

7
3 cop.

✓
DETERMINACION DEL VALOR NUTRITIVO Y DEL NIVEL OPTIMO DE UTILIZACION
DE LA HARINA DE ARROZ EN DIETAS PARA CERDOS

T E S I S

Presentada al Programa de Estudios para Graduados Universidad Nacional
Instituto Colombiano Agropecuario (ICA)

P o r

✓
LUIS LIZANDRO ARA VALERA

Como requisito parcial para optar al grado de

MAGISTER SCIENTIAE

Bogotá - Colombia

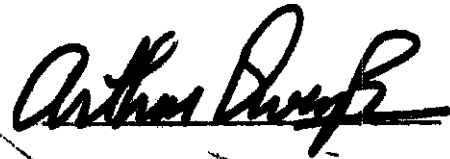
1973

ANALIZADO

TESIS APROBADA POR:

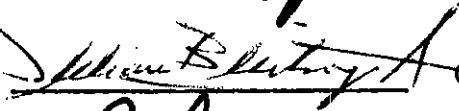
COMITE CONSEJERO :

Dr. ARTHUR OWEN, Ph. D



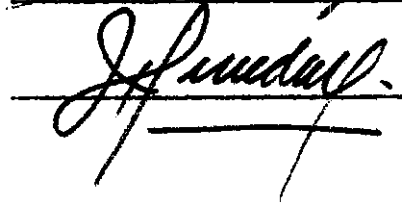
Principal

Dr. JULIAN BUITRAGO, Ph. D.



Consejero

Dr. JAIME PINEDA, Ph. D.



Consejero

" El presidente de tesis, el consejo de tesis y el consejo examinador de grado, no serán responsables de las ideas emitidas por el candidato ".

(Artículo 217 de los estatutos de la Universidad Nacional)

A mi esposa Sofia y

A mi hijo Luis Alberto

AGRADECIMIENTOS

El autor desea expresar su reconocimiento a:

Universidad Nacional Técnica de Cajamarca - Perú

Organización de Estados Americanos (OEA)

Laboratorio de Nutrición Animal - Tibaitatá

Dr. Arthur Owen

Dr. Julian Buitrago

Dr. Jaime Pineda

Dr. Arturo Gil

Dr. Juan Jose Salazar

Dr. Hernando Gutierrez

Dr. Alberto Moncada

Dr. Plinio Sierra

Sta. Mercedes Rocha

Sta. Aurora Cuesta

Por la ayuda, orientación y estímulo que me brindaron durante mi per
manencia en el Programa para Graduados y en la realización de este
trabajo.

MICROBIOGRAFIA

El autor nació en la ciudad de Cajamarca, Departamento de Cajamarca, República del Perú, el 19 de Agosto de 1938. Cursó estudios de secundaria en el colegio Nacional "San Ramon" de Cajamarca durante los años 1952-1956. Realizó estudios universitarios en la Universidad Nacional Agraria - La Molina de Lima, Perú; donde se graduó el año 1962 como Ingeniero Agrónomo Especialista en Zootenia. Una vez graduado trabajó como Administrador Técnico de la empresa particular "Negociación Ganadera Chota-Motil", ubicada en el Departamento de La Libertad en el Perú, durante el año 1963; ingresando posteriormente al Servicio de Investigación y Promoción Agraria (SIPA) del Ministerio de Agricultura, donde se desempeñó como Administrador de la Granja de Investigación Pecuaria de Huancabamba - Piura, durante los años 1964 - 1965. Desde el año 1967 se desempeña como Catedrático en los cursos de Nutrición Animal y Producción de Cerdos en la Universidad Nacional de Cajamarca estando en la actualidad en comisión de servicios otorgada por dicha institución, para seguir estudios de Post-grado en el Programa de Estudios para Graduados UN-ICA, adonde ingresó en Enero de 1972 haciendo uso de una beca concedida por la Organización de Estados Americanos (OEA). Una vez concluidos sus estudios se reincorporará a su institución original donde desempeñará funciones de enseñanza e investigación.

CONTENIDO

	Página
1. INTRODUCCION	1
2. REVISION DE LITERATURA	4
2.1. LA HARINA DE ARROZ	4
2.1.1. Proceso de obtención	4
2.1.2. Composición química	6
2.1.3. Valor nutritivo	7
2.2. EVALUACION DE LA ENERGIA	15
2.3. INTERRELACIONES NUTRITIVAS FIBRA-ENERGIA	
PROTEINA EN CERDOS	17
2.3.1. Fibra	17
2.3.2. Proteína	22
2.3.3. Energía	24
3. MATERIALES Y METODOS	27
Experimento 1	27
3.1. EVALUACION DE LA HARINA DE ARROZ, COMO <u>REM</u>	
PLAZO DEL MILLO, PARA CERDOS EN CRECIMIEN-	
TO Y ENGORDE	27
3.1.1. Animales experimentales y manejo	27
3.1.2. Tratamientos	28
3.1.3. Raciones experimentales	29
3.1.4. Controles y análisis realizados	29
3.1.5. Diseño experimental	32

	Página
Experimento 2	32
3.2. DIGESTIBILIDAD Y ENERGIAS DIGESTIBLE Y <u>ME</u> TABOLIZABLE DE LA HARINA DE ARROZ EN RA - CIONES PARA CERDOS	32
3.2.1. Animales experimentales	33
2.2.2. Tratamientos	33
2.2.3. Raciones experimentales	33
3.2.4. Procedimiento utilizado	34
3.2.5. Período pre-experimental	35
3.2.6. Período experimental	35
3.2.7. Recolección de heces	35
3.2.8. Análisis realizados	36
3.2.9. Diseño experimental	36
4. RESULTADOS	37
Experimento 1	37
4.1. EVALUACION DE LA HARINA DE ARROZ, COMO <u>REM</u> PLAZO DEL MILLO, PARA CERDOS EN CRECIMIEN- TO Y ENGORDE	37
4.1.1. Etapa de crecimiento	37
4.1.2. Etapa de acabado	39
4.1.3. Etapa completa crecimiento-acabado	39
Experimento 2	
4.2. DIGESTIBILIDAD Y ENERGIAS DIGESTIBLE Y <u>META</u> BOLIZABLE DE LA HARINA DE ARROZ EN RACIONES PARA CERDOS	44

	Página
4.2.1. Análisis proximal de las dietas experimentales	44
4.2.2. Digestibilidad de los nutrientes y contenidos de NDT	44
4.2.3. Digestibilidad de la energía	46
4.2.4. Energía metabolizable	47
5. DISCUSION	50
5.1. EVALUACION DE LA HARINA DE ARROZ, COMO REMPLAZO DEL MILLO PARA CERDOS EN CRECIMIENTO Y ENGORDE	50
5.2. DIGESTIBILIDAD Y ENERGIAS DIGESTIBLE Y METABOLIZABLE DE LA HARINA DE ARROZ EN RACIONES PARA CERDOS	56
6. CONCLUSIONES	61
7. RESUMEN	63
8. SUMMARY	65
BIBLIOGRAFIA	67
APENDICE	77

LISTA DE TABLAS

Número		Página
1	Composición de las raciones para la fase <u>crecimi</u> to del experimento uno (%).	30
2	Composición de las raciones para la fase <u>acabado</u> del experimento uno (%).	31
3	Composición de las raciones del experimento dos (%)	34
4	Rendimiento de los cerdos, durante la etapa de <u>cre</u> cimiento, sometidos a diferentes niveles de harina de arroz en la ración.	38
5	Rendimiento de los cerdos, durante la etapa de <u>aca</u> bado, sometidos a diferentes niveles de harina de arroz en la ración.	40
6	Rendimiento de los cerdos sometidos a diferentes niveles de harina de arroz en la ración durante el período crecimiento-acabado.	42
7	Composición química de las raciones del experimento dos.	45
8	Promedios de digestibilidad y nutrientes <u>digesti</u> - bles totales de las raciones experimentales, en base seca.	45
9	Energía digestible de las raciones experimentales, en base seca.	48

Número		Página
10	Suministro de alimento durante el período pre-experimental del experimento dos.	78
11	Suministro de alimento en el período experimental del experimento dos.	79
12	Composición de la premezcla vitamínica y mineral empleada en las raciones experimentales.	80
13	Control de peso y alimento de los animales del experimento uno durante la fase de crecimiento.	81
14	Control de peso y alimento de los animales del experimento uno durante la fase de acabado.	82
15	Control de peso y alimento de los animales del experimento uno durante todo el período experimental	83
16	Composición química de las raciones del experimento dos y de la harina de arroz (Base seca).	84
17	Registro de los pesos de consumo de alimento y de las heces durante el experimento dos (Base seca)	85
18	Composición química de las heces de los animales del experimento dos (Base seca).	86
19	Coefficientes de digestibilidad de los nutrientes y nutrientes digestibles totales de las raciones del experimento dos (%).	87
20	Energía bruta del alimento y de las heces del experimento dos (Base seca).	89

Número		Página
21	Energía metabolizable calculada para las raciones del experimento dos, según ecuación de regresión <u>1/</u> .	90
22	Energía metabolizable calculada para las raciones del experimento dos, según ecuación de regresión <u>2/</u> .	92
23	Análisis de varianza del aumento promedio diario de los animales del experimento uno durante la fase de crecimiento.	94
24	Análisis de varianza del consumo diario de alimento durante la fase de crecimiento en el experimento uno.	94
25	Análisis de varianza de la eficiencia alimenticia durante la fase de crecimiento en el experimento uno.	95
26	Análisis de varianza del aumento promedio diario de peso durante la fase de acabado del experimento uno.	95
27	Análisis de varianza del consumo diario de alimento durante la fase de acabado en el experimento uno.	96
28	Análisis de varianza de la eficiencia alimenticia durante la fase de acabado del experimento uno.	96
29	Análisis de varianza del aumento diario de peso durante las fases de crecimiento-acabado del experimento uno.	97
30	Análisis de varianza del consumo diario de alimento durante las fases de crecimiento-acabado del experimento uno.	97

Número		Página
31	Análisis de varianza de la eficiencia alimenticia durante las fases de crecimiento-acabado en el <u>ex</u> perimento uno.	98
32	Análisis de varianza del espesor de grasa dorsal de los animales del experimento uno.	98
33	Análisis de varianza del número de yodo de la <u>gra</u> sa de los animales del experimento uno.	99
34	Análisis de varianza de la digestibilidad de la <u>ma</u> teria seca en las raciones del experimento dos.	99
35	Análisis de varianza de la digestibilidad de la <u>pro</u> teína en las raciones del experimento dos.	100
36	Análisis de varianza de la digestibilidad del ex-tracto etéreo en las raciones del experimento dos.	100
37	Análisis de varianza de la digestibilidad de la fibra de las raciones del experimento dos.	101
38	Análisis de varianza de la digestibilidad del <u>extrac</u> to no nitrogenado de las raciones del experimento dos.	101
39	Análisis de varianza del contenido de nutrientes <u>di</u> gestibles totales de las raciones del experimento dos.	102
40	Análisis de varianza del contenido de Energía Di-gestible (kcal/kg) de las raciones del experimen-to dos.	102

Número		Página
41	Análisis de varianza de la digestibilidad de la energía de las raciones del experimento dos.	103
42	Análisis de varianza del contenido de EM (kcal/kg) deducida según ecuación uno, de las raciones del experimento dos.	103
43	Análisis de varianza del contenido de EM (kcal/kg) de las raciones del experimento dos, deducidas según ecuación dos.	104

LISTA DE FIGURAS

Página

- 1 Esquema del proceso de obtención de la harina de
arroz.

5

1. INTRODUCCION

En toda explotación porcina los mayores esfuerzos deben estar orientados hacia la reducción de los costos de producción para así hacerla más eficiente e incrementar la utilidad de los productores.

