LISTA DE TABLAS

	Pp.
TABLA I. Composición Rizoma de Achira (100 g base fresca) (1996)	9
TABLA II. Valores Promedios de Materia Seca, Proteína, Almidón, Azúcares y Energía (Datos Empleados en Base Seca, Muestra Entera de Chira) (1999)	11
TABLA III. Composición química del almidón de achira (<i>Canna edulis</i> ker)	13
TABLA IV. Características de almidones de diferentes especies (2012)	15
TABLA V. Requerimientos Nutritivos de los Pollos de Acuerdo a la Edad (2007)	25
TABLA VI. Predicción de la EM (Kcal/g) de dietas completas para aves mediante el análisis de reflectancia en el infrarrojo próximo (Nirs ¹) (1994)	40
TABLA VII. Condiciones Meteorológicas de la Zona (2012)	45
TABLA VIII. Esquema del Adeva. (2012)	48
TABLA IX. Esquema del Experimento (2012).	48
TABLA X. Composición de las dietas para el Periodo de Iniciación (2012)	49
TABLA XI. Composición de las dietas para el Periodo de Engorde (2012)	50
TABLA XII. Composición Bromatológica de la Harina de Achira (<i>Canna edulis</i>)	62

TABLA XIII. Valoración de la Energía Metabolizable en BS de la Harina de Achira estimada a través de NIR (2012)	67
TABLA XIV. Comportamiento Productivo de Broilers alimentado con diferentes Niveles de Harina de Achira (<i>Canna edulis, Ker</i>), durante la etapa inicial de 0 a 21 días (2012)	69
TABLA XV. Comportamiento Productivo de Broilers alimentado con diferentes Niveles de Harina de Achira (<i>Canna edulis, Ker</i>), durante la etapa inicial de 28 a 42 días (2012)	75
TABLA XVI. Comportamiento Fisiológico de Broilers alimentado con diferentes Niveles de Harina de Achira (<i>Canna edulis, Ker</i>), sacrificados a los 42 días (2012)	81
TABLA XVII. Evaluación Económica (Dólares) de la utilización de tres niveles de Harina de Achira (<i>Canna edulis, ker</i>) en la Alimentación de Pollos Broiler	88

LISTA DE FIGURAS

	Pp.
Fig. 1 Composición Bromatológica de la harina de achira (<i>Canna edulis</i>)	64
Fig. 2 Ganancia de Peso a los 14 días en Pollos alimentados con diferentes niveles de harina de achira (<i>Canna edulis</i>)	70
Fig. 3 Curva de Crecimiento de pollos alimentados con diferentes niveles de harina de achira (<i>Canna edulis</i>)	77
Fig. 4 Rendimiento a la canal de pollos sacrificados a los 42 días	79
Fig. 5 Rendimiento de pechuga (%) de pollos alimentados con diferentes niveles de harina de achira (<i>Canna edulis</i>) sacrificados a los 42 días	80
Fig. 6 Peso de vísceras de pollos alimentados con harina de achira	82

(*Canna edulis*) sacrificados a los 42 días

Fig. 7 Peso de grasa abdominal (g) de pollos alimentados con harina de achira (*Canna edulis*) sacrificados a los 42 días 83

Fig. 8 Peso del hígado (g) de pollos alimentados con harina de achira (*Canna edulis*) sacrificados a los 42 días 84

Fig. 9 Peso bolsa de Fabricio (g) de pollos alimentados con harina de achira (*Canna edulis*) sacrificados a los 42 días 85

Fig. 10 Peso del bazo (g) de pollos alimentados con harina de achira (*Canna edulis*) sacrificados a los 42 días 86

Fig. 11 Relación beneficio/costo de pollos alimentados con harina de achira (*Canna edulis*) sacrificados a los 42 días 87

RESUMEN

Se utilizó harina de achira (*Canna edulis*) en la alimentación de pollos broiler como alternativa de sustitución parcial de maíz. El experimento se ejecutó en la Granja avícola Gallegos, en la ciudad del Puyo, provincia de Pastaza. Las muestras de achira fueron tomadas de Patate, Pelileo, Riobamba y Puyo con un peso aproximado de un Kg. Se formuló cuatro dietas experimentales de achira al 0, 10, 20 y 30% de adición. Para cada tratamiento se empleó 50 pollos broiler, distribuidos bajo un diseño completamente aleatorio, la fase de alimentación fue de 42 días.

La harina de achira aporta: energía metabolizable de 3250 Kcal/Kg, determinado mediante espectroscopía de reflectancia en infrarrojo cercano (NIRs); 5% proteína bruta (PB), 9,53% ceniza (C), 8,16% fibra (F), 75,26% Almidón y 5,84% azúcares totales. Los parámetros productivos expresados en ganancias de peso y consumos de materia seca son estadísticamente superiores ($P < 0.01$) en pollos broiler que consumieron dietas al 20 % de achira, con rendimiento a la canal de 1529 g y conversión alimenticia 1,51. Los parámetros fisiológicos evaluados como: hígado, bolsa de Fabricio, bazo, vísceras, no presentaron diferencias significativas ($p \geq 0,05$).

La inclusión de harina de achira determinó la oportunidad de aprovechar un Beneficio/Costo de 1.60 USD al 20 % de esta materia prima, demostrando que es posible sustituir los ingredientes de dietas tradicionales, manteniendo un buen comportamiento productivo y fisiológico en pollos broiler. Se recomienda probar la inclusión de achira como alimento en otras especies como cuyes, conejos, cerdos, equinos y bovinos.

SUMMARY

Achira flour (*Canna edulis*) was used in the feeding of broiler chicken as an alternative of partial replacement of corn. The experiment was carried out at the farm "Gallegos", in the city of Puyo, Pastaza Province. Achira samples were taken from Patate, Pelileo, Riobamba and Puyo with an approximate weight of a kilo. Four experimental diets were formulated to achira 0, 10, 20 and 30 % addition. For each treatment 50 broiler chickens were used, distributed under a completely randomized design. The feeding phase lasted 42 days.

Achira flour provides: metabolizable energy of 3250 Kcal / Kg, determined by reflectance spectroscopy in near infrared (RSNIs), 5 % crude protein (CP), 9.53 % ash (C), 8.16 % fiber (F), 75.26 % starch and 5.84% total sugars . Performance parameters expressed in weight gain and dry matter intake were statistically higher ($P < 0.01$) in broiler chicken who were fed at of 20% achira with carcass yield of 1529 g and feeding conversion 1.51. The physiological parameters evaluated as: liver, bursa of Fabricius, spleen, guts, had no significant differences ($p \geq 0.05$).

Including flour achira determined the opportunity to take advantage of a Benefit / Cost 1.60 USD to 20 % of the raw material, showing that it is possible to substitute the ingredients of traditional diets, maintaining a good productive and physiological behavior in broiler chickens. It is recommended to test the inclusion of achira as food for other species such as guinea pigs, rabbits, pigs, horses and cattle.

CAPITULO I

A. INTRODUCCIÓN

Debido a la baja productividad por hectárea que en el Ecuador, rinde el maíz, el cual clásicamente constituye la fuente calórica por excelencia de las raciones para aves y por otra parte la idea de convertir los alimentos en combustibles ha provocado incrementos notables en los precios de este cereal que se destina al consumo animal esto conlleva a buscar alternativas de uso al componente energético de las raciones para aves.

La Achira (*Canna edulis*) es una planta perenne monocotiledónea muy rústica de 1,5 a 3,0 m de altura; se cultiva en América Latina y el Caribe, Australia y Asia empleada para extraer de sus rizomas un almidón fácilmente digestible (18), se puede cultivar desde el nivel del mar hasta los 2700 msnm, requiere temperaturas tropicales, áreas libres de heladas durante el periodo de maduración de los rizomas. Los máximos rendimientos son obtenidos donde los días y las noches son medio cálidas con períodos cortos de variación de temperatura, en términos generales se desarrolla desde los 9 hasta los 30 a 32 °C.

La achira constituye uno de los alimentos con mayores perspectivas para sustituir total o parcialmente al maíz en las raciones para aves. Anteriormente se ha enfatizado en la necesidad de buscar alternativas al componente energético de las raciones para aves, debido a la baja productividad por hectárea que en el país y en las zonas tropicales de

la tierra en general, rinde el maíz, el cual clásicamente constituye la fuente calórica por excelencia de dichas raciones.

Con respecto al contenido de Energía bruta de la harina de achira, los investigadores lo sitúan entre valores de 3,77 a 4,09 kcal/g de materia seca (3). Actualmente se dispone de gran información en lo referente a aspectos de producción y procesamiento, pero es escasa con respecto a la alimentación avícola, lo que ha provocado un bajo uso de este producto en la fabricación de piensos para aves.

B. JUSTIFICACIÓN

La situación actual del sector agrícola del País, no garantiza la adquisición fácil y constante de las materias primas requeridas en la elaboración de balanceado para aves, como maíz y soya (7). Además, estos rubros en zonas agroecológicas tropicales no satisfacen la demanda de la industria nacional, haciéndose necesaria su importación (14), lo que origina una dependencia agrícola extrema, que asociada al alto costo de la materia prima afecta considerablemente el proceso productivo de las explotaciones avícolas.

Las posibilidades de fomentar la utilización de los tubérculos andinos en la alimentación para aves va a depender en gran medida del conocimiento que se disponga sobre sus principales componentes químicos y de las características físicas, nutricionales y funcionales que se atribuyen para orientar sus posibles usos y aplicaciones.

El interés de esta investigación es buscar una alternativa que justifique reducir el costo en la alimentación en planteles avícolas mediante la utilización de la harina de achira (*Canna edulis*) a diferentes niveles de adición en las raciones de alimento balanceado para pollos de engorde, lo cual ayudará mucho en el desarrollo social y económico de la región de Pastaza.

C. OBJETIVOS. Los objetivos planteados en la presente investigación fueron:

Objetivo general

- Utilizar tres niveles de harina de achira (*Canna edulis*) en la alimentación de pollos Broiler”

Objetivos Específicos

1. Caracterizar mediante análisis bromatológico la harina de achira (*Canna edulis*).
2. Establecer el contenido de Energía Metabolizable de la harina de achira (*Canna edulis*) utilizando el sistema NIRS.
3. Determinar los parámetros productivos como el Consumo de alimento, Ganancia de peso, Conversión alimenticia, Mortalidad y parámetros fisiológicos del pollo en la etapa de crecimiento y engorde a diferentes niveles de harina de achira (*Canna edulis*) en sustitución parcial del maíz en la dieta.
4. Realizar análisis beneficio/costo de la dieta empleando el mejor tratamiento.

D. HIPÓTESIS

H_0 = La utilización de tres niveles de harina de achira (*Canna edulis, ker*) en la etapa de crecimiento y engorde de pollos broiler, no mejora la capacidad productiva.

H_1 = La utilización de tres niveles de harina de achira (*Canna edulis, ker*) en la etapa de crecimiento y engorde de pollos broiler, mejora la capacidad productiva.

CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

A. LA ACHIRA

La achira pertenece a la familia de las Cannáceas, género *Canna*, especie *Canna edulis*, la planta presenta raíces pequeñas blancas y cilíndricas, sobre los rizomas; dependiendo de la variedad presenta más o menos cantidad de raíces. El tallo es un rizoma subterráneo que se desarrolla en ramificaciones y da origen a vástagos aéreos que forman macollas. En la achira cultivada, el tamaño de los rizomas en pleno desarrollo, fluctúa entre 5 a 15 cm de largo y de 4 a 10 cm de ancho, mientras que en especies silvestres, los rizomas son más grandes. Las hojas son enteras, compuestas de una vaina envolvente que se desarrolla en la base del vástago, las cuales pueden medir entre 30 y 80 cm de largo y entre 10 y 30 cm de ancho; presentan una nervadura central prominente por el envés y de ella parten nervaduras laterales paralelas entre sí; muestran un color verde oscuro por el haz y más claro por el envés; algunas variedades presentan un borde morado característico del material. Las flores están dispuestas en racimos que salen del tallo aéreo, las de *Canna edulis* de coloración roja, son menos llamativas que las de los cultivos ornamentales, que son de color rojo intenso, moradas, amarillas y combinadas. El fruto es una cápsula que contiene numerosas semillas (1).

En América es posible encontrar plantaciones económicamente importantes sólo en Ecuador y Perú. En Asia es muy cultivada para la extracción de almidón y en Brasil se utiliza el follaje por su alto contenido proteico para alimentar ganados en levante.

Las propiedades funcionales de los almidones de achira hacen muy importante su uso en países orientales como Taiwan y Tailandia, donde es muy utilizado en panificación y en la elaboración de fideos.

1. CONDICIONES PARA EL CULTIVO

a. Clima

La achira se adapta a una gran variedad de climas. Se desarrolla en regiones con lluvias desde 250 hasta 4.000 mm al año y entre 16°C y 32°C de temperatura. Los mayores rendimientos se han obtenido entre los 18°C a 24°C. Por debajo de la mínima temperatura, el granizo y las heladas ocasionan graves daños al cultivo inhibiendo la fotosíntesis, por encima de los 32 °C, se acelera la pérdida de agua y no hay acumulación de carbohidratos en el rizoma. La humedad relativa puede oscilar entre 65% a 90%, con un mínimo de 40%. La planta crece entre los 0 y 2,650 m.s.n.m., pero su mayor rendimiento se obtiene entre los 500 y 1,700 m.s.n.m. Requiere gran luminosidad para realizar la fotosíntesis y obtener buena producción de almidón.

b. Suelos

Se desarrolla en una amplia gama de suelos. Su mejor comportamiento se ha obtenido en suelos sueltos, francos, franco-arenosos o franco-limosos, ricos en materia

orgánica, susceptibles a encharcamientos prolongados; tolera la acidez y crece en pH de 4.5 a 8.0, su mejor comportamiento se observa en pH de 5.0 a 6.5 pero requiere mayores proporciones al de N y K.

c. Manejo del Cultivo

Selección del lote y análisis del suelo. Se selecciona un lote de topografía plana o de ligera pendiente, de suelo suelto, profundo, rico en materia orgánica que haya sido analizado con la debida anticipación.

Preparación del terreno. La preparación anual consiste en realizar las labores que se requieran para dejar el lote limpio y apto para la siembra. Donde se disponga de maquinaria, se hace un pase de arado y 2 ó 3 pases de rastrillo.

Trazos y preparación de hoyos. Se trazan los surcos perpendiculares a la pendiente; en los sitios de siembra se abren hoyos de 15 a 20 cm de profundidad, 15 cm de ancho y 15 cm de largo.

Distancias y densidad de siembra. La distancia de siembra depende de la fertilidad del suelo y del porte del cultivar a sembrar. Los experimentos realizados en el sur de Huila han determinado las distancias de 1.0 x 0.5 y 1.0 x 0.75 m para cultivares de porte medio y alto, requiriendo 20 000 y 13 333 rizomas o semillas respectivamente, si se utiliza una colina por lugar de siembra.

Siembra y fertilización. La fertilización depende de los resultados del análisis del suelo, en términos generales se recomienda el uso de abonos orgánicos al momento de la siembra, según la disponibilidad de la zona. El abono o fertilizante a utilizar se aplica en el fondo del hoyo mezclado con la tierra y se procede a sembrar los rizomas a 10 cm por debajo del nivel del suelo, cubriéndolos totalmente con tierra.

Resiembra. Si se utiliza semilla de óptima calidad esta labor no es necesaria. En caso de requerirse se hace máximo hasta 30 días después de la siembra, tiempo que requiere la plantación para la emergencia general del cultivo.

Manejo de maleza y aporque. El periodo más crítico de competencia entre la achira y las malezas ocurre en los primeros 15 días, dependiendo de las condiciones agroecológicas. El manejo se hace de manera integral, por control manual, mecánico y cultural. Este último se hace empleando las prácticas recomendadas de: preparación de suelo, sistema y distancia de siembra, semilla de buena calidad, selección del lote y fertilización.

Cosecha. De acuerdo con los resultados de la investigación, la cosecha se debe realizar entre los 6 y 9 meses según el cultivar, la altitud y el tipo de suelo. La madurez fisiológica de los rizomas ocurre cuando la planta ha terminado su ciclo, después de concluido el proceso de secado de cápsulas y semillas, cuando los tallos y hojas se agobian y empiezan a secarse.

