

1277
2 cop.

UNIVERSIDAD AGRARIA
DE COLOMBIA

POTENCIAL NUTRITIVO DE LA HARINA DE ARROZ
EN POLLOS DE ENGORDE

TESIS

Presentada al Programa de Estudios para Graduados en Ciencias
Agrarias Universidad Nacional - Instituto Colombiano
Agropecuario UN-ICA

ANALIZADO

POR

BENIGNO GRANDA ARIAS

como requisito parcial para optar al
título de:


MAGISTER SCIENTIAE

Bogotá, Colombia
Abril de 1976

TESIS APROBADA POR:

COMITE CONSEJERO

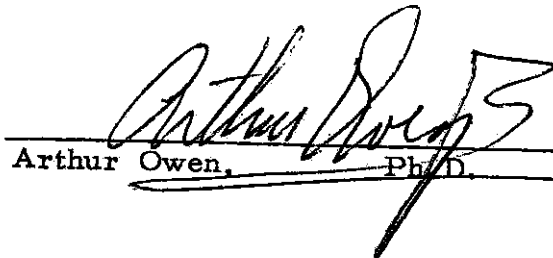
PRESIDENTE DE TESIS


Mario Rendón H., M. S.

PROFESOR CONSEJERO


Arturo Gil P., Ph. D.

PROFESOR CONSEJERO


Arthur Owen, Ph. D.

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

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

DEDICO :

A MI ESPOSA

A MIS PADRES

A MI HIJO

AGRADECIMIENTOS

Dejo constancia de mi reconocimiento al Dr. Mario Rendón Hoyos, Director del Programa de Especies Menores, por su inapreciable dirección en el desarrollo de la presente investigación y sus valiosos consejos y amistad durante mi permanencia en el Programa de Graduados.

Agradezco la colaboración de los doctores Ottomario Marín, Héctor Alvarez, Arturo Gil, Héctor Herrera y en general a todo el personal de los Programas de Avicultura y Nutrición Animal.

Hago extensivos estos agradecimientos a los compañeros y amigos que en una u otra forma contribuyeron a que este trabajo se llevara a cabo.

CONTENIDO

	Página
1. INTRODUCCION	1
2. REVISION DE LITERATURA	3
Fuentes de Energía	3
Subproductos del Arroz	5
Composición Química	9
Valor Nutritivo	14
Energía Metabolizable	17
Evaluación Biológica de la Calidad Proteica	24
Procedimientos para Evaluar Biológicamente las Proteínas.	26
3. MATERIALES Y METODOS	30
Plan Experimental	30
4. RESULTADOS Y DISCUSION	37
5. CONCLUSIONES	47

	Página
6. RESUMEN	48
7. SUMMARY	50
BIBLIOGRAFIA	52
APENDICE	63

LISTA DE TABLAS

	Página
TABLA 1. Composición de aminoácidos del maíz, sorgo y harina de arroz, comparados con los aminoácidos esenciales requeridos para la iniciación (0 - 6 semanas) de pollos de engorde. Valores expresados como porcentaje de la proteína.	12
TABLA 2. Premezcla de vitaminas y minerales utilizada en las dietas de los ensayos Nos. 1, 3 y 4. Composición para una tonelada de alimento.	64
TABLA 3. Composición de las dietas experimentales para la determinación de la Energía Metabolizable. Ensayo No. 1.	65
TABLA 4. Dietas usadas en la determinación de la calidad proteica de tres cereales de importancia en la alimentación de aves. Ensayo No. 2.	66

TABLA 5. Análisis proximal del maíz, sorgo y harina de arroz utilizados en los experimentos. Valores expresados en porcentaje.	67
TABLA 6. Dietas usadas en iniciación (0-5 semanas) para la determinación del nivel óptimo de reemplazo del sorgo por harina de arroz. Ensayo No. 3.	68
TABLA 7. Dietas usadas en acabado (5-8 semanas) para la determinación del nivel óptimo de reemplazo del sorgo por harina de arroz. Ensayo No. 3.	69
TABLA 8. Dietas usadas en iniciación (0-5 semanas) para la determinación del nivel óptimo de reemplazo del maíz por harina de arroz. Ensayo No. 4.	70

TABLA 9. Dietas usadas en acabado (5-8 semanas) para la determinación del nivel óptimo de reemplazo del maíz por harina de arroz. Ensayo No. 4.	71
TABLA 10. Energía Metabolizable de tres cereales de importancia en alimentación de aves. Ensayo No. 1.	72
TABLA 11. Energía Metabolizable de tres cereales de importancia en alimentación de aves.	73
TABLA 12. Rendimientos promedios en peso, consumo de alimento y eficiencia alimenticia obtenidos con tres cereales de importancia en la alimentación de aves, y usados como única fuente de proteína en la ración.	74
TABLA 13. Calidad de la proteína de tres cereales de importancia en alimentación de aves. Ensayo No. 2.	75

TABLA 14. Calidad de la proteína de tres cereales de importancia en la alimentación de aves. Composición de las carcazas de los animales experimentales. Ensayo No. 2.	76
TABLA 15. Resultados experimentales obtenidos al reemplazar sorgo por harina de arroz durante el período de cría. Ensayo No. 3.	77
TABLA 16. Resultados experimentales obtenidos al reemplazar sorgo por harina de arroz durante el período de acabado. Ensayo No. 3.	78
TABLA 17. Resultados experimentales obtenidos al reemplazar sorgo por harina de arroz durante los períodos de cría y acabado. Ensayo No. 3.	79

TABLA 18. Consumos relativos de Energía, Aminoácidos (AA's) y Fibra en die- tas con sorgo y/o harina de arroz. Ensayo No. 3.	80
TABLA 19. Resultados experimentales obtenidos al reemplazar maíz por harina de arroz durante el período de cría . Ensayo No. 4.	81
TABLA 20. Resultados experimentales obtenidos al reemplazar maíz por harina de arroz durante el período de acabado. Ensayo No. 4.	82
TABLA 21. Resultados experimentales obtenidos al reemplazar maíz por harina de arroz durante los períodos de cría y acabado. Ensayo No. 4.	83

TABLA 22. Consumos relativos de Energía,
Aminoácidos (AA's) y Fibra en dietas
con maíz y/o harina de arroz.

Ensayo No. 4.

84

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. Proceso de Molinado.

7

1. INTRODUCCION

El fin último de toda explotación pecuaria es suministrar alimentos de buena calidad para la población humana. La avicultura ha logrado durante los últimos años, colocarse entre las industrias animales más eficientes al producir mayor cantidad de carne por kilogramo de alimento consumido.

Lamentablemente, esta ventaja alcanzada sobre las otras especies queda relegada a un segundo plano debido a que las aves por su condición monogástrica utilizan alimentos que podrían servir para el consumo humano directo, en tanto que los rumiantes ingieren productos no aptos en su estado natural para el hombre.

Es entonces, importante evitar la competencia humano-animal monogástrico, en cuanto a nutrientes, mediante el empleo en las raciones de subproductos obtenidos en la elaboración de alimentos para humanos, tal como la harina de arroz, con lo cual se conseguiría por añadidura el abaratamiento de los costos de la producción avícola y una mejor realización de esta actividad económica.

Por otro lado, en nuestros países realizamos la formulación de balanceados en base a tablas foráneas que podrían estar considerando valores nutritivos ajenos a nuestros forrajes debido a diferencias de suelos y de prácticas agrícolas. Por lo tanto es necesario establecer el contenido de nutrientes para nuestros principales piensos, comenzando por sus fracciones energética y proteíca, que son los mayores determinantes de calidad.

En este trabajo se ha estudiado la posibilidad de utilizar harina de arroz, en la alimentación de pollos parrilleros, como reemplazo de cereales de consumo humano, evaluando parámetros tales como el valor potencial de la Energía Metabolizable aportada y la calidad de su proteína, conocimientos que permitan el uso más racional y eficiente de este subproducto en la producción de carne de alto valor nutritivo.

2. REVISION DE LITERATURA

Fuentes de Energía.

Romero (1972) indica que el maíz (Zea mays L.) es una planta originaria de América, posiblemente del Valle de México donde se ha encontrado pólen de por lo menos 60.000 años y atestigua que escritores del tiempo de la Conquista acreditan el origen de la domesticación del maíz al Valle del Bajo Magdalena.

En Colombia se ha cultivado tradicionalmente en la mayoría de las zonas frías, templadas y calientes, es decir: temperaturas desde 12 a 30°C; precipitación pluvial desde 600 hasta 3.000 mm. y altura sobre el nivel del mar desde 0 hasta cerca de 3.000 metros (Caja de Crédito Agrario, 1967).

Tabares y Vélez (1970) exponen que con el nombre de sorgos se conocen a un conjunto de plantas que botánicamente se incluyen bajo la denominación de Sorghum vulgare Pers. El principal centro de distribución de los sorgos es Africa, aunque es probable que se hayan desarrollado en China y en India, de donde se han extendido a regiones tropicales y subtropicales.

Ruidiaz (1972) menciona que el sorgo se adapta bien desde

el nivel del mar hasta los 1.800 metros y que el mejor desarrollo se obtiene a temperaturas que oscilan entre 23 y 27°C.

El arroz es el cereal más cultivado del mundo después del trigo, y una de las plantas cultivadas más antiguas: la literatura china atestigua su existencia 3.000 años antes de nuestra Era (Angladette, 1969).

Se conocen varias especies de las cuales las más importantes son: Oryza sativa L., de origen asiático y Oriza glaberrima Steud, de origen africano; la primera es la más cultivada (Romero, 1973). Este mismo autor afirma que el arroz se cultiva en zonas comprendidas entre 0 y 1.250 m.s.n.m., con temperatura media entre 24 y 28°C.

El cultivo del maíz es uno de los principales renglones agrícolas de Colombia, la Oficina de Planeamiento del Sector Agropecuario (Ministerio de Agricultura, 1976)* expone una producción de 823.500 toneladas durante 1.975 y espera para 1976 una cantidad de 792.500 toneladas. La cosecha de sorgo de 1975 dió un rendimiento de 335.000 toneladas y se estima que la producción para el año 1976 será de 450.000 toneladas. La fuente

* Colombia, Ministerio de Agricultura Oficina de Planeamiento del Sector Agropecuario, 1976 (hojas mimeografiadas).

mencionada indica que la producción nacional de arroz ha aumentado progresivamente hasta llegar a 1'614.000 toneladas en 1975 y las siegas del presente año producirán 1'704.300 toneladas de arroz cáscara ("paddy").

El maíz ha venido empleándose ampliamente en la formulación de raciones animales; McNab y Shannon (1974) establecen que las dietas para aves están representadas en un 75% por cereales. Pero durante los últimos años éste uso ha tendido a reducirse debido a la competencia directa con el consumo humano (Summers, Pepper y Moran, 1972); además, su elevado precio encarece el valor de las raciones y por lo tanto los costos de producción de carne y huevos (Benitez, Rendón y Marín, 1969).

A pesar de que el sorgo puede ser utilizado en alimentación humana en forma semejante a la del maíz, en nuestro país el hombre no compite por su consumo directo, y se usa casi exclusivamente en la elaboración de concentrados por su fácil consecución y bajo precio en comparación con el maíz (Instituto Colombiano Agropecuario, 1973).