En los costos de producción de cerdos los gastos en alimentación representan aproximadamente el 60-65%, de tal manera que una reducción en el precio de la ración incidiría directamente en la disminución de los costos de producción.

De los requerimientos nutritivos del cerdo, el mayor volumen está representado por la energía, por esta razón los carbohidratos constituyen un alto porcentaje de su alimentación (más del 75%) y por tanto los granos de cereales alcanzan una alta proporción en la dieta ya que ellos se emplean tradicionalmente como fuentes de energía para el cerdo; de tal manera que su precio influye notablemente en el costo final de la ración.

Como consecuencia de una insuficiente producción así como de la fuerte demanda para la alimentación humana y avícola, los granos de cereales alcanzan precios muy altos en el mercado que cada día van haciendo más prohibitivo su empleo en la alimentación del cerdo. Además en algunas zonas es muy difícil poder disponer de este tipo de productos, siendo necesario buscar otros alimentos que puedan sustituir total o parcialmente los granos en la ración, tratando de obtener alguna ventaja económica sin que se afecte seriamente la calidad nutritiva de la dieta.

En el trópico en general y particularmente en Colombia el cultivo del arroz ocupa un lugar preponderante en la producción agrícola. Como resul

tado del procesamiento industrial a que es sometido el grano para acondicionarlo al consumo humano, se obtienen subproductos del mismo no aptos para consumo humano pero que muy bien pueden emplearse en alimentación animal y especialmente en la alimentación del cerdo, siendo uno de ellos y quizás el más importante el conocido como harina de arroz en Colombia.

Debido a los diferentes procesos seguidos en su obtención, los subproductos del arroz se conocen con distintos nombres en los diferentes países y también su composición es muy variable, por lo cual no es recomendable el empleo de los valores nutritivos reportados en las tablas extranjeras de composición de alimentos, ya que aún alimentos con el mismo nombre varían grandemente en su composición química y en su valor nutritivo. Por esta razón es de suma importancia conocer perfectamente la composición química y el valor nutritivo del alimento particular que se produce en un país ó zona, con el fin de poderlo emplear adecuadamente en la formulación de raciones para los animales utilizando valores reales y no supuestos acerca de su bondad nutritiva.

Además se deben conocer los problemas relacionados con su manejo, y como en última instancia quienes van a consumirlo y utilizarlo son los animales, se deben realizar ensayos para probar la calidad nutritiva de un alimento determinado antes de recomendar su empleo a los productores.

Se ha realizado el presente trabajo empleando la harina de arroz como alimento para el cerdo, considerando los siguientes objetivos:

a) Evaluar la harina de arroz, como sustituto del maíz millo, en las ra

- ciones para cerdos en crecimiento y engorde.
- b) Determinar el nivel óptimo de utilización de la harina de arroz en raciones para cerdos en crecimiento y engorde.
 - c) Determinar los coeficientes de digestibilidad aparente de la materia seca, proteína, fibra y extracto no nitrogenado de la harina de arroz.
 - d) Determinar la energía digestible (ED) y energía metabolizable (EM) de la harina de arroz.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1. LA HARINA DE ARROZ.

En el procesamiento del arroz para acondicionarlo al consumo humano se obtienen varios subproductos siendo la harina de arroz uno de ellos y el más importante desde el punto de vista de su empleo en alimentación animal. Este alimento se conoce con distintos nombres en los diferentes países que lo producen y así es llamado: polvillo de arroz en el Perú, semolina de arroz en Centroamérica, puliduras de arroz en México y salvado de arroz en otros países. En Latinoamérica los países que cuentan con cantidades considerables de este producto son en orden de importancia: Brasil, Colombia, México y Argentina (Rojas, 1972).

2.1.1. Proceso de obtención.

En forma general en Colombia las plantas procesadoras del arroz, llamadas molinos de arroz, empiezan sus operaciones sobre el producto conocido como arroz paddy ó paddy simplemente que es como la obtienen de los productores. Posteriormente este producto es sometido al siguiente proceso: primeramente el paddy es sometido a limpieza para eliminar las impurezas que lo acompañan; seguidamente el producto ya limpio es sometido a un proceso de eliminación de la cáscara que envuelve el grano o sea un descascarillado, obteniéndose así mediante empleo de ventilación y por diferencia de peso la separación de la cascarilla del grano descascarillado. Este grano descascarillado y aquellos que hayan escapado a la acción anterior, sufren un nuevo proceso de eliminación de tegumentos que podríamos llamar un segundo descascarillado, obteniéndose así por un lado

partículas muy finas de tegumento llamada pica de arroz y por otro lado el grano completamente libre de cáscaras el cual es sometido a un proceso de pulido o blanqueo que generalmente se realiza progresivamente obteniéndose así al final el arroz blanco apto para consumo humano y de otro lado un residuo pulverulento conocido como harina de arroz. Esta harina de arroz en consecuencia está formada por las siguientes partes del grano: pericarpio + tegumentos seminales + capa de aleurona + gérmenes (3 a 7%) (Angladette, 1969).

Este proceso se muestra en la figura 1.

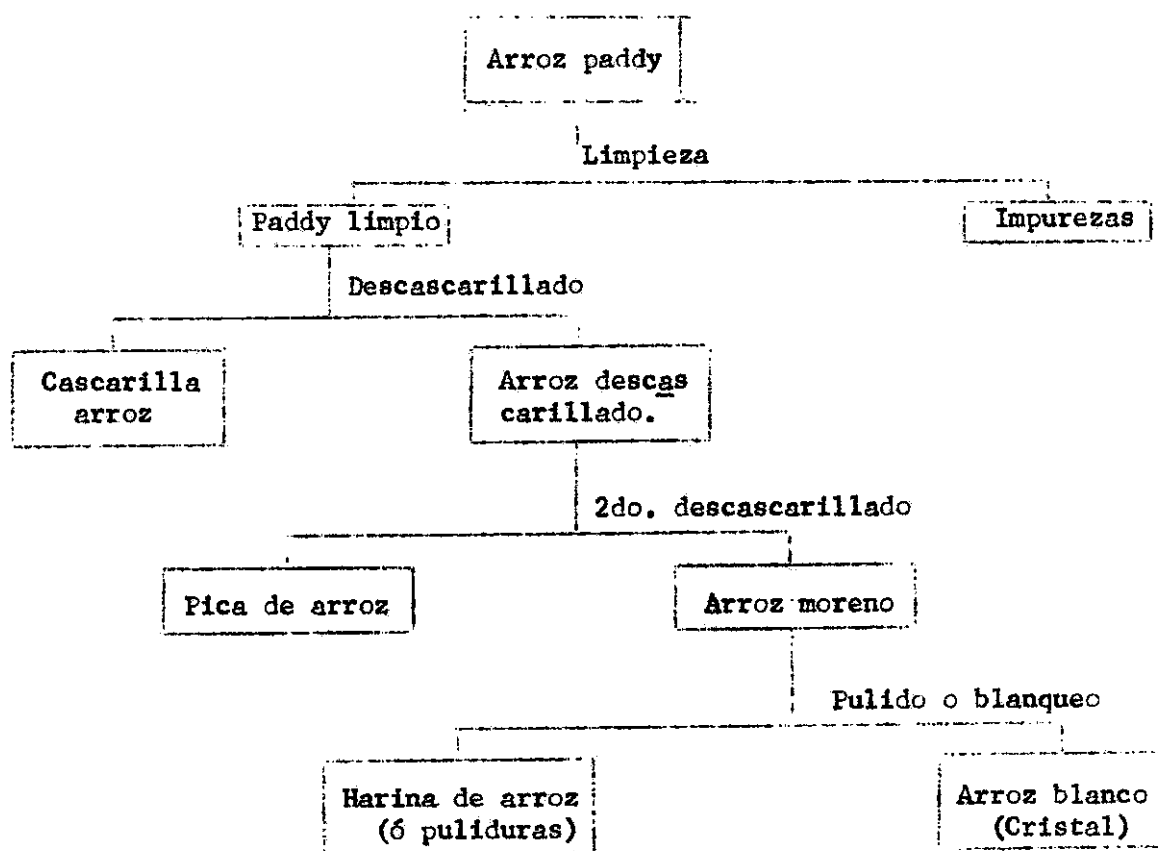


Figura 1. Esquema del proceso de obtención de la harina de arroz.

Teniendo como base el arroz paddy los productos obtenidos son: arroz excelso 65%, granza 2%, harina de arroz 8%, pica de arroz 3% y cascarilla de arroz 22%*. Con base en estos estimados y teniendo en cuenta una producción de arroz paddy de 1'060.000 toneladas para el año 1972* podemos estimar una disponibilidad aproximada de 84.800 toneladas de harina de arroz en el país, la cual puede verse aumentada ya que el producto que se comercializa tiene incluido cierta proporción de pica, variable según la zona.

2.1.2. Composición química.

Los distintos subproductos de arroz conocidos con distintos nombres en los diferentes países tienen una composición química muy variable ya que están constituidos por diferentes partes del grano y así tenemos que el producto conocido como harina de arroz en Colombia, está constituido por partículas de grano quebrado, algo de pica y algo de germen pero en su mayoría es pulimento de arroz (Moncada y Maner. 1966).

De otro lado también los subproductos del arroz varían en su composición química como consecuencia de los distintos procesos seguidos en su obtención así como la diferente eficiencia de la maquinaria empleada y así tenemos que en un estudio llevado a cabo para determinar la composición química de salvado de arroz de diferentes fuentes, Maymone et al (1958)

* Jorge Beltran. Entrevista personal con el Dr. Jorge Beltran sobre producción é industrialización del arroz. Bogotá (Octubre, 1973).

encontraron amplias variaciones según las siguientes cifras, con base en materia seca (89-91%): proteína cruda 11-15%, grasa cruda 9-18%, fibra cruda 11-19%, cenizas 11-16% y E.N.N. 42-44%.

En general este es un alimento con un alto contenido en grasa que lo hace susceptible al enranciamiento, de nivel proteico moderado, relativamente bajo en fibra, alto en fósforo pero bajo en calcio (Bray, 1943; Rojas, 1972),

La proteína, es de buena calidad y los aminoácidos están mejor balanceados que la de los granos de cereales. Kik (1956) trabajando con ratas y empleando una dieta basal en la que toda la proteína era suministrada por salvado de arroz ó pulimento de arroz obtuvo un incremento de 16% en la tasa de crecimiento durante 10 semanas, suplementando la dieta basal con 0,2% de L-lisina más 0,2% DL-treonina.

Este producto también es rico en vitaminas del complejo B. Das y Ghosh (1957) probando un nuevo método para la determinación de ácido nicotínico encontraron valores promedios de 44 y 272 mg por gramo para el ácido nicotínico libre y ligado respectivamente.

2.1.3. Valor nutritivo.

Se han realizado esfuerzos para el empleo de los subproductos del arroz en alimentación animal y especialmente en la alimentación del cerdo, siendo los resultados obtenidos hasta la fecha un tanto diferentes y hasta contradictorios como consecuencia de la ya mencionada diferencia en composición del producto en los distintos países.

Así tenemos que Williams y Mc Connell (1922) empleando proporciones de 30, 45, 60 y 90% de salvado de arroz en combinación con maíz y una cantidad fija de 10% de tankaje*, y una ración testigo a base de maíz-tankaje en raciones para cerdos encontraron ganancias promedio diario de peso de 799, 723, 684 y 563 gm y eficiencias alimenticias de 4,45, 4,88, 4,93 y 5,04 para las raciones con 30, 45, 60 y 90% de salvado de arroz respectivamente, concluyendo que la ración con 90% de salvado de arroz no fué satisfactoria por la baja ganancia de peso que genera debido a su baja palatabilidad y además producía carcazas con grasa blanda, considerándose que se podía incluir hasta 60% de salvado de arroz sin que las carcazas fueran consideradas blandas.