B. COMPOSICION QUIMICA DE LA ACHIRA

En el siguiente cuadro se muestra la composición química de la achira (Tabla 1)

TABLA I. Composición Rizoma de Achira (100 g base fresca) (1996)

COMPONENTE	CANTIDAD
Valor energético (calorías)	130
Humedad g	66.3
Proteína g	0.9
Grasa g	0.10
Carbohidratos Totales g	31.3
Fibra g	0.5
Ceniza g	0.9
Calcio mg	15
Fosforo mg	63
Hierro mg	63
Vitamina A mg	Tz
Tiamina mg	0.03
Riboflavina mg	0.01
Niacina mg	0.4
Acido Ascórbico mg	7

Según Espín, S. et al 2001, entre los principales grupos fitoquímicos en Raíces y Tubérculos Andinos se encuentran los terpenos y esteroides, dentro de este grupo se identificó la presencia de saponinas, lactonas, triterpenos, esteroides y compuestos

cardenólidos. Las saponinas que son glicósidos de los triterpenos y esteroides se encuentran en todas las especies de RTAs estudiadas; se ha detectado en mashua y miso presencia ligeramente mayor que en jícama y achira; sin embargo no constituyen fuentes ricas de saponinas triterpenoidales como sucede con la quinua, alfalfa, soya, entre otras. Se detectó presencia abundante de saponinas en las líneas promisorias blancas y amarillas de oca y zanahoria blanca, mientras que para melloco son las accesiones de color rojo las que muestran este resultado. Las lactonas son escasas en todas las especies de RTAs estudiadas con excepción de la achira, en la cual se detectó presencia abundante de este grupo fitoquímico; sin embargo, no se identificó glicósidos cardiotónicos, cuya estructura posee una γ -lactona. Dentro del grupo correspondiente a los compuestos fenólicos, la presencia de flavonoides es abundante en oca, melloco y zanahoria blanca y mínima en la achira. Con respecto a los alcaloides todas las muestras de RTAs presentaron ausencia dentro de la marcha fitoquímica, sometidas a reacciones específicas de coloración y precipitación con los reactivos de Mayer, Wagner y Dragendorff.

De acuerdo al análisis físico químico realizado a la achira, Brito, G. 1999 reporta los siguientes datos:

TABLA II. Valores Promedios de Materia Seca, Proteína, Almidón, Azúcares y Energía (Datos Empleados en Base Seca, Muestra Entera de Chira) (1999)

	% MS	E (Kcal/g)	% P	Almidón	Azúcares Totales	Azúcares Reductores
Rango	13.55-22.93	3.77-4.09	2.61- 8.17	43.55-66.06	1.96-1.69	1.21-10.53
X	17.70	3.88	4.48	53.63	4.92	3.17
S	2.92	0.20	1.64	6.84	2.61	2.95
C.V %	16.5	5.05	36.64	12.75	53.14	93.17

C. PROCESO TECNOLÓGICO PARA LA OBTENCIÓN DE HARINA DE ACHIRA

Estudios realizados en Colombia indican que el potencial uso de la harina de achira en la alimentación animal se incrementará gracias a la dependencia, en la mayoría de los países de la región, por el uso de cereales importados como componentes principales de las dietas balanceadas.

Para concretar este potencial, era necesario desarrollar sistemas de procesamiento de harina de achira que permitirán un costo final competitivo frente al precio de los cereales importados, y que garantizaran la oferta continua con estándares de calidad adecuados.

CORPOICA cuenta con un prototipo de planta de procesamiento con capacidad de 300 kg de achira fresca por hora y en la que se obtiene harina con humedad de 12%-13%. Este proceso tecnológico contempla las siguientes etapas:

Recepción y limpieza. Las raíces se deslizan sobre la superficie y se despojan de trozos de tierra y barro adheridos.

Preacondicionamiento. Reducción del tamaño de las raíces mediante trituración. A continuación se desintegran estas partículas para reducirlas a una masa homogénea.

Presecado. Continúa la eliminación de agua, se reduce el contenido de humedad a un 25%.

Secado, aclimatación y empaque. En esta etapa, el producto se encuentra en forma de harina y continúa su secado hasta lograr una humedad del 13%. La harina se empaqueta en sacos que son estibados en bodega.

Existen en el mercado otras alternativas de procesamiento para la producción de harina:

* Sistema de secado de la pulpa desintegrada de las raíces mediante dos unidades de secadores neumáticos.

* Sistema de secador rotatorio, en el que se logra la deshidratación y la precocción de los trozos, que previamente se secan al sol hasta una humedad cercana al 30%. Es, por tanto, una tecnología mixta que combina el secado natural y un secado artificial.

* Sistema de secador rotatorio, similar al anterior. Se reduce primero el tamaño de las raíces en una picadora o trozadora, luego los trozos pasan a ser deshidratados y se secan con aire caliente a temperaturas superiores a 100 °C. Las partículas finas son recolectadas por un ciclón. Los trozos se reducen a harina por medio de un martillo convencional.

1. Almidón de Achira

La achira es una de las plantas que produce mayor rendimiento de almidón por unidad de superficie, el rendimiento varía con la edad de los rizomas. El almidón de achira se lo obtiene de las raíces de la planta las mismas que son largas tuberosas y fusiformes, que miden de 5 a 30 cm. de largo y 10 cm. de diámetro. El almidón de achira es de forma ovoide, de gran tamaño, de apariencia transparente y sin coloración propia. Dentro de la diversidad de almidones, el de achira se identifica con mayor facilidad por su considerable rapidez de sedimentación, proporcionada principalmente, por el mayor diámetro de partícula.

TABLA III. Composición química del almidón de achira (*Canna edulis ker*) (2012)

COMPONENTES	CANTIDAD
Valor energético (calorías)	130.00
Humedad (g)	66.30
Proteína (g)	0.90
Grasa (g)	0.10

Carbohidratos totales (g)	31.30
Fibra (g)	0.50
Ceniza (g)	0.90
Calcio (mg)	15.00
Fósforo (mg)	63.00
Hierro (mg)	63.00
Vitamina A (mg)	Tz
Tiamina (mg)	0.03
Rivoflavina (mg)	0.01
Niacina (mg)	0.40
Ácido Ascórbico (mg)	7.00

a. Características del almidón de achira

Inatsu (1983) expresa que el almidón de achira, comparado con el almidón de papa, tiene un tamaño de gránulo más largo, alta resistencia a la digestión enzimática. Tiene un alto contenido de amilasa (27.1%). Soni (1990) expresa que “Al microscopio electrónico, el almidón de achira presenta formas de óvalos y elipses. Tiene un alto contenido de lípidos, cenizas y proteínas, además de un elevado y significativo contenido de amilasa”.

Días (2003) indica que las características físicas tales como; color: blanco grisáceo, textura: polvosa, olor y sabor: neutro, debe cumplir el almidón de achira para su posterior uso.

La calidad del almidón de achira (*Cana edulis ker*), está determinada por sus características generales, tamaño del grano, grosor y ausencia de manchas e impurezas, puede detectarse inspeccionándolo.

No obstante, el mejor modo de medir el valor comercial del almidón es el estudio de las propiedades más específicas, como contenido de humedad, acidez, contenido de proteínas, capacidad de absorción de agua, grado de granulación y color.

El almidón de achira, limpio y puro, obtenido de un proceso de extracción y comercializado sin adición de materias similares y / o mejoradores, debe presentar como características físicas: color blanco grisáceo, olor y sabor neutro, textura polvosa.

b. Comparación del almidón de achira con otras especies vegetales

La achira produce el gránulo de almidón más grande (30-100 micras de diámetro) de todas las especies vegetales conocidas (maíz, trigo, yuca y papa entre 10-30 micras de diámetro). Por esta razón es digerido fácilmente por el organismo y posee un alto grado de proteína; además es resistente a esterilización.

TABLA IV. Características de almidones de diferentes especies (2012)

Tipo de almidón	% Amilosa	Tamaño (micrómetro)	T gel °C	Pérdida de Viscosidad %	Resistencia a:
Achira	31 – 38	25 – 45	64 - 72	10	Esterilización
Papa	16 – 28	23 – 31	58 - 67	-100	Ninguna
Yuca	13 – 15	11 - 12	62 - 68	-100	Congelación y acidez
Maíz	20 – 25	12 - 15	62 - 72	-110	En menor grado a la esterilización
Trigo	17 – 32	13 – 19	52 - 68	-40	Ninguna

La tabla IV, indica el porcentaje de amilosa está íntimamente relacionado con la resistencia a la esterilización debido a la naturaleza cristalina de la amilosa donde solo hay hinchazón a altas temperaturas. Por esta razón, el almidón de achira y el de maíz al tener alto porcentaje de amilosa resiste a la esterilización.

La pérdida de viscosidad en porcentaje nos indica el comportamiento de la pasta del almidón a temperaturas elevadas; si el valor es negativo, nos indica una pérdida de este porcentaje en la viscosidad inicial de la pasta del almidón, por esta razón si el valor negativo es alto nos indica que la pasta no resiste altas temperaturas. Se observa el único valor positivo que corresponde al almidón de achira, ratificando su alta resistencia a la esterilización.

La composición del almidón y particularmente la proporción de amilosa/amilopectina determinan las propiedades funcionales del almidón. Por ejemplo la amilosa favorece la gelificación de sus pastas durante el enfriamiento.

El almidón de achira tiene mejores propiedades fisicoquímicas y resiste más a los procesos estresantes (propios de los procesos industriales) que los almidones provenientes de fuentes cereales tales como el de maíz y el de trigo. Por no utilizarse insecticidas para el manejo de plagas en el cultivo, se considera un producto orgánico.

D. GENERALIDADES EN LA PRODUCCION DE POLLOS

La industria avícola a través de los años ha ido creciendo considerablemente, tanto en volumen como en costo de producción, pasando a ser una de las actividades más

productivas y rentables hasta nuestros días en la producción pecuaria de nuestro país, al tratarse de una carne con un alto valor nutritivo a un precio accesible en comparación con otras carnes.

Según los datos de la Corporación Nacional de Avicultores del Ecuador (Conave), el sector avícola produce actualmente 108 mil toneladas métricas de huevos y 406 mil toneladas métricas de carne de pollo. Así, el crecimiento que se alcanzó fue del 193% y el 588%, respectivamente, en el lapso comprendido entre 1990 y 2009. La avicultura ecuatoriana contribuye con el 13% del Producto Interno Bruto (PIB) Agropecuario por la producción de pollos de engorde y con el 3,5% por concepto de gallinas de postura según datos de la corporación de Incubadores y Reproductores de Aves (IRA).

1. Importancia De la Alimentación para Pollos

La producción de pollo ha tenido un desarrollo importante durante los últimos años y está muy difundida en nuestro país, sobre todo en climas templados y cálidos, debido a su alta rentabilidad, buena aceptación en el mercado, facilidad para encontrar muy buenas razas y alimentos concentrados de excelente calidad que proporcionan muy buenos resultados en conversión alimenticia. (2 kilos de alimento para transformarlos en 1 kilo de carne).

Una de las fases importante dentro del proceso del pollo es la alimentación, ya que constituye mínimo el 70 % del costo de producción y por ende es el factor primordial a considerar. El costo más alto o número uno de producir una libra de pollo es el alimento, que puede llegar hasta 60-80% del costo total, esto depende de muchos

factores como la genética, la composición de la dieta, calidad de mezcla, edad de faenado, y salud, tipo de galpones, equipo, etc. En estos precisos momentos vemos que los precios de los ingredientes más básicos de alimentar los pollos como maíz y soya están aumentando por razones que sean, sequías, lluvias, más demanda, etc.

En la industria de pollo a nivel mundial, la práctica es de utilizar de tres a seis raciones durante la corta vida de las aves, dependiendo de los pesos corporales deseados y del menor costo posible.

La clave para criar pollos de engorde correctamente es la conformación a sus requisitos nutritivos. Los diferentes tipos de raciones son: pre-inicio, inicio, crecimiento, acabado y retiro. Las raciones y los períodos que estas se usan dependen de muchos factores, incluyendo el sexo de las aves, composición nutritiva de la dieta, estación del año, tipo de ingrediente y peso corporal deseado.

Todas estas prácticas de alimentación en pollos se han usado en la industria por muchos años. Lo que importa es que los pollos ni se sobrealimenten ni se subalimenten. No importando cual sistema se usa, es la norma tener un margen de seguridad para los varios nutrientes para esas épocas cuando existe tensión, la edad, calidad y perfil nutritivo de las materias primas es de mucha importancia. Especialmente en los primeros días de vida del pollito se tienen que usar ingredientes frescos y de la mejor calidad. Dado que hoy dependemos de menos ingredientes que en el pasado, es de suma importancia conocer el perfil nutritivo exacto de cada ingrediente.

2. Requisitos Nutritivos para Aves

Los nutrientes son sustancias químicas que se encuentran en los alimentos que pueden ser utilizados, y son necesarios, para el mantenimiento, crecimiento, producción y salud de los animales. Las necesidades de nutrimentos de las aves son muy complejas y varían entre especies, raza, edad y sexo del ave. Más de 40 compuestos químicos específicos o elementos son nutrientes que necesitan estar presentes en la dieta para procurar la vida, crecimiento y reproducción.

Los alimentos son frecuentemente divididos en seis clasificaciones de acuerdo a su función y naturaleza química: agua, proteínas, carbohidratos, grasas, vitaminas y minerales. Para una mejor salud y desarrollo, una dieta debe incluir todos estos nutrientes conocidos en cantidades correctas. Si hay una insuficiencia de alguno, entonces el crecimiento, reproducción, calidad del cascaron, producción de huevo, tamaño del huevo, etc., se verán disminuidos.

Aunque los mismos nutrientes encontrados en la dieta son encontrados en los tejidos del cuerpo y huevos de las aves, no hay una transferencia directa de nutrientes del alimento al tejido. Los nutrientes de los alimentos deben ser digeridos, absorbidos y reconstruirse hacia tejido del ave.

Existen diferentes tipos de alimentos: unos ricos en energía, otros en proteínas y algunos que poseen minerales y vitaminas. Al mezclar o combinar entre sí estos alimentos hacemos lo que se llama una Ración Alimenticia. Se debe

preparar mezclando muy bien los diferentes componentes y no mucho tiempo antes de dársela a las aves, ya que se corre el riesgo de que se eche a perder.

Las aves, para crecer sanas, vigorosas y ser productivas, necesitan de:

a. Proteínas

Las proteínas están constituidas de más de 23 compuestos orgánicos que contienen carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno y sulfuro. Son llamados aminoácidos. Las propiedades de una molécula proteica son determinadas por el número, tipo y secuencia de aminoácidos que lo componen. Los principales productos de las aves están compuestos de proteína. En materia seca, el cuerpo de un pollo maduro está constituido por más de 65% de proteína, y el contenido de huevo 65% de proteína.

Los científicos aprendieron hace muchos años que estos aminoácidos eran los nutrientes esenciales, en lugar de la molécula de proteína en sí. Los tejidos de las aves tienen la habilidad de hacerse pasar por algunos de los aminoácidos requeridos si estos otros aminoácidos no son suministrados adecuadamente. Alimentar con alimento balanceado que solo muestra la cantidad de proteína garantizada en el alimento pero no da indicación de los niveles individuales de cada aminoácido. El análisis de aminoácidos es muy costoso y especializado.

Para asegurar que los niveles de aminoácidos se cumplan, el nutricionista debe incluir una variedad de alimentos que son buena fuente de proteína. Muchos tipos de

ingredientes son necesarios porque un solo ingrediente es una fuente inadecuada de todos los aminoácidos requeridos.

La principal fuente de proteína para dietas de pollos son proteínas de origen animal como la harina de pescado y la harina de carne y hueso; y proteínas de plantas como harina de soya y harina de gluten de maíz.

b. Carbohidratos

Los carbohidratos componen la porción más grande en la dieta de las aves. Se encuentran en grandes cantidades en las plantas, aparecen ahí usualmente en forma de azúcares, almidones o celulosa. El almidón es la forma en la cual las plantas almacenan su energía, y es el único carbohidrato complejo que las aves pueden realmente digerir. El pollo no tiene el sistema de enzimas requerido para digerir la celulosa y otros carbohidratos complejos, así que se convierte parte del componente fibra cruda.