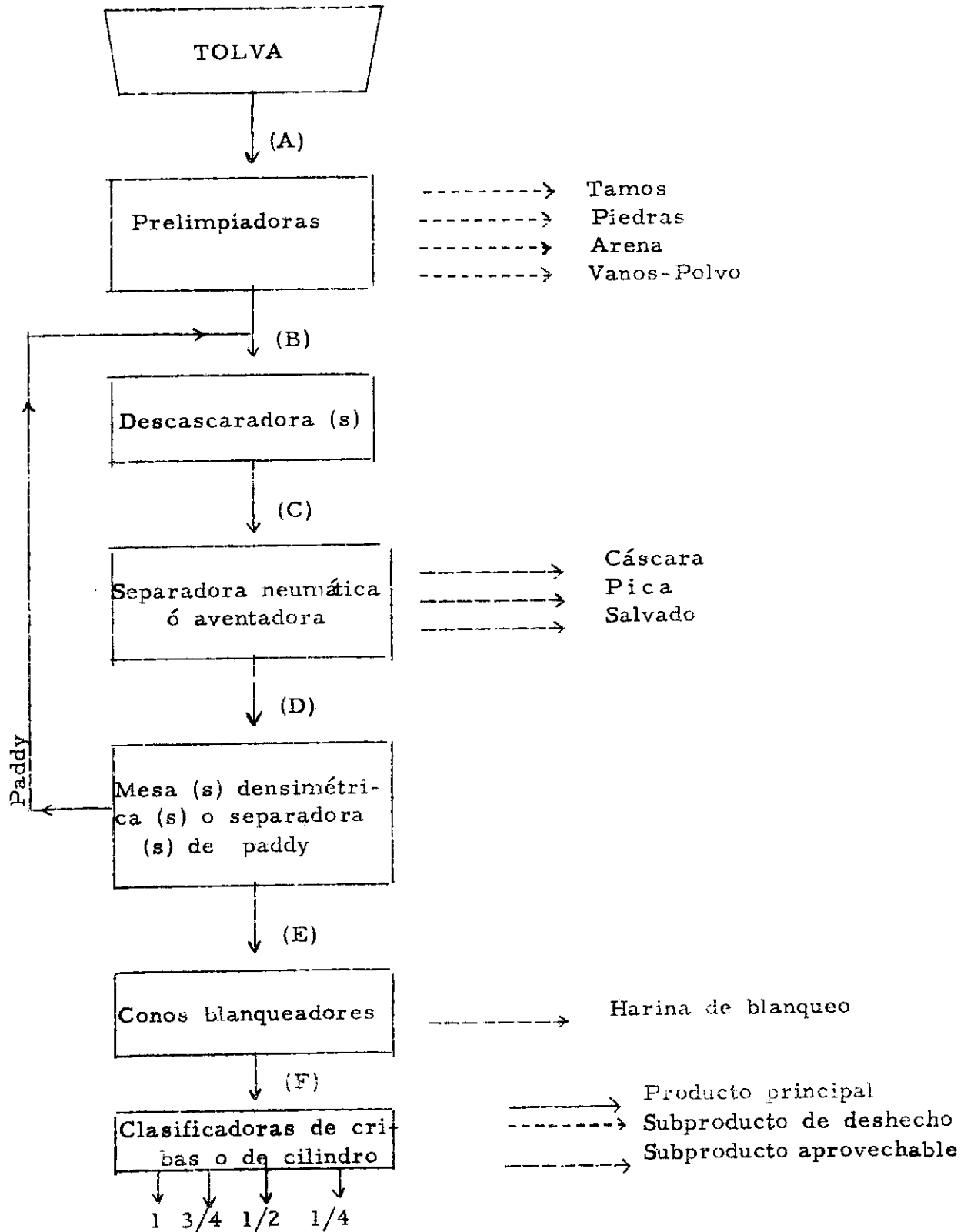
Subproductos del Arroz.

El arroz es utilizado principalmente para alimentar a la

población humana, pero su proceso industrial origina ciertos sub-productos que pueden utilizarse en raciones animales. Para que este cereal pueda ser consumido como alimento por el hombre, debe ser descascarillado y sometido a una molienda abrasiva para remover las capas externas (Vaqueiro y Calderón, 1975).

Marín (1975), describe el proceso diagramado en la Figura 1: la mezcla de arroz e impurezas (A) proveniente de los silos de secamiento es descargada en la tolva principal del molino para ser enviada a una prelimpiadora que se encarga de sacar tamos, arena, etc. Una vez limpio el "paddy" (B), es transportado a las descascaradoras que se encargan de remover la cáscara. De estas máquinas sale una mezcla (C) de arroz descascarado (integral), cáscaras y arroz "paddy", la cual es transportada a un separador neumático ó aventadora cuyo objeto es el de separar las cáscaras de la pica y de los demás productos. La mezcla restante (D) de arroz con cáscara (paddy) y arroz descascarado (integral) es transportada a una mesa densimétrica que separa estos dos productos sacando por un lado el arroz con cáscara que es regresado a la tolva de recibo de las descascaradoras y por el otro el arroz descascarado que continúa el proceso. Este arroz (E) entra a las blanqueadoras, donde se les quita las

FIGURA 1. PROCESO DE MOLINADO.



diferentes capas de pericarpio, así como los tegumentos seminales, la capa de aleurona y el gérmen, siendo succionado por un ventilador que saca del proceso este subproducto llamado harina de blanqueo. El arroz blanqueado (F), continúa el proceso hacia las clasificadoras donde es separado por tamaños de acuerdo con el producto final que se quiera obtener.

Ewing (1963), define la harina de arroz (Rice polishings) como el material pulverulento obtenido como resultado de pulir los granos de arroz, después de que el salvado ha sido removido.

Angladette (1969), indica que este subproducto está constituido por la cariósida, las diferentes capas del pericarpio, los tegumentos seminales y la capa de aleurona, y por proporciones considerables de gérmenes (del 3 al 7%). Aclara así mismo que la denominación "harina" no indica como en molinería, el producto de la molienda (por aplastamiento) del grano, sino el residuo debido al frotamiento sufrido por los granos de "paddy" descascarillados, tras las varias fases de la industrialización, y que los términos de "harinas" son impropios siendo preferibles los de "salvado" y de "harinazas".

Según el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos,

Ewing (1963) expone que de 100 kilogramos de arroz que llegan del campo, aproximadamente se obtiene 65% de arroz pulido, 19% de cascarilla, 8% de salvado, 3% de harina de arroz, 2% de arroz cervecero y 3% de basuras. Según los porcentajes mencionados y los datos de la Oficina de Planeamiento del Sector Agropecuario (Ministerio de Agricultura, 1976), se podría estimar que en 1975 se obtuvieron en el país 48.420 toneladas y que en 1976 se dispondrán de 51.129 toneladas de harina de arroz. Sin embargo, estas cantidades son susceptibles de variación dependiendo del grado de eficiencia de las piladoras. Así, Ara (1973), menciona que en el proceso se consigue 8% de harina, mientras Vaqueiro y Calderón (1975) reducen este porcentaje de 1,2 a 2,2%.

Composición Química.

El maíz amarillo contiene 20,0 mgs de caroteno por kg y proporciona una cantidad apreciable de xantofila (10 mgs por kg) la cual es importante en la pigmentación de la carne de las aves y en el color de la yema de los huevos para el mercado (Benitez, Rendón y Marín, 1969). El sorgo y la harina de arroz carecen de pigmentos carotenoides (Feedstuffs, 1974).

Ewing (1963), menciona que el maíz amarillo contiene de

2,33 a 5,93 microgramos por gramo de tiamina y de 0,84 a 2,02 microgramos por gramo de riboflavina. Feedstuffs (1974) atribuye 3,9 y 1,2 microgramos por gramo respectivamente de tiamina y riboflavina para el sorgo.

El análisis químico de la harina de arroz en cuanto a su contenido vitamínico se ha dirigido especialmente al complejo B. Se ha encontrado que es especialmente alta en ácido nicotínico y en tiamina; Ewing (1963) reporta 25 microgramos de tiamina, 3,5 microgramos de riboflavina y 600 microgramos de ácido nicotínico por gramo. Das y Gosh (1957) encontraron que éste último estaba presente en una cantidad inferior a la mencionada.

El contenido de calcio del maíz es inferior (0,01%) al del sorgo y al de la harina de arroz, aunque en estos últimos tampoco es muy alto: 0,04 y 0,1% respectivamente. El fósforo total se encuentra en mayor cantidad en la harina de arroz (1,4%) comparada con el maíz (0,25%) y el sorgo (0,29%). (Feedstuffs, 1974).

El porcentaje de proteína en el maíz reportado por Summers et al (1972) es de 8,6%; Feedstuffs (1974) menciona 8,9%; las Tablas de Composición de Alimentos de América Latina (1974), dan 9%; y Herrera et al (1970) lo establecen en 10,05%. McDonald et

al (1969), y Tibares y Vélez (1970), afirman que el sorgo tiene 2% más proteína que el maíz, aunque Virupaksha y Sastry (1968) indican que la fracción proteica del sorgo oscila entre 7 y 18% dependiendo de la variedad. Del Rosario (1968) expone que las capas externas del arroz presentan un contenido proteico de más de dos veces el del grano; estas capas se extienden hasta una profundidad equivalente al 20% del grano. Esta es la razón por la cual la abrasión periférica del arroz pulido rinda una fracción rica en proteína, pero si se incrementa demasiado el tiempo de abrasión, el contenido de proteína tiende a disminuir.

Forsum (1975) indica que la proteína del maíz amarillo es muy baja en triptófano y lisina y la harina de arroz es relativamente baja en lisina. Sykes (1970) al comparar la composición de aminoácidos del maíz y del sorgo establece que este último es más pobre que el primero en metionina y cistina. Otero y López (1974) mencionan a Adrian y Sayerse (1957), quienes establecen que el sorgo tiene un bajo contenido en lisina, metionina, triptófano y arginina, mientras tiene un exceso de isoleucina y leucina comparado con las necesidades de crecimiento de los pollos. La Tabla 1 muestra el patrón de aminoácidos de los tres cereales.

El sorgo tiene alrededor de 1% menos grasa que el maíz

TABLA 1. Composición de aminoácidos del maíz, sorgo y harina de arroz, comparados con los aminoácidos esenciales requeridos para la iniciación (0-6 semanas) de pollos de engorde.^{1/} Valores expresados como porcentaje de la proteína.^{2/}

Aminoácido	Requerimientos	Maíz	Sorgo	Harina de Arroz
Arginina	6,09	5,84	3,64	5,36
Lisina	5,43	2,47	2,45	4,45
Histidina	2,0	2,13	2,45	1,73
Metionina	3,7	1,31	0,71	1,64
Cistina	1,74	1,46	1,82	0,91
Triptófano	1,0	1,01	0,82	1,27
Fenilalanina	6,5	4,94	4,09	3,18
Isoleucina	3,74	4,16	5,45	3,0
Treonina	3,47	3,82	2,45	3,09
Valina	4,34	4,72	4,82	6,18
Glicina	5,0	3,71	2,73	6,18
Proteína % ^{3/}	23	8,9	11	11,5
E. Metabolizable				
Mcal/kg	3,2	3,37	3,26	3,3

^{1/} N. R. C. Nutrient Requirements of Poultry. 1972.

^{2/} Feedstuffs Ingredient Analysis Table. 1975

^{3/} Expresada como porcentaje de la dieta de ingrediente.

(McDonald et al, 1969); en tanto que la harina de arroz tiene un alto porcentaje de grasa, la cual por estar constituida en gran proporción por ácidos grasos insaturados, hace de este subproducto un material susceptible de enranciarse (McDonald et al, 1969; Vaqueiro y Calderón, 1975).

Para el maíz amarillo se ha reportado en Colombia la siguiente composición proximal: humedad 13,20%; proteína 10,05%; grasa 4,38%; fibra 1,95%; ceniza 2,12% y E.N.N. 68,28% (Herrera et al, 1970). Los mismos autores estiman para el sorgo: humedad 13,79%; proteína 13%; grasa 2,75%; fibra 3,26%; ceniza 2,81% y E.N.N. 64,92%.

En general, la composición química de los subproductos de la industrialización del arroz está sujeta a amplias variaciones, ocasionadas a más de las diferencias en el proceso por frecuentes adulteraciones. Maymone et al (1958) encontraron que el porcentaje de materia seca fue de 89 a 91%; la composición expresada como porcentaje de la materia seca fue: proteína cruda 11-16% y E.N.N. 42-44%. El alto contenido de fibra y ceniza se tomó como indicativo de adulteración con cáscara de arroz. Ewing (1963) describe para la harina de arroz: materia seca 89,8% ;

proteína 12,8%; grasa 13,2%; fibra 2,8%; cenizas 9,6% y E.N.N. 51,4%. Herrera et al. (1970) exponen los siguientes valores: materia seca 89,3%; proteína 15,87%; fibra 2,04%; ceniza 2,08% y E.N.N. 41,43%. Isaza (1973) reporta: materia seca 89,73%; proteína 15,22%; fibra 8,93%; grasa 17,75%; cenizas 10,16% y E.N.N. 37,67%.

Valor Nutritivo.

La cantidad de maíz que puede emplearse en raciones para animales no presenta límite, siempre y cuando se cumplan los requisitos nutricionales para el propósito con el cual se suministra el alimento. El sorgo puede emplearse en lugar del maíz con base en la equivalencia de nutrientes, pero Thayer (1965) aclara que esto no significa que el sorgo pueda sustituir kilo por kilo al maíz puesto que dichos granos tienen diferente contenido de nutrientes. La cantidad que puede emplearse en una ración para aves, está limitada únicamente por su composición nutritiva. En varios países se han recomendado y empleado con éxito, en condiciones comerciales de producción, niveles de sorgo superiores al 60%. Este mismo autor menciona que existe un problema de palatabilidad cuando se suministran a las aves variedades de sorgo de cutícula obscura, debido principalmente al alto contenido de ácido tánico en las

mismas. Estas variedades pueden usarse siempre y cuando se muele el grano y el nivel no pase del 10%.