Bray (1943) reporta los resultados de 5 ensayos de alimentación empleando salvado de arroz en cerdos en crecimiento y acabado y concluye que cuando es empleado como la mayor parte del concentrado y balanceado con suplementos proteicos, el salvado de arroz tiene un valor alimenticio de 85-87% del maíz, pero cuando no excedió del 30% de la ración total tuvo un valor nutritivo igual y a veces superior al maíz. Además en esta proporción produce carcazas de una firmeza satisfactoria pero cuando se suministra en cantidades elevadas a cerdos en engorde genera carcazas blandas.

* Tankaje del Inglés Tankage, es un subproducto de matadero con un contenido de 59,8% de proteína y 8,1% de E.E.

Debido al problema de la grasa del salvado de arroz, Tillman et al (1951) emplearon un salvado al cual se le había extraído la grasa con solventes, en proporciones de 15 y 30% en raciones para cerdos en crecimiento y acabado, con harina de pescado como fuente proteica, y una ración control maíz-harina de pescado. Se encontró que las raciones con 15 y 30% de salvado de arroz produjeron un crecimiento tan rápido como la control y que no hubo ningún efecto del salvado de arroz desgrasado sobre la firmeza de la grasa de la carcaza.

En un experimento realizado en Colombia, Duran (1959) empleó proporciones de 4:1, 3:2 y 1:4 de maíz y salvado de arroz en las raciones de cerdos en crecimiento y engorde, las cuales representaban contenidos de 15, 30, 44 y 58% de salvado de arroz en la ración y una dieta control con 52% maíz y 5% salvado de arroz, teniendo las diferentes dietas entre 18 y 19% de proteína cruda. Las ganancias diarias de peso fueron 624, 666, 521, 449 y 357 gm y eficiencias alimenticias de 3,59; 3,39; 3,53; 3,94 y 3,88 para las raciones control, y con 15, 30, 44 y 58% de salvado de arroz respectivamente. Las ganancias de peso de los cerdos que recibían 44 y 58% de salvado de arroz en la ración fueron significativamente menores, concluyéndose que no debería emplearse más del 30% de salvado de arroz en las raciones para cerdos en engorde.

Thrasher et al (1966) realizaron 2 experimentos factoriales empleando 20 y 30% de salvado de arroz en la ración como remplazo de maíz y soya ó solo de maíz en raciones para cerdos en crecimiento y acabado, encontrando que la inclusión del salvado de arroz redujo significativamen-

te la rata de ganancia de peso, eficiencia alimenticia, espesor de grasa dorsal y la firmeza de la carcaza y aumentó significativamente el número de yodo, pero sin embargo el costo por unidad de ganancia fue menor cuando se incluyó 20% de salvado de arroz en las raciones para crecimiento y acabado. Además se indicó que a los niveles de 20 y 30%, el salvado de arroz fue equivalente al 95 y 90% respectivamente del valor del maíz. Estos resultados están de acuerdo con los obtenidos por Noland y Scott (1963) quienes remplazando maíz por salvado de arroz en raciones de cerdos para crecimiento y acabado en distintas proporciones, encontraron que el remplazo de 25% de maíz por salvado de arroz redujo imperceptiblemente el crecimiento pero que al 100% de sustitución, con torta de soya como fuente protefca, solo produjo aumentos de 572 gm mientras el maíz dió 810 gm diarios; indicando además que se podía remplazar hasta 50% de maíz con salvado sin que las carcazas fueran clasificadas como blandas.

Los resultados anteriores están en general de acuerdo con las recomendaciones en alimentación de cerdos dadas por Morrison (1956), Cunha (1960) y Rojas (1972) quienes indican que las puliduras de arroz tienen un valor de 121% con relación al valor del maíz cuando no se emplean en más del 30% de la ración y un valor menor cuando entran en mayor proporción; siendo el salvado de arroz igual al maíz cuando se usa entre 30-35% de la ración. Los autores además señalan que tanto el salvado* como las puliduras

* Salvado es una mezcla no específica de puliduras de arroz y pica.

ras de arroz producen diarrea en cerdos jóvenes así como carcazas blancas cuando entran en una proporción mayor a 50% de la ración.

En otro experimento en Colombia, Moncada y Maner (1966) emplearon niveles de 0, 20, 30 y 40% de harina de arroz con fuentes proteicas vegetales y también otra replicación con fuentes de proteína animal en dietas para cerdos en crecimiento y acabado; encontrando que la incorporación de la harina de arroz mejoró el crecimiento y la eficiencia alimenticia y que si su precio es menor que el del maíz producirán mayores ganancias económicas si se utilizan en niveles que no excedan del 40% y que además no hubo ventaja económica ni nutritiva al incluir proteína animal en dietas para crecimiento y acabado bien fortificadas.

Martínez y Bravo (1971) utilizaron dietas para cerdos con 7,5, 15, 22,5 y 30% de puliduras de arroz en crecimiento y 15, 30, 45 y 60% en acabado y una ración testigo maíz-soya; concluyendo que el crecimiento y el consumo de alimentos fueron reducidos significativamente ($P < 0.05$) con la dieta que tenía niveles de 30% en crecimiento y 60% de puliduras de arroz en acabado, permaneciendo similares las eficiencias alimenticias en todos los tratamientos.

Sin embargo, Nugara (1966) empleó dietas con niveles de 20 a 60% de salvado de arroz y torta de coco como fuente proteica y manifiesta que las mejores ganancias de peso y eficiencia alimenticia se obtuvieron con 60% de salvado en la dieta de crecimiento y acabado.

En un experimento realizado con cerdos en crecimiento empleando die

tas con 30 y 52% de puliduras de arroz más 10% melaza y con niveles de proteína de 18, 16 y 14% para las fases de: hasta 11,5; 11,5-23 y 23-50 kg de peso vivo respectivamente; no se encontraron diferencias significativas en la ganancia de peso pero la eficiencia alimenticia fue más pobre con las puliduras de arroz, siendo, sin embargo menor el costo de alimento por cerdo producido y además no fue afectada la calidad de la carcaza (Sagar y Yadava, 1971).

Balderama et al (1968) utilizaron diferentes combinaciones de salvado de arroz y torta de soya (90 y 5 hasta 65 y 30% de salvado y soya respectivamente) para balancear dietas con contenidos de proteína de 11 a 19% para cerdos en crecimiento y acabado; encontrando que el promedio de ganancia de peso fue significativamente mayor ($P < 0.05$) en la dieta con 19% de proteína cruda que en las demás pero no mayor que la de 16% de proteína; no siendo diferentes significativamente las eficiencias alimenticias entre tratamientos. Los autores recomiendan que debe tenerse presente una fuente proteica de buena calidad para combinarla con salvado de arroz.

De otro lado, Bistoyong et al (1968) emplearon también diferentes proporciones de salvado de arroz (63,5 a 94,5%) en combinación con harina de pescado para obtener dietas con contenidos de proteína cruda de 12 a 22% para cerdos en crecimiento y acabado, encontrando que la tasa de crecimiento, eficiencia alimenticia y utilización de la energía aumentaron conforme aumentaba el nivel de proteína en la dieta pero sin embargo la dieta con 18% de proteína fue la que tuvo las ganancias más baratas y la de 14% las más caras.

Ultimamente se ha notado cierta relación entre el empleo del salvado de arroz y una pobre utilización del Zn por los cerdos. Maust et al (1969) usando una dieta formada por 36% harina de yuca y 25% salvado de arroz en remplazo del maíz (testigo) y ambas dietas con suplemento proteico a base de torta de copra y harina de pescado, observaron la presentación de síntomas de parakeratosis a los 28 días en los cerdos que recibían la dieta harina de yuca-salvado, a pesar que el contenido de Zn de ambas dietas era igual (43 y 40 p.p.m.); síntomas que desaparecieron al suplementar la dieta con 100 p.p.m. de CO_3Zn . La tasa de crecimiento y la eficiencia alimenticia fueron iguales para los cerdos sanos de ambas dietas.

Estos resultados fueron confirmados posteriormente por el mismo investigador Maust et al (1972) empleando proporciones de 29% salvado de arroz y 40% harina de yuca en una dieta en remplazo del maíz, con torta de soya como suplemento proteico; se desarrollaron síntomas de deficiencia de Zn y parakeratosis que desaparecieron al suplementar la dieta yuca-salvado con 52 p.p.m. de Zn en forma de CO_3Zn . Además realizaron un estudio de digestibilidad con las mismas dietas encontrando que la digestibilidad de la energía y de la materia seca disminuían en la dieta yuca-salvado sin suplementar con Zn, pero que no fueron diferentes en las raciones de maíz y yuca-salvado suplementada con Zn.

También se ha tratado de emplear los subproductos del arroz en la alimentación de otro tipo de animales y así vemos que Smith (1948) empleando salvado y pulimento de arroz como remplazo de maíz en raciones

de gallinas de postura encontró que se disminuía la eficiencia del alimento. Posteriormente Buvanendran (1961) utilizó niveles de 20, 30 y 50% de salvado de arroz en dietas para levante de pollos y en raciones para gallinas de postura, concluyendo que se puede incluir hasta 20% de salvado de arroz en las raciones de iniciación y crecimiento el cual podría aumentarse hasta 30% en las raciones para postura.

Ghoneim et al (1958) trabajando con patos y empleando niveles de 20 hasta 100% de salvado de arroz en las raciones de crecimiento y de postura, encontró que no hubo diferencias en la tasa de crecimiento, eficiencia alimenticia y mortalidad aún con el nivel de 100% de salvado siendo igual, entre los distintos tratamientos, la edad a la cual se alcanzó el máximo peso vivo (23 semanas); además tampoco hubo efecto adverso del salvado de arroz en la producción, fertilidad o incubabilidad de huevos.

Volcani (1950) trabajó con vacas en lactación empleando 58% de puliduras de arroz en remplazo de una cantidad similar de cebada que tenía la ración control y concluyó que no hubo diferencias en la producción de leche ni en el contenido de grasa de la misma entre los tratamientos y por tanto podía incluirse una considerable proporción de puliduras de arroz en la ración concentrada de vacas en producción.

White (1965) empleó diferentes niveles de salvado de arroz en la ración de toretes y novillos de carne y encontró que hasta un 30% de salvado no afectaba la ganancia diaria de peso, eficiencia alimenticia ni grado de la carcaza, pero que en niveles mayores de 40% se disminuían dichos parámetros y había una mayor incidencia de diarrea,

2.2. EVALUACION DE LA ENERGIA.

Se han utilizado varios sistemas para la evaluación del contenido energético de un alimento, incluyendo desde los antiguos sistemas de Nutrientes Digestibles Totales (NDT) y equivalentes almidón de Kellner hasta los más modernos de energías digestible (ED) metabolizable (EM) y neta (EN).

Debido a la gran cantidad de información disponible acerca del valor energético de los alimentos en términos de NDT se ha tratado de convertir dichos valores a términos de ED y EM empleando diversos factores de conversión, pero en el caso de cerdos este sistema no ofrece seguridad debido a la gran variabilidad encontrada en el valor de 1 kg de NDT en términos de ED, que van desde valores de 3.555 hasta 4.525 kcal/kg y en términos de EM valores de 3.991 hasta 4.233 kcal/kg (Agudelo, 1973).

De otro lado, si bien es cierto que la EN representa la porción de energía que es directamente aprovechada por el organismo, existen muchas limitaciones en los métodos de análisis y su determinación es poco precisa y de valor relativo con respecto a las variaciones ambientales, por lo que en condiciones prácticas el término más apropiado para expresar el valor energético de un alimento es la EM que está definida como la energía total del alimento ó energía bruta (EB) menos la energía perdida en heces, orina y gases de la digestión. Debido a las dificultades inherentes en la determinación de la energía de orina la tendencia general en el caso de cerdos es la determinación de ED (energía bruta menos energía en heces y gases de digestión) que se convierte así en el término más

práctico de energía en alimentos para cerdos debido a su facilidad de determinación y a su utilidad en racionamiento de porcinos (Buitrago, 1973).