Los carbohidratos son la mayor fuente de energía para las aves, pero solo los ingredientes que contengan almidón, sucrosa o azúcares simples son proveedores eficientes de energía. Una variedad de granos, como el maíz, trigo y mijo, son importantes fuentes de carbohidratos en las dietas para pollos.

c. Grasas

Las grasas son una fuente importante de energía para las dietas actuales de aves porque contienen más del doble de energía que cualquier otro nutriente. Esta característica hace a las grasas una herramienta muy importante para la formulación correcta de las dietas de iniciación y crecimiento de las aves. La grasa forma parte del huevo en más de un 40% del contenido de materia seca del huevo y de 17% de peso seco de pollo al mercadeo.

Las grasas en los ingredientes son importantes para la absorción de vitaminas A, D3, E y K, y como fuente de ácidos grasos esenciales. Estos ácidos grasos esenciales son responsables de la integridad de la membrana, síntesis de hormonas, fertilidad, y eclosión del pollito. Para muchos productores de alimentos comerciales, la grasa animal o grasa amarilla sería la fuente de grasa para suplementar.

d. Minerales

Esta clase de nutriente está dividida en macro minerales (aquellos que son necesarios en grandes cantidades) y los micro minerales o elementos traza. Aunque los micro minerales son requeridos solo en pequeñas cantidades, la falta o inadecuado suministro en la dieta puede ser perjudicial para los pollos como la falta de un macro mineral.

Los minerales tienen un número importante de funciones en el cuerpo humano. La más reconocida ampliamente es la formación de huesos; fuertes, rígidos y duros. Las gallinas ponedoras también requieren minerales, principalmente calcio, para la

formación del cascaron. Los minerales son necesarios para la formación de células de la sangre, activación de enzimas, metabolismo de energía, y la función adecuada del músculo.

Los granos son deficientes en minerales, por lo que en los alimentos para aves es necesario suplementar. Calcio, fósforo y sales son necesarios en grandes cantidades. La piedra caliza y conchas de otras son una buena fuente de calcio. Di calcio y fosfatos di fluorados son los acarreadores de costumbre de fósforo y calcio para dietas para aves. Micro-minerales como hierro, cobre, zinc, manganeso y yodo son normalmente suministradas a través de una mezcla de minerales traza.

e. Vitaminas

Las 13 vitaminas requeridas por las aves son usualmente clasificadas como solubles en grasa o solubles en agua. Las vitaminas solubles en grasa incluyen vitamina A, D3, E y K. Las vitaminas solubles en agua son tiamina, riboflavina, ácido nicotínico, ácido fólico, biotina, ácido pantotenico, piridoxina, vitamina B12 y colina.

Todas estas vitaminas son esenciales para la vida y deben ser suministradas en cantidades apropiadas para que los pollos puedan crecer y reproducirse. El huevo contiene normalmente suficientes vitaminas para suplir las necesidades del desarrollo del embrión. Por esta razón, los huevos son una fuente buena de vitaminas de origen animal para la dieta de los humanos.

La vitamina A es necesaria para la salud y el correcto funcionamiento de la piel y para el recubrimiento del tracto digestivo, respiratorio y reproductivo. La vitamina D3 tiene una función importante es la formación del hueso y en el metabolismo de calcio y fósforo. El complejo de vitaminas B están involucrados en el metabolismo energético y en el metabolismo de muchos otros nutrientes.

Aunque algunas vitaminas son abundantes en los ingredientes alimenticios, el nutricionista utiliza una premezcla de vitaminas rutinariamente en las dietas para asegurar la adecuada fortificación.

f. **Agua**

El agua es probablemente el nutriente más importante para los pollos porque una deficiencia en el suministro adecuado afectara adversamente el desarrollo del pollo más rápidamente que la falta de cualquier otro nutriente. Esta es la razón por la cual es muy importante mantener un adecuado suministro de agua, limpia fresca y fría todo el tiempo.

El agua tiene una gran importancia en la digestión y metabolismo del ave. Forma parte del 55 a 75% del cuerpo del ave y cerca del 65% del huevo. Existe una fuerte correlación entre el alimento y el agua ingerida. La investigación ha demostrado que la ingesta de agua es aproximadamente dos veces la ingesta del alimento en base a su peso.

El agua suaviza el alimento en el buche y lo prepara para ser molido en la molleja. Muchas reacciones químicas necesarias en el proceso de digestión y absorción de nutrientes son facilitadas o requieren agua. Como el mayor componente de la sangre (90%) sirve como acarreador, moviendo material digerido del tracto digestivo a diferentes partes del cuerpo, y tomando productos de desecho hacia los puntos de eliminación.

Como sucede con humanos y otros animales, el agua enfría el cuerpo del ave a través de evaporación. Y tomando en cuenta que las aves no tienen glándulas sudoríparas, una porción mayor de la pérdida de calor por evaporación ocurre en los sacos aéreos y en los pulmones debido a la rápida respiración.

Los requerimientos nutritivos de los broilers de acuerdo a la edad se muestran: (TABLA V)

TABLA V. Requerimientos Nutritivos de los Pollos de Acuerdo a la Edad (2007)

NUTRIENTE	EDAD DEL AVE			
	1-7 DIAS	8-21 DIAS	22-35 DIAS	36-42 DIAS
Proteína (Min) %	22.0	20	18	19.5
Humedad (Min) %	12.5	12.5	12.5	12.5
Grasa (Min) %	5.0	6.0	6.0	5.0
Fibra (Max) %	3.0	3.0	4.0	4.0
ELN (Min) %	50.0	50.0	55.0	53.0

3. Tipos de Alimentos

a. Proteicos

- Afrecho de trigo: Rico en proteínas y bajo en energía. No presenta ningún principio tóxico que limite su incorporación en la ración.
- Afrecho de Quinoa: Aporta mayor cantidad de proteínas que el afrecho de trigo, tiene sustancias tóxicas que provocan bajas de postura, de crecimiento y bocio. No incluir más de 7% en la ración.
- Afrecho de Linaza: Aporte de proteínas similar al afrecho de Quinoa. Máximo nivel de incorporación: 5%, ya que tiene efectos laxantes.
- Afrecho de Soya: Excelente aporte de proteínas. Contiene una buena cantidad de energía. Se debe utilizar el afrecho de color tostado, ya que el de color blanco tiene sustancias tóxicas que lesionan el páncreas.
- Lupino: Aporta proteínas y energía. En lo posible utilizar sólo de la variedad blanca-dulce. Se debe moler bien, porque tiene una cubierta muy dura. Presenta algunas sustancias muy tóxicas que afectan al hígado y al sistema nervioso, por lo cual, no se debe incluir más de un 20%
- Harina de Pescado: Excelente aporte de proteínas de muy buena calidad. Es el alimento proteico más completo. También tiene un buen aporte de energía, calcio, fósforo y algunas vitaminas. No se puede incorporar más allá de 15% en la ración, ya que provoca úlceras y hemorragias digestivas.
- Harina de carne y huesos: Muy rico en proteínas, calcio y fósforo. Se incorpora máximo en un 10%.

- Harina de subproductos de mataderos de aves: En pollas y pollos de engorde, no tiene limitaciones de incorporación.

b. Alimentos Energéticos

- Maíz: Es un excelente alimento energético. Es pobre en proteínas, calcio y fósforo. Maíces amarillos aportan colorantes para el huevo y piel de las aves. Al igual que el resto de los granos, se debe moler y/o chancar para facilitar su consumo y utilización por parte del animal y también para facilitar su consumo y utilización por parte del animal y también para facilitar la mezcla con otros alimentos. Se puede incorporar la cantidad que se quiera en la ración ya que no tiene sustancias tóxicas.
- Cebada: Es similar al maíz en energía, por lo que puede reemplazar en la ración. También es pobre en proteínas, calcio y fósforo. No tiene límites de incorporación en la ración.
- Avena: Alimento muy apetecido por las aves por su considerable contenido engrasa. Tiene un poco menos de energía que el maíz y la cebada. Sólo se debe incorporar en un 15% en la ración alimenticia (150g. por cada 1 Kg. de ración) ya que tiene mucha fibra y dificulta su mezcla con otros alimentos.
- Trigo: Alimento de excelente calidad muy similar al maíz en su contenido de energía, aporta fósforo y algunas vitaminas. Se debe dar a comer chancado, ya que molido muy fino provoca lesiones en el pico de las aves.
- Curagüilla (sorgo de escoba): Grano amargo no muy apetecido por las aves. Aporta menos energía que los anteriores. Contiene una sustancia tóxica (ácido tánico) que limita su incorporación en la ración a 10% como máximo.

- Arroz: Gusta mucho a las aves. Similar en cantidad energética al maíz generalmente se pueden disponer de arroz partido o dañado que rechazan los molinos. Sin límite de incorporación a la ración

4. Dietas para Pollos de alta Productividad

El progreso que la industria avícola ha conseguido es inigualable. En el inicio del siglo XX, se llevaron a cabo descubrimientos importantes que contribuyeron positivamente para esa evolución. Después de la Segunda Guerra Mundial, existió un mayor incentivo a la investigación, tanto en el área de mejoramiento genético como en el de la nutrición animal, con el propósito de ayudar a resolver el problema de hambre en el mundo. Este hecho es considerado importante para la evolución de la producción animal, y también para el progreso de otras áreas como: sanidad, manejo, ambiente e instalaciones; hoy por hoy existe una excelente tecnología de producción de proteína animal en el área de pollos de engorde. Se debe también resaltar el continuo esfuerzo de las instituciones de investigación y de los cursos de pos-graduación en la formación de maestros y doctores de alto conocimiento científico que permitieron, en las últimas décadas, la realización de investigaciones cada vez más sofisticadas, posibilitando el empleo de nuevas tecnologías en la industria de aves y cerdos.

El gran crecimiento en la producción pecuaria y en consecuencia el aumento en el número de sacrificios, generan volúmenes muy importantes de subproductos, los cuales en su mayoría son transformados a través del procesamiento, con autoclave y digestores, que resultan en la obtención de harinas de carne, de carne y huesos, de vísceras, de plumas, de sangre y plumas, entre otras. Para evitar la contaminación

ambiental que estos subproductos provocarían si fueran arrojados a la basura o quemados, se desarrollaron otras formas para utilizarlos en la alimentación animal, principalmente en la formulación de dietas para aves y cerdos.

Sin embargo, la incorporación de estas harinas de origen animal, en las dietas de monogástricos puede ser limitada y hasta eliminada, debido a una serie de factores, como por ejemplo, diferencias en el procesamiento, que puedan provocar reducción en el valor nutritivo de dichos subproductos, también otro aspecto que limita su utilización, es el hecho de que los ingredientes de origen animal han sido tradicionalmente considerados como la principal fuente de contaminación bacteriana de los alimentos terminados. Finalmente, en los últimos años la restricción al uso de este tipo de materia prima proviene de las medidas adoptadas por parte de los países Europeos, donde desde finales del año 2000 y a raíz de los problemas de la "Vaca Loca". (Encefalopatía Espongiforme Bovina), se aplica y está vigente como medida transitoria el artículo 2 de la Decisión 2000/766/CE del Consejo, aplicada mediante la Decisión 2001/9/CE de la Comisión Europea. Dicho artículo amplía la prohibición de utilizar proteínas de origen animal en la alimentación de los animales, a la prohibición de utilizar proteínas elaboradas derivadas de mamíferos y aves en la alimentación de los animales de granja mantenidos, cebados o criados para la producción de alimentos.

La industria de pollo de engorde está cada vez más especializada y segmentada y las integraciones productoras de pollos de engorde deben estar preparadas para atender los diferentes tipos de demanda del mercado. En el pasado, el objetivo de la producción era obtener un óptimo peso al sacrificio asociado a la mejor conversión alimenticia. Estos criterios aún son importantes, sin embargo hoy existen otros

mercados como la producción de carne de pollo con alimentos orgánicos (pollo orgánico) o solamente con alimentos de origen vegetal sin la inclusión de productos de origen animal o de antibióticos.

5. Factores a tener en cuenta en la formulación de dietas vegetales.

En la actualidad, los pollos de engorde son criados con mayor densidad, antes eran criados 10 pollos/ m² y ahora es común utilizar densidades de 14 a 16 aves/m². Otra diferencia es el tipo y cantidad de cama utilizada, así como el empleo de cama nueva o reciclada en hasta cuatro veces. Otro factor a tener en cuenta, es el hecho de que hace varios años no hay un nuevo anticoccidiano en el mercado y cada vez es más frecuente el apareamiento de eimerias resistentes a estas drogas; si sumamos a esto, los nuevos desafíos de microorganismos provocados por la retirada de los antibióticos promotores del crecimiento, podemos concluir que el uso de una dieta vegetal en los tiempos actuales puede provocar problemas que antiguamente no existían.

Existen varios factores nutricionales importantes a ser tomados en cuenta dentro de la formulación de dietas vegetales para pollos de engorde de alta productividad, estos factores son:

- Nivel de potasio de la dieta.
- Aminoácidos limitantes en raciones con bajos niveles de proteína
- Proteína ideal

Los puntos anteriores son de gran importancia para obtener un adecuado balance de nutrientes de la dieta, un máximo desempeño de las aves y un control sobre el

consumo de agua por parte de los pollos de engorde alimentados con dietas vegetales.

a. Nivel de Potasio en las Dietas de Pollos de Engorde

El potasio (K) es el principal catión intracelular y participa de funciones importantes como equilibrio ácido básico, presión osmótica, activa varias enzimas y participa de la absorción / transporte de glucosa y aminoácidos.

En las raciones vegetales para pollos de engorde es necesario la retirada de los productos de origen animal, que poseen bajo contenido de K, y aumentar la inclusión de torta de soya, con alto contenido de K. Elevados niveles de K en las dietas vegetales puede provocar efectos importantes sobre el desempeño de las aves, el consumo de agua y a su vez sobre la humedad presente en la cama.

b. Aminoácidos Limitantes en Raciones con Bajos Niveles de Proteína

La adición de aminoácidos en las raciones para aves, es una práctica esencial, principalmente cuando son utilizadas raciones con bajos niveles de proteína. Sin embargo, existen pocas informaciones disponibles sobre cuales aminoácidos, además de los normalmente suplementados, pasan a ser limitantes para el crecimiento de las aves alimentadas con raciones conteniendo bajos niveles de proteína bruta. La glicina y serina son aminoácidos considerados extremadamente importantes, para los pollos de engorde de alto desempeño, por estar relacionadas con la excreción de ácido úrico.

c. Proteína Ideal

Con la disponibilidad comercial de los aminoácidos sintéticos, en los últimos años, fue propuesto el concepto de proteína ideal. De acuerdo con Emmert y Baker (1997) la proteína ideal puede ser definida como el balance exacto de los aminoácidos, sin deficiencias ni sobras, con el objetivo de satisfacer los requisitos absolutos de todos los aminoácidos para mantenimiento y ganancia máxima de proteína corporal, esto reduce el uso de aminoácidos como fuente de energía y disminuye la excreción de nitrógeno. El aminoácido lisina fue elegido por los investigadores como referencia (standard = 100) y los requerimientos de los otros aminoácidos esenciales son expresados como porcentaje del requisito de lisina.

Actualmente es recomendado formular raciones con base en la proteína ideal, aun así para una proteína ser considerada ideal, todos los aminoácidos deben estar presentes en la dieta en niveles exactos para manutención y máxima deposición de proteína. Aunque los requisitos de los aminoácidos sean diferentes, la relación entre ellos será afectada solo por la edad de las aves, pues de acuerdo con el peso (manutención) y la ganancia diaria (deposición de proteína) tendremos la proteína ideal para esa edad. Desde el punto de vista práctico son publicadas las relaciones de los aminoácidos para 2 o 3 fases de la vida del pollo de engorde, o sea para la fase inicial, crecimiento y final. Lo ideal sería tener una proteína ideal día a día, lo que solo sería posible con la aplicación de ecuaciones de requisitos para manutención y ganancia de peso para cada aminoácido.

4. Línea Genética Broiler

Su nombre se deriva del vocablo inglés Broiler que significa parrilla o pollo para asar. Pertenece al grupo de las razas súper pesadas para la obtención de esta raza se realizaron varios cruzamientos hasta dar con ejemplares resistentes a enfermedades, mejor peso, buena presentación física, excelente coloración del plumaje, etc. El Broiler, es el resultado del cruce de una hembra WHITE ROCK, cuyas características son:

- Buena fertilidad
- Mejor índice de conversión alimenticia
- Muy buena conformación de la canal
- Piel y patas amarillas

Antes del desarrollo de las nuevas razas comerciales para carne (vacas, pollos, etc), los broiler consistían principalmente en pollos recién nacidos desarrollados en granjas especializadas. Los machos se dedicaban a la carne y las hembras a la puesta de huevos. Esto hacía que la producción de huevos fuera mucho más barata y la carne sin embargo un lujo en comparación con ella. El desarrollo de la variedad broiler permitió una bajada del precio de la carne y un aumento en su consumo.