Ewing (1963) afirma que la harina de arroz contiene cantidades suficientes de proteína, grasa, carbohidratos, hierro, calcio y fósforo para hacer de este material un alimento adecuado para usar en dietas para animales.

Buvanendran (1961) alimentó ponedoras desde el nacimiento hasta los 545 días, con dietas que contenían 20, 30, y 50% de salvado de arroz, concluyó que este producto puede incluirse en un 20% en las raciones de inicio y crecimiento, en tanto que en el período de postura este porcentaje puede incrementarse hasta 30%.

Rao et al (1966), compararon con pollos de engorde una ración standard con una compuesta por 40% de harina de arroz. A las cuatro semanas el consumo y ganancia de peso fue semejante. De las cuatro a las ocho semanas, el consumo y la ganancia de peso de los pollos alimentados con la dieta a base de harina de arroz fueron menores que los obtenidos para los pollos que recibieron la ración standard, pero no hubo diferencia significativa en eficiencia de conversión de alimento a carne. La ración con 40% de harina de arroz fue 30% más económica que la standard.

En 1968, Rao et al probaron cuatro raciones económicas y prácticas para postura, conformadas con 40% de harina de arroz ordinaria ó 40% de harina de arroz desengrasada con ó sin 25% de maíz amarillo. La ración con 40% de harina de arroz ordinaria y 25% de maíz fue la mejor y la más económica por docena de huevos. La harina de arroz desengrasada redujo los valores de Energía Metabolizable de la dieta.

Ayala (1968), trabajando con pollos de carne a los cuales suministró raciones con diferentes niveles de harina de arroz en sustitución del maíz, encontró que este reemplazo puede efectuarse a niveles de 5 a 25%, sin que se encuentren diferencias significativas con el control en cuanto a la ganancia de peso.

Luna (1971), luego de trabajar en un experimento similar, recomienda el empleo de la harina de arroz a niveles del 15% en raciones para pollos de engorde aunque hace énfasis en nuevos ensayos con este subproducto para establecer el nivel óptimo de reemplazo.

Arteaga y Cuca (1972) evaluaron las puliduras de arroz como sustituto del maíz en raciones para pollos en cría y finalización. En el primer experimento las sustituciones de maíz por

pulido de arroz fueron a niveles de: 0, 25, 50, 75 y 100%. En el período de iniciación las aves del 100% de harina de arroz consumieron menos alimento, en comparación con los cuatro tratamientos restantes. Durante el acabado los pollos que ganaron mayor peso fueron los de los tratamientos con 0, 25 y 50% de pulido de arroz. En un segundo experimento en el que se substituyó el maíz por harina de arroz en proporciones de: 0, 10, 20 y 40%, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas para ganancia de peso en ninguno de los niveles usados. Sin embargo, los pollitos de la ración control (0% de harina de arroz) fueron más eficientes en su conversión alimenticia. Concluyeron que la harina de arroz puede substituir al maíz hasta un 40% en raciones para aves.

Energía Metabolizable.

Hochstetler y Scott (1975) establecen que la necesidad de valores exactos de energía de las materias primas nunca ha sido mayor que actualmente, debido al incremento en el costo de los alimentos, ya que la intensidad energética de las dietas determina el consumo diario de aminoácidos, vitaminas y minerales.

Hill y Anderson (1958) resumen la información de nutrición

energética en: 1. Datos de digestibilidad propuestos por Olsson (1950) y Frapps (1946) para los materiales alimenticios más comunes, expresados como coeficientes de digestibilidad para proteína, grasa y extracto no nitrogenado. Estos datos están sujetos a las limitaciones de los métodos usados para la separación química ó física de las heces y la orina en la excreta, ó a las dificultades de usar la separación quirúrgica. 2. Valores de Energía Metabolizable directamente determinados y 3. Datos de Energía Productiva, como estimativo de la Energía Neta basados en una técnica de análisis de las carcazas, usando pollos en crecimiento.

Para la mayoría de los propósitos, la Energía Metabolizable y la Energía Neta son las medidas de mayor utilidad. El National Research Council (NRC, 1966) define la Energía Metabolizable como la Energía Bruta del alimento, menos la Energía Fecal, menos la Energía de los productos gaseosos de la digestión, menos la Energía Urinaria. Esto incluye toda la energía que puede ser usada por el animal (Titus, 1961). La Energía Metabolizable corregida para nitrógeno es igual al balance anterior corregido para el nitrógeno retenido ó perdido por el cuerpo. Para aves el factor de corrección generalmente usado es 8,22 Kcal, debido a que este factor representa la energía equivalente del ácido úrico por gramo

de nitrógeno.

La Energía Neta para producción es definida por el National Research Council (NRC, 1966) como la fracción de energía requerida, en adición a aquella necesaria para mantenimiento corporal, para ejecutar trabajo o realizar ganancia de tejidos (crecimiento y/o producción de grasa), o formación de: feto (hembras), semen (machos), leche, huevos, piel, lana o plumas.

Hill y Anderson (1958); sostienen que la Energía Metabolizable es una medición precisa del contenido energético para pollos y que la estimación de la Energía Productiva está asociada con un alto grado de variación.

Titus (1961), concluye que el uso de la Energía Metabolizable es más ventajosa que el de la Energía Productiva en raciones para aves. Matterson et al (1965) prefieren utilizar valores de Energía Metabolizable porque es reproducible en diferentes laboratorios, poco afectada por el balance nutricional, está altamente correlacionada con el desarrollo corporal, no es muy influenciada por diferencias genéticas y es relativamente fácil de determinar mientras que la Energía Productiva no es reproducible fácilmente, es influenciada por el balance nutricional y por las alteraciones

de concentración (peletización) y es muy influenciada por diferencias genéticas. (Razas para producción de carne Vs. producción de huevos).

Isaza (1973), menciona que los métodos directos para la estimación de Energía Metabolizable incluyen dos técnicas: colección total de excretas y el uso de indicadores, y hace referencia a Sibbald et al (1960), Sibbald y Slinger (1963) y Carew (1973), quienes están de acuerdo en afirmar que la técnica para determinar Energía Metabolizable con el uso de indicadores es la más recomendable ya que evita el pesaje del alimento consumido y la colección total de heces y orina.

Dos inconvenientes principales se le han inculcado al método directo de determinar la Energía Metabolizable por medio de indicadores: el primero es la cuantificación del óxido de cromo en las dietas y la excreta, pues existen amplias variaciones en la relación óxido de cromo en la dieta/óxido de cromo en la excreta entre diferentes laboratorios. Carew (1973). El otro problema consiste en la diferencia de opiniones en cuanto al factor de corrección que debe ser usado para el nitrógeno retenido. Así, Hill y Anderson (1958) asumen que el nitrógeno retenido en el cuerpo debe, si fuera catabolizado, ser excretado como ácido

úrico, que contiene 8,22 Kcal/gm de nitrógeno, mientras Titus (1961) propone que un factor de corrección para nitrógeno de 8,73 Kcal/gm de nitrógeno debe usarse debido a que este representa, según este autor más realmente el contenido energético del nitrógeno en los productos excretados por el pollo. Investigaciones posteriores como las de Potter et al (1960, 1961), y Matterson et al (1965), reconocen validéz al primer factor.

Sibbald et al (1962), mencionan que la técnica más simple para medir la Energía Metabolizable de los ingredientes para raciones avícolas es proporcionar el material a probarse solo y determinar su Energía Metabolizable directamente. Este método ha sido criticado pues las dietas que consisten de ingredientes únicos son deficientes en muchos nutrientes y su utilización puede ser anormal (Baldini, 1960; Sibbald et al, 1960). Matterson et al (1958), reportan que el maíz suministrado solo tiene un valor de Energía Metabolizable menor que cuando se da en combinación con otros ingredientes.

Un segundo procedimiento es el propuesto por Anderson et al (1958). Esta técnica incluye el suministro de una dieta control que contiene un ingrediente de Energía Metabolizable conocida

y una dieta de prueba similar a la testigo, pero en la cual el material de referencia es reemplazado por el ingrediente a evaluarse. Se determina la Energía Metabolizable de las dos dietas y se calcula el contenido de Energía Metabolizable del material problema. En 1955 y 1958 Anderson et al, determinaron la Energía Metabolizable de la glucosa que fue estimada en 3,64 Mcal/kg. Este valor ha servido como referencia para determinar el contenido de Energía Metabolizable de los ingredientes de raciones prácticas. A este procedimiento se le hacen las siguientes críticas: el material de referencia debe ser relativamente puro y de composición constante; se asume que la utilización de este material no se afecta por los ingredientes con los que se combinan y por fin, las dietas control ó de prueba pueden contener un exceso ó una insuficiente cantidad de varios nutrientes, aunque el grado de imbalance de nutrientes no es tan severo como en el procedimiento donde el material problema se da solo (Sibbald et al, 1962).

Se han hecho estudios empleando una tercera técnica en la cual una dieta basal y una dieta de prueba, ambas de valor energético desconocido, se suministran. Se determina el valor de la Energía Metabolizable de ambas dietas y se calcula la Energía Metabolizable del ingrediente prueba por diferencia. Este proce-

dimiento también se critica pues una ó ambas dietas pueden ser nutricionalmente imbalanceadas (Sibbald et al, 1962).

Sibbald y Slinger (1963a) reportan que los pollos de dos semanas de edad al comienzo del ensayo parecen ser apropiados para probar la Energía Metabolizable, pues datos obtenidos con pollos más jóvenes pueden ser erróneos probablemente debido a la absorción de nutrientes del material de la yema depositado en la cavidad abdominal.

Dado que las dietas del período del ensayo son completamente diferentes de la dieta de inicio, es usual permitir a los pollos un período de acostumbramiento antes de comenzar a coleccionar las muestras de excreta. Basados en la observación de Jakobson et al (1960), según la cual la fibra cruda y la excreción de materia seca orgánica de las gallinas llega a ser relativamente constante dentro de las 24 horas del cambio de dieta, Sibbald y Slinger (1963b) efectuaron un experimento para estudiar la variación día a día en los valores de Energía Metabolizable seguidos al cambio de la dieta de iniciación a la dieta experimental. Encontraron que los valores de Energía Metabolizable se incrementaban rápidamente durante los cuatro primeros días, y después perma-

necían constantes. Esto sugiere que es necesario un período mínimo de cuatro días de acostumbramiento.

En cuanto a los valores de Energía Metabolizable del maíz, para avicultura se reportan entre otros: 3,366 Mcal/kg (Feedstuffs, 1974); 3,322 Mcal/kg (Summers et al, 1972); 3,160 Mcal/kg (McNab y Shannon, 1974) y 3,075 Mcal/kg (Isaza, 1973). Para sorgo: 3,256 Mcal/kg (Feedstuffs, 1974); 3,374 Mcal/kg (Matterson et al, 1965) y 2,900 Mcal/kg (Isaza, 1973). El contenido energético de la harina de arroz ha sido poco estudiado especialmente en Sud América. Feedstuffs, (1974) da un valor de Energía Metabolizable de 3,3 Mcal/kg; Matterson et al (1965) indican 2,882 Mcal/kg; e Isaza (1973) encontró 2,675 Mcal/kg.

Evaluación Biológica de la Calidad Proteíca.

Said y Hegsted (1969) afirman que generalmente se asume que el valor nutritivo de las proteínas depende de las cantidades de los aminoácidos que ellas contienen relativas a las cantidades de esos aminoácidos requeridos por el animal que las consume.

La determinación de la proteína digestible no es un dato absolutamente satisfactorio para juzgar una proteína, ya que la

eficiencia con la que la proteína absorbida se emplea, varía considerablemente según su procedencia (McDonald et al, 1969).

Basándose en este punto, se han ideado métodos para valorar este nutriente mediante la respuesta de los animales de experimentación a una proteína determinada.