Además, se han desarrollado varios procedimientos matemáticos para estimar la EM relacionándola con los principios inmediatos digestibles y así tenemos que Nehring et al citado por De Alba (1971) desarrollaron varias ecuaciones para estimar la EM en las distintas especies animales siendo la ecuación para el caso de los cerdos, la siguiente:

$$\text{EM kcal/100 gm alimento} = \text{P.D (4,50)} + \text{G.D (8,62)} + \text{F.D (4,0)} + \text{ENND (4,17)}$$

siendo P.D, G.D, F.D y ENND los valores de proteína digestible, grasa digestible, fibra digestible y extracto no nitrogenado digestible respectivamente,

Kotarkinka y Kielanowski citados por Jiménez (1972) analizan la validez de la ecuación propuesta por Hoffman (1965) y demuestran la conveniencia de utilizar esta estimación de EM no solo en investigación sino también en condiciones prácticas. Dicha ecuación es:

$$\text{EM (kcal)} = 4,88 X_1 + 9,50 X_2 + 3,38 X_3 + 4,06 X_4$$

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

Además, May y Bell y Potter y Matterson (1960) citados por Agudelo (1973) manifiestan que la diferencia entre la EM determinada por métodos de laboratorio y la estimada por métodos convencionales, no sobrepasa el

3% en todos los casos estudiados.

2.3. INTERRELACIONES NUTRITIVAS FIBRA-ENERGIA-PROTEINA EN CERDOS.

Se analizan separadamente cada una de las fracciones, sin embargo existen implicaciones nutritivas entre ellas que hacen que se correlacionen unas con otras en los estudios experimentales, por lo cual resulta difícil hacer una delimitación exacta entre ellas.

2.3.1. Fibra.

En el análisis proximal la fibra cruda se considera como una fracción uniforme e indigestible, sin embargo esto no es así y la composición y digestibilidad varían considerablemente en distintos tipos de fibra, especialmente en nutrición de cerdos debido a la apreciable fermentación microbiana de su sistema digestivo (Buitrago, 1973).

El contenido de fibra cruda de un alimento o ración hace variar la utilización de los diferentes componentes químicos así como de ella misma y así tenemos que Lloyd y Crampton (1956) en ensayos de digestibilidad con cerdos de 40 kg de peso vivo y empleando raciones con diferentes contenidos de proteína cruda (8,4 a 14,2%) y fibra cruda (1,4 a 8,6%), encontraron que tanto el porcentaje de fibra cruda como el de proteína afectaron igualmente la digestibilidad de la proteína aunque en sentido inverso, por lo cual aumentando el contenido de proteína ó disminuyendo el de fibra se logra aumentar la digestibilidad de la proteína (72 vs 92%), siendo de 3:1 la relación entre efecto de fibra y proteína sobre la digestibilidad de la proteína.

Estos resultados están de acuerdo con los de Dinusson et al (1961) quienes empleando la cáscara de avena para variar el contenido de fibra (2,9 a 16%) de la ración de cerdos; encontraron que a niveles de 12 y 16% de fibra se disminuyó significativamente la eficiencia alimenticia y la digestibilidad de la proteína, mientras que en las mismas raciones pero peletizadas el aumento de fibra de 2,9 a 16% no afectó significativamente la ganancia de peso pero se incrementaba el consumo para lograr igual consumo diario de energía.

Pond et al (1962) realizaron 3 ensayos de alimentación y de digestibilidad empleando cerdos y tuza de maíz molida en proporciones de 12,4 ó 24,8% para hacer variar el contenido de fibra desde 4,5 a 9,5% en raciones con 10 ó 18% de proteína cruda; encontrando que en ambos niveles de proteína la fibra añadida redujo significativamente la tasa de ganancia de peso, espesor de grasa dorsal y la digestibilidad aparente de la materia seca, proteína cruda y extracto no nitrogenado (ENN); resultados que fueron similares a los encontrados por Brooks (1967) quién utilizó 10% de bagazo para aumentar el nivel de fibra hasta 5,4% en la ración de los cerdos.

Sobre un total de 107 ensayos de digestibilidad se encontró que: la digestibilidad de la fibra aumentó entre los 30 y 100 kg de peso vivo de los cerdos, la digestibilidad de la proteína fué baja cuando la dieta tenía bajo contenido de ella, el contenido de grasa ó proteína de la ración de los cerdos no afectó la digestibilidad de los otros componentes, con alto contenido de fibra natural se disminuyó la digestibilidad de

los otros componentes aunque la digestibilidad de la fibra no estuvo relacionada con su contenido en la dieta y que no hubo efecto sobre la digestibilidad de parte de la raza, sexo, tipo y cantidad de alimento ni del número de comidas diarias (Dammers, 1964).

Baird et al (1969) empleando niveles de fibra cruda hasta de 8% en la ración de cerdos y proveniente de diferentes fuentes, encontraron que no hubo diferencias en ganancia de peso, eficiencia alimenticia ó digestibilidad de la materia seca y de la proteína cruda debidas a los diferentes niveles o fuentes de fibra cruda en la ración, aún cuando la digestibilidad de la fibra varió entre 20,6 y 66,5%. Resultados similares obtuvo Vlcek (1968) en lo que se refiere a ganancia de peso con niveles de fibra de hasta 9% en la ración, pero sin embargo encontró diferencias en la eficiencia alimenticia así como también diferencias en cuanto a la fuente de la fibra; recomendando no emplear más de 7% de fibra en la ración de cerdos hasta los 50 kg y que pasado este peso se podría emplear 8% con fibra de paja de trigo pero solo 5% con fibra de paja de centeno.

Acerca de la utilización de la energía con diferentes niveles de fibra, Bowland et al (1970) utilizando raciones con contenidos de 3 a 12% de fibra cruda y consumos diarios de E.D. iguales entre los diferentes tratamientos, encontraron que la digestibilidad de los nutrientes orgánicos así como la E.D. y E.M. disminuyeron conforme aumentó el nivel de fibra en la dieta permaneciendo invariables la retención y consumo diario de nitrógeno así como el consumo y ganancia de energía. Estos resultados difieren un tanto de los reportados por Baird et al (1970) quienes

en teniendo cerdos del mismo peso y niveles de fibra de 3,5 a 13,5% con contenidos aproximadamente iguales de E.M. entre las distintas dietas; observaron que con variables niveles de fibra, a un nivel constante de energía, no tuvo efecto sobre la tasa de ganancia de peso, eficiencia de la ganancia o carcazas magras y que la máxima eficiencia de utilización de la E.M. se logró con 11,5% de fibra y que además las diferencias en rendimiento debidas a la energía fueron de mayor magnitud que las debidas al nivel de fibra.

De otro lado Skipitaris et al (1957) demostraron que la adición de 16% de sucrosa a una dieta de cerdos a base de cebada, disminuyó la digestibilidad de la proteína cruda y fibra cruda en 5 y 38% respectivamente.

Es también conocido que existen diferencias en la utilización de los nutrientes entre monogástricos y rumiantes y así Glover (1961) basado en estudios de ecuaciones que relacionaban NDT, proteína digestible y fibra digestible, así como en gráficos que muestran dichas relaciones en alimentos con contenidos de hasta 40% fibra cruda y 30% proteína cruda; concluye que los rumiantes aprovechan más eficientemente que los cerdos la energía y la proteína en alimentos con alto contenido de fibra y baja proteína, pero los cerdos lo hacen mejor que los rumiantes en alimentos con baja fibra y alta proteína.

Como se puede notar, la digestibilidad de la fibra por los cerdos es muy variable entre los distintos tipos de fibra como consecuencia de su diferente composición y diferente contenido en las diferentes fracciones que la componen: hemicelulosa, celulosa y lignina, las cuales tienen

diferente grado de utilización por los cerdos; así tenemos que Woodman y Evans (1947) demostraron que incluyendo 25% de celulosa a la ración de cerdos de más de 80 kg de peso vivo, no se afectó la ganancia de peso ni la eficiencia alimenticia, lo cual no quiere decir que suceda lo mismo con alimentos ricos en celulosa ya que en ellos se encuentra lignificada; además recomiendan no sobrepasar cantidades de 680 gm diarios de celulosa añadida en cerdos adultos.

Acerca de la utilización de fibra cruda y celulosa por los cerdos, Forbes y Hamilton (1952) empleando diversas fuentes de celulosa con cerdos de 57 kg encontraron que la E.D. se disminuyó significativamente al sustituir el almidón de la dieta con las fuentes de celulosa, la digestibilidad de la celulosa (25,0 a 58,8%) y de la fibra (26,6 a 71,8%) fueron afectadas por las distintas fuentes y que al expresar los valores de EM como porcentaje de la ED se muestra que los ácidos orgánicos producidos en la digestión de la celulosa son altamente utilizados por el animal, además encontraron una digestibilidad de 5,1% para la lignina.

Estos resultados son similares a los obtenidos por Nehring et al (1964) quienes reportan 50% de digestibilidad para la celulosa y una eficiencia de 70,6% de utilización de la EM de la celulosa por los cerdos.

Henry et al (1969) empleando dietas con niveles de 2 a 15% de celulosa de madera añadida a raciones de cerdos de 25 kg, encontraron que no se afectó el crecimiento, consumo de alimento ni eficiencia alimenticia hasta que los cerdos tuvieron 60 kg de peso vivo, pero que en el período

entre 60-90 kg se aumentó el consumo de alimento y se redujeron el crecimiento y la eficiencia alimenticia conforme se aumentaba el nivel de celulosa, encontrándose la mejor eficiencia alimenticia con 8% de celulosa de madera añadida.

Keys et al (1970) utilizaron dietas con diferentes niveles de heno de pasto orchoro (20-60%) en cerdos y empleando el método de análisis de Van Soest encontraron que la digestibilidad de la hemicelulosa (47,5 - 59,0%) fué mayor que la de la celulosa (43,9 a 46,4).

Finalmente mencionaremos que la digestibilidad de la hemicelulosa, celulosa y lignina ha sido estimada en 52,35 y 5% respectivamente para cerdos de 50 a 70 kg de peso vivo (Buitrago, 1973).

2.3.2. Proteína.

Respecto a este nutriente las mayores interrelaciones a considerar en el racionamiento de cerdos es con la energía, ya que como ella es la que generalmente regula el consumo de alimentos es necesario considerar una adecuada relación energía: proteína para asegurar una ingestión suficiente de proteína y en última instancia de aminoácidos por los animales.

Diversos investigadores han reportado que la digestibilidad de la proteína cruda en raciones para cerdos, se aumenta a medida que se incrementa su nivel en la ración, situación que se ve favorecida si paralelamente se incrementa también el contenido energético de la dieta. Sin embargo la eficiencia de utilización de la proteína así como la retención de nitrógeno disminuyen cuando se emplean niveles altos de proteína y de

energía en la dieta (Likuski et al, 1961; Zivkovic y Bowland, 1963; Skitzko y Bowland, 1970).

Sin embargo, Greeley et al (1964) empleando raciones con contenidos variables en proteína (13 a 19%) y añadiendo sebo animal estabilizado, en encuentran que la eficiencia de utilización de la proteína se aumenta al añadir el sebo a la ración de los cerdos.

En la digestibilidad de la proteína tiene gran importancia la calidad de ella y así tenemos que Sihombing et al (1969) comparando maíz opa-co-2 con maíz normal en raciones para cerdos en crecimiento, demuestran que la digestibilidad de la proteína es mayor en raciones con maíz opaco-2 que con maíz normal, siendo esta diferencia significativa cuando las dietas eran bajas en proteína (7,9%); sin embargo la digestibilidad de la grasa muestra una respuesta opuesta a la anterior, y no estando afectadas las digestibilidades de materia seca, fibra cruda y ENN por la fuente de maíz.