La variedad broiler también es conocida con el nombre de "Rock-Cornish", en referencia a un cruce entre el pollo macho corno y la hembra Barred Rock, híbrido introducido en los años 1930 y popularizado en la década de los años 1960. El cruce original estaba plagado de problemas de baja fertilidad, crecimiento lento y propensión a enfermedades, de forma que los modernos pollos broiler son hoy muy diferentes de aquel híbrido Cornish x Rock.

Esta variedad de pollos es muy valorada por su excelente conversión alimento/carne, la que produce excelentes resultados económicos a sus criadores.

Los pollos broiler suelen tener desórdenes que provocan que sus patas no puedan sostener sus cuerpos al ser éstos demasiado pesados para ellas. Un estudio de la universidad sueca de ganadería revelaba que tan sólo uno de cada tres pollos que iban a ser sacrificados estaba sano en este sentido.

Es además muy importante que lo criadores le suministren a esta clase de animales todos los nutrientes esenciales en los piensos que son destinados a su alimentación; pues al encontrarse en confinamiento total o parcial no tienen como adquirir sustancias como calcio y fósforo, que obtendrían de algunas piedras, si se encontraran en estado natural; o sea, libres en la tierra.

E. REQUERIMIENTOS ENERGÉTICOS

Los pollos y otras aves de corral pueden ajustar su ingestión de alimento sobre valores considerablemente amplios de niveles de energía.

Por consiguiente las “necesidades” de energía o bien requerimientos energéticos se dan como límites valores de aproximadamente 2500 a 3400 Kcal/Kg de dieta, puesto que el contenido energético de la dieta influye en la ingestión de alimentos, las concentraciones de proteína y aminoácidos generalmente se dan en relación al contenido de energía, por lo que algunos nutricionistas acostumbran a tener en cuenta la proporción caloría/proteína. (NRC, 1994).

Conocer sobre el contenido de energía disponible de los ingredientes es esencial en la mayoría de dietas formuladas para aves. Las aves tienden a comer para satisfacer sus requerimientos energéticos, por lo consiguiente los nutrientes deben incluirse en las dietas en proporción a la energía, si no se hace esto, puede resultar en desperdicio o una productividad no deseada.

1. Distribución de la Energía en el Animal

a. Unidades energéticas

Conforme a la primera ley de la termodinámica, todas las formas de energía pueden ser convertidas cuantitativamente en calor. La energía térmica representada por los componentes de la dieta e implicada en todos los procesos orgánicos, es la base más conveniente para describir la energética de la nutrición. (8).

La unidad básica en la energía térmica es la caloría (cal), que se define como “la cantidad de energía requerida para elevar la temperatura de un gramo de agua un grado centígrado, medido entre los 14.5 y los 15.5 grados centígrados”. Por ser esta unidad demasiado pequeña para uso cómodo y en materia de nutrición, se emplea la caloría grande, equivalente a 1,000 calorías, cantidad de calor necesaria para elevar un grado centígrado la temperatura de 1 kilogramo de agua, este múltiplo de la caloría se representa por una C mayúscula o por la abreviatura Cal, para distinguirlo de la unidad menor. Pero a fin de evitar posibles confusiones se refiere la abreviatura Kcal (Kilocaloría). Para cantidades grandes se usa la Mega caloría (megacal o Mcal), llamada también termia, que vale 1,000 Kcal (8).

b. Calor de combustión o energía bruta

La energía bruta (EB) se define como “la energía liberada en forma de calor cuando un alimento, heces o tejido animal se oxida completamente, quemando totalmente una muestra en una bomba calorimétrica” (Café, M.1993). El instrumento utilizado para medir el valor energético de los alimentos (Energía Bruta/materia seca) se llama calorímetro y su función básicamente consiste en la combustión de una muestra de alimento, mediante la ignición con un conductor eléctrico conectado a una bomba o cámara inyectada con O₂, la cual contiene la muestra a analizar.

Esta bomba está sumergida en un balde con agua a temperatura ambiente. La muestra contenida en la cámara al combustionar desprende calor, calentando el agua circulante y provocando un cambio de temperatura del agua registrado en un termómetro.

c. Energía digestible

Determinando el calor de combustión de las heces y restando este valor de la EB, se obtiene la energía digestible aparente o ED., este valor se califica de aparente porque es la energía fecal que incluye la de productos metabólicos del cuerpo y la del alimento no digerido. La porción metabólica corresponde a los líquidos digestivos y a los residuos de la mucosa intestinal. En sentido estricto, esta pérdida es parte de la demanda de mantenimiento del animal (8).

La Energía Digestible Verdadera es el valor al que se llega restando solo la energía fecal de origen alimentario de la ingestión bruta energética (8).

d. **Energía metabolizable**

La energía metabolizable representa la porción de energía de los alimentos que queda disponible para los procesos metabólicos del animal. Por consiguiente la energía metabolizable proporciona una medida adecuada del valor nutritivo de los alimentos, (5).

La metabolibilidad se define como la energía metabolizable de un alimento dividida por la energía bruta. El valor de la relación entre Energía metabolizable/Energía bruta varía considerablemente con el tipo de ración y la especie animal en estudio, (5).

Puesto que las aves eliminan junto las heces y la orina, los valores de energía metabolizable para las aves pueden determinarse por los métodos normales de digestibilidad. En la valoración de los alimentos para las aves suele emplearse la Energía metabolizable, (5).

El valor energético de cada gramo de nitrógeno excretado en forma de urea es de 5.47 Kcal y de 6.66 Kcal si se hace en forma de ácido úrico. Por esta razón cada gramo de nitrógeno urinario excretado por los rumiantes supone 7.38 Kcal, en los cerdos 6.66 Kcal y en las aves 8.09 Kcal, (5).

Los contenidos de Energía digestible y Energía metabolizable se ven afectados por la cantidad de alimento consumido, ya que cuanto más consume un animal más rápido es el paso por el tracto digestivo. Las mayores pérdidas en heces causadas por la mayor ingestión se compensan parcialmente por la reducción en las pérdidas de energía en la

orina y como metano. El efecto de la mayor ingestión sobre la reducción de la EM es más marcado con los alimentos de baja calidad, llegando la reducción hasta el 10% en los rumiantes al duplicar la ingestión, (5).

En un estudio realizado con gallos adultos en ayuno, a los que se les proporcionó diferentes cantidades de trigo, se determinó que la cantidad de trigo ingerida tuvo relación con la energía bruta eliminada como excretas, debido a que hubo un incremento lineal.

La energía metabolizable verdadera fue independiente de la cantidad de trigo ingerida. El cálculo del valor de la energía metabolizable aparente dio como resultado un incremento curvilíneo con lo ingerido, lo cual se le atribuye a que la energía bruta (energía fecal metabólica + energía urinaria endógena) tuvo un incremento contrario al aporte energético.

Basado en la relación lineal que existe entre el alimento ingerido y la energía excretada se formuló la Técnica de estimación de energía metabolizable verdadera para alimentación de aves, en donde la energía metabolizable verdadera se determina sometiendo aves con 24 horas de ayuno a una alimentación forzada con el ingrediente a evaluar, utilizando un ave control (sin alimentar) por tratamiento, recolectándose las excretas 24 horas post-alimentación forzada (20).

Con la energía bruta obtenida del ingrediente a evaluar y de las heces de las aves en tratamiento, se hace una corrección utilizando la energía bruta o sea la energía fecal de origen metabólico + energía urinaria de origen endógeno, obtenida del ave sin alimento o control (20).

Se realizaron dos experimentos en Canadá, para valorar la relación entre la energía digestible aparente (valores medidos en cerdos), utilizando el óxido crómico y la ceniza insoluble en ácido, como indicadores, y la energía metabolizable verdadera (valores medidos en gallos adultos), dando como resultado una estrecha relación entre la energía digestible aparente en cerdos y la energía metabolizable verdadera en gallos, ya que la EMV siempre se mantuvo intermedia entre los dos indicadores de la EDA. Por lo tanto sugieren que el valor de la EMV puede usarse para predecir el valor de la EDA en la formulación de dietas para cerdos (20).

e. Determinación de la EM usando el sistema NIRS

Debido a las dificultades y al alto costo en la obtención de la EM a través de ensayos metabólicos, algunos investigadores (8) han buscado nuevas metodologías para estimar los valores de EMA.

Todos los componentes energéticos de los alimentos absorben ondas en la región del espectro de infrarrojo, así, el NIRS (Análisis de reflejo en infrarrojo próximo) tiene potencial como un método alternativo y rápido para evaluar la energía metabolizable en ingredientes y raciones para aves.

El uso del NIRS para análisis de ingredientes ha crecido mundialmente por ser un método rápido e confiable. Entretanto, la exactitud del método depende del número de muestras empleadas en la calibración del instrumento y en la padronización adecuada de la técnica (8).

El método consiste en someter una muestra a la radiación infrarrojo. La muestra al recibir la radiación emite una luz difusa que es capturada por el detector. La señal a partir del detector es amplificado usando una respuesta logarítmica y memorizado como $\log 1/R$, donde R es la reflectancia.

Los datos logaritmizados son ajustados para predicción de los valores de energía metabolizable. La mejor ecuación ajustada para predicción de la EMA por el NIRS es seleccionada en base al número de variables independientes, amplitud de onda, interpretación química de la amplitud de onda, test de F e R² (8).

Esos autores determinaron la EMAn en raciones para aves por el NIRS y verificaron resultados semejantes a los obtenidos en ensayos biológicos, indicando la eficacia del método (Tabla V).

TABLA VI. Predicción de la EM (Kcal/g) de dietas completas para aves mediante el análisis de reflectancia en el infrarrojo próximo (Nirs¹) (1994)

Dieta	EMAn¹ ± DP	NIRS²
X ± DP	2,996 ± 0.211	2,964 ± 0.192
R ²	0.92
SE estimado	0.058

¹ Determinado por ensayo biológico; ² Espectro de $\log 1/R$ R= reflectancia

f. Energía neta

La energía neta se obtiene a partir de la energía metabolizable, por sustracción del incremento térmico IT, es decir $EN=EM-IT$. La energía neta se diferencia de la energía metabolizable en la cantidad de calor perdido como resultado de los procesos químicos y físicos ligados a la digestión y metabolismo, es decir el incremento térmico.

La energía neta de un alimento es la parte energética que es completamente útil para el organismo ya que es utilizable por el animal para el mantenimiento y para la producción (8).

2. Método de Alimentación Precisa

Este método fue propuesto por Sibbald, I. (1976), para determinar la EMV de los alimentos con la corrección de las pérdidas endógenas y metabólicas. Posteriormente, Sibbald, I. (1982), Sibbald, I, propusieron algunas alteraciones al método para mayor precisión de los resultados. En esta metodología se utilizan gallos adultos que son sometidos inicialmente a un periodo de ayuno de 24 horas, proporcionando el vaciamiento del tracto digestivo del ave. Después de este período los gallos son forzados a ingerir 30g de alimento por medio de un embudo con dimensiones y características propias (Sibbald,I. 1987), todo alimento es colocado en el buche, no debiendo exceder la cantidad preconizada, una vez que pueden ocurrir regurgitaciones y consecuentemente pérdida de material.

El alimento puede ser ofrecido de una sola vez o dividido en dos veces, en intervalos de ocho horas. Después de la alimentación se realiza la colecta de excretas durante 48 horas en intervalos de 12 horas Sibbald, I. (1987), recomienda el uso de bolsas de plástico que deben ser presas en la región pélvica de los gallos, después de retirar las plumas localizadas alrededor de la cloaca, a fin de evitar contaminación de las excretas. La colecta de excretas también puede ser realizada por medio de bandejas colocadas debajo del piso de la jaula, aunque el riesgo de contaminación se torna mayor. Para determinar las pérdidas endógenas son utilizadas el mismo número de repeticiones de gallos en ayuno durante 72 horas, procediéndose la colecta de excretas en las últimas 48 horas, de la misma forma descrita para los gallos alimentados. Las ventajas presentadas por este método según Sibbald, I. (1987), son la rapidez que los ensayos son realizados, requieren pequeña cantidad de material testada y proporcionan valores de EMV que no dependen del consumo de alimento Lesson, S y Summers, J. (1976), también mencionan que en este método por el hecho que el alimento testada ser ofrecido individualmente, se evitan las posibles interacciones entre los nutrientes de la dieta referencial que puede subestimar o súper estimar los valores de EM. Entre tanto, Askbra nt, S. (1990), critica el método por el hecho que las aves en ayuno presentan un padrón fisiológico anormal resultando en mayor excreción de energía metabólica endógena, influenciando directamente en el cálculo de la EMV.

3. Ecuaciones de Predicción de la EM de los Alimentos

Normalmente los valores de composición de los alimentos utilizados en la formulación de raciones se basan en tablas (NRC. 1994; Rostagno, H. et al, 2005). Entretanto, la

composición de los alimentos, principalmente de los subproductos de origen animal y vegetal, son bastante variables entre las tablas mencionadas. Según Rostagno, H. et al. (2005), estas diferencias pueden ser atribuidas a las diferentes proporciones y tipos de materias primas utilizadas y también a las diferencias en el procesamiento de esos alimentos. La ecuación de predicción con base en parámetros químicos y físicos de los alimentos es un método indirecto para determinar la energía metabolizable para aves.

Es una importante herramienta para formular raciones ya que los demás métodos necesitan de ensayos biológicos y dependen de metodologías de difícil ejecución por la industria, además de mayor tiempo para obtener los resultados. Aunque, Sibbald, I. (1987), critica el método una vez que todas las proteínas, carbohidratos y lípidos de los alimentos son considerados igualmente digestibles.

4. Factores que afectan la EM de los Alimentos para aves

Algunos investigadores verificaron que los valores de EM de los alimentos puede ser influenciada por la genética Sibbald, I. (1976) y Wada, L. (2004), por la edad del ave (Askbrant, S. 1990) y procesamiento (Freitas, E. 2003). El menor aprovechamiento de la energía de los ingredientes por las aves de un genotipo específico puede ser atribuido a una menor capacidad digestiva posiblemente por aún mantener sus características genéticas originales, al contrario de las líneas comerciales de pollos parrilleros que, con el uso de la genética, hubo una consecuente mejora en la capacidad de aprovechar los alimentos para que pudiesen sustentar un metabolismo más rápido.

La edad del ave es otro factor que puede influenciar los valores de EM de los alimentos. La influencia de la edad del ave en el proceso de digestión está relacionada a la maduración de los órganos que componen el sistema digestivo, incluyendo la producción de enzimas digestivas, como la lipasa, amilasa y las proteasas (Nitsan, Z. 1991).

CAPITULO III.

A. MATERIALES Y METODOS

1. Localización y duración del Experimento

El presente trabajo se llevó a cabo en la granja avícola propiedad del señor Fernando Gallegos, localizada a 3 km de la ciudad de Puyo vía Macas, en el cantón Pastaza provincia de Pastaza, la cual se ubica en el centro de la Región Amazónica Ecuatoriana, entre las coordenadas geográficas 1°10 latitud sur y 78° 10 de longitud oeste; 2° 35 de latitud sur y 76° 40 de longitud oeste, se caracteriza por ubicarse entre los 200 y 800 msnm, registrando una temperatura media anual entre los 22 y 26 °C, una precipitación media anual de 2.000 a 4.000 mm. La duración de esta investigación fue de 120 días.

TABLA VII. Condiciones Meteorológicas de la Zona (2012)

PARÁMETROS	VALORES
TEMPERATURA, °C	22-26
HUMEDAD RELATIVA, %	80-90
PRECIPITACION, ml	2000-4000
HELIOFANIA, HI	106,70

2. Unidades Experimentales

Para la investigación, se utilizó 200 pollos broiler empleando como dietas tres tratamientos con niveles de inclusión de harina de achira al 10, 20, 30% con cinco repeticiones, y un testigo al 0% de adición de harina de achira, un tamaño de unidad experimental de 10 pollos aleatorios asignados. Para la obtención de la harina se empleó la raíz completa, la cual fue lavada y cortada en rodajas de aproximadamente 2 cm y secada a 35 °C a la entrada del horno bajándose luego la temperatura a 15 °C. La raíz seca obtenida de este proceso fue molida y empacada.