Mitchell (1943) entre una serie de consideraciones que deben anotarse en la determinación del valor biológico de las proteínas de los alimentos expone que el nitrógeno fecal consta de dos fracciones: nitrógeno de origen alimenticio y nitrógeno de origen corporal, este último también denominado nitrógeno metabólico de las heces. El nitrógeno de la dieta sirve para dos propósitos generales en el cuerpo animal: mantener la integridad de los tejidos, reemplazando las pérdidas de nitrógeno ocurridas en el catabolismo endógeno, y servir como material estructural en la formación de nuevos tejidos en crecimiento y secreciones, reproducción y lactancia. La primera función es el componente predominante en los requerimientos para mantenimiento, pero el nitrógeno así reemplazado no contribuye al balance positivo de nitrógeno del animal. La segunda función representa los requerimientos para producción, y cuando está operando hay un balance positivo de nitrógeno. Por lo tanto, una consideración de la fun-

ción productiva de la proteína con exclusión de la función de mantenimiento en la evaluación de la proteína dietética, lleva a una subestimación de la bondad de esta. Se espera que la utilización del nitrógeno absorbido para propósitos corporales sea mayor a más bajos niveles de consumo. Si se incrementa el nivel de proteína, el porcentaje de su utilización puede decrecer. Así, la evaluación biológica del nitrógeno dietético debe hacerse a niveles de nutrición proteica que sean escasamente los adecuados para cubrir los requerimientos de nitrógeno del animal, o para mayor seguridad que sean ligeramente inadecuados. En esta forma se promueve el crecimiento subóptimo para que sea posible detectar y determinar diferencias pequeñas entre proteínas.

Procedimientos para Evaluar Biológicamente las Proteínas.

Coefficiente de eficiencia proteica: Se define como la ganancia en peso por unidad de peso de proteína ingerida. Este valor varía con el nivel de ingestión de proteína y para diferentes proteínas el máximo se obtiene a distintos niveles, (McDonald et al, 1969). Summers y Fisher (1961), enumeran a más del indicado, los siguientes defectos: los requerimientos para mantenimiento de los animales no se toman en cuenta, y la asunción de

que la ganancia de peso corporal es indicativa de la proteína depositada en los tejidos. Estos puntos han sido obviados por Bender y Doell (1957) quienes incluyen un grupo control alimentado con una dieta libre de nitrógeno. La diferencia entre el peso de este grupo y los animales experimentales se usa en lugar de la ganancia de peso de los animales de la dieta prueba. Este procedimiento permite considerar los requerimientos para mantenimiento, y evaluar proteínas de pobre calidad que no promueven crecimiento.

Balance de nitrógeno: Es un método basado en el concepto de que el nitrógeno ingerido en el alimento es almacenado en forma de proteína, o sino eliminado a través de la orina y de las heces (Martínez y Mendoza, 1975). Summers y Fisher (1961), mencionan que este procedimiento ha tenido poca aplicación en avicultura, por la evacuación conjunta de orina y heces y que los pocos estudios reportados se han efectuado por una modificación quirúrgica del ave ó por una separación química de la orina y heces de una colección total de excretas.

Valor biológico: Constituye una medida directa de la proporción de la proteína del alimento que puede ser utilizada por el animal para sintetizar sustancias orgánicas y tejidos corporales,

y puede definirse como el porcentaje de nitrógeno absorbido que es retenido por el animal (McDonald et al, 1969).

Valor neto de la proteína: El método clásico para la determinación del valor neto de la proteína es la multiplicación del valor biológico determinado por el balance del nitrógeno, por el coeficiente de la digestibilidad verdadera de la proteína (Forbes y Yohe, 1955; McDonald et al, 1969).

Bender y Miller (1953) propusieron el análisis de la carcaza en vez del balance del nitrógeno para la determinación del valor neto de la proteína usando ratas; Forbes y Yohe (1955) probaron con animales de la misma especie el nuevo método encontrándolo preciso. En 1961, Summers y Fisher introdujeron el método del análisis de la carcaza para ser usado con pollos.

Said y Hegsted (1969) basados en la correlación que existe entre el contenido de nitrógeno y humedad de las carcazas, creen que la medición de la respuesta mediante el contenido de humedad es un estimativo mejor y más sencillo que mediante el contenido de nitrógeno.

Summers y Fisher (1961) estiman el valor neto de la proteína mediante el procedimiento de la Eficiencia de Retención de la

Proteína, método en el cual se substituyen los cambios de peso corporal por los cambios de nitrógeno directamente medidos.

Al probar el valor neto de la proteína con niveles diferentes de proteína dietética, Fisher y Griminger (1969) encontraron que los valores obtenidos con 10% de proteína en la dieta fueron apreciablemente más altos que con un nivel de 13% de proteína dietética; esto refuerza el planteamiento hecho por Summers et al (1964) de que la utilización proteica decrece en la misma proporción en que se incrementa su nivel en la dieta.

3. MATERIALES Y METODOS

Plan Experimental.

En la Sección Avícola del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias "Tibaitatá" del Instituto Colombiano Agropecuario, localizada a 2.640 m.s.n.m. con una temperatura promedio de 13°C y una precipitación anual de 631 mm, se realizaron cuatro experimentos con pollos de engorde alojados en baterías durante todo el período experimental. En los dos primeros ensayos se evaluó la Energía Metabolizable y la calidad proteica de dos cereales de uso común en la alimentación avícola (maíz y sorgo) y un subproducto del procesamiento del arroz (harina pura). En los ensayos restantes se introdujo la harina de arroz en dietas para cría y acabado de pollos para carne a expensas de las calorías proporcionadas por el sorgo ó el maíz en tal forma que la Energía Metabolizable aportada por estos dos cereales en la dieta, era reemplazada a niveles de 0 - 25 - 50 - 75 y 100% por calorías de harina de arroz.

Para los estudios de calidad proteica y valor energético se suministró durante el período pre-experimental una dieta estándar.

dar para cría de pollos en forma de un molido fino calculada para que contuviera 23% de proteína y 2.950 Megacalorías (Mcal) de Energía Metabolizable por kilogramo de alimento. La mezcla de vitaminas y minerales se muestra en la Tabla 2.

En el experimento No. 1, 96 machos Ross de dos semanas de edad fueron colocados en baterías criadoras donde consumieron las dietas experimentales durante 11 días. Tres productos energéticos, maíz, sorgo y harina de arroz fueron valorados para Energía Metabolizable. Cada tratamiento consistía de tres grupos de ocho pollos cada uno. Los pesos fueron tomados en forma individual al comienzo y al final del experimento. Las aves consumieron el alimento durante un período de ajuste de siete días seguido de un período de cuatro días durante los cuales las heces fueron colectadas evitando contaminación por alimento desperdiciado. La dieta basal contenía 40 por ciento de sacarosa la cual fue reemplazada completamente en las dietas problema por harina de arroz, maíz y sorgo (dietas B - C y D) (Tabla 3). Las heces recolectadas fueron secadas a 60°C hasta humedad constante, luego se mezclaron completamente para cada grupo, las plumas fueron retiradas y una muestra de ellas como también del alimento fueron analizados para Energía Bruta. El

nitrógeno fue determinado por el método de Kjeldahl (A. O. A. C. 1975) y el óxido de cromo por el método de Bateman (1970).

De estos resultados la Energía Metabolizable de las dietas como también del maíz, sorgo y harina de arroz fueron determinadas en base a materia seca y corregida a nitrógeno retenido mediante el uso de las fórmulas propuestas por Matterson et al (1965).

En el experimento No. 2 de 14 días de duración, 96 pollos machos fueron divididos de acuerdo a pesos promedios semejantes en tratamientos de tres grupos con ocho animales cada uno. La dieta A fue usada como control y fue calculada libre en nitrógeno. Azúcar de caña se utilizó como fuente de calorías de carbohidratos y se agregó aceite de maíz para suministrar ácido linoleico. Las dietas B, C y D contenían respectivamente harina de arroz, maíz amarillo y sorgo como única fuente de nitrógeno de tal forma que el contenido de proteína total de la ración no excediera del 12%. (Tabla 4).

El experimento se dividió en períodos de siete días al final de los cuales las aves se pesaron individualmente, se controló el consumo de alimento por diferencia entre lo suministrado y el

remanente.

Al finalizar el experimento las aves se sometieron a un ayuno de 12 horas luego del cual dos animales cerca a la media de la población del grupo fueron sacrificados por fractura cervical evitando pérdidas de sangre. No se removieron las plumas y los cuerpos completos fueron congelados antes de molerlos y de tomar muestras para análisis de nitrógeno y humedad según las técnicas del A.O.A.C. (1975). El alimento fue analizado para los mismos factores. El valor neto de la proteína fue calculado por las fórmulas propuestas por Bender y Miller (1953).

$$\text{VNP} = \frac{\text{Ct} - \text{Cn} + \text{An}}{\text{At}}$$

En donde:

- Ct : Nitrógeno de la carcaza de la dieta problema
- Cn : Nitrógeno de la carcaza de la dieta libre de nitrógeno.
- An : Nitrógeno consumido con la dieta libre en nitrógeno.
- At : Nitrógeno consumido con la dieta problema.

El valor de la eficiencia de la retención proteica fue deter-

minada usando la ecuación propuesta por Summers y Fisher (1961):

$$\text{ERP} = \frac{\text{Gt} - \text{Gn}}{\text{Pi}} \times \text{Cp}.$$

En donde:

- Gt : Ganancia ó pérdida de peso con la dieta prueba.
- Gn : Ganancia ó pérdida de peso con la dieta libre en nitrógeno.
- Pi : Consumo de proteína con la dieta problema.
- Cp : Porcentaje de proteína promedio en los cuerpos completos (peso húmedo) de las aves bajo las condiciones específicas del estudio.

En base a los datos sobre Energía Metabolizable de los ingredientes analizados en el ensayo No. 1, y los valores proximales obtenidos en el laboratorio (Tabla 5) se planearon los experimentos 3 y 4 de ocho semanas de duración y en los cuales las calorías aportadas por el sorgo y el maíz, fuente energética principal de la dieta control, eran reemplazadas por calorías de harina de arroz en porcentajes del 0 - 25 - 50 - 75 y 100% (dietas A - B - C - D y E).

Todas las dietas eran isocalóricas y mantenían mediante la

adición en forma sintética, la relación aminoácidos más limitantes (lisina y metionina) y energía. (Tablas 6, 7, 8 y 9).

Cada experimento constaba de 90 pollos de engorde sin sexar repartidos según el mismo peso promedio en cinco tratamientos de tres repeticiones cada uno. Las aves fueron alojadas en baterías criadoras desde el primer día de edad hasta las cinco semanas (período de cría) en donde recibieron las dietas de iniciación para luego ser trasladadas a baterías finalizadoras, época en la cual consumieron la ración de ceba hasta la octava semana cuando concluyeron los ensayos.

Se llevaron controles de peso individual y consumo de alimento para los períodos de cría y ceba y a las cinco semanas se identificaron las hembras de los machos fenotípicamente. Al finalizar los experimentos dos animales cerca a la media del peso del grupo fueron sacrificados para los estudios de rendimiento en canal dándose un mayor énfasis a las pérdidas por plumas y vísceras no comestibles.

En todos los ensayos el agua y el alimento se suministraron a voluntad y las prácticas de manejo y el sacrificio de los pollos en los dos últimos ensayos fueron las comúnmente usadas en el

Programa de Avicultura del ICA.

Los resultados fueron sometidos a análisis de varianza, en un diseño de bloques al azar. Los que presentaron diferencias significativas ($P < .05$) fueron probados mediante el Rango Múltiple de Duncan.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

En la dieta control del ensayo No. 1 el material referencia fue reemplazado respectivamente por harina de arroz, maíz y sorgo siguiendo el procedimiento propuesto por Matterson et al (1965) pero con la diferencia de la utilización de sacarosa en lugar de glucosa. La Tabla 10 contiene los valores de Energía Metabolizable de los materiales probados y que fueron respectivamente 3,275; 3,297 y 3,060 Mcal/kg para harina de arroz, maíz y sorgo (Tabla 10). El porcentaje de Energía Bruta obtenida como metabolizable con los diferentes materiales analizados fue respectivamente 72, 83 y 77% para harina de arroz, maíz y sorgo. Esto es explicable en el caso de la harina de arroz por el alto contenido de fibra (8.66% vs. 1.52 y 2.64) y probablemente porque según Zivkovic y Bowland (1963), citados por Ara (1973) la digestibilidad del extracto no nitrogenado se reduce con el mayor contenido de grasa de la ración. La primera afirmación podría hacerse del sorgo porque este material contiene 73% más de fibra que el maíz sin olvidar que las fuentes de energía del cereal pudieron haber sido utilizados más deficientemente por el animal. Además, el maíz contenía casi el doble

de grasa en base a materia seca.