En ensayos de alimentación se ha tratado de evaluar el nivel más a apropiado de proteína en las raciones de cerdos y así vemos que varios investigadores probando niveles de 12 hasta 20% para la fase de crecimiento y de 10 hasta 14% para la fase de acabado, están de acuerdo en manifestar que las mejores ganancias de peso y eficiencias alimenticias, durante el crecimiento, se logran con los niveles altos de proteína hasta 18% ya que con 20% se disminuyen dichos parámetros; y que en la fase de acabado en algunos casos se sigue la misma tendencia aunque en otros no existen diferencias entre los distintos niveles a partir de 12% de proteína cruda

en la ración (Morgan et al, 1959; Robinson et al, 1964; Seymour et al, 1964; Kornegay et al, 1973).

Estos resultados, sin embargo, no concuerdan con lo reportado por Reimer y Meade (1964) quienes emplearon niveles de 12 a 16% en crecimiento y 11-14% en acabado, no encontrando diferencias significativas entre los distintos niveles de proteína en la ración referentes a ganancias de peso y eficiencia alimenticia.

Esta aparente contradicción puede explicarse por la diferente concentración de aminoácidos en las dietas, ya que según lo reportado por varios investigadores al comparar diversas fuentes y niveles de proteína en las raciones del cerdo, las ganancias de peso, consumo de alimento y eficiencia alimenticia están mayormente influenciadas por la calidad de la proteína que por su nivel en la ración (Robinson et al, 1964; Reimer y Meade, 1964; Clawson, 1967).

De otro lado, Garret (1970) realizó 2 experimentos de alimentación para probar el efecto del nivel de proteína en la determinación de la energía neta para mantenimiento (ENm) y para ganancia de peso (ENg), encontrando que se necesitaba un promedio de 20% más de alimento para mantener el equilibrio energético en las raciones altas en proteína; por lo cual se recomienda que las raciones basal y experimental para determinar ENg deben tener el mismo nivel de proteína.

2.3.3. Energía.

El contenido calórico de la dieta es quizá el aspecto más importante

a considerar en la formulación de dietas para cerdos ya que es el aspecto que más influye en la regulación del consumo de alimento y es así que en los modernos standards de alimentación se establecen los niveles de los otros nutrientes en base al contenido de energía de la ración.

Con referencia al efecto del nivel energético de la ración sobre la digestibilidad de los otros nutrientes, la mayoría de investigadores están de acuerdo en que la inclusión de grasa animal, sebo ó aceite a las raciones de cerdos para aumentar su contenido energético, ocasionan un aumento en la digestibilidad del extracto etéreo (Lowrey et al, 1962; Boenker et al, 1969; Zivkovic, 1964; Zivkovic y Bowland, 1963 y Greeley et al, 1964).

Sin embargo, con referencia a la digestibilidad de los otros nutrientes hay ciertas discrepancias y así tenemos que Lowrey et al (1962) Boenker et al (1969) reportan que la inclusión de sebo hasta 10% en la ración de cerdos no afectó la digestibilidad de las otras fracciones de la dieta como ser materia seca, proteína, fibra y ENN. Sin embargo Zivkovic y Bowland (1963) y Zivkovic (1964) reportan que la adición de hasta 15% de grasa a la ración aumentó la digestibilidad de la fibra cruda y redujo la de materia seca y ENN, teniendo a reducir también la de proteína, aunque no significativamente.

Respecto a la digestibilidad de la energía Kuryvial y Bowland (1962) manifiestan que añadiendo sebo a la ración de cerdos en niveles de hasta 30% no se observó ninguna influencia sobre la digestibilidad aparente de la energía. Posteriormente otros investigadores indican que la digestibi

lidad de la energía aumenta conforme aumenta el contenido calórico de la dieta, ya sea agregando sebo o balanceando dietas altas en energía pero que sin embargo con la adición de sebo se disminuye la eficiencia de utilización de la energía digestible (Zivkovic y Bowland, 1963; Greeley et al., 1964; Skitsko y Bowland, 1970).

En cuanto al efecto del contenido de energía de la dieta en experimentos de alimentación, la mayoría de investigadores están de acuerdo en que aumentando el contenido calórico de las raciones de cerdos, se incrementa el ritmo de ganancia de peso, se disminuye el consumo de alimento y se mejora la eficiencia alimenticia, siempre y cuando dicho aumento vaya acompañado con un aumento de la proteína para así guardar una relación estrecha energía: proteína; ya que si no se aumenta la proteína al aumentar la energía, las ganancias de peso disminuyen. Además, al aumentar la energía de la dieta se incrementa el espesor de grasa dorsal y se disminuye el porcentaje de cortes magros de la carcaza (Likuski et al., 1961; Lowrey et al., 1962; Robinson et al., 1964; Owen y Ridgman, 1967; Baird et al., 1970).

Sin embargo, Seerley et al. (1964) reportan que la ganancia de peso no aumentó aunque si se mejoró la eficiencia alimenticia al añadir grasa a raciones de cerdos a base de maíz ó a base de maíz-avena. De otro lado Greeley et al. (1964) añadiendo 5, 10 ó 15% de sebo estabilizado ó aceite de maíz a una dieta basal con 16% de proteína, encontraron una reducción en la ganancia diaria de peso al emplear el aceite de maíz.

3. MATERIALES Y METODOS

Se llevaron a cabo dos experimentos en la Sección de Porcinos del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias "TIBAITATA", localizado en el Municipio de Masquera, a una altura de 2.630 m.s.n.m., con una temperatura promedio de 13°C y una precipitación pluvial media anual de 625 m.m.

Experimento 1.

3.1. EVALUACION DE LA HARINA DE ARROZ, COMO REPLAZO DEL MILLO, PARA CERDOS EN CRECIMIENTO Y ENGORDE.

3.1.1. Animales experimentales y manejo.

Se emplearon 60 cerdos destetados, machos castrados y hembras de las razas Duroc Jersey, Landrace y mentizos Duroc x Landrace, de tres meses de edad y con un peso promedio inicial de 18 kg; distribuidos con base en sexo y peso en 12 lotes de cinco animales cada uno (tres machos y dos hembras). Dichos lotes se distribuyeron al azar entre seis tratamientos de tal manera que se tuvieron dos repeticiones por tratamiento.

Posteriormente se eliminaron dos animales del tratamiento V y uno del VI debido a enfermedad que en ningún caso fue relacionada con las dietas experimentales.

Los animales de cada uno de los lotes fueron alojados en corrales de dos x ocho metros, con piso de concreto, techados en un 50% del área y que contaban con bebedero y un comedero automático de tres puestos, de tal manera que se suministró agua y alimento a voluntad.

Durante la fase experimental los cerdos recibieron dos tipos de raciones: una ración de crecimiento hasta que alcanzaron un peso promedio de 50-55 kg y luego una ración de acabado hasta que tuvieron un peso promedio de 90 kg momento en el cual se dió por concluido el experimento.

3.1.2. Tratamientos.

Se fijaron seis tratamientos con dos repeticiones de cinco animales cada uno, arreglados en un diseño experimental completamente al azar.

Los grupos experimentales fueron:

Tratamientos.

- I Ración control a base de millo-soya.
- II Ración con torta de algodón y 20% harina de arroz.
- III Ración con torta de algodón y 40% harina de arroz.
- IV Ración con torta de algodón y 60% harina de arroz.
- V Ración con torta de algodón y 80% harina de arroz.
- VI Ración con torta de algodón y 80% harina de arroz suplementada con lisina sintética.

Todas las raciones fueron isoproteicas calculándose un 16% de proteína para la fase de crecimiento y 14% para la fase de acabado. En la fase de acabado se eliminó el tratamiento VI por no justificarse y esos animales continuaron recibiendo la ración V que es igual a la VI pero sin adición de lisina sintética.

3.1.3. Raciones experimentales.

La composición de las raciones experimentales para crecimiento y acabado se detallan en las tablas 1 y 2. La composición de las premezclas vitamínica y mineral empleadas en la formulación de las raciones se muestra en la tabla 12 del apéndice.

3.1.4. Controles y análisis realizados.

Se llevaron controles de peso y consumo de alimento cada 14 días, lo cual permitió calcular aumento diario de peso, consumo diario de alimento y la respectiva eficiencia alimenticia por períodos. Una vez que los animales llegaron a un peso promedio de 90 kg se realizó una determinación del espesor de grasa dorsal in vivo para lo cual se hicieron 3 mediciones: a la altura de la primera costilla, última costilla y última vértebra lumbar, haciéndose primero una incisión a la altura de los lugares mencionados y a unos 4 cm a ambos lados de la columna vertebral y luego introduciendo por presión y midiendo el espesor de grasa dorsal con una reglilla especialmente diseñada para este fin. Luego se sacó un promedio de las tres medidas y se ajustó a 90 kg de peso vivo.

Al día siguiente se tomó una muestra de grasa dorsal de un animal en cada replicación para lo cual se procedió de la siguiente manera: a la altura del lugar de la segunda medida de grasa se procedió a afeitar un área de unos 5 x 5 cm y luego de desinfectada se hizo una incisión en forma de U para evitar el desprendimiento del corte y se extrajo la mues-tra de grasa mediante desprendimiento y corte del tejido graso. Dicha muestra se recibió en un frasco de vidrio el cual se tapó herméticamente

TABLA 1. Composición de las raciones para la fase crecimiento del experimento uno (%).

Ingredientes	Raciones					
	I	II	III	IV	V	VI
Millo	78,0	59,5	42,0	24,5	7,0	6,87
Harina de arroz	-	20,0	40,0	60,0	80,0	80,0
Torta de soya	17,0	6,5	4,5	2,0	-	-
Torta de algodón	-	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Harina de huesos	4,0	3,0	2,0	1,5	0,5	3,5
Caliza	-	-	0,5	1,0	1,5	1,5
Premezcla (Vit.-Min.)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Lisina - HCl	-	-	-	-	-	0,13
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Composición según análisis						
Proteína cruda %	14,07	17,17	16,63	17,54	17,44	14,41
Extracto etéreo %	1,37	5,01	7,24	10,06	11,96	8,48
Fibra cruda %	3,58	3,50	4,68	4,81	7,05	10,47
E.N.N. %	63,04	56,65	53,10	49,36	44,19	44,57
Humedad %	11,95	12,08	11,85	11,50	11,01	11,00
Composición calculada						
Proteína total %	16,10	16,13	16,20	16,03	16,10	16,19
Lisina %	0,70	0,60	0,59	0,58	0,58	0,68
Energía digest. (kcal/kg)	3.224	3.166	3.155	3.126	3.114	3.110
Ca %	0,97	0,74	0,70	0,75	0,71	0,71
P Disponible %	0,57	0,57	0,54	0,59	0,55	0,55
Relación Ca/P	1,70	1,29	1,29	1,27	1,29	1,29



TABLA 2. Composición de las raciones para la fase acabado del experimento uno (%)

Ingredientes	Raciones				
	I	II	III	IV	V
Millo	83,0	66,0	48,5	31,0	13,0
Harina de arroz	-	20,0	40,0	60,0	80,0
Torta de algodón	-	4,0	4,0	4,0	4,0
Torta de soya	12,0	6,0	4,0	2,0	-
Harina de huesos	4,0	3,0	2,5	2,0	2,0
Premezcla (Vit.-Min.)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Composición según análisis					
Proteína cruda %	13,88	15,19	15,0	14,81	13,79
Extracto etéreo %	2,24	5,45	6,78	11,27	11,35
Fibra cruda	2,67	3,23	4,13	4,97	4,79
E.N.N. %	60,55	59,13	55,84	50,53	52,29
Humedad %	13,90	10,46	12,52	11,11	10,32
Composición calculada					
Proteína total %	14,18	14,02	14,09	14,16	14,18
Lisina %	0,55	0,49	0,49	0,49	0,49
Energía digestible (kcal/kg)	3.230	3.210	3.198	3.186	3.157
Ca %	0,96	0,73	0,61	0,50	0,51
P disponible %	0,55	0,52	0,54	0,56	0,54
Relación Cx/P	1,74	1,40	1,13	0,90	0,95

después de haber desalojado el aire presente insuflándole nitrógeno y fué conservado en congelación a 0°C hasta su análisis.