3. Materiales y Equipos

a. De campo

- Galpón de 12 m²
- Jaulas de 1.2 m²
- Criadora
- Comederos
- Bebederos
- Cortinas
- Baldes plásticos
- Balanza
- Equipo de limpieza

b. De laboratorio

- Balanza analítica
- Equipos para la determinación de análisis de Proximal
- Equipo NIRs
- Materiales de escritorio
- Fundas de papel
- Material bibliográfico
- Equipo de disección

4. Tratamiento y Diseño Experimental

Se evaluó los parámetros productivos del pollo de engorde T 1 (0% de adición de harina de achira), T 2 (10% de adición de harina de achira), T 3 (20% de adición de harina de achira), T 4 (30% de adición de harina de achira), los mismos que fueron sometidos a un diseño Completamente al Azar con cinco repeticiones por tratamiento respectivamente y tamaño de la unidad experimental de diez pollos.

El modelo lineal aditivo es:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij}$$

Y_{ij} : Valor estimado de la variable

μ = Media General

τ = Efecto de la adición de la harina de achira T1, T2, ... , Tiavo

ϵ = error experimental

j = disposición de las repeticiones r1, r2, ... , rjava

TABLA VIII. Esquema del Adeva. (2012)

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD
Total	19
Niveles de harina de achira	3
Error	16

TABLA IX. Esquema del Experimento (2012).

TRATAMIENTOS	NIVEL	CODIGO	REPET.	TUE	REP/TRATAM
1	0	T1	5	10	50
2	10	T2	5	10	50
3	20	T3	5	10	50
4	30	T4	5	10	50
TOTAL					200

TUE: Tamaño de la Unidad Experimental, Equivale a 10 pollos.

TABLA X. Composición de las dietas para el Periodo de Iniciación (2012)

INGREDIENTES	DIETAS EXPERIMENTALES			
	T1	T2	T3	T4
Harina de Achira %	00.0	10.0	20.0	30.0
Maíz %	55.0	43.0	31.5	19.0
Grasa Animal %	6.0	6.0	6.25	6.30
Harina de Soya %	30.50	32.0	33.36	33.24
Harina de Pescado %	6.0	6.5	6.5	9.0
Harina de Hueso %	1.25	1.25	1.4	1.5
Vitaminas y Minerales	0.25	0.25	0.25	0.25
Carbonato de Calcio %	0.5	0.5	0.25	0.25
Sal %	0.25	0.25	0.25	0.25
Aditivos %	0.18	0.18	0.18	0.18
Metionina D.L %	0.07	0.07	0.06	0.03
COMPOSICION QUIMICA FINAL DE LA DIETA				
EM (Mcal/Kg)	3,18	3,17	3,2	3,19
Proteína Bruta (%)	21,75	22,05	21,90	21,80
Ca (%)	1,02	0,98	0,98	1.2
P (%)	0,98	0,98	1,15	1,18

TABLA XI. Composición de las dietas para el Periodo de Engorde (2012)

INGREDIENTES	DIETAS EXPERIMENTALES			
	T1	T2	T3	T4
Harina de Achira %	00.0	10.0	20.0	30,0
Maíz %	61.27	52.0	37.0	26.0
Grasa Animal %	6.0	6.0	6.0	6.0
Harina de Soya %	27.0	25,29	31.04	31,8
Harina de Pescado %	3.0	4.0	3.0	3.5
Harina de Hueso %	1.75	1.5	1.75	1.5
Vitaminas y Minerales	0.25	0.25	0.25	0.25
Carbonato de Calcio %	0.25	0.5	0.5	0.5
Sal %	0.25	0.25	0.25	0.25
Aditivos %	0.18	0.18	0.18	0.18
Metionina D.L %	0.05	0.03	0.03	0.02
COMPOSICION QUIMICA FINAL DE LA DIETA				
EM (Mcal/Kg)	3,18	3,17	3,2	3,19
Proteína Bruta (%)	20,45	20,05	20,93	20,75
Ca (%)	0,98	0,98	0,98	1.2
P (%)	1,00	1,05	1,05	1,05
PRECIO FINAL DE LA DIETA AL TERMINO DEL EXPERIMENTO				
Precio \$	66,80	67,20	67,80	67,50

5. Mediciones Experimentales

Las variables a ser evaluadas o consideradas dentro del proceso investigativo fueron las siguientes:

a. Caracterización bromatológica de la Harina de Achira

- Materia Seca %
- Materia Orgánica%
- Proteína %
- Fibra %
- Grasa %
- Ceniza %
- ELN %
- Calcio %
- Fósforo %
- Azúcares
- Almidón %

b. Determinación de la Energía Metabolizable de la Harina de Achira

- Técnica de espectroscopia en el infrarrojo cercano (NIR).

c. Evaluación Productiva de los Pollos

- Pesaje de pollos semanal (g)
- Consumo de alimento (g)
- Ganancia de peso (g)
- Conversión alimenticia
- Mortalidad (%)

d. Evaluación Productiva Al Sacrificio

- Rendimiento a la canal %
- Rendimiento de pechuga %
- Contenido de vísceras %
- Grasa abdominal %
- Peso de hígado, bazo, bolsa de Fabricio g

e. Análisis Económico

- Beneficio/costo

f. Análisis Estadístico

- Análisis de Varianza (ADEVA).
- Prueba de DUNCAN para la separación de medias (estos análisis fueron corridos estadísticamente bajo los niveles de probabilidad de $p \leq 0.05$)

- Análisis de regresión lineal simple y múltiple para los modelos de predicción.

B. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

1. Proceso de obtención de harina

Se procedió a seleccionar las raíces de la planta de achira (*Canna Edulis*, Ker), con un tamaño en lo posible homogéneo, luego de un proceso de lavado y secado, las raíces fueron cortadas en rodajas de aproximadamente 2 cm las cuales se colocaron en bandejas para el secado a 35 °C al inicio y finalmente a 15 °C, hasta obtener peso constante. Las raíces secas se enfriaron y se procedió a la molienda y empaçado para su utilización en alimentación de pollos.

2. Suministro de harina en la alimentación de pollo

Se utilizó diez pollos para evaluar la adición de harina de achira a la dieta en tres niveles y un testigo: 0% T1, 10% T2, 20% T3, 30% T4, con cinco repeticiones cada uno con un total de 200 pollos.

Las aves se colocaron aleatoriamente en jaulas metálicas de 1,2 m² provista de comederos y bebederos, el alimento y el agua se suministraron a voluntad con un programa de alimentación para pollos inicial y engorde, la dieta se describe en la TABLA X y XI.

Las aves recibieron 24 horas de iluminación y ventilación adecuada debido a las características de la zona, se continuó un estricto control sanitario y se llevó un calendario de vacunación, registros de pesos y mortalidad.

3. Metodología de la evaluación

Durante la toma de datos se empleó los registros de campo, se tomaron periódicamente los pesos para luego por diferencia de peso inicial y final se estimó la ganancia de peso en cada una de las etapas consideradas. La conversión alimenticia se calculó de acuerdo a la relación entre el consumo del alimento y la ganancia de peso.

$$CA = \frac{\text{Kg alimento Consumido}}{\text{Kg Peso Vivo}}$$

La mortalidad se determinó por:

$$\% \text{ MORTALIDAD} = \frac{\text{N}^{\circ} \text{ Aves Muertas}}{\text{N}^{\circ} \text{ Aves Inicial}} \times 100$$

El análisis económico se lo realizó por medio del indicar Beneficio/Costo, en el que se consideró los gastos realizados (egresos) y los ingresos totales que corresponden a la venta del pollo en pie y de la pollinaza. Respondiendo al siguiente supuesto:

$$B/C = \frac{\text{Ingresos Totales}}{\text{Egresos Totales}}$$

4. Determinaciones analíticas

a. Determinación de la Humedad inicial

Principio

AOAC 925.10 Conocida también como humedad tal como ofrecido (TCO), y consiste en secar la muestra en la estufa a una temperatura de 60 a 65 °C hasta peso constante, el secado tiene una duración de 24 horas. Esta muestra posteriormente se lleva a la molienda si el caso requiere el análisis proximal. Es importante recordar que los carbohidratos al tener mayor porcentaje de azúcares, se procura controlar la temperatura cada hora, puesto que los azúcares presentes en raíces, tubérculos, cereales pueden pirolisis y reportar datos elevados.

b. Determinación de la Humedad Higroscópica

Principio

AOAC 925.10 Las muestras desecadas a 65 °C de temperatura, aun contienen cierta cantidad de agua llamada humedad higroscópica; la humedad higroscópica químicamente está enlazada con sustancias de la muestra y depende de la

composición e higroscopía del mismo. Se determina la humedad higroscópica de las muestras en la estufa a 105°C por un tiempo de 12 horas.

c. Determinación de Cenizas

Principio

AOAC 923.03 Se lleva a cabo por medio de incineración seca y consiste en quemar la sustancia orgánica de la muestra problema en la mufla a una temperatura de 600 °C., con esto la sustancia orgánica se combustiona y se forma el CO₂, agua, amoníaco y la sustancia inorgánica (sales minerales) se queda en forma de residuos, la incineración se lleva a cabo hasta obtener una ceniza color gris o gris claro.

d. Determinación de Fibra Bruta

Principio

AOAC 930.15 Se basa en la sucesiva separación de la ceniza, proteína, grasa y sustancia extraída libre de nitrógeno; la separación de estas sustancias se logra mediante el tratamiento con una solución débil de ácido sulfúrico y álcalis, agua caliente y acetona. El ácido sulfúrico hidroliza a los carbohidratos insolubles (almidón y parte de hemicelulosa), los álcalis transforman en estado soluble a las sustancias albuminosas, separan la grasa, disuelven parte de la hemicelulosa y lignina, el éter o acetona extraen las resinas, colorantes, residuos de grasa y eliminan el agua. Después de todo este tratamiento el residuo que queda es la fibra bruta.

e. Determinación de la Proteína Bruta**Principio**

AOAC 2001. 11 Sometiendo a un calentamiento y digestión una muestra problema con ácido sulfúrico concentrado, los hidratos de carbono y las grasas se destruyen hasta formar CO₂ y agua, la proteína se descompone con la formación de amoníaco, el cual interviene en la reacción con el ácido sulfúrico y forma el sulfato de amonio. Este sulfato en medio ácido es resistente y su destrucción con desprendimiento de amoníaco sucede solamente en medio básico; luego de la formación de la sal de amonio actúa una base fuerte al 50% y se desprende el nitrógeno en forma de amoníaco, este amoníaco es retenido en una solución de ácido bórico al 2.5% y titulado con HCl al 0.1 N.

f. Determinación del Extracto Etéreo**Principio**

AOAC 920.39 Consiste en la extracción de la grasa de la muestra problema por la acción del dietil éter y determinar así el extracto etéreo; el solvente orgánico que se evapora constantemente igual su condensación, al pasar a través de la muestra extrae materiales solubles. El extracto se recoge en un beaker y cuando el proceso se completa el éter se destila y se recolecta en otro recipiente y la grasa cruda que se queda en el beaker se seca y se pesa.

g. Determinación del Extracto Libre de Nitrógeno (ELN)

Cálculos

Se evalúa mediante datos encontrados en el análisis proximal y se determina mediante la siguiente fórmula matemática:

$$\text{ELN} = 100 - (\% \text{ PB} + \% \text{ FB} + \% \text{ EE} + \% \text{ C})$$

Dónde:

PB = proteína bruta

FB = fibra bruta

EE = extracto etéreo

C = cenizas.

h. Determinación del contenido de almidón

Principio

La determinación del contenido de almidón se realizó por el método de Frank Ross citado por Talburt y Smith (1975), que consiste en cuantificar los azúcares reductores liberados del almidón, mediante una hidrólisis con ácido sulfúrico concentrado en cantidades de 0,1%, 0,2%, 0,4%, 0,6%, 0,8% y 1,0% con respecto a la suspensión total, luego se procede a hidrolizar en el autoclave a 15 PSIA durante 30 minutos, posteriormente se neutraliza con una base y se cuantifica los azúcares reductores

liberados, para después establecer el grado del hidrolizado. Se realizará por el método espectrofotométrico de Frank-Ross.

i. **Determinación de azúcares reductores y totales**

Principio

Los azúcares invertidos reducen las soluciones de fehling a un color rojo (óxido de cobre insoluble). El contenido de azúcar en una muestra es estimado por determinación del volumen de solución de azúcar de la muestra requerida para reducir completamente un volumen determinado solución de fehling.

j. **Determinación de la energía metabolizable empleando el método NIRs**

Principio

El método consiste en someter una muestra a la radiación infrarrojo. La muestra al recibir la radiación emite una luz difusa que es capturada por el detector. La señal a partir del detector es amplificado usando una respuesta logarítmica y memorizado como $\log 1/R$, donde R es la reflectancia. Los datos logaritmizados son ajustados para predicción de los valores de energía metabolizable. La mejor ecuación ajustada para predicción de la EMA por el NIRS es seleccionada en base al número de variables independientes, amplitud de onda, interpretación química de la amplitud de onda, test de F e R² (Valdés y Leesson, 1992).

CAPITULO IV.

A. RESULTADOS Y DISCUSION

1. Caracterización Bromatológico de la harina de achira (*Canna edulis*, *ker*)

Los análisis de laboratorio de la harina de achira (*Canna edulis*), reportados en el TABLA XII. Fig. 1 define una composición química con datos importantes, en cuanto a su valor nutritivo. Cabe indicar que el análisis bromatológico ayuda a predecir la calidad nutritiva de materia prima que se va a emplear.

a. Contenido de Materia Seca

Si analizamos el contenido de Materia Seca de la achira (*Canna edulis*) podemos observar que presentan valores que se evidencian en el TABLA XII, el porcentaje de Materia Seca en el presente reporte es solamente calculada en base a la humedad higroscópica reportando valores de humedad promedio de 80.52%, valor que se encuentra cercano a 84.28% reportado por Santacruz (1995), 80.7% de Cenzano (1996), y superiores a los reportados por Gloria Pascual en el 2003 que analizó en dos cultivares diferentes de achira el porcentaje de humedad de 69.61 y 68.67% respectivamente,

b. Contenido de Materia Orgánica y Cenizas

En relación, al contenido de cenizas, se tiene un valor de 9.6 %, el resultado obtenido en esta investigación en relación al contenido de cenizas, es cercano al reportados por Espín et al., (1999), quien evaluando esta especie obtuvo un promedio de cenizas de 10,4 %, siendo importante señalar que el grado de madurez es uno de los factores que determinen el contenido de cenizas en la muestra. El contenido de Materia Orgánica tiene estrecha relación con el contenido de minerales pues se evidencia que el contenido de cenizas concentra a las fracciones de minerales totales y está supeditada a la edad de la planta, por lo que utilizar raíces a edades en los que la concentración de minerales totales determina un importante aporte sin descuidar el comportamiento de los demás nutrientes precisa la oportunidad de aprovechamiento.

TABLA XII. Composición Bromatológica de la Harina de Achira (*Canna edulis*) (2012)

Nutrientes	Media	Error típico	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
<i>Materia seca %</i>	19,48	0,05	0,08	19,4	19,56
<i>Ceniza %</i>	9,53	0,04	0,08	9,45	9,6
<i>Proteína %</i>	5,23	0,08	0,13	5,11	5,37
<i>Grasa %</i>	1,64	0,11	0,19	1,43	1,8
<i>Fibra %</i>	8,16	0,08	0,15	8,01	8,3
<i>Calcio %</i>	0,15	0,03	0,05	0,1	0,2
<i>Fósforo %</i>	0,40	0,02	0,03	0,37	0,43
<i>ELN %</i>	24,90	0,29	0,50	24,1	25,01
<i>Azúcares Reductores %</i>	2,95	0,05	0,04	2,89	2,97
<i>Azúcares Totales %</i>	5,84	0,04	0,05	5,80	5,88
<i>Almidón %</i>	75,26	0,09	0,09	75,20	75,37

***ENL:** Extracto Libre de Nitrógeno

c. Contenido de Proteína

En la evaluación de la calidad nutritiva de las raíces, se analizó el contenido de proteína cuyo resultado podemos observar en la TABLA XII, el valor determinado para la presente investigación se encuentra dentro del rango reportado por Brito y Espín et al., (1999) de 2,61 – 8,17 %, similares a los reportados por Pacual G. (2003) de 5,10% del cultivar de achira C15 y 5,01% valor promedio encontrado por Cenzano (1996), valores superiores al 1,4 y 2,7% reportados por Antunez de Mayolo (1993) y Tapia 1995. Por lo antes expuesto, la utilización de los rizomas a un óptimo grado de madurez facilita el aprovechamiento de la proteína ya que el contenido de este nutriente es más alto, pues conforme avanza la edad de la planta esta se reduce para convertirse en lignoproteínas que son importantes para el sostén de los vegetales.