Los valores obtenidos son inferiores a los reportados por Feedstuffs (1974). Sin embargo, la figura para harina de arroz fue superior a la indicada por Scott (1969), Matterson et al (1965) e Isaza (1973) y la determinada para el maíz 7% superior a la reportada por este último autor. El valor analizado para el sorgo comparado con los indicados por los mismos investigadores fue inferior en todos los casos, pero 10.5% superior al reportado por Isaza para sorgo siguiendo el método propuesto por Squibb (1971). Los datos determinados en el presente ensayo (Tabla 10) para maíz y harina de arroz fueron bastante similares lo cual podría explicarse por el alto contenido de grasa de la harina de arroz (17,1%) factor que podría elevar el contenido energético ya que comparativamente este subproducto contiene solo el 59% del extracto no nitrogenado del maíz. El sorgo solo proporcionó el 93 y 94% de la energía del maíz y de la harina de arroz respectivamente lo cual podría ser consecuencia de una menor utilización de las fuentes energéticas de esta materia prima comparado con el maíz porque aunque los porcentajes de E.N.N. fueron semejantes, el maíz contenía 41% más de grasa y 73% menos de fibra que el sorgo.

En el ensayo No. 2 se utilizó como control una dieta libre

en nitrógeno porque este procedimiento permite evaluar las proteínas de pobre calidad que no promueven crecimiento como sería el caso de fuentes energéticas como la harina de arroz, maíz y sorgo. Las dietas con la proteína problema, fueron elaboradas en base a los porcentajes proteicos reportados por Feedstuffs (1974). Como era de esperarse los animales en la dieta control (libre en nitrógeno) perdieron peso porque excretan considerables cantidades de nitrógeno en las heces el cual debe originarse y partir de compuestos nitrogenados del cuerpo animal (Kleiber 1972; Summers y Fisher, 1961). Las aves que recibieron sorgo y maíz como única fuente de proteína recibieron cantidades de proteína levemente superiores a lo requerido para mantenimiento como lo atestiguan las ganancias de peso alcanzadas (2,8 y 3,3 gramos por día) y la baja eficiencia en la conversión de alimento a carne (13,7 y 17,9%) lo cual, concuerda con las apreciaciones de Mitchell (1943) respecto a la evaluación de calidad de proteínas (Tabla 12). Aunque los animales con sorgo consumieron más proteína la eficiencia en la utilización de ésta fue menor, indicio de inferior calidad como pudo comprobarse con los valores netos y eficiencia en la retención obtenidos al procesar los datos (Tabla 13) y por los reportes de Otero y López (1974) quienes obtuvieron 5% menos de digestibilidad en la proteína del sorgo comparada con la del maíz. Las

aves que recibieron harina de arroz como única fuente proteica aumentaron más de peso y su eficiencia alimenticia fue mejor ($P < .05$) a la obtenida con sorgo y maíz, pero esto no fue consecuencia de una mejor calidad proteica (Tabla 13) sino a un mayor consumo de alimento, no explicable por el contenido energético de las dietas ya que la ración B (harina de arroz) tenía más energía que las C y D (maíz y sorgo) sino mas bien por el alto contenido de grasa de B (13,3% vs. 3,85 y 2,74% de las dietas con maíz y sorgo) la cual podría dar una mejor textura al alimento y en consecuencia incentivar el consumo por parte del ave. El mayor contenido de grasa de la dieta con proteína de arroz pudo haber disminuído el incremento de calor (Forbes, 1944), el cual según lo propuesto por Fuller y Mora (1973) citado por Rendón (1975) influencia el consumo voluntario de alimento lo cual está en concordancia con la teoría de Brobeck (1960) citado también por Rendón (1975), quien propuso que el mecanismo termostático está relacionado con la termoregulación mientras que el incremento de calor causa saciedad.

Otra posible explicación para el mayor consumo podría ser el menor consumo de carbohidratos con la dieta a base de harina de arroz en contraste con maíz y sorgo los cuales contienen 70% más

de E.N.N., esta condición podría originar hipoglicemia y como consecuencia una mayor secreción de glucagón, Harper (1973), hormona que estimularía el consumo de alimento por el animal.

La composición de las carcazas en nitrógeno y humedad para las diferentes fuentes proteicas y en particular la relación agua:nitrógeno (A:N) aparece en la Tabla 14, esta relación de acuerdo con Bender y Miller (1953) permanece constante en la rata bajo condiciones diferentes de alimentación, sin embargo en el presente trabajo esta relación fue diferente ($P < .05$) entre la dieta libre en nitrógeno y la que contenía harina de arroz como única fuente proteica, esto puede ser consecuencia de errores analíticos en la determinación de nitrógeno ya que Said y Hegsted (1969) afirman que esta determinación en las carcazas está sujeta a inexactitudes por el contenido de grasas de las mismas y a la laboriosidad del procedimiento, esto puede ser corroborado por los coeficientes de variación obtenidos en el experimento, 2,34% en determinación de humedad y 6,42% en el análisis de nitrógeno; aunque el mayor contenido de nitrógeno en las carcazas de los pollos alimentados con harina de arroz pudo ser consecuencia del mayor consumo de alimento y por lo tanto de proteína, como fue mencionado anteriormente y lo cual coincide con los experimentos

realizados por Summers y Fisher (1961) quienes obtuvieron mayor cantidad de nitrógeno y mas humedad en las carcazas cuando el nivel proteico fue mayor en la dieta.

Los valores netos de proteína y la eficiencia en la retención proteica (Tabla 13) fueron marcadamente constantes para los diferentes ingredientes analizados lo cual asegura la validéz de los resultados, sin embargo la proteína del maíz fue 28 y 32 porciento superior en calidad cuando se compara respectivamente con sorgo y harina de arroz lo cual es consecuencia de un mejor balance de aminoácidos del maíz (Tabla 1).

Los resultados de los experimentos 3 y 4 están consignados en las Tablas 15 a 22. El sorgo y el maíz fueron reemplazados por harina de arroz únicamente en consideración al nivel energético proporcionado por el cereal. Debido al mayor contenido proteico del subproducto del arroz, a mayor nivel de harina, mayor fue el contenido de proteína de la dieta, sin embargo la relación aminoácidos-esenciales energía se conservó por adición de aminoácidos sintéticos (Tabla 6 a 9). Las dietas a base de sorgo por ser su contenido de Energía Metabolizable inferior al del maíz y al del arroz fueron suplementadas con sebo animal para aumentar la energía.

Durante la fase de cría (0 - 5 semanas) expuesta en la Tabla 19, no se obtuvieron diferencias en peso, consumo de alimento y eficiencia alimenticia ($P < .05$) cuando se sustituyó el maíz por la harina de arroz, pero el grupo control con 100% de sorgo (Tabla 15) ganó más peso y consumió más alimento ($P < .05$) que los grupos con 25, 50, 75 y 100% de calorías proporcionadas por arroz esto pudo haber sido consecuencia de un mayor número de machos (59%) en este grupo comparado con los demás tratamientos los cuales contenían 50, 66, 56 y 61 por ciento de hembras respectivamente (dietas B - C - D y E) como se puede apreciar en la Tabla 15, lo cual coincide con las observaciones de Smith et al (1954) quienes concluyeron que los machos alcanzan peso comercial en un tiempo aproximado de dos semanas inferior al de las hembras, aunque la eficiencia alimenticia sea igual para los dos sexos. En consecuencia el consumo de Energía Neta y aminoácidos esenciales fue superior en el grupo control con sorgo en contraste con una menor ingestión de fibra (Tabla 18) lo cual benefició el peso de estos animales. En las dietas con superior cantidad de calorías de maíz (100 y 75%) la mayor cantidad de machos en los tratamientos con más maíz y en consecuencia la mayor habilidad para alcanzar pesos corporales más elevados pudo haber sido contrarrestada por la calidad de la dieta

la cual no permitió desarrollar todo el potencial genético en estas aves, pero si en las alimentadas con la combinación maíz-harina de arroz haciendo más altas las ganancias de peso en estos grupos comparados con los equivalentes en sorgo y ofreciendo una menor oportunidad para encontrarse diferencias estadísticas al nivel del 5%. Esta observación puede ser corroborada con los datos obtenidos en la fase de acabado (5 - 8 semanas) propuestos en las Tablas 16 y 20. En esta fase los mayores requerimientos de Energía Neta se manifiestan con mayor claridad en las dietas con más maíz como fuente de energía y aunque no hubo diferencia en peso ($P < .05$) en el suministro de 100, 75 y 50% de las calorías requeridas en base a maíz y a pesar de que el consumo de Energía Metabolizable aumentó en estos tratamientos, el mayor consumo de fibra con el incremento de harina de arroz en la ración produjo disminución en la Energía Neta consumida por incremento en la acción dinámica específica lo cual redujo levemente el aumento de peso y en forma significativa ($P < .05$) cuando el 100% de las calorías fueron obtenidas de la harina de arroz, (Tabla 22). En el caso de dietas con sorgo y la combinación sorgo-harina de arroz no hubo diferencia en peso ($P < .05$) explicables por un menor incremento de calor en las dietas en la combinación con harina de arroz

las cuales tenían 25, 32, 41 y 47% de las calorías provenientes de grasa comparadas con el 18% en la dieta control. Forbes (1944) enuncia una menor acción dinámica específica para las grasas en comparación con carbohidratos y proteínas, sin embargo las aves de estos grupos consumieron menos Energía Metabolizable (96, 96, 90 y 87% del control) y aunque hubo disminución en peso este decrecimiento puede ser consecuencia de un menor consumo de alimento y porque el alto nivel de fibra consumido no permitió una total eficiencia de las grasas en disminución de incremento de calor ó porque ese ingrediente por no ser digestible por el ave puede arrastrar en su excreción ciertos nutrientes indispensables para un óptimo desarrollo.

Un resumen de todo el período experimental, evidencia, ganancias de peso similares ($P < .05$) en dietas con harina de arroz en reemplazo de calorías de maíz y sorgo hasta en un 75% y con la máxima eficiencia en la utilización del alimento hasta un 25% en reemplazo del maíz. En todos los casos el comportamiento de los animales que recibieron maíz y su combinación con harina de arroz fue superior a sus equivalentes en sorgo probablemente debido a una mejor complementación entre los primeros elementos mencionados para un mejor balance de aminoácidos, un mejor

consumo de energía y una menor ingestión de fibra. La inclusión de harina de arroz no alteró en ningún caso el rendimiento en canal de los animales (Tablas 17 y 21).

5. CONCLUSIONES

El contenido de Energía Metabolizable de la harina de arroz (3,275 Mcal/kg) que la sitúa en un punto intermedio entre el maíz (3,297 Mcal/kg) y el sorgo (3,060 Mcal/kg) la convierte en un material energético de buena calidad que puede reemplazar con éxito buena parte de los granos cereales, abaratando los costos de producción en avicultura. Su baja calidad proteica (que en todo caso no es inferior a la del sorgo) no presenta un obstáculo para su utilización pues las raciones van a recibir el aporte proteico de otras fuentes, dando lugar a la elaboración de óptimos balanceados.

Posiblemente por su alto contenido de fibra, su uso podría ser más efectivo en reemplazar las calorías del sorgo y maíz en las dietas para pollos de carne hasta un 75%, y hasta un 100% con una ligera pérdida de ganancia de peso y eficiencia alimenticia lo cual podría justificarse al considerar la economía en la producción y porque una dieta con harina de arroz como única fuente de energía sería ideal desde el punto de vista de competencia con el humano, sin embargo en dietas con maíz la máxima eficiencia alimenticia se consigue a un nivel máximo de reemplazo del 25%.

6. RESUMEN

En el Centro Nacional de Investigaciones Tibaitatá del Instituto Colombiano Agropecuario se efectuaron cuatro experimentos con el fin de determinar, con pollos de engorde, la Energía Metabolizable y la calidad proteica del maíz, sorgo y harina de arroz y establecer el nivel óptimo de reemplazo de las calorías metabolizables de los dos cereales por calorías del subproducto.

El primer ensayo se desarrolló con 96 machos Ross de dos semanas de edad, y los valores de Energía Metabolizable encontrados fueron: 3,297; 3,060 y 3,275 Mcal/kg para el maíz, sorgo y harina de arroz.

La calidad proteica se evaluó con el mismo número de pollos de la misma raza y sexo, mediante los métodos del valor neto de la proteína y eficiencia de retención proteica. Los resultados de estos dos procedimientos fueron respectivamente 71,57 y 70,31 para maíz; 51,34 y 51,10 para el sorgo y 48,85 y 47,86 para la harina de arroz.