De la muestra de grasa se realizó posteriormente el análisis del índice o número de yodo para lo cual se procedió en la forma siguiente:

- a) Macerar la muestra de tejido graso en un mortero, con sulfato de so dio anhidro.
- b) Agregar al mécerado 20 ml de un solvente formado por la mezcla de eter, cloroformo y metanol en proporciones de 2:2:1 por volumen.
- c) Filtrar, empleando para lavar el filtro la misma solución anterior.
- d) Evaporar el filtrado.
- e) Recoger la grasa seca extraída.

Una vez obtenida la grasa verdadera se tomó una muestra de aproxim damente un gramo y sobre ella se determinó el índice de yodo empleando el método de Hanus descrito por el A.O.A.C. (1965). El índice de yodo se corrió por duplicado en cada muestra de tejido original.

3.1.5. Diseño experimental.

Se empleó el diseño completamente al azar con análisis de varianza simple y la prueba de comparación de promedios de Duncan para determinar si existían diferencias significativas o nó entre tratamientos.

Experimento 2.

3.2. DIGESTIBILIDAD Y ENERGIAS DIGESTIBLE Y METABOLIZABLE DE LA HARINA DE ARROZ EN RACIONES PARA CERDOS.

3.2.1. Animales experimentales.

Se utilizaron 24 cerdos Duroc Jersey, Landrace y mestizos Duroc x Landrace, de 85 días de edad y con un peso promedio de 15-18 kg distribuidos al azar en cuatro tratamientos. Los cerdos fueron alojados en jaulas metabólicas de metal equipadas con su respectivo comedero-bebedero y con un dispositivo especial que permite la recolección de heces y orina separadamente.

3.2.2. Tratamientos.

Se fijaron cuatro tratamientos correspondiendo seis animales a cada uno arreglados en un diseño experimental completamente al azar. Se emplearon tres dietas del experimento uno que contenían 40, 60 y 80% de harina de arroz y además una dieta formada por harina de arroz como única fuente de energía y proteína, adicionada de vitamina y minerales. Los grupos experimentales fueron:

Tratamientos

- 1o. Ración con 40% harina de arroz.
- 2o. Ración con 60% harina de arroz.
- 3o. Ración con 80% harina de arroz.
- 4o. Ración a base de harina de arroz.

3.2.3. Raciones experimentales.

La composición de las raciones experimentales se detallan en la tabla

TABLA 3. Composición de las raciones del experimento dos (%)

Ingredientes	R a c i o n e s			
	1	2	3	4
Millo	42,0	24,5	7,0	-
Harina de arroz	40,0	60,0	80,0	96,8
Torta de soya	4,5	2,0	-	-
Torta de algodón;	10,0	10,0	10,0	-
Harina de huesos	2,0	1,5	0,5	0,5
Caliza	0,5	1,0	1,5	1,7
Premezcla (Vit,-Min.)	1,0	1,0	1,0	1,0
Total	100,0	100,0	100,0	100,0

La composición química de las raciones experimentales así como de la premezcla vitamínica y mineral empleada en su formulación, pueden verse en las tablas 12 y 16 del apéndice.

3.2.4. Procedimiento utilizado.

Los animales recibieron una cantidad diaria de alimento equivalente al 3% de su peso vivo, de acuerdo a lo recomendado por Robinson et al (1965) que fué suministrada en dos comidas: a las 8 y a las 15 horas. El alimento se ponía a disposición de los cerdos durante una hora considerándose que este tiempo era suficiente para un consumo adecuado, pasado

el cual se retiraban los sobrantes los cuales se pesaban y se descontaban del consumo total. Luego de retirado el alimento se proporcionaba agua a voluntad.

3.2.5. Período pre-experimental.

Se acordó un período pre-experimental de ocho días para el acostumbramiento de los animales a la ración así como a la jaula metabólica y durante el cual se les suministraron las raciones experimentales de acuerdo a la tabla 10 del apéndice.

3.2.6. Período experimental.

Al iniciarse el período experimental los animales se pesaron nuevamente y se les asignó el suministro de alimento de acuerdo a su peso según se muestra en la tabla 11 del apéndice. Así mismo se procedió a realizar una prolija limpieza de las jaulas metabólicas. Este período tuvo una duración de ocho días al final del cual los cerdos se pesaron nuevamente.

3.2.7. Recolección de heces.

La recolección de heces fué total y se realizó cada dos días durante el período experimental o sea que se hicieron cuatro colecciones de cada animal. Las heces colectadas cada vez se recogieron en bolsas plásticas y se mantuvieron en refrigeración a 0°C con el fin de formar una colección total de cada animal de donde posteriormente y previa homogenización se tomaron muestras de 300 gm para su análisis.

3.2.8. Análisis realizados.

A cada una de las muestras de las raciones experimentales y de las heces se les realizó análisis proximal (sistema Weende) y calorimétrico. El análisis proximal se hizo por duplicado y siguiendo el método empleado en el Laboratorio de Nutrición Animal de Tibaitatá que a su vez está basado en el A.O.A.C. (1965). El análisis calorimétrico se llevó a cabo por duplicado en un calorímetro adiabático de Parr siguiendo la metodología indicada por el Manual Parr 130 (1966). La ED se obtuvo por diferencia entre la energía bruta (EB) del alimento y la EB de las heces. La EM fué estimada a partir de la ED empleando las ecuaciones de Nehring et al citado por De Alba (1971) y de Hoffman citado por Jiménez (1972).

3.2.9. Diseño experimental.

Se empleó el diseño completamente al azar con análisis de varianza simple y prueba de Diferencia Mínima Significativa (DMS) para determinar si existían diferencias significativas o nó entre tratamientos, según Calzada (1970).

4. RESULTADOS.

Experimento 1.

4.1. EVALUACION DE LA HARINA DE ARROZ, COMO REPLAZO DEL MILLO, PARA CERDOS EN CRECIMIENTO Y ENGORDE.

4.1.1. Etapa de crecimiento.

El resumen de los resultados obtenidos en esta etapa del experimento se detalla en la tabla 4, encontrándose datos más completos en la tabla 13 del apéndice.

Al efectuar el análisis estadístico de los parámetros estudiados, se encontró que la ganancia promedio diario de peso así como el consumo de alimento promedio diario de los animales del tratamiento testigo (I) fueron significativamente superiores ($P < 0.05$) a las de los tratamientos IV, V y VI pero no diferentes a las de los tratamientos II y III; no existiendo diferencia significativa ($P < 0.05$) entre los tratamientos II, III, IV y VI. El tratamiento con 80% de harina de arroz sin suplementar tuvo las menores ganancias de peso que fueron significativamente inferiores ($P < 0.05$) a las de los tratamientos testigo (I) y con 20% de harina de arroz, pero no diferentes a las raciones con 40, 60 y 80% + lisina, de harina de arroz. Sin embargo en lo referente al consumo de alimento el tratamiento V también fue el menor pero siendo significativamente diferente de las raciones I, II, III y VI y no diferente de la ración IV. En la eficiencia alimenticia no se encontraron diferencias significativas entre los distintos tratamientos.

TABLA 4. Rendimiento de los cerdos, durante la etapa de crecimiento, sometidos a diferentes niveles de harina de arroz en la ración.

	T r a t a m i e n t o s					
	I (0)	II (20)	III (40)	IV (60)	V (80)	VI (80)*
Número de animales	10	10	10	10	8	9
Número de días en experimento	56	56	63	70	70	70
Peso promedio inicial, kg	18,15	18,15	18,15	18,10	18,38	17,83
Peso promedio final, kg	54,75	51,75	54,35	53,75	50,44	51,17
Aumento promedio diario, kg	0,653	0,600	0,574	0,509	0,458	0,476
Consumo promedio diario, kg	2,167	2,873	1,873	1,743	1,452	1,784
Eficiencia alimenticia	3,41	3,14	3,40	3,52	3,24	3,81

* Los números entre parentesis indican % de harina de arroz en la ración.

4.1.2. Etapa de acabado.

Los resultados obtenidos en ésta etapa del experimento se presentan en resumen en la tabla 5. Mayor información se puede encontrar en la tabla 14 del apéndice.

Sometidos dichos resultados al análisis estadístico se encontró que la ganancia promedio diario de peso no fué significativamente diferente ($P < 0.05$) entre los tratamientos con 0, 20, 40 y 60% de harina de arroz en la ración, notándose que los tratamientos con 80% de harina de arroz con y sin suplementación de lisina en la etapa anterior, fueron significativamente inferiores ($P < 0.05$) a los de 0 y 20% de harina de arroz pero no significativamente diferentes ($P < 0.05$) a los de 40 y 60% de harina de arroz, ni tampoco diferentes entre sí.

Con relación al consumo de alimento no hubo diferencia significativa ($P < 0.05$) entre los tratamientos I, II, III y IV, observándose sin embargo una tendencia a consumir menos alimento a medida que aumentaba el contenido de harina de arroz en la ración, a excepción del testigo que tuvo un consumo menor que los tratamientos II y III. Los menores consumos de alimento fueron los de los tratamientos V y VI que no fueron significativamente diferentes del de los tratamientos III, I y IV ni tampoco diferentes entre sí, pero significativamente diferentes ($P < 0.05$) del tratamiento II. En la eficiencia alimenticia no se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los tratamientos.

4.1.3. Etapa completa crecimiento-acabado.

TABLE 5. Rendimiento de los cerdos, durante la etapa de acabado, sometidos a diferentes niveles de harina de arroz en la ración.

	T r a t a m i e n t o s					
	I (0)	II (20)	III (40)	IV (60)	V (80)	VI (80)*
Número de animales	10	10	10	10	8	9
Número de días en experimento	43	56	63	70	89	89
Peso promedio inicial, kg	54,75	51,75	54,35	53,75	50,44	51,17
Peso promedio final, kg	90,20	91,30	91,90	91,90	90,27	92,50
Aumento promedio diario, kg	0,723	0,706	0,596	0,545	0,448	0,464
Consumo promedio diario, kg	2,691	3,048	2,783	2,515	2,053	2,137
Eficiencia alimenticia	3,80	4,40	4,92	4,80	4,63	4,72

* Los números entre paréntesis indican % de harina de arroz en la ración.

Los resultados del experimento completo tomando en consideración ambas etapas, se resumen en la tabla 6. Información adicional se puede encontrar en la tabla 15 del apéndice.

En general se nota una disminución de la ganancia diaria de peso a medida que se va aumentando el contenido de harina de arroz en la ración. Sin embargo estas diferencias no son estadísticamente significativas ($P < 0.05$) entre los tratamientos con 0, 20, 40 y 60% de harina de arroz. A pesar de haber una ligera ventaja del tratamiento con 80% de harina de arroz suplementada con lisina en la etapa de crecimiento, sobre el de 80% de harina de arroz sin suplementar, este no es significativamente diferente ($P < 0.05$) ni tampoco con respecto a los tratamientos con 40 y 60% de harina de arroz, pero sí es significativamente ($P < 0.05$) inferior a los tratamientos con 0 y 20% de harina de arroz.