Se puede considerar que la presencia de ha (Harina de achira), en la elaboración de dietas para monogástricos constituye un ingrediente de mucha importancia nutricional y económica. Según Rosenfeld, D. J. (1997), se estima la utilización de las raíces podría reemplazar hasta en un 50% al maíz. Hay que referir que la inclusión del maíz en la formulación de raciones se encuentra entre un 35 a 40 %. Además una de las ventajas adicionales es el hecho de que esta raíz no compite con la alimentación humana, lo cual si ocurre con otros ingredientes, lo que explica la necesidad de optimizar la utilización de esta materia prima en la alimentación de broilers.

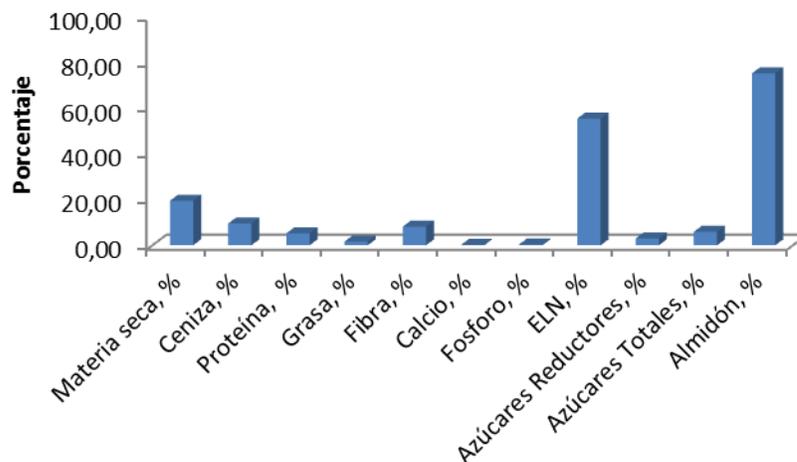


Fig. 1 Composición Bromatológica de la Harina de Achira (CANNA EDULIS, KER)

d. Contenido de Fibra Cruda

Si analizamos el contenido de la fibra TABLA XII, podemos indicar que el valor obtenido muy similar al reportado por Brito y Espín et al., (1999) de 8.1%, de este nutriente pero muy superior al encontrado por Pascual G. (2003) de 2,03%. La inclusión de fibra en las raciones de las especies monogástricas, se ha incrementado en los últimos años por la posibilidad de éstos de utilizar esta alternativa alimentaria de bajo costo que no compite con el hombre y contribuye a obtener velocidades de crecimiento satisfactorias Savon L., 1999. (Fig 1.)

e. Contenido de extracto etéreo

El contenido de grasa que se obtuvo en la presente investigación es de 1,64%. Brito y Espín et al., (1999) al realizar la determinación del contenido de grasa reportan datos que van de 1 a 1,5% valores que se encuentran dentro del rango del presente aporte investigativo. El extracto etéreo en las raíces no revierte mayor importancia, según la literatura cuando los valores van de 0,1 a 5%, siendo esta cantidad muy limitada para considerarse como una fuente de energía, más bien, el extracto etéreo, constituye una reserva de pigmentos vegetales, vitaminas liposolubles, xantofilas, y caroteno.

f. Contenido de Extracto Libre de nitrógeno (ELN)

El contenido de ELN, en esta investigación es de 24.9 %. Brito y Espín et al., (1999) reportan valores de 24.2% valor muy similares a lo encontrado en la investigación. Este nutriente es el que tiene mayor presencia en las plantas, dependiendo del grado de lignificación o concentración de fibra, lo que está dado nuevamente por el grado de madures del vegetal, los principales constituyentes del ELN son el almidón y los azúcares, considerados como una importante fuente de energía, estos se desdoblan por vía lipolítica para dar como producto final en la mayoría de los casos en glucosa, desdoblándose esta molécula en ATP (energía disponible para el animal).

g. Contenido de azúcares y almidón

En la TABLA XII se presentan los valores porcentuales en base seca de azúcares reductores, azúcares totales y almidón de achira (*Cana edulis ker*). Los valores

promedios de azúcares reductores y de azúcares totales fueron de 2,95 y 5,84%. Cenzano (1996) reporta valores entre 6.05 y 12.51% para azúcares reductores y valores entre 20.45 y 30.17% para azúcares totales. El porcentaje de azúcares es una particularidad que está en función de una serie de factores entre los que se puede mencionar a la variedad y edad de la planta (Santacruz, 1995), el contenido de agua en el suelo y a las condiciones de almacenamiento desde el momento de la cosecha hasta el momento del análisis.

El contenido de almidón fue de 75, 26%, muy superior a los 67.46% reportado por Cenzano (1996), pero similar a los valores obtenidos por Santacruz (1995) y Hurtado (1997) de 79.63 y 76.0%, respectivamente. Brito y Espín et al., (1999) reportan valores de almidón y azucares de 53.63% y 4.92% respectivamente.

Villacreses, E y Espin, S. (1999), manifiestan que el contenido de amilosa y amilopectina constituyentes del almidón de la harina de achira (*Canna edulis, Ker*) son similar al contenido de estos nutrientes del maíz que se incluye en la diete de los pollos

B. VALORACIÓN DE LA ENERGÍA METABOLIZABLE EN BASE SECA METODOLOGIA NIR

En la siguiente Tabla, se reporta el comportamiento de la EM en Materia Seca, que caracterizó a la harina de achira, resultado que fue obtenido utilizando el NIR (reflectancia en el infrarrojo próximo). Estos valores fueron útiles para la formulación de las dietas para el presente ensayo en la producción de pollos de carne, el valor determinado por este método es muy cercano al del maíz. La energía Metabolizable

requerida por los pollos en la primera fase de crecimiento es de 3100 kcal/kg alimento en base seca, con la utilización en los diferentes niveles de harina de achira, se pudo cubrir los requerimientos energéticos de estos animales. (TABLA XIII)

TABLA XIII. Valoración de la Energía Metabolizable en BS de la Harina de Achira estimada a través de NIR (2012)

ESTADISTICA	EMV
	(kcal/gMS)
Media	3250
Desviación estándar	0.27
Error Estándar	0.09

Es importante conocer la cantidad de energía que se encuentra disponible para el animal en alguna dieta, puesto que ésta es determinante en los rendimientos productivos del animal y corresponde, además, a una parte importante del coste que tendrá el alimento.

C. EVALUACION DEL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE LOS POLLOS DE CARNE BAJO EL EFECTO DE DISTINTOS NIVELES (%), DE HARINA DE ACHIRA (*Canna edulis*, Ker).

2. Fase Inicial (0-21 días de Edad)

a. Pesos y Ganancias de Peso, g

La evaluación del comportamiento de pollos broilers durante los primeros 21 días de edad se muestra en el TABLA XIV, en el que se observa que con pesos iniciales de 42,40 a 46,60g, se lograron rendimientos de pesos de 162 g a los 7 días de edad de las aves con la utilización del 20 % de harina de achira (*Canna edulis*, Ker), con diferencias significativas ($P < 0.0009$), respecto a los pesos de los demás tratamientos, pudiendo entenderse que conforme aumenta la inclusión de esta materia prima, hasta los 20 %, los pesos tienden a aumentar. Se evidencia sin embargo un mayor rendimiento de peso para los tratamientos con achira, a diferencia de los pollos que recibieron en su alimentación, dietas sin esta materia prima (160,20 g). Cuando se incluyó el 10 % de harina de achira (*Canna edulis*, Ker), en la formulación de balanceado inicial, se alcanzó el 0,49 % más de peso que el testigo. Al incrementar al 20 % de harina de achira, los pesos superaron al Tratamiento sin este recurso con el 1,12 % más de peso y fue con este nivel que se logró la mayor respuesta en peso al finalizar la edad de 7 días de los pollos.

TABLA XIV. Comportamiento Productivo de Broilers alimentado con diferentes Niveles de Harina de Achira (*Canna edulis*, Ker), durante la etapa inicial de 0 a 21 días (2012)

Parámetros	Niveles de Harina de Achira				Media General	Prob	CV
	0	10	20	30			
Numero de Observaciones	50	50	50	50			
Peso Inicial g.,	42,60 a	43,00 a	42,40 a	43,00 a	42.75	0.2206	1.22
Peso a los 7 días g.,	160,00 a	160,20 a	162,00 a	151,60 b	158.45	0.0009	2.16
Consumo de alimento a los 7 días g.	132,60 b	136,60 ab	144,80 a	120,60 c	133.65	0.0024	6.17
Ganancia de peso los 7 días g.	117,40 a	117,20 a	119,60 a	108,60 b	115.7	0.0007	3.02
Peso a los 14 días g.	438,40 b	445,20 b	458,40 a	409,20 c	437.8	0.0001	1.51
Consumo de alimento a los 14 días g.	507,20 a	498,40 a	522,40 a	445,20 b	493.3	0.0001	3.47
Ganancia de peso los 14 días g.	278,40 b	285,00 b	296,40 a	257,60 c	279.35	0.0001	2.96
Peso a los 21 días en g.	825,80 a	827,20 a	830,40 a	778,80 b	815.55	0.0001	1.12
Consumo de alimento a los 21 días g.	999,20 a	993,40 a	1002,20 a	911,00 b	976.45	0.0001	1.19
Ganancia de peso los 21 días g.	382,60 b	387,00 ab	398,80 a	369,60 b	377.75	0.0107	2.83

Proporcionalmente ocurre lo mismo con la ganancia de peso, el tratamiento con el 20 % de harina, mejoró significativamente ($P < 0.0007$) el incremento a 119,60 g, lo que advierte la ventaja del nivel 20% con diferencias significativas para con los demás tratamientos. (Fig. 2)

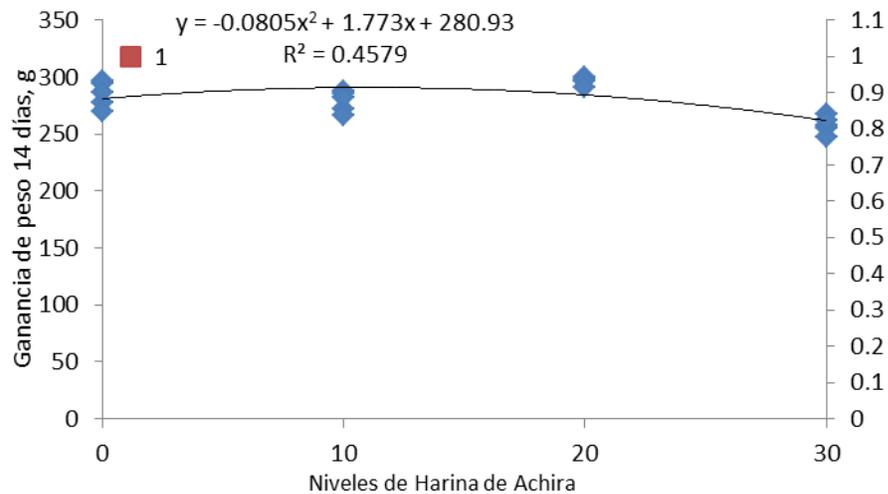


Fig 2. Ganancia de Peso a los 14 días en pollos alimentados con diferentes niveles de harian de achira (*Canna edulis*, Ker.)

A los 21 días, la investigación da un giro de mejoramiento en la respuesta de los pollos con demostraciones que hacen pensar que conforme avanza la edad de las aves, hay un mejor aprovechamiento del alimento y es con el 30 % de ha, con el que se logran los mejores pesos (830,40 g), aunque este registro no se diferencia significativamente con los pesos que obtuvieron los pollos alimentados con dietas que contuvieron el 10 y 20 % de ha, en las que las aves alcanzaron 825,80 y 827,20 g de peso, respectivamente.

Con estas referencias se infiere que la ganancia de peso de los 7 a los 21 días, hubo un cambio en el comportamiento de precocidad de los pollos, demostrando una mayor tendencia a mejorar el incremento de peso con el nivel 30 % de harina de achira, cuya diferencia fue eminentemente casual ($P > 0.0009$).

Evaluada la etapa de 0 a 21 días ya se puede advertir que los pollos tuvieron un mejor aprovechamiento del alimento para ganar mayor peso cuando se alimentaron con dietas que contenían el 30 % de ha, haciendo suponer que conforme avanza la edad de las aves, hay una mejor condición de precocidad para lograr los mejores pesos con mayor nivel de harina de achira. (TABLA XIV)

Zumbado, M (1980). Al emplear para la alimentación de pollos parrilleros, diferentes niveles de harina de yuca, obtuvo resultados de peso y ganancias de peso inferiores conforme aumentaba el nivel de inclusión de este subproducto, esto puede deberse probablemente a que el tamaño de los granos de almidón son menores a los del harina de achira, por lo que la digestibilidad de la ha es mayor, lo cual se ve reflejada en los pesos y ganancias de pesos obtenidos en el presente ensayo.

Mayurí, G. (2008), realiza dos ensayos consecutivos con inclusiones de diferentes niveles de harina de yuca y obtiene valores similares al del presente estudio, considerando que la utilización del 36% de ha en sustitución del maíz es el que da mejores resultados, sobre este valor los resultados tiende a desmejorar notablemente.

b. Consumo de Materia Seca y conversión alimenticia

A los 14 días de edad, las aves consumieron 493.30 g de materia seca en promedio. Si se analiza el comportamiento particular en cada tratamiento, se deduce que con el nivel 30 % de ha, hubo una menor demanda de alimento en base seca; los pollitos aprovecharon 445.20 g, a diferencia de las aves de los demás tratamientos, cuyo consumo máximo fue de 522.40 (con 20% de ha) de alimento en base seca, diferencias que se constituyeron en significativas al nivel $P < 0.0001$.

Según Valdivié, M. et al (2008), la disminución del consumo de alimento en inclusiones superiores al 20% a la excesiva pulverización de la ha pues esta tiende a influir en el consumo del balanceado.

A los 21 días, el consumo de alimento se desenvuelve de manera general con consumos que variaron de 962.20 (Tratamiento 20 %) a 993.40 gramos (Tratamiento 10 %), los demás tratamientos se enmarcan entre estos valores y en su conjunto con diferencias significativas.

Como consecuencia de lo anotado anteriormente, los pollos necesitaron de menor cantidad de materia seca para ganar un kilo de peso vivo; así, mientras para las aves del grupo Control se requirió 0.999 kg de MS, para las aves que recibieron alimento con 10 % de ha, se demandó de 0.993 kg, entre los que no hubo diferencias estadísticas; no así los pollos del 20% y 30 % de ha, que desarrollaron esta etapa con requerimientos de 0.962 y 0.911 kg de MS/kg de ganancia de peso vivo. (TABLA XIV.)

Para la Fase total de 0 a 21 días, el panorama productivo se torna más elocuente. Las aves que se alimentaron con dietas en las que se incluyó 30 % de ha demostraron ser las que menor demanda de materia seca requirieron (911.00 gramos). Las diferencias en el consumo de alimento en base seca fueron significativas con los demás tratamientos ($P < 0.0001$).

Muller, Chou y Nah (2010), sugieren la utilización de harinas de raíces hasta en un 50% en reemplazo de materias primas tradicionales.

c. Mortalidad, %

No se registró mortalidad en esta etapa y las aves finalizaron la misma con un estado sanitario satisfactorio.

3. Fase de Engorde (28-42 días de edad)

a. Pesos y Ganancias de Peso, g

La fase de engorde se caracteriza siempre por registrar los mejores estándares de precocidad de las aves, tiempo en el que expresan las mejores aptitudes individuales de los ejemplares para ganar el mejor peso con la menor demanda de materia seca; así, en la TABLA XV, se muestra el comportamiento de los pollos parrilleros que alcanzaron pesos de faenamiento superiores a los del Testigo, con los dos niveles de ha; así, los pollos alimentados con el 20 %,de ha alcanzaron los pesos más altos con

2691 gramos Las aves del 30 % de ha, reportaron los valores más bajos para este parámetro(2442.80 g).