Al probar el nivel de reemplazo del aporte energético del maíz y sorgo se encontró que al efectuar esta substitución hasta

un 75% de calorías del maíz y sorgo por energía de la harina de arroz, la ganancia de peso era similar a los controles que no recibían este subproducto. Pero en el experimento con maíz y/o harina de arroz, la máxima eficiencia en la utilización del alimento se conseguía hasta un nivel de reemplazo de la energía de maíz por calorías de la harina de arroz del 25%.

Se concluyó que la harina de arroz por su contenido de Energía Metabolizable semejante a la del maíz y superior al sorgo, podía ser utilizada en substitución de estos cereales hasta un 75% de su aporte energético, sin que se afecte la ganancia de peso, aunque en dietas con maíz la máxima eficiencia alimenticia se consigue con un nivel de reemplazo máximo del 25%.

SUMMARY

At Tibaitatá, Agricultural Research Station with an average temperature of 13°C, 83% relative humidity and an altitude of 2,600 meters above the sea level, four experiments were performed to evaluate the metabolizable Energy, protein quality and optimal nutritive value of two cereals (milo and yellow corn) and one rice by-product (rice polishings) in starter and finisher broiler diets.

Metabolizable Energy values of 3,297, 3,060 and 3,275 megacalories per kg of feed were respectively obtained for yellow corn (YC), milo (M) and rice polishings (RP) in an early eleven days long trial conducted with ninety six two week-old male broiler chickens.

Protein quality was evaluated by net protein value (NPV) and protein retention efficiency (PRE) methods in a second trial performed with similar strain and number of animals. Results indicated figures of I (YC) 71,57 and 70,31; II (M) 51,34 and 51,10; III (RP) 48,85 and 47,86 respectively for NPV and PRE.

Replacement of 75 percent of YC and M Energy by RP Metabolizable Energy calories in practical broiler diets, (trials 3 and 4) resulted in identical body weight gains as compared with a

control group (no rice polishings), however birds fed a mixture of 75% YC and 25% RP as main energy sources showed the best feed efficiency.

The relatively high metabolizable Energy content of the rice polishings tested, allows amounts up to 75% in starter and finisher broiler diets with no statistic differences ($P > .05$) concerning body weight gains, feed consumption and efficiency and with slight decreases in the same parameters when yellow corn and/or milo grains are substituted as main energy sources.

BIBLIOGRAFIA

1. ALLEN, R. D. 1974. Feedstuffs Ingredient Analysis Table: (1974) Edition. Feedstuffs 46(38):3-38.
2. ANDERSON, D. L. and F. W. HILL. 1955. Determination of Metabolizable values for chicks of pure carbohydrates, cellulose, fat and casein. Poultry Sci. 34:1176.
3. _____; F. W. HILL and R. R. ENNER. 1958. Studies of the Metabolizable Energy of glucose for the growing chick. J. Nutr. 65:561-574.
4. ANGLADETTE, A. 1969. El Arroz. Traducido del Francés por Vicente Ripoll y Fermín Palomeque. Barcelona, Blume. pp. 9-10, 66-70, 407.
5. ARA, L. L. 1973. Determinación del valor nutritivo y del nivel óptimo de utilización de la harina de arroz en dietas para cerdos. Tesis M.S. Bogotá, UN-ICA, 72 p.
6. ARTEAGA, C. y M. CUCA. 1972. Utilización de pulido de arroz en la alimentación del pollo de engorde. Técnica Pecuaria en México. 21:42-43.

7. ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMIST.
1975. Official methods of analysis. 12. ed. Washington, Board. 1095 p.
8. AYALA, C. R. 1968. Uso del pulido de arroz en dietas para aves. Cochabamba, Bolivia. Estación Agrícola la Tamborada. pp. 29-31. (Boletín demostrativo).
9. BALDINI, J. T. 1960. The effect of dietary deficiency on the Energy Metabolism of the chick. Poul. Sci. 39: 1232.
10. BATEMAN, J. V. 1970. Nutrición Animal; Manual de Métodos Analíticos. México, Centro Regional de Ayuda Técnica. pp. 366-370.
11. BENDER, A. E. and D. S. MILLER. 1953. A new brief method of estimating net protein value. Biochem. J. 53:7.
12. _____ and B. H. DOELL. 1957. Biological evaluation of proteins: a new aspect. Brit. J. Nutr. 11:40.

13. BENITEZ, H.; M. RENDON y O. MARIN. 1969. Estudio comparativo del valor nutritivo y efecto pigmentante del millo y maíz amarillo en pollos de engorde. Revista ICA. 4(4):277-286.
14. BUVANENDRAN, V. 1961. Effect of different levels of rice bran on growth and egg production in poultry. Ceylon Vet. J. 9:107-113. (Res. in Nutrition Abst. and Rev. 32:1406, 1962).
15. CAJA DE CREDITO AGRARIO INDUSTRIAL Y MINERO. 1967. Manual de Costos. Bogotá p. 81.
16. DAS, M. L. and N. C. GOSH. 1957. A method of estimation of bound nicotinic acid (BNA) in rice and wheat bran. Indian Jour. Med. Res. 45:631-634. (Res. in Nutrition Abst. and Rev. 28:456, 1958).
17. EWING, W. R. 1963. Poultry Nutrition. Pasadena, California, Ray Ewing. pp. 468-471.

18. FISHER, H. and P. GRIMINGER. 1969. Importance of dietary protein level in the carcass analysis method for determining net protein utilization in the chick. J. Sci. Fd. Agric. 20:382-383.
19. FORBES, E. G. and R. W. SWIFT. 1944. Associative dynamic effects of protein, carbohydrate and fat. J. Nutr. 27:453-468.
20. FORBES, R. M. and M. YOHE. 1955. Net protein value of blood fibrin for the albino rat: evaluation of nitrogen balance and carcass analysis methods. J. Nutr. 55:493-498.
21. FORSUM, E. 1975. Use of whey protein concentrate as a supplement to maize, rice and potatoes: A chemical and biological evaluation using growing rats. J. Nutr. 105:147-153.
22. HARPER, H. A. 1973. Review of physiological chemistry. Los Altos, California, Lange Medical Publications. p. 255.

23. HERRERA, H.; J. T. GALLO; J. MANER y E. CEVALLOS.
1970. Análisis Químico-Bromatológico de algunas materias primas colombianas empleadas en nutrición animal. Bogotá, Instituto Colombiano Agropecuario. pp. 3, 10, 17.
24. HILL, F. W. and D. L. ANDERSON. 1958. Comparison of Metabolizable Energy and Productive Energy determinations with growing chicks. J. Nutr. 64:587-603.
25. HOCHSTETLER, H. W. and M. L. SCOTT. 1975. Metabolizable Energy determinations with adult chickens. In Cornell Nutrition Conference for Feed Manufacturers, Buffalo, October 28-29, 1975. Proceedings. New York, Cornell University. pp. 81-86.
26. INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO, PROGRAMA NACIONAL DE PORCINOS. 1973. Informe Anual de Labores 1972. Bogotá p. 3.
27. ISAZA, J. N. 1973. Determinación de Energía Metabolizable de ingredientes alimenticios de uso común en Colombia en raciones para aves. Tesis M.S. Bogotá, UN-ICA. 85 p.

28. KLEIBER, M. 1972. Bioenergética Animal. El fuego de la vida. Zaragoza, Acribia. p. 240.
29. LUNA, G. R. 1971. Reemplazo del maíz amarillo tipo senivitreo por polvillo fino de arroz en las dietas inicial y final de pollos de carne. Tesis. Ing. Agr. Quito, Universidad Central. 99 p.
30. McDONALD, P; R. A. EDWARDS y J. F. D. GREENHALG. 1969. Nutrición Animal. Trad. de la ed. inglesa por Aurora Pérez Torrome. Zaragoza, Acribia, pp. 193-107, 335-336.
31. McNAB, J. M. and W. F. SHANNON. 1974. The nutritive value of barley, maize, oats and wheat for poultry. British Poult. Sci. 15:561-567.
32. MARIN, E. 1973. Molinería. In Curso de Arroz. Bogotá, Fedearrz-ICA. pp. 165-167.
33. MARTINEZ, S. T. y M. I. MENDOZA. 1975. Estimación y comparación del valor nutricional de algunas variedades de avena, cebada y trigo provenientes de cruces realizados en el ICA. Tesis Químico. Bogotá, Universidad Nacional, Facultad de Ciencias. 78 p.

34. MATTERSON, L. D.; L. M. POTTER; A. W. ARNOLD and E. P. SINGSEN. 1958. Studies in evaluating energy content of feeds for the chick. 2. Methods of evaluating feed ingredients for their Metabolizable Energy in the chick. Poultry Sci. 37:1225.
35. _____; L. M. POTTER; M. W. STUTZ and E. P. SINGSEN. 1965. The Metabolizable Energy of feed ingredients for chickens. Storrs, Conn. University of Connecticut Agr. Exp. Stat. 11 p.
36. MAYMONE, B.; M. TIBERIO and A. BATTAGLINI. 1958. Nutritive value of byproducts of rice. Alimentazione Animale. (Italia). p. 32. (Res. in Nutrition Abst. and Rev. 30:1502, 1960).
37. MITCHELL, H. H. 1943. Biological methods of measuring the protein values of feeds. J. Anim. Sci. 2:261-277.
38. NATIONAL RESEARCH COUNCIL. 1966. Biological energy interrelationships and glossary of energy terms. Washington, National Academy of Sciences. pp. 1-17. (publication, No. 1411).

39. OTERO, V. C. y J. LOPEZ. 1974. Evaluación del sorgo comercial como alimento para aves. Tesis Químico. Bogotá, Universidad Nacional, Facultad de Ciencias. pp. 48.
40. PARR INSTRUMENT COMPANY, Illinois. 1960. Oxigen Bomb. Calorimetry and combustion methods. Moline, Illinois. 56 p. (Technical Manual, 130).
41. POTTER, L. M. and L. D. MATTERSON. 1960. Metabolizable Energy of feeds ingredients for chick. Poultry Sci. 39:781-782.
42. _____; L. D. MATTERSON; M. W. STUTZ and E. P. SINGSEN. 1961. The Metabolizable Energy of feed ingredients for chickens. Storrs, Conn, Agricultural Experiment Station 10 p. (Progress Report, No. 39).
43. RAO, P. V.; R. MUKHERJEE; S. BOSE and P. N. VOHRA. 1966. Studies on economic poultry rations. 1. An investigation on the inclusion of rice polishing, guar meal and gram chuni in the ration of growing chicks. Indian Vet. Jour. 43:143-149. (Res. in Nutrition Abst. and Rev. 36:897, 1966).

44. RAO, P. V.; M. L. NAGPAL and G. S. SIDHU. 1968.
Systematic study for evolving economic poultry regions.
3. Preliminary studies on layer rashes containing ordinary and deoiled rice polish. J. Res. Ludhiana 5:75-80.
(Res. in Nutrition Abst. and Rev. 39:686, 1969).
45. RENDON, M. 1975. Energetic contribution of various fats to broiler diets at different environmental temperatures. Tesis M.S. Athens, University of Georgia. 53 p.
46. ROMERO, V. R. 1972. Ecología del cultivo del maíz. In Curso de Maíz. Bogotá, Instituto Colombiano Agropecuario. pp. 1-32.
47. _____. 1973. Ecología del cultivo del arroz Oryza sativa L.) In Curso de Arroz. Bogotá, Fedearroz-ICA. pp. 7-19.
48. ROSARIO, A. DEL. 1968. Composition and endosperm structure of developing and mature rice kernel. Cereal Chem. 45:225.
49. RUIDIAZ, D. 1972. Cultivo del Sorgo. In Curso de Maíz. Bogotá, Instituto Colombiano Agropecuario. pp. 50-60.

- 50. SAID, A. K. and D. M. HEGSTED. 1969. Evaluation of dietary protein quality in adult rats. *J. Nutrition* 99: 478-480.

- 51. SIBBALD, I. R.; S. J. SLINGER and G. C. ASTON. 1962. Factors affecting the Metabolizable Energy content of poultry feeds. 5. The level of protein and of test material in the diet. 6. A note on the relationship between Digestible and Metabolizable Energy values. *Poultry Sci.* 41:107-116.