De igual manera el consumo de alimento va disminuyendo conforme aumenta el porcentaje de harina de arroz en la ración, con la excepción de que el consumo en la ración testigo (I) fué menor que en el tratamiento II. Sin embargo no hubo diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los tratamientos I, II, III y IV. El tratamiento VI consumió una cantidad de alimento ligeramente superior al tratamiento V pero no fué estadísticamente diferente ($P < 0.05$) con él, ni inferior a los tratamientos III y IV pero sí inferior a los tratamientos I y II. A pesar de que el tratamiento V fué el que tuvo el menor consumo de alimento no fué significativamente inferior ($P < 0.05$) a los tratamientos IV y VI pero sí significativamente inferior a los tratamientos I, II y III.

TABLA 6. Rendimiento de los cerdos sometidos a diferentes niveles de harina de arroz en la ración, durante el período crecimiento-acabado.

	T r a t a m i e n t o s					
	I (0)	II (20)	III (40)	IV (60)	V (80)	VI (80)*
Número de animales	10	10	10	10	8	9
Número de días en experimento	105	112	126	140	159	159
Peso promedio inicial, kg	18,15	18,15	18,15	18,10	18,38	17,83
Peso promedio final, kg	90,20	91,30	91,90	91,90	90,27	92,50
Aumento promedio diario, kg	0,686	0,653	0,585	0,527	0,452	0,470
Consumo promedio diario, kg	2,412	2,461	2,329	2,128	1,811	1,980
Eficiencia alimenticia	3,60	3,80	4,10	4,13	4,01	4,24
Espesor grasa dorsal, cm ¹	2,62	3,10	3,38	4,32	3,51	3,61
Número de yodo	49,76	42,98	52,47	62,16	61,29	56,45

* Los números entre paréntesis indican % de harina de arroz en la ración.

1. Valores ajustados a 90 kg de peso vivo.

Respecto a la eficiencia alimenticia no se obtuvieron diferencias significativas entre los distintos tratamientos confirmando los resultados obtenidos en las etapas de crecimiento y acabado separadamente.

El espesor de grasa dorsal va aumentando conforme se incrementa la harina de arroz en la dieta hasta 60%, a partir del cual disminuye, observándose que el tratamiento con 60% de harina de arroz tuvo un espesor de grasa significativamente mayor ($P < 0.05$) al de los otros tratamientos. No hubo diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los tratamientos con 40 y 80% de harina de arroz, pero estos fueron significativamente mayores ($P < 0.05$) que los de 0 y 20% de harina de arroz. A su vez el tratamiento con 20% tuvo un espesor de grasa significativamente mayor ($P < 0.05$) que el de 0% de harina de arroz en la ración (testigo).

Aunque se tomó un número pequeño de muestras (2 por tratamiento) el análisis de la grasa dorsal demostró superioridad altamente significativa ($P < 0.01$) del número de yodo del tratamiento IV sobre los tratamientos I, II y III siendo además significativa ($P < 0.05$) sobre el tratamiento VI y no significativa con el tratamiento V. A su vez el tratamiento V tuvo una superioridad altamente significativa ($P < 0.01$) sobre los tratamientos I, II y III y no fué significativamente diferente de los tratamientos IV y VI. El tratamiento III fué significativamente superior ($P < 0.01$) al II pero no diferente de los tratamientos I y VI entre los cuales el VI fué significativamente superior ($P < 0.05$). El tratamiento II fué el que mostró el menor número de yodo de la grasa y fué significativamente menor que los tratamientos III y VI ($P < 0.01$) y que el tratamiento I ($P < 0.05$).

Experimento 2.

4.2. DIGESTIBILIDAD Y ENERGIAS DIGESTIBLE Y METABOLIZABLE DE LA HARINA DE ARROZ EN RACIONES PARA CERDOS.

Se realizó un análisis simple de varianza para cada uno de los para métros estudiados en este experimento y cuando se encontraban diferencias entre tratamientos se realizó la prueba de DMS* para determinar cuales tratamientos eran diferentes y cuyos resultados se muestran en el apéndi ce.

4.2.1. Análisis proximal de las dietas experimentales.

En la tabla 7 se muestra el resumen del análisis bromatológico de las raciones utilizadas en este experimento.

La composición química de las heces de los animales utilizados en el experimento dos puede verse en la tabla 18 del apéndice.

4.2.2. Digestibilidad de los nutrientes y contenido de NDT.

Los valores promedios de la digestibilidad y el contenido de nutrien tes digestibles totales de las raciones experimentales se observan en la tabla 8. Un informe más detallado se presenta en la tabla 19 del apéndice.

* Diferencia Mínima Significativa.

TABLA 7. Composición química de las raciones del experimento dos.

		Humedad %	P.C. %	E.E. %	F.C. %	Ceniza %	ENN %
Ración 1	(40% H.A.)	0	17,92	9,21	4,64	8,04	60,19
Ración 2	(60% H.A.)	0	17,72	11,60	5,43	9,49	55,76
Ración 3	(80% H.A.)	0	19,62	15,12	6,70	11,38	47,18
Ración 4	(100% H.A.)	0	15,47	16,48	5,74	11,13	51,18

P.C. = Proteína cruda

F.C. = Fibra cruda

E.E. = Extracto etéreo

ENN = Extracto no nitrogenado

TABLA 8. Promedios de digestibilidad y nutrientes digestibles totales de las raciones experimentales, en base seca.

		M.S. %	P.C. %	E.E. %	F.C. %	ENN %	NDT %
Ración 1	(40% H.A.)	75,24	73,91	67,32	38,02	85,31	80,31
Ración 2	(60% H.A.)	72,76	72,53	72,82	30,48	83,95	80,32
Ración 3	(80% H.A.)	67,26	74,56	68,47	32,75	78,64	77,21
Ración 4	(100% H.A.)	72,16	72,16	67,93	40,13	84,90	82,10

Una vez efectuado el análisis estadístico de estos datos no se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los distintos tratamientos con respecto a la digestibilidad de proteína cruda, extracto etéreo, fibra cruda y contenido de NDT. Sin embargo la digestibilidad de materia seca y del ENN disminuye a medida que aumenta el contenido de harina de arroz en la dieta hasta 80%, para luego aumentar ligeramente en la ración a base exclusivamente de harina de arroz y así tenemos que la ración con 80% de harina de arroz tuvo una digestibilidad del ENN significativamente inferior ($P < 0.01$) a la de las raciones con 40, 60 y 100% de harina de arroz las cuales no fueron significativamente diferentes ($P < 0.05$) entre sí. En la digestibilidad de la materia seca se vió una inferioridad altamente significativa ($P < 0.01$) de la ración con 80% frente a la de 40% pero solo significativa ($P < 0.05$) con relación a las de 60 y 100% de harina de arroz, no siendo significativamente diferentes ($P < 0.05$) los valores de digestibilidad de la materia seca de las raciones con 40, 60 y 100% de harina de arroz.

Tomando en cuenta la composición de la harina de arroz que se muestra en la tabla 16 del apéndice y los coeficientes de digestibilidad de la ración exclusivamente a base de ella, se obtuvo un valor de 84, 81% de NDT para este subproducto.

4.2.3. Digestibilidad de la energía.

Teniendo en cuenta la EB del alimento y de las heces determinadas en bomba calorimétrica que se muestran en la tabla 20 del apéndice, así como el consumo de alimento y peso de las heces excretadas que se detallan en

la tabla 17 del apéndice, todos expresados en base seca; se procedió a calcular la ED de las raciones empleando el método de diferencia y cuyos resultados se detallan en la tabla 9.

Después de haber sometido estos resultados al análisis estadístico no se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los distintos tratamientos con respecto al valor de ED expresado como kcal/kg M.S. ni tampoco en los coeficientes de digestibilidad de la energía.

El promedio de EB en la harina de arroz obtenido en la bomba calorimétrica fué de 4.989,33 kcal/kg de materia seca en tanto que la ED calculada tomando en consideración el coeficiente de digestibilidad promedio de la energía en la ración a base de harina de arroz, arrojó un valor de 3.697,09 kcal/kg de materia seca que representa el 74,10% de la energía bruta.

4.2.4. Energía metabolizable.

Para el cálculo de la EM de las raciones experimentales se tuvieron en cuenta las siguientes ecuaciones de regresión (De Alba, 1971; Jiménez, 1972).

$$(1) \quad EM \text{ (kcal)} = PD (4,50) + FD (4,0) + GD (8,62) + ENND (4,17)$$

$$(2) \quad EM \text{ (kcal)} = PD (4,88) + FD (3,38) + GD (9,50) + ENND (4,06)$$

En donde:

PD = Proteína digestible

FD = Fibra digestible

TABLA 9. Energía digestible de las raciones experimentales, en base seca.

Ración 1		Ración 2		Ración 3		Ración 4	
ED kcal/kg	Dig.Ener. % ¹	ED kcal/kg	Dig.Ener. % ¹	ED kcal/kg	Dig.Ener. % ¹	ED kcal/kg	Dig.Ener. % ¹
3.652,76	79,72	3.417,85	73,76	3.414,59	72,13	3.266,10	67,49
3.414,91	74,53	3.577,60	77,21	3.742,35	79,05	3.551,15	73,38
3.364,96	73,44	3.360,91	72,54	3.396,78	71,75	3.887,73	80,34
3.316,52	72,39	3.398,35	73,34	2.789,60	58,93	3.582,72	74,03
3.457,23	75,46	3.584,01	77,35	3.136,48	66,25	3.620,61	74,82
3.606,36	78,71	3.529,97	76,18	3.500,02	73,93	3.607,81	74,55
Promedio 3.468,79	75,71	3.478,12	75,06	3.329,97	70,34	3.586,02	74,10

1. Energía digestible expresada como % de la energía bruta.

GD = Grasa digestible

ENND= Extracto no nitrogenado digestible.

Los datos de EM calculados para las dietas experimentales se observan en las tablas 21 y 22 del apéndice.

No se encontraron diferencias significativas ($P > 0.05$) en los valores de EM calculados con las ecuaciones 1 y 2 entre los distintos tratamientos.

El valor de EM de la harina de arroz empleando la ecuación (1) fué de 3.482,43 kcal/kg de materia seca y empleando la ecuación (2) fué de 3.563,83 kcal/kg de materia seca, lo cual dá un valor promedio de EM para la harina de arroz de 3.523,13 kcal/kg de materia seca que representa el 95,29% de la ED.

5. DISCUSION.

5.1. EVALUACION DE LA HARINA DE ARROZ, COMO REMPLAZO DEL MILLO, PARA CERDOS EN CRECIMIENTO Y ENGORDE.

La discusión de los resultados obtenidos en éste experimento se basa en los valores promedios que se detallan en la tabla 6 del capítulo anterior, haciéndose referencia a las tablas 4 y 5 cuando sea de absoluto interés.

El promedio de incremento diario de peso disminuyó a medida que se aumentó el contenido de harina de arroz en la ración, lo cual sucede tanto en la fase de crecimiento y acabado separadamente como cuando se considera el período experimental completo. Sin embargo estadísticamente no se reveló superioridad de la ración millo-soya (testigo) sobre las de 20, 40 y 60% de harina de arroz con torta de algodón como fuente proteíca, con la excepción de que durante la fase de crecimiento sí hubo superioridad de la ración testigo sobre la de 60% de harina de arroz, la cual desapareció durante la fase de acabado y cuando se consideran las dos fases conjuntamente.