Las condiciones demostradas permiten aseverar que las mejores ganancias entonces se observan para las aves que recibieron alimentación a base de ha en sus formulaciones hasta el 20 % de inclusión superado este nivel al parecer la aves presentan cierta resistencia para la asimilación de los carbohidratos presente en la ha.

(TABLA XV.)

TABLA XV. Comportamiento Productivo de Broilers alimentado con diferentes Niveles de Harina de Achira (*Canna edulis*, Ker), durante la etapa inicial de 28 a 42 días (2012)

Parámetros	Niveles de Harina de Achira (<i>Canna edulis</i> ker)				Media General	Prob	CV
	0	10	20	30			
Peso a los 28 días en g.	1286,20 b	1315,20 a	1332,60 a	1255,00 c	1297.25	0.0002	1.65
Consumo de alimento 28 días g.	1106,60 b	1141,80 b	1245,40 a	967,60 c	1115.35	0.0001	3.11
Ganancia de Peso 28 días g.	460,40 b	484,80 ab	505,40 a	476,20 ab	481.7	0.033	4.5
Peso a los 35 días en g.	1813,00 b	1833,20 b	1891,00 a	1764,41 c	1825.4	0.0001	1.3
Consumo de alimento 35 días g.	1461,00 b	1473,40 b	1549,20 a	1267,20 c	1437.7	0.0001	2.66
Ganancia de Peso a los 35 días g.	526,80 b	518,00 b	558,40 a	509,40 b	528.15	0.0022	3.27
Peso a los 42 días en g.	2597,60 b	2696,00 a	2691,00 a	2442,80 c	2606.85	0.001	1.57
Consumo de alimento 42 días g.	1368.00 a	1357,40 a	1339,80 a	1269,40 a	1338.65	0.2615	4.8
Ganancia de Peso a los 42 días g.	784,60 b	800,00 b	862,80 a	678,40 c	781.45	0.0001	4.42
Consumo total de alimento, g.	3965,6 b	4053,40 a	4030,80 ab	3732,20 c	3945.5	0.0001	1.52
Conversión alimenticia	1,52 a	1,50 a	1,49 a	1,52 a	1.51	0.3048	2.01
Peso a la canal en g.	1409,40 b	1435,20 b	1529,00 a	1351,60 b	1431.3	0.0058	4.68
Rendimiento a la canal, %	54,25 ab	53,23 b	56,81 a	55,31 ab	54.9	0.1204	4.14

b. Consumo de Materia Seca (g) y Conversión alimenticia

No se registraron diferencias significativas para los consumos de materia seca y su respuesta fue de 1368.00 gramos para el tratamiento testigo, a 1269.40 gramos para las aves del 30 % de esta materia prima. Con estas respuestas, se deducen conversiones importantes de 1.52 (Testigo y con 30 % de ha) a 1.49 (20% ha).

Los consumos totales de materia seca para el período total de investigación (0 – 42 días de edad), denotan una definitiva mejor condición de las aves del tratamiento con el 20 % de ha, dieta con la que se aseguró una mejor oportunidad para provocar una ganancia de un kilo de peso vivo, con requerimientos de 4030.80 g de alimento en base seca, con lo que se inclina la tendencia a considerar que la utilización de la harina de achira, se constituye en una materia prima de alta calidad para su inclusión en las formulaciones de balanceados para pollos de carne, en las condiciones en las que se desarrolló el presente ensayo.

Valdiviá, M et al (2008), reporta consumos de alimento de dietas a base de yuca soya de 3522, g por ave a los 42 días de edad, dato que es muy cercano al del presente ensayo.

c. Mortalidad, %

La defunción de un pollo no representó razón alguna para considerar mortalidad durante todo el ensayo y como se manifestó en relación a la Primera Fase, las aves

se desarrollaron con suficiente condición sanitaria hasta la finalización de la investigación.

d. Curva de crecimiento

Con una respuesta cuadrática a la curva de mejor ajuste, se identifica a la dinámica de comportamiento en peso, denotando que las aves alimentadas con dietas que incluyeron diferentes niveles de achira, evolucionaron en una tendencia cuadrática, cuya ecuación de predicción define un crecimiento parabólico altamente significativo ($P < 0.01$). Mediante el coeficiente de determinación ($r^2 = 99.63\%$), nos indica que la evolución del peso obedece a la influencia de la edad en ese porcentaje, mientras la diferencia de 100, puede conjeturarse que obedece a otros factores como la alimentación, el manejo, clima, etc. (Ver Fig 3.)

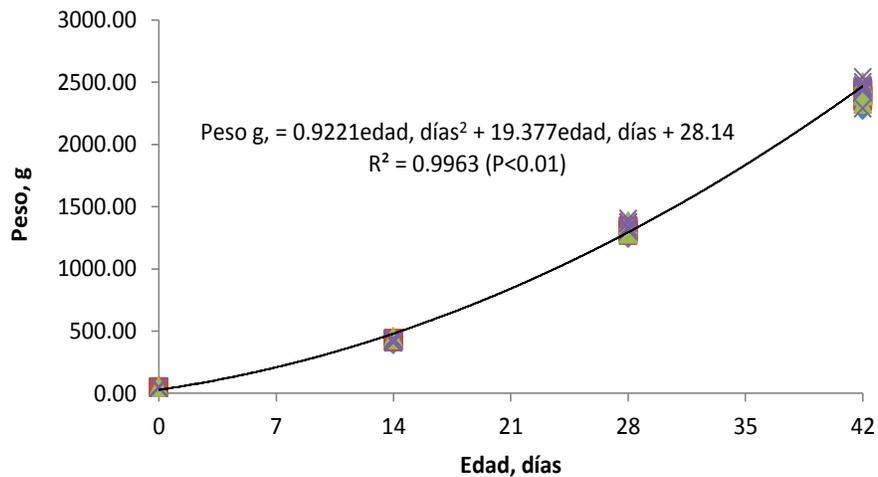


Fig 3 . Curva de Crecimiento de pollos de carne alimentados con distintos niveles de harina de achira (0-42 días de edad)

4. Parámetros Fisiológicos del pollo a los 42 días de edad

a. Peso a la canal (g)

La evaluación del comportamiento de pollos broilers sacrificados a los 42 días de edad se muestra en el TABLA XV, (Fig. 4) en el que se observa que las canales procedentes de los pollos alimentados con 20% de harina de achira (*Canna edulis, Ker*), se lograron pesos de 1529,00 g, con diferencias significativas ($P < 0.0058$), respecto a los pesos de los demás tratamientos, pudiendo entenderse que conforme aumenta la inclusión de esta materia prima, hasta los 20 %, los rendimientos tienden a aumentar. Sin embargo los animales a los que se les adicionó un 30% de harina alcanzaron un menor peso a la canal con valores de 1361,60 g., seguido del tratamiento control (1409,40 g) y con adición al 10% de harina se consiguió pesos de 1435,20 g.

Una investigación realizada en Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía donde se empleó harina de raíz de batata (*ipomoea batatas (L.) lam.*) como fuente energética en dietas para pollos de engorde, los promedios de canal limpia y completa de los tratamientos 0, 25, 50 y 75 %, presentaron diferencias significativas ($P < .001$), el mayor peso de canal lo presentaron los animales del tratamiento 0 % y en segundo lugar los tratamientos 25 y 50 % de HRB, sin diferencias entre ellos con medias de 1352 y 1270 g, respectivamente. El rendimiento en canal no presentó diferencias estadísticas entre los tratamientos 0, 25, 50 y 75 %, solo el tratamiento 100 % evidenció diferencias ($P > .05$) al compararlo con el tratamiento basal, como podemos observar el comportamiento en la adición de otras fuentes energéticas en niveles crecientes tiene el mismo comportamiento al de la presente investigación.

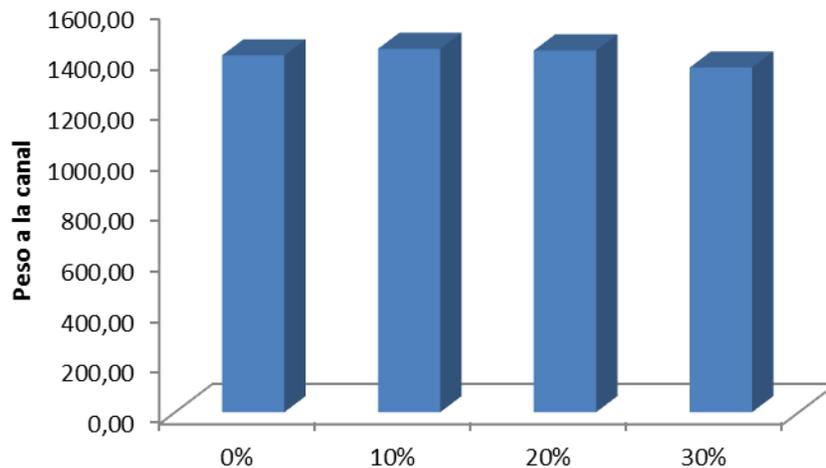


Fig. 4 Rendimiento a la canal de pollos sacrificados a los 42 días

b. Rendimiento a la canal (%)

En los rendimientos a la canal de pollos alimentados con diferentes niveles de harina de achira, (TABLA XV) se encontraron variaciones entre tratamientos ($P < 0.1204$) alcanzando un mayor porcentaje en el grupo alimentado con 20% de harina de achira 56,81%, superior al tratamiento control donde se obtuvo un rendimiento de 54,25%, de igual manera de acuerdo al número de tratamientos se determinaron tratamientos que fluctúan entre de 53,23 a 55,31% para los tratamientos al 10 y 30% de adición de harina de achira. Datos reportados por Acosta, A. et al. (2007) quienes evaluaron la adición de zeolita en dietas de pollos determinaron rendimientos de canales entre 61 y 64%, por lo que se puede indicar que los niveles de harina de achira no alteran el rendimiento a la canal.

c. Peso de la Pechuga (%)

El rendimiento en cuanto al peso de la pechuga se lo realizó en base al peso de la canal (TABLA XVI), estableciendo que el menor rendimiento de pechuga (25,62%) se registró en las canales de pollos alimentados con el 30% de harina de achira, por lo que existe diferencias significativas ($P < 0.01$) frente al grupo control y los que recibieron el 10 y 20% de harina, los valores determinados fueron de 27,46%, 27,68% y 28,3% en su orden (Fig. 5)

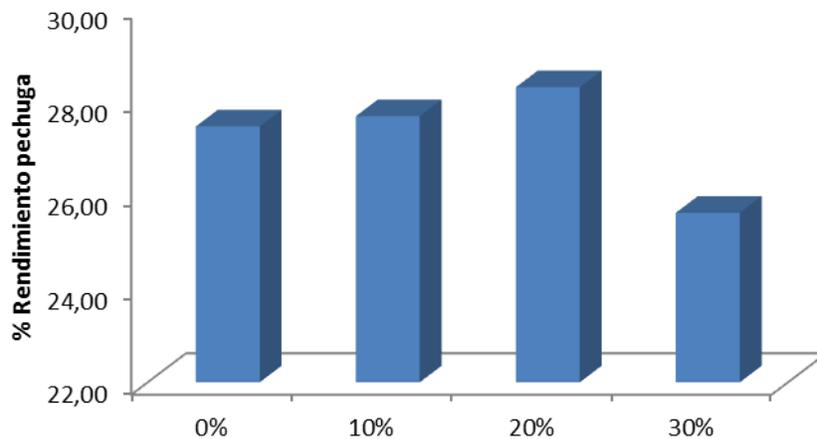


Fig. 5 Rendimiento de Pechuga (%) de pollos alimentados con harina de achira (*Cana edulis*) sacrificados a los 42 días

d. Peso de las Vísceras (%)

Se planteó un pesaje de las vísceras para comprobar alguna diferencia significativa entre tratamientos, debido a que por posibles factores anti nutricionales implica cambios relativos en el peso de las vísceras, en la TABLA XVI, se muestran los valores obtenidos en el pesaje de las vísceras con respecto al peso de la canal de pollos sacrificados a los 42 días, donde se observa que no se encontraron diferencias significativas para el tratamiento control 6,3%, y para los tratamientos al 10, 20 y 30%, el peso de las vísceras fue de 6,6%, 6,4% Y 6,4 respectivamente (Fig. 6), valores cercanos a los reportados por Urresta, B. (2010) (6% al 7%), al evaluar el rendimiento intestinal de pollos alimentados con harina de masua.

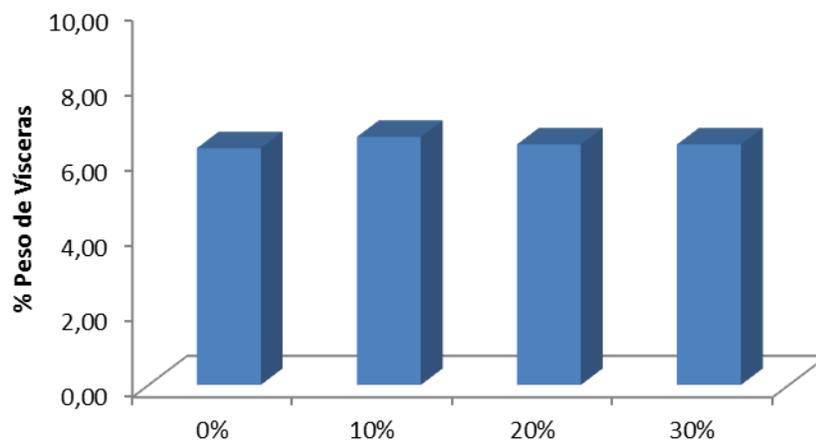


Fig. 6 Peso de Vísceras (%) de pollos alimentados con harina de achira (*Cana edulis*) sacrificados a los 42 días

e. **Peso grasa abdominal (g)**

El contenido de grasa abdominal para el tratamiento al 20% de adición de harina de achira fue de 16,4 g (TABLA XVI), con respecto al peso de la canal, obteniéndose diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los tratamientos control, al 10 y 30% de harina de achira con valores de 15,8 g, 14,5 g y 13,35 g, respectivamente, como se puede observar en la fig. 7, la menor cantidad de grasa abdominal acumulada se obtiene con el tratamiento al 30%, mientras que al 20% de harina de achira la acumulación es evidentemente mayor, este comportamiento puede ser debido a que las aves acumulan proteínas sobrante de la dieta y la convierten en grasa para utilizarlo como fuente de energía.

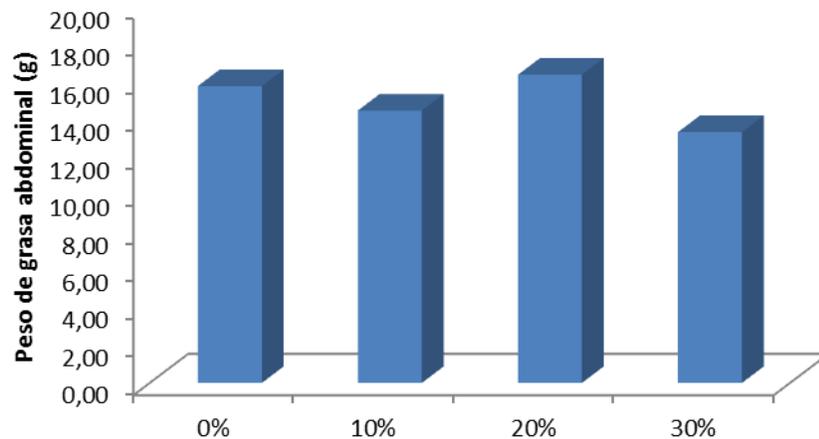


Fig. 7 Peso de grasa abdominal (g) de pollos alimentados con harina de achira (*Cana edulis*) sacrificados a los 42 días

f. **Peso del hígado (g)**

En la determinación del peso del hígado en pollos alimentados con diferentes niveles de harina de achira no se encontraron diferencias estadísticas ($P > 0.05$), entre tratamientos, por cuanto se evidenció en la TABLA XVI, que para el tratamiento control el peso del hígado fue de 50 g, al 10% de inclusión de ha, 47,7 g, al 20%, 44,6 g y al 30% se obtuvo pesos de 50,9 g, Fig. 8

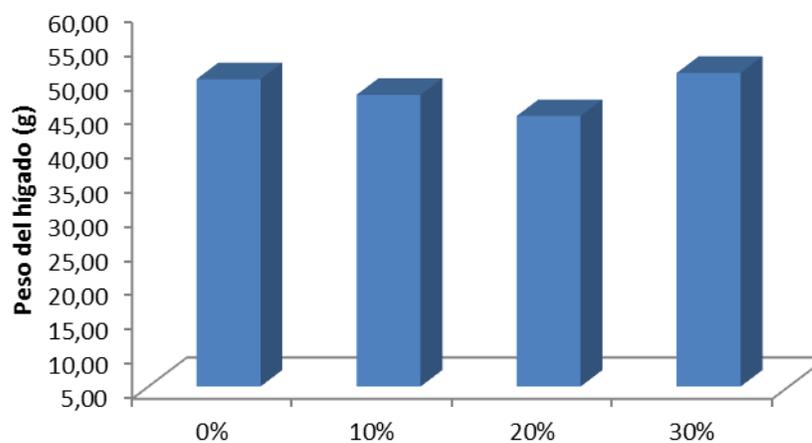


Fig. 8 Peso del hígado (g) de pollos alimentados con harina de achira (*Cana edulis*) sacrificados a los 42 días

g. Bolsa de Fabricio (g)

El peso de la bolsa de Fabricio no varió estadísticamente ($P > 0.05$), por efecto de los tratamientos pese a que con el tratamiento control se obtuvo valores de 2,75 g y con el tratamiento al 20% de harina de achira 2,5 g, para los tratamientos al 10 y 30% se registraron valores ligeramente altos de 3,3 y 3,6 g. Fig 9. Revidatti, F. et al. (2009) estudiaron el efecto de las modificaciones del peso corporal e indicadores de estrés en pollos, demostrando que un parámetro de determinación de estrés es el aumento de peso de la bolsa de Fabricio, estableciendo el peso de este órgano en $3,71 \pm 0,24$ g.