- 52. _____ and S. J. SLINGER. 1963a. A biological assay for Metabolizable Energy in poultry feed ingredients together with findings which demonstrate some of the problems associated with the evaluation of fats. *Poultry Sci.* 42:313-325.

- 53. _____ and S. J. SLINGER. 1963b. Factors affecting the Metabolizable Energy content of poultry feeds. 11. Acclimatization to a change of diet. *Poultry Sci.* 42: 137-140.

54. SMITH, R. M. y N. R. GYLES. 1954. The influence of producing sexes separately on growth, feed utilization, and dressed grade of broilers. Poultry Sci. 33:1-82.
55. SUMMERS, J. D. and H. FISHER. 1961. Net protein values for the growing chicken as determined by carcass analysis. Jour. Nutr. 75:435-442.
56. _____; S. J. SLINGER; L. R. SIBBALD and W. F. PEPPER. 1964. Influence of protein and energy on growth and protein utilization in the growing chicken. J. Nutr. 82: 463-468.
57. _____; W. F. PEPPER and E. T. MORAN. 1972. Poultry Feed Formulas. University of Guelph. Ontario Agricultural College Department of Animal and Poultry Science. pp. 1-10.
58. SYKES, A. M. 1970. Grain sorghum in poultry nutrition. Oklahoma, U.S. Feed Grains Council. 36 p.
59. TABARES, E. y R. VELEZ. 1970. Adaptación de 12 variedades de sorgo (Sorghum vulgare Pers) en la región de Santagueda. Tesis Ing. Agr. Manizales, Universidad de Caldas, Facultad de Agronomía. pp. 1-5.

60. THAYER, R. M. 1965. Utilización del sorgo en las raciones comerciales para pollos asaderos, pavos y ponedoras. Oklahoma, U.S. Feed Grains Council. 4 p.
61. TITUS, H. W. 1961. The scientific feeding of chicken. Danville, Illinois, Interstate. pp. 245-248.
62. VAQUEIRO, C. y R. CALDERON. 1975. Harina con alto contenido proteico a partir de arroz y trigo. Tecnología de alimentos (México) 10:159-169.
63. VIRUPAKSHA, T. K. and L. V. S. SASTRY. 1968. Studies on the protein content and amino acid composition of some varieties of grain sorghum. Jour. Agric. Food. Chem. 16:199-203.

APENDICE

TABLA 2. Premezcla de vitaminas y minerales utilizada en las dietas de los ensayos Nos. 1, 3 y 4. Composición para una tonelada de alimento.

Vitamina A	10.000,000	UI
Vitamina D ₃	2.000,000	UI
Vitamina E	4,000	UI
Riboflavina	4.500	mg
Acido d-Pantoténico	10.000	mg
Niacina	25.000	mg
Cloruro de Colina	300.000	mg
Vitamina B ₁₂	20	mg
Vitamina K	2.500	mg
Manganeso	60.000	mg
Hierro	40.000	mg
Cobre	4.000	mg
Yodo	2.500	mg
Zinc	50.000	mg
Oleandomicina	2.000	mg
Tolueno HB	130.000	mg
Mogolla de Trigo csp	5	kg

TABLA 3. Composición de las dietas experimentales para la determinación de la Energía Metabolizable. Ensayo No. 1

Ingrediente ^{1/}	DIETA A
Maíz Amarillo	15,35
Torta de Soya	40,00
Sacarosa	40,00 ^{2/}
Fosfato defluorinado	2,50
Carbonato de calcio	1,00
Vitaminas y Minerales	0,50
Sal	0,40
D.-L. Metionina	0,25
Total	100,00
Composición calculada en gramos por megacaloría:	
Energ. Met. Mcal/kg	2,96
Proteína	70,89
Lisina	4,43
Metionina	1,87
Met. + Cist.	2,94
Ca	3,70
P disponible	1,82

^{1/} Valores expresados en porcentaje.

^{2/} La sacarosa fue reemplazada respectivamente por harina de arroz, maíz y sorgo. Dietas B, C y D.

TABLA 4. Dietas usadas en la determinación de la calidad proteica de tres cereales de importancia en alimentación de aves. Ensayo No. 2.

Ingrediente ^{1/}	D I E T A ^{2/}			
	A	B	C	D
Sacarosa	84,15	11,89	0,15	0,15
Harina de Arroz	-	78,26	-	-
Maíz Amarillo	-	-	90,00	-
Sorgo	-	-	-	90,00
Aceite de Maíz	3,00	-	-	-
Aserrín de Madera	3,00	-	-	-
Constante ^{3/}	9,85	9,85	9,85	9,85
Total	100,00	100,00	100,00	100,00

Composición calculada en gramos por megacaloría:

Energ. Met. Mcal/kg	3,40	3,00	2,97	2,76
Proteína		34,10	27,30	30,70
Lisina		1,27	0,66	0,88
Metionina		0,47	0,51	0,33
Met. + Cist.		0,73	0,91	0,98
Ca	2,47	2,96	2,85	3,17
P disponible	1,06	1,13	1,44	1,59

^{1/} Valores expresados en porcentaje.

^{2/} A: Libre de nitrógeno; B: Harina de arroz; C: Maíz; D: Sorgo

^{3/} Fosfato bicálcico 2 kg; CaCO₃ 1 kg; vitaminas y minerales 6,35 kg; sal 0,5 kg.

Vitaminas: En miligramos por kilogramo de dieta: Tiamina HCl, 25; Riboflavina, 16; Pantotenato de Calcio, 20; Vitamina B₁₂, 0.02; Piridoxina HCl, 6; Biotina, 0.6; Acido Fólico, 4; 2-Metil naftoquinona, 5; Acido Ascórbico, 250; Niacina, 150. Por kilogramo de dieta: vitamina A, 10.000 U.I. Vitamina D₃, 600 U.I.; Succinato de X-Tocopherol, 5 U.I.

Minerales: Como porcentaje del total Ca₃(PO₄)₂, 17,2; KH₂PO₄, 21,3; NaCl, 16,2; CaCO₃, 38,5; Fe gluconato, 1,05; Mg SO₄, 5,06; Mn SO₄, H₂O, 0,4; KI, 0,02; CuSO₄ Anhydro 0,025; Zn CO₃, 0,40, Na₂ Mo O₄ 2H₂O, 0,02.

TABLA 5. Análisis Proximal^{1/} del maíz, sorgo y harina de arroz utilizados en los experimentos. Valores expresados en porcentaje.

Ingrediente	Humedad	Proteína	Fibra	Extracto Etéreo	Ceniza	E. N. N.
Harina de Arroz	10.69	13.08	8.66	17.10	8.98	41.49
Maíz	13.24	9.01	1.52	4.28	1.44	70.51
Sorgo	12.26	9.41	2.64	3.04	1.70	70.95

^{1/} Análisis realizados en el Laboratorio de Nutrición Animal del ICA según técnicas del A. O. A. C. (1975).

TABLA 6. Dietas usadas en iniciación (0 - 5 semanas) para la determinación del nivel óptimo de reemplazo del sorgo por harina de arroz. Ensayo No. 3.

Ingredientes ^{1/}	D I E T A S ^{2/}				
	A	B	C	D	E
Sorgo	60,34	45,40	30,30	14,10	-
Harina de Arroz	-	14,20	28,30	42,40	56,60
Harina de Huesos	4,30	3,78	3,33	2,28	2,22
Carbonato de Calcio	0,15	0,42	0,66	1,00	1,24
D-L Metionina	0,18	0,18	0,17	0,16	0,15
L-Lisina	0,13	0,12	0,08	0,04	-
Pica de Arroz	-	1,00	2,26	4,52	4,49
Constante ^{3/}	34,90	34,90	34,90	34,90	34,90
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Composición calculada en gramos por megacaloría:

En. Met. Mcal/kg	2,85	2,85	2,85	2,85	2,85
Proteína	71,16	72,84	73,51	75,54	77,40
Lisina	4,35	4,35	4,35	4,35	4,35
Metionina	1,61	1,61	1,61	1,61	1,61
Ca	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50
P disponibles	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75
Fibra Cruda	14,28	17,01	19,33	23,19	25,68
Calorías de Grasa ^o %	18	25	32	41	47

1/ Valores expresados en términos de porcentaje.

2/ La Energía Metabolizable aportada por el sorgo fue reemplazada respectivamente por calorías de harina de arroz en 0 - 25 - 50 - 75 y 100% (dietas A - B - C - D - E).

3/ Soya 30 kg; Sebo 4 kg; Vit. y Min. 0,5 kg; Sal 0,4 kg.

TABLA 7. Dietas usadas en acabado (5 - 8 semanas) para la determinación del nivel óptimo de reemplazo del sorgo por harina de arroz.^{1/} Ensayo No. 3.

Ingredientes	D I E T A S				
	A	B	C	D	E
Sebo	7,00	7,00	7,00	7,52	7,00
Sorgo	57,34	42,40	27,30	11,10	-
Harina de Arroz	-	14,20	28,30	42,40	53,60
Harina de Huesos	4,30	3,78	3,33	2,88	2,22
Carbonato de Calcio	0,15	0,42	0,66	1,00	1,24
D-L Metionina	0,18	0,18	0,17	0,16	0,15
L-Lisina	0,13	0,12	0,08	0,04	-
Pica de Arroz	-	1,00	2,25	4,00	4,89
Constante ^{2/}	30,90	30,90	30,90	30,90	30,90
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Composición calculada en gramos por megacaloría:

En. Met. Mcal/kg	2,97	2,97	2,97	2,97	2,97
Proteína	68,24	69,58	70,89	71,70	73,22
Lisina	4,21	4,21	4,21	4,21	4,21
Metionina	1,55	1,55	1,55	1,55	1,55
Ca	3,36	3,36	3,36	3,36	3,36
P disponible	1,68	1,68	1,68	1,68	1,68
Fibra Cruda	10,91	15,02	16,03	18,89	38,32
Calorías de Grasa %	24,7	31,1	39,3	46,0	52,1

^{1/} Ver notas ^{1/} y ^{2/} Tabla No. 6.

^{2/} Soya 30,00 kg; Sal 0,40 kg; Vit. y Min. 0,50 kg.

TABLA 8. Dietas usadas en iniciación (0 - 5 semanas) para la determinación del nivel óptimo de reemplazo del maíz por harina de arroz. Ensayo No. 4.

Ingrediente ^{1/}	D I E T A S ^{2/}				
	A	B	C	D	E
Maíz Amarillo	64,36	48,35	32,41	16,47	-
Harina de Arroz	-	16,30	32,60	48,92	66,66
Torta de Soya	30,00	30,00	30,00	30,00	29,00
Harina de Huesos	4,30	3,78	3,12	2,44	1,80
Carbonato de Calcio	0,18	0,45	0,79	1,13	1,50
Sal	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Vit. y Min.	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
D-L Metionina	0,13	0,13	0,13	0,13	0,14
L-Lisina	0,13	0,09	0,05	0,01	-
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Composición calculada en gramos por megacaloría:

En. Met. Mcal/kg	2,86	2,86	2,86	2,86	2,86
Proteína	72,29	74,47	76,71	78,92	79,85
Lisina	4,38	4,38	4,38	4,38	4,38
Metionina	1,61	1,61	1,61	1,61	1,61
Ca	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50
P disponible	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75
Fibra Cruda	11,68	11,89	15,07	19,26	27,66
Calorías de Grasa %	10,1	16,15	23,9	31,0	39,9

^{1/} Ver nota ^{1/} de la Tabla No. 6

^{2/} La Energía Metabolizable aportada por el maíz fue reemplazada respectivamente por calorías de harina de arroz en 0 - 25 - 50 - 75 y 100% (dietas A - B - C - D y E).

TABLA 9. Dietas usadas en acabado (5 - 8 semanas) para la determinación de nivel óptimo de reemplazo del maíz por harina de arroz.^{1/} Ensayo No. 4.

Ingredientes	D I E T A S				
	A	B	C	D	E
Maíz Amarillo	61,36	45,35	29,41	13,47	-
Harina de Arroz	-	16,30	32,60	48,92	63,67
Torta de Soya	30,00	30,00	30,00	30,00	29,00
Harina de Huesos	4,30	3,78	3,12	2,44	1,80
Carbonato de Calcio	0,18	0,45	0,79	1,13	1,50
Sal	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Vit. y Min.	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
D-L Metionina	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
L-Lisina	0,13	0,09	0,05	0,01	-
Sebo	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Composición calculada en gramos por megacaloría:

En. Met. Mcal/kg	2,97	2,97	2,97	2,97	2,97
Proteína	68,65	70,78	72,93	75,06	75,58
Lisina	4,14	4,14	4,14	4,14	4,14
Metionina	1,52	1,52	1,52	1,52	1,52
Ca	3,37	3,37	3,37	3,37	3,37
P disponible	1,68	1,68	1,68	1,68	1,68
Fibra cruda	10,98	12,29	14,58	19,33	19,90
Calorías de Grasa %	16,4	23,6	30,1	45,4	47,4

^{1/} Ver notas ^{1/} y ^{2/} de la Tabla No. 8.

TABLA 10. Energía Metabolizable ^{1/} de tres cereales de importancia en alimentación de aves.
 Ensayo No. 1.

Ingrediente	Energía Bruta (E. B.)		Energía Metabolizable	
	Mcal / kg	% del Maíz	Mcal / kg	% del Maíz % de la E.B.
Harina de Arroz	4,544	115	3,275	99 72
Maíz Amarillo	3,964	100	3,297	100 83
Sorgo	3,955	99,8	3,060	93 77

^{1/} Ver notas 1/ y 2/ de la Tabla 10.

TABLA 11. Energía Metabolizable de tres cereales de importancia en la alimentación de aves.

Ingrediente	ENERGIA METABOLIZABLE ^{1/}		
	Determinada	Feedstuffs (1974) Scott et al (1969)	Matterson et al (1965) Isaza (1973)
Harina de Arroz	3,275	3,300	3,100
Mafz	3,297	3,366	3,430
Sorgo	3,060	3,256	3,250
			3,374
			2,889
			2,675
			3,075
			2,900

^{1/} Datos expresados en megacalorías / kilogramo.

TABLA 12. Rendimientos promedios en peso, consumo de alimentos y eficiencia alimenticia obtenidos con tres cereales de importancia en la alimentación de aves, ^{1/} y usados como única fuente de proteína en la ración. ^{2/}

Tratamiento	Ganancia ó pérdida de peso		Consumo de alimento		Eficiencia Alimenticia	
	Prom. gr	% de A	Prom. gr	% de A	Ganancia x 100 consumo	% de A
A. Libre de N	-50 ^a	100	138 ^a	100	-35,81 ^a	100
B. Ha. de Arroz	155 ^c	410	598 ^c	433	25,87 ^c	172
C. Maíz	46 ^b	192	259 ^b	188	17,87 ^b	150
D. Sorgo	39 ^b	178	282 ^b	204	13,73 ^b	138

^{1/} Machos Ross. 24 por tratamiento, 8 por repetición.

^{2/} Ensayo efectuado desde los 12 a los 26 días de edad.

a, b, c Letras distintas indican diferencias significativas. (P < .05)

TABLA 13. Calidad de la proteína de tres cereales de importancia en alimentación de aves. ^{1/}

Ensayo No. 2.

Tratamientos	Valor Neto de la Proteína (NPV)		Eficiencia de Retención Proteica (PRE)	
	Promedio	% del Maíz	Promedio	% del Maíz
Harina de Arroz	48,85 ^a	68	47,86 ^a	68
Maíz	71,57 ^b	100	70,31 ^b	100
Sorgo	51,34 ^a	72	51,10 ^a	73

^{1/} Ver notas ^{1/} y ^{2/} de la Tabla 12.

a, b Letras distintas indican diferencias significativas. (P < .05).

TABLA 14. Calidad de la proteína de tres cereales de importancia en la alimentación de aves.
 Composición de las carcazas de los animales experimentales.^{1/} Ensayo No. 2.

Tratamientos	UNIDAD DE MEDIDA			
	%	Humedad % del Control	Nitrógeno / % del Control	Relación Agua: Nitrógeno A:N % del Control
Libre de Nitrógeno	66,20 ^{ab}	100	8,52 ^b	23,09 ^a 100
Harina de Arroz	68,42 ^b	103	8,76 ^b	24,79 ^b 107
Maíz	63,43 ^a	96	7,22 ^a	24,03 ^{ab} 104
Sorgo	63,86 ^a	96	7,38 ^a	23,98 ^{ab} 104

^{1/} Datos promedios del análisis de las carcazas de dos pollos por repetición.

a, b Letras distintas indican diferencias significativas. (P < .05).

TABLA 15. Resultados experimentales obtenidos al reemplazar sorgo por harina de arroz durante el período de cría.^{1/} Ensayo No. 3.

Tratamientos	♂	♀	Ganancia de Peso		Consumo de Alimento		Eficiencia Alimenticia	
			Prom. gr	% de A	Prom. gr	% de A	Ganancia	% de A
A ^{2/}	10	7	694 ^b	100	1.665 ^c	100	41,68 ^a	100
B	9	9	635 ^a	91	1.615 ^b	97	39,32 ^a	94
C	6	12	616 ^a	89	1.615 ^b	97	38,13 ^a	91
D	8	10	657 ^a	95	1.573 ^a	94	41,75 ^a	100
E	7	11	630 ^a	91	1.573 ^a	94	40,04 ^a	96

^{1/} Pollos Ross sin sexar. 18 por tratamiento, 6 por repetición.

^{2/} La Energía Metabolizable aportada por el sorgo fue reemplazada respectivamente por calorías de harina de arroz en 0 - 25 - 50 - 75 y 100% (dietas A - B - C - D y E).

a, b, c Letras distintas indican diferencias significativas. (P < .05).

TABLA 16. Resultados experimentales obtenidos al reemplazar sorgo por harina de arroz durante el período de acabado. 1/ Ensayo No. 3.

Tratamientos	♂	♀	Ganancia de Peso		Consumo de Alimento		Eficiencia Alimenticia	
			Prom. gr	% de A	Prom. gr	% de A	$\frac{\text{Ganancia}}{\text{consumo}} \times 100$	% de A
A	10	7	1.058 ^a	100	2.524 ^b	100	42,10 ^a	100
B	9	9	1.063 ^a	100	2.410 ^{ab}	96	44,13 ^a	104
C	6	12	1.039 ^a	98	2.390 ^{ab}	95	43,48 ^a	103
D	8	7	993 ^a	94	2.211 ^{ab}	88	44,84 ^a	104
E	6	10	883 ^a	83	2.060 ^a	82	41,82 ^a	102

1/ Ver notas 1/ y 2/ Tabla 15.

2/ Sexos al terminar el período

a, b, Letras distintas indican diferencias significativas. (P < .05).

TABLA 17. Resultados experimentales obtenidos al reemplazar sorgo por harina de arroz durante los períodos de cría y acabado. ^{1/} Ensayo No. 3.

Tratamientos	♂	♀	2/ Ganancia de Peso		Consumo de Alimento		Eficiencia Alimenticia		Rendimiento en Canal	
			Prom. gr	% de A	Prom. gr	% de A	Ganancia x 100 % de A consumo	% de A	Peso Canal x 100 % de A Peso vivo	% de A
A	10	7	1.752 ^b	100	4.189 ^c	100	41,89 ^a	100	71,1 ^a	100
B	9	9	1.698 ^b	97	4.025 ^{bc}	96	42,20 ^a	101	69,54 ^a	97
C	6	12	1.655 ^b	94	4.005 ^{bc}	96	41,32 ^a	99	68,82 ^a	97
D	8	7	1.650 ^b	94	3.785 ^{ab}	90	43,58 ^a	104	68,71 ^a	97
E	6	10	1.513 ^a	86	3.633 ^a	87	41,63 ^a	99	69,41 ^a	97

^{1/} Ver notas ^{1/} y ^{2/} de la Tabla 15.

^{2/} Sexos al terminar el experimento.

a, b, c Letras distintas indican diferencias significativas. (P < .05).

TABLA 18. Consumos relativos de Energía, Aminoácidos (AA's) y Fibra en dietas con sorgo y/o harina de arroz.^{1/} Ensayo No. 3.

Tratamientos	Iniciación		Acabado		Total Ensayo	
	Energía-AA's	Fibra	Energía-AA's	Fibra	Energía-AA's	Fibra
^{2/} A	100	100	100	100	100	100
B	97	116	96	132	96	124
C	97	131	95	139	96	136
D	94	153	88	152	90	152
E	94	170	82	287	87	234

^{1/} Datos expresados como porcentaje.

^{2/} Ver nota ^{2/} Tabla 15.

TABLA 19. Resultados experimentales obtenidos al reemplazar maíz por harina de arroz durante el período de cría. ^{1/} Ensayo No. 4.

Tratamientos	♂	♀	Ganancia de Peso			Consumo de Alimento		Eficiencia Alimenticia		
			Prom. gr	% de A	Prom. gr	% de A	Ganancia	% de A	Ganancia	% de A
							x 100			
							consumo			
^{3/} A	12	6	713 ^a	100	1.657 ^a	100	42,06 ^a	100		
B	11	7	708 ^a	99	1.615 ^a	97	43,86 ^a	102		
C	7	11	668 ^a	94	1.615 ^a	97	41,35 ^a	96		
D	9	8	678 ^a	95	1.653 ^a	100	40,83 ^a	95		
E	9	8	700 ^a	98	1.598 ^a	96	43,81 ^a	102		

^{1/} Pollos Ross sin sexar. 18 por tratamiento, 6 por repetición

^{2/} Sexos al finalizar el período.

^{3/} La Energía Metabolizable aportada por el maíz fue reemplazada respectivamente por calorías de harina de arroz en 0 - 25 - 50 - 75 y 100% (dietas A - B - C - D y E).

a. No se encontraron diferencias significativas. (P < .05).

TABLA 20. Resultados experimentales obtenidos al reemplazar maíz por harina de arroz durante el período de acabado.^{1/} Ensayo No. 4.

Tratamientos	♂	♀ ^{2/}	Ganancia de Peso			Consumo de Alimento		Eficiencia Alimenticia	
			Prom. gr	% de A	Prom. gr	% de A	$\frac{\text{Ganancia}}{\text{consumo}} \times 100$	% de A	
A	11	4	1.172 ^c	100	2.342 ^a	100	50,07 ^c	100	
B	8	6	1.118 ^{bc}	95	2.369 ^a	101	47,29 ^{bc}	94	
C	6	10	1.041 ^{bc}	89	2.416 ^a	103	43,08 ^{ab}	86	
D	9	6	992 ^{ab}	85	2.282 ^a	97	43,51 ^{ab}	87	
E	7	7	871 ^a	74	2.228 ^a	95	39,07 ^a	78	

^{1/} Ver notas 1/ y 3/ de la Tabla 19.

^{2/} Sexos al finalizar el período.

a, b, c Letras distintas indican diferencias significativas. (P < .05).

TABLA 21. Resultados experimentales obtenidos al reemplazar maíz por harina de arroz durante los períodos de cría y acabado. ^{1/} Ensayo No. 4.

Tratamientos	♂	♀	Ganancia de Peso		Consumo de Alimento		Eficiencia Alimenticia		Rendimiento en Canal	
			Prom. gr	% de A	Prom. gr	% de A	$\frac{\text{Ganancia}}{\text{consumo}} \times 100$	% de A	$\frac{\text{Peso Canal}}{\text{Peso vivo}} \times 100$	% de A
A	11	4	1.885 ^b	100	3.999 ^a	100	47,14 ^b	100	70,70 ^a	100
B	8	6	1.826 ^b	97	3.984 ^a	100	45,88 ^b	97	69,84 ^a	97
C	6	10	1.709 ^{ab}	91	4.030 ^a	101	42,39 ^a	90	70,65 ^a	100
D	9	6	1.670 ^{ab}	88	3.935 ^a	98	42,44 ^a	90	69,83 ^a	99
E	7	7	1.571 ^a	83	3.826 ^a	96	41,03 ^a	87	70,51 ^a	100

^{1/} Ver notas ^{1/} y ^{3/} de la Tabla 19.

^{2/} Sexos al terminar el experimento.

a, b Letras distintas indican diferencias significativas. (P < .05).

TABLA 22. Consumos relativos de Energía, Aminoácidos (AA's) y Fibra en dietas con maíz y/o barina de arroz. 1/ Ensayo No. 4.

Tratamientos	Iniciación		Acabado		Total Ensayo	
	Energía-AA's	Fibra	Energía-AA's	Fibra	Energía-AA's	Fibra
<u>A</u> <u>2/</u>	100	100	100	100	100	100
B	97	100	101	113	100	107
C	97	126	103	137	101	132
D	100	165	97	171	98	168
E	96	228	95	172	96	196

1/ Datos expresados como porcentaje.

2/ Ver nota 3/ Tabla 19.