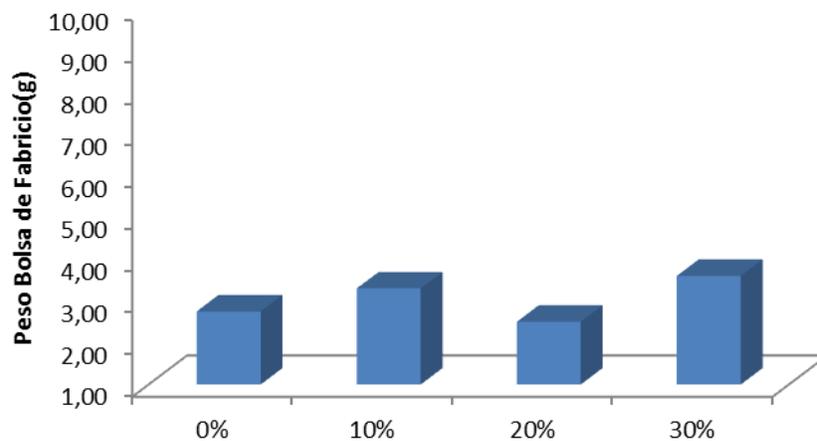


Fig. 9 Peso Bolsa de Fabricio (g) de pollos alimentados con harina de achira (*Cana edulis*) sacrificados a los 42 días

h. Peso de bazo (g)

Con respecto al peso del bazo para los diferentes tratamientos no existió diferencias estadísticas ($P > 0.05$), como se observa en la TABLA XVI, para el tratamiento control, 10, 20 Y 30% de harina de achira, se obtuvo valores de 3,15, 3,43, 3,0 y 2,8 g respectivamente Fig. 10, estos valores guardan relación por los pesos de bazos determinados por Revidatti, F. et al. (2009), Quienes estudiaron el efecto de las modificaciones del peso corporal e indicadores de estrés en pollos parrilleros sometidos a inmovilización y volteo, estableciendo un valor promedio de este órgano en $3,67 \pm 0,20$ g, por lo que se puede determinar que el peso de este órgano es característico en pollos de engorde a pesar de que el estudio estuvo orientado a un manejo y raciones alimenticias diferentes.

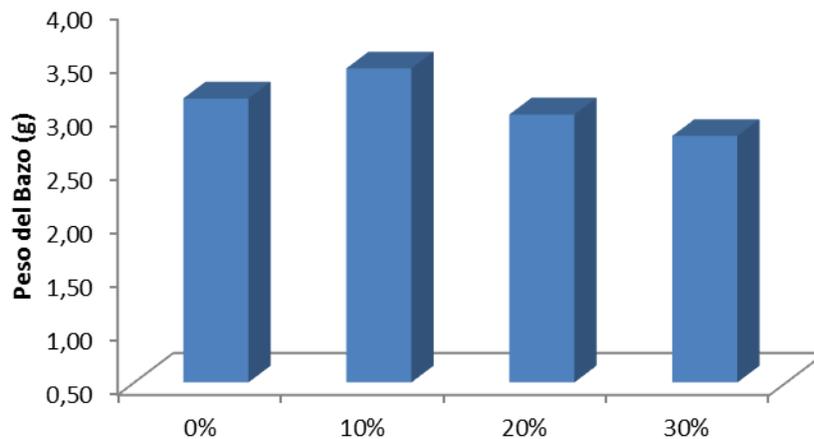


Fig. 10 Peso del bazo (g) de pollos alimentados con harina de achira (*Cana edulis*) sacrificados a los 42 días

5. Análisis Económico

Mediante el análisis económico realizado a través del indicador beneficio/costo, se determinó que la mayor rentabilidad en la explotación de pollos de broiler se consiguió cuando se utilizó alimento con la incorporación de 20 % de harina de achira, con un beneficio/costo de 1.18, que determina que por cada dólar invertido se tiene una utilidad de 18 centavos (18 % de rentabilidad) (Fig. 11), reduciéndose a 15 centavos de dólar cuando se empleó 30 % de harina de achira, y 14 centavos cuando se adicionó 10 % de harina, mientras que la menor rentabilidad se registró en los animales que se les suministró el alimento control (0% harina), cuyo beneficio/costo fue de 1.13, por lo que se establece que al utilizar 20 % de harina de achira se alcanza una rentabilidad superior en 5 puntos porcentuales con respecto al tratamiento control, además, se establece que resulta rentable para los avicultores dedicados a la explotación de pollos broiler, ya que su nivel de rentabilidad supera las tasas de interés vigentes, si se considera que el ejercicio económico es de aproximadamente 2 meses con una rentabilidad del 18%. (TABLA XVII.)

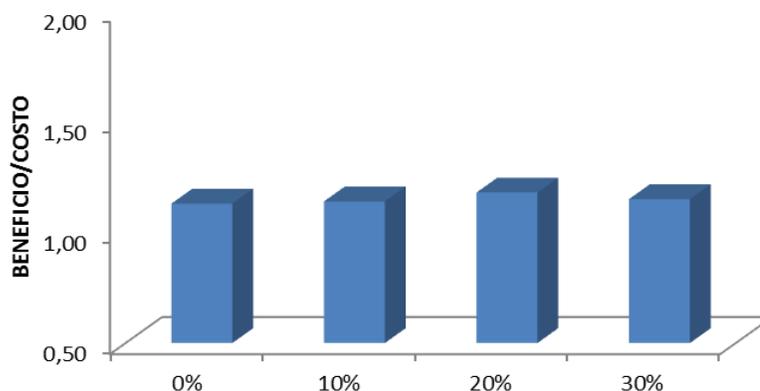


Fig. 11 Relación beneficio/costo de pollos alimentados con harina de achira (*Cana edulis*) sacrificados a los 42 días

TABLA XVI. Evaluación Económica (Dólares) de la utilización de tres niveles de Harina de Achira (*Canna edulis, ker*) en la Alimentación de Pollos Broiler

PARAMETROS	ADICION DE HNA. ACHIRA (g / kg)			
	0	10	20	30
% HARINA DE ACHIRA	0	10	20	30
EGRESOS				
NUMERO DE AVES	50	50	50	50
COSTO AVES	30	30	30	30
COSTO ALIMENTO	66,80	67,20	67,80	67,50
MANO DE OBRA Y OTROS INSUMOS	30	30	30	30
INSUMOS VETERINARIOS	9	9	9	9
TOTAL EGRESOS	135.80	136,20	136,80	136,50
INGRESOS				
VENTA AVES	200	200	210	205
POLLINAZA	10	10	10	10
TOTAL INGRESOS	210	210	220	215
BENEFICIO /COSTO	1,54	1,54	1,60	1,57

CAPITULO V

CONCLUSIONES

En las condiciones en las que se llevó a cabo el presente experimento y en base a los resultados expuestos, se asumen las siguientes conclusiones:

1. La Harina de Achira (*Canna edulis, ker*) no presenta limitantes relacionadas con la presencia de factores antinutricionales en su estructura, se caracteriza por ser una materia prima con una composición química apreciable en contenido de proteína, grasa, cenizas, materia orgánica, calcio, fósforo y carbohidratos.
2. Se pudo estimar la EM de la harina de achira indirectamente mediante métodos alternativos como el análisis de espectroscopia en el infrarrojo cercano (NIRS), la técnica NIRS predice directamente la EM in vivo de alimentos empleados en la nutrición animal, para la harina de achira se obtuvo un valor medio de 3250 Kcal/gMS y un error de la estima de 0,09 Kcal/gMS.
3. La utilización de tres niveles de harina de achira (*Canna edulis, ker*) en la etapa de crecimiento y engorde de pollos broiler, mejora la capacidad productiva. Las respuestas de producción expresadas en pesos, ganancias de peso periódicas, consumos de materia seca son estadísticamente superiores ($P < 0.01$) en los pollos que consumieron dietas que incluyeron 20 % de harina de achira.

4. Los peso de los órganos internos (vísceras, hígado, bolsa de Fabricio, bazo), obtenidos en relación al peso a la canal de pollos sacrificados a los 42 días, no presentaron diferencias significativas entre tratamientos, sin embargo se evidencia una marcada diferencia del contenido de grasa abdominal para el tratamiento al 20% de adición de harina de achira (16,4 g) con respecto al tratamiento al 30% con un valor de 13,35 g.

5. El tratamiento con 30 % de ha, demuestra tener interesantes condiciones de provecho para el organismo del ave; sin embargo, parece saturar su capacidad de digerir adecuada y completamente la biodisponibilidad de la proteína y del almidón, probablemente por la concentración de glucoproteína que es de muy baja digestibilidad por su estructura compleja.

6. La inclusión de harina de achira en la alimentación de pollos determina la oportunidad de aprovechar un B/C = 1.60 USD con el 20 % de esta materia prima.

CAPITULO VI

RECOMENDACIONES

Se distinguen entonces las siguientes recomendaciones:

1. Aprovechar las bondades de la harina de achira con inclusiones en la dieta para pollos de carne hasta en un 20 %, sin efectos negativos en su capacidad productiva ni en su salud.
2. Buscar una metodología apropiada que reduzca los costos de producción de la harina de achira como el uso de secadores solares, para eliminar los efectos de limitación en el aprovechamiento del almidón..
3. Investigar el uso de la harina de achira (*Canna edulis*) en la alimentación de otras especies como cuyes, conejos, cerdos, equinos y bovinos; podría representar una solución al déficit de materias primas fuente de energía para producción de carne, leche y otros derivados.
4. Realizar pruebas de digestibilidad in vivo para la predicción de la energía metabolizable verdadera en aves.

CAPITULO VII

7. BIBLIOGRAFIA

1. **BARRERA, V.** Raíces y Tubérculos Andinos., Lima-Perú., Hermann., 2004., Pp., 118-122.
2. **BRITO, G. & ESPIN, S.** Variabilidad en la composición química de raíces y tubérculos Andinos., Lima-Perú., Hermann., 2009., Pp. 93-139.
3. **BUITRAGO, J.** La yuca en la Alimentación Avícola., Bogotá- Colombia., House Group., 2006., Pp. 28-40
4. **CARDENAS, M.,** Alimentación científicas de las gallinas., Zaragoza-España., Acriba., 2002., Pp., 150-170.
5. **GONZALEZ, W.** Alimentación Animal., Lima-Perú., América., 2004., Pp., 439-445
6. **LEON, A.,** Valoración nutricional de materias primas alternativas., Maracay-Venezuela., Americana C. A., 2001., Pp., 25-27.

7. **CARDONA, M.**, Publicación Seriada, Establecimiento de una base de datos para la elaboración de tablas de contenido nutricional de alimentos para animales., Vol. 15 - No 2., Cali-Colombia., 2004., Pp., 240-246.

8. **RODRIGUEZ, G.A., Otros.**, Publicación Seriada, El almidón de achira o sagú (*Canna Edulis*, Ker)., Boletín de la Corporación Colombiana de Investigación agropecuaria., Vol. 41 - No 2., Bogotá-Colombia., 2009., Pp., 151-160.

9. **SKLAN, D. & PLAVNIK, I.**, Publicación Seriada., Interactions between dietary crude protein and essential amino acid intake on performance in broilers. Poultry Science. Vol. 42 - No 71., Toronto-Canadá., 2004., Pp., 98-105

10. **SONI, P., Otros.**, Publicación Seriada., Phisicochemical propierties of the *Canna edulis* starch-comparison with maize starch., Research for Rural Development., Vol. 42 - No 12., DF-Mexico-México., 2006., Pp., 460.464.

11. **VAUGHAN, G.**, Publicación Seriada., El potencial forrajero de la achira o sagú (*Canna indica* L.) en Guayatá, Colombia., Vol. 25 - No 10., Guayatá – Colombia., 2004., Pp., 75-80.

12. **COLOMBIA., CORPORACION COLOMBIANA DE INVESTIGACION AGROPECUARIA., (CORPOICA),** Concepción de un modelo de agroindustria rural para la elaboración de harina y almidón a partir de raíces y tubérculos promisorios, con énfasis en los casos de achira (*Canna edulis*), arracacha (*Arracacia xanthorriza*) y ñame (*Dioscorea sp.*), Mosquera - Colombia., 2009., Pp., 104 - 115.

13. **CHILE., ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN (FAO),** Cultivos andinos subexplotados y su aporte a la alimentación., Oficina regional para América Latina y el Caribe, Santiago - Chile, 2002., 15 pp.

14. **ECUADOR., MINISTERIO DE PREVISION SOCIAL Y SANIDAD. INSTITUTO NACIONAL DE NUTRICION.,** Tabla de Composición de los Alimentos Ecuatorianos., Guayaquil-Ecuador., 1999., Pp., 25.

15. **PERU., ASOCIACIÓN PERUANA DE PRODUCCION ANIMAL.,** Determinación de la digestibilidad de insumos energéticos proteica y fibrosa en aves., XVII Reunión científica anual de la Asociación Peruana de Producción Animal (APPA). Lima, Perú. 2003., Pp., 58-62.

16. **CEDEÑO, F.,** Raíces y hojas de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en la alimentación de cerdos en crecimiento y engorde., Facultad de Zootecnia., Escuela de Ingeniería en Zootecnia., Universidad de Oriente Jusepín., Monagas-Venezuela., **TESIS.**, 2001., Pp., 48.

17. URRESTA, B., Evaluación del valor nutricional de la harina de mashua (*Tropaeolum tuberosum*) en dietas para pollos de engorde., Especialidad Agroindustrial., Escuela Superior Politécnica del Ejercito., Quito-Ecuador., **TESIS.**, 2010., Pp. 17-21.

18. ALIMENTOS Y NUTRICION

http://www.alimentosynutricion.com/energíametabolizable-y-nutrientes_

2013/03/16

19. ALMIDON DE ACHIRA

[http://www.informate.org.co/almidon_de_achira_o_sagu115.pdf.](http://www.informate.org.co/almidon_de_achira_o_sagu115.pdf)

2013/04/25

20. CULTIVANDO ACHIRA

[http://www.corpoica.co/cultivandoalmidonde_achira/_almidon/_salind.html.pdf.](http://www.corpoica.co/cultivandoalmidonde_achira/_almidon/_salind.html.pdf)

2012/12/13

21. FORMULACION DE HARINA DE ACHIRA

[http://www.formulaciondeharinadeachira.com/formulacion-de-harina-de-kiwicha-y-achira-para-alimento-de-bebes-9.htm.](http://www.formulaciondeharinadeachira.com/formulacion-de-harina-de-kiwicha-y-achira-para-alimento-de-bebes-9.htm)

2012/12/12

22. MANEJO POLLO DE ENGORDE

[http://www.aviagen.com/ross.manualde_manejo.pollodeengorde123.pdf.](http://www.aviagen.com/ross.manualde_manejo.pollodeengorde123.pdf)

2012/12/18

ANEXOS