Las ganancias diarias de peso de 686, 653, 585 y 527 gm para las dietas con 0, 20, 40 y 60% de harina de arroz respectivamente, son inferiores a las obtenidas por Moncada y Maner (1966) quienes reportan aumentos diarios de 738, 750 y 728 gm para dietas con 0, 20 y 40% de harina de arroz respectivamente en remplazo de maíz, utilizando fuentes proteícas de origen vegetal. En este caso se refleja un aumento en la ganancia de peso al emplear 20% de harina de arroz en la dieta, que luego disminuye al emplear 40% de harina de arroz; lo cual no coincide con los resultados obte

nidos en el presente estudio y que puede deberse al diferente contenido de proteína de sus raciones mientras en nuestro caso las diferentes dietas fueron isoproteicas. Sin embargo los resultados obtenidos en este trabajo son ligeramente superiores a los de Martínez y Bravo (1971) quienes reportan ganancias diarias de peso de 501 gm con dietas que tenían 30 y 60% de puliduras de arroz en las fases de crecimiento y acabado respectivamente; mientras que durante la fase de crecimiento logran ganancias de 372 gm con 30% de puliduras de arroz que es inferior a los 574 y 509 gm obtenidos en el presente experimento con 40 y 60% de harina de arroz respectivamente. Sagar y Yadava (1971) también reportaron resultados inferiores de ganancia diaria de peso (277 gm) empleando 30 y 52% de puliduras de arroz durante la fase de crecimiento.

Los aumentos de peso diarios de las dietas con 80% de harina de arroz con y sin suplementación de lisina durante el crecimiento, fueron significativamente inferiores ($P < 0.05$) a los de las raciones testigo y con 20%, pero no diferentes a los de 40 y 60% de harina de arroz, con la excepción de que durante la fase de crecimiento no hubo diferencias estadísticas entre las raciones con 20 y 80% más lisina de harina de arroz. La suplementación de lisina a la ración con más alto contenido de arroz que era la que tenía la mayor deficiencia en este aminoácido, no se mostró eficiente ya que aunque se observó una ligera tendencia a mayores ganancias diarias de peso (470 vs 452 gm), este aumento no fué estadísticamente significativo ($P < 0.05$) como para justificar su inclusión en la dieta, lo cual descarta la posibilidad de que el bajo rendimiento logrado con dichas raciones sea debido a la deficiencia de lisina.

El rendimiento de los cerdos, referente a ganancia de peso, logrado con la inclusión de harina de arroz en las proporciones mencionadas, son superiores o al menos muy parecidos a los obtenidos por otros investigadores cuando empleaban subproductos de arroz similares, en cantidades iguales o menores en la dieta. Duran (1959) reporta aumentos promedios diarios de peso de 521, 449 y 357 gm en la fase de crecimiento-acabado empleando 30, 44 y 58% de salvado de arroz respectivamente como remplazo del maíz en la dieta. Estos resultados son similares a los de Thrasher et al (1966) quienes encuentran reducciones significativas ($P < 0.01$) en la tasa de ganancia de peso con la inclusión de salvado de arroz como remplazo del maíz en proporciones de 20 y 30% de la dieta. Balderama et al (1968) encuentran ganancias diarias de peso de 430, 340, 390 y 330 gm para dietas con 65, 70, 75 y 80% de salvado de arroz respectivamente en combinación con torta de soya para dar raciones con 14, 16, 18 y 19% de proteína respectivamente; mientras que Bistoyong et al (1968) reporta ganancias diarias de 460, 480 y 610 gm con dietas de 89, 83 y 76% de salvado de arroz en combinación con fuentes proteicas de origen animal (harina de pescado) para dar raciones con 14, 16 y 18% de proteína respectivamente.

El consumo de alimento aumentó ligeramente en la ración con 20% para luego disminuir a medida que aumentaba el contenido de harina de arroz en la ración, observándose que en las raciones con 80% de harina de arroz el consumo promedio diario de alimento fué significativamente ($P < 0.05$) menor que el de las raciones testigo y con 20%, cuando se consideran ambas fases del desarrollo animal. Al analizar las fases aisladamente se muestra cierta variación ya que en la fase crecimiento el consumo alimenticio

no es estadísticamente inferior a la ración con 20% de harina de arroz pero sí con la testigo y en cambio en acabado es inferior a la ración con 20% harina de arroz pero no inferior estadísticamente a la ración testigo.

Los consumos de alimento de 2.412, 2.461, 2.329 y 2.128 gm en la fase crecimiento-acabado para las raciones con 0, 20, 40 y 60% de harina de arroz respectivamente, no son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$) entre sí, a excepción de la de 60% durante la fase de crecimiento, y muestran comportamiento variable entre ellas cuando se analizan las fases separadamente. Estos resultados concuerdan con los reportados por Moncada y Maner (1966) en cuanto a la tendencia mostrada, ya que ellos obtienen consumos diarios de 2.570, 2.690 y 2.480 gm para dietas con 0, 20 y 40% de harina de arroz respectivamente. Sin embargo son diferentes y superiores a los obtenidos por Martínez y Bravo (1971), quienes reportan consumos de 1.780 gm empleando raciones con 30 y 60% de puliduras de arroz para crecimiento y acabado respectivamente.

Con respecto a la eficiencia de conversión de alimento, si bien es cierto que se observó tendencia a una reducción a medida que aumentó el nivel de harina de arroz en la dieta, el análisis estadístico no comprobó diferencias significativas entre tratamientos en ninguna de las fases, a pesar de la gran diferencia existente entre tratamientos en el tiempo empleado para alcanzar el peso de sacrificio que fue de 54 días entre el testigo y las raciones con 80% de harina de arroz. Las eficiencias alimenticias de 3,6; 3,8; 4,1; 4,0 y 4,2 para las raciones I, II, III, IV, V y VI respectivamente no son muy satisfactorias y son inferiores a las reportadas por Moncada y Maner (1966), quienes logran eficiencias de 3,44 y 3,34

para dietas con 0 y 40% de harina de arroz respectivamente. Además son contrarias a las de Martínez y Bravo (1971), quienes encuentran que con la inclusión de puliduras de arroz a la dieta se mejora la eficiencia alimenticia, reportando 3,72 para dietas maíz-soya y 3,55 para dietas con 30 y 60% de puliduras de arroz en crecimiento y acabado respectivamente. Sin embargo, nuestros hallazgos concuerdan con los de Sagar y Yadava (1971), quienes encuentran pobres eficiencias alimenticias utilizando 30 y 52% de puliduras de arroz en la dieta de cerdos en crecimiento.

Con respecto al espesor de grasa dorsal se obtuvo un incremento consistente de esta medida conforme aumenta la harina de arroz en la dieta hasta llegar a un máximo de 4,32 cm con 60% de harina de arroz en la ración, a partir del cual se observa una ligera disminución posiblemente a consecuencia de la reducción en el consumo de alimento de los animales que recibían las dietas con 80% de harina de arroz. Esta diferencia fue estadísticamente significativa ($P < 0.05$), con la excepción de las dietas con 40 y 80% de harina de arroz que no fueron diferentes entre sí. El mayor espesor de la grasa dorsal puede deberse en parte al incremento en el contenido de grasa de las raciones como resultado de la inclusión de harina de arroz, la cual es bastante rica en grasa. Sin embargo el máximo espesor de grasa dorsal mostrado no es muy alto, lo cual nos indicaría que los niveles de harina de arroz empleados no afectan el grado de engrasamiento de la carcaza. Estos resultados son diferentes a los logrados por Thrasher et al (1966) quienes encuentran una disminución del espesor de grasa dorsal empleando hasta 30% de salvado de arroz en la ración de cerdos en crecimiento y engorde así como de los de Bistoyong et al (1968) quienes reportan no ha

ber obtenido diferencias en el espesor de la grasa dorsal de animales alimentados con raciones que tenían desde 63,5 hasta 94,5% de salvado de arroz.

Con referencia a la calidad de la grasa medida por el número de yodo el cual nos indica el grado de saturación de la misma, los resultados indican una tendencia al incremento del número de yodo conforme se aumenta el nivel de harina de arroz, a excepción del tratamiento II, hasta llegar a un máximo de 62,16 con la ración que tiene 60% de harina de arroz a partir del cual disminuye ligeramente, posiblemente debido a la reducción en el consumo de alimento de los animales que recibieron la dieta con 80% de harina de arroz. Esta tendencia es similar a la mostrada por el espesor de grasa dorsal, y nos indica que la calidad de la grasa de la dieta influye directamente en la calidad de la grasa del cerdo, resultados que eran de esperar y están de acuerdo a los reportados por diversos investigadores quienes recomiendan el empleo de salvado de arroz en proporciones de hasta 50-60% de la dieta para evitar que se generen carcazas con grasa blanda (Williams y Mc Connell, 1922; Morrison, 1956; Cunha, 1960).

Estos efectos de la harina de arroz sobre la grasa corporal del cerdo se deben principalmente al contenido de grasa de la harina de arroz que es similar al del salvado de arroz, el cual produce efectos similares a los encontrados en éste trabajo y que se ha probado son consecuencia de su contenido de grasa, ya que Tillman et al (1951) trabajando con salvado de arroz desgrasado en niveles hasta de 30% de la dieta no tuvo ningún efecto sobre la firmeza de la grasa de la carcaza.

De los resultados obtenidos en este experimento podemos anotar finalmente que el menor rendimiento obtenido con las raciones que tuvieron el mayor nivel de harina de arroz se deben en una buena parte al menor consumo de alimento lo cual explica que la eficiencia alimenticia no fuera diferente entre los distintos tratamientos, a pesar del tiempo considerablemente mayor que necesitaron los animales de las raciones con 80% de harina de arroz en alcanzar el peso de mercado. Además también podría deberse a una baja calidad de la proteína de la harina de arroz, lo cual estaría generando una deficiencia de algún aminoácido esencial diferente de lisina y que bien podría ser metionina o treonina ya que se ha reportado que el salvado de arroz es deficiente en estos aminoácidos esenciales (Balderama et al 1968; Kik, 1956).

5.2. DIGESTIBILIDAD Y ENERGIAS DIGESTIBLE Y METABOLIZABLE DE LA HARINA DE ARROZ EN RACIONES PARA CERDOS.

La discusión de los datos obtenidos en este experimento se basa en los valores promedios de digestibilidad y contenido energético de las dietas y de la harina de arroz, los cuales se muestran en las tablas 8 y 9 del capítulo anterior y en las tablas 21 y 22 del apéndice. Los resultados de la tabla 8 indican que no hubo diferencia estadística en la digestibilidad de la fibra y proteína entre las diferentes dietas debido probablemente a que el contenido de estos nutrientes en ellas fueron similares y cuando hubo variación fué tan pequeña que no alcanzó a afectar la digestibilidad de ninguna de las fracciones; lo cual está de acuerdo con los resultados de diversos investigadores, quienes hallaron que la digestibilidad de la proteína está afectada por su nivel en la ración así como por el de fibra (Lloyd y Crampton,

1956; Dinusson et al, 1960; Pond et al, 1962 y Bowland et al, 1970). El valor de 72,16% para la digestibilidad de la proteína de la harina de arroz es ligeramente inferior al valor de 76,6% para la cebada (Skipitaris et al, 1957) y 75,4% para el maíz (Sihombing et al, 1969) y similar al de 72,93% para la harina de plátano verde con cáscara (Agudelo, 1973) indicando estos resultados que la proteína de la harina de arroz parece ser de inferior calidad que la de los granos de cereales.

La digestibilidad de la fibra de la harina de arroz que tuvo un valor de 40,13% fué satisfactoria, ya que es muy superior a la de la cebada que fué de 16,14% (Skipitaris et al, 1957) y a la reportada por Brooks et al (1967), quienes encuentran un valor de 25,6% para una dieta maíz-soya con un contenido de fibra de 3% en la ración y al de Bowland et al (1970) quienes reportan un valor de 35,0% para una ración a base de maíz y empleando cáscara de avena para lograr un 6% de fibra cruda en la dieta. Estos resultados nos indican que el contenido de fibra de la harina de arroz es bastante digestible y por tanto no constituye limitación en su empleo como alimento para el cerdo.

La digestibilidad del extracto etéreo tampoco varió en las distintas dietas y el valor de 67,93% obtenido para la digestibilidad del extracto etéreo de la harina de arroz se debe a su alto contenido de este nutriente, lo cual está de acuerdo con un gran número de investigadores que reportan que la digestibilidad del extracto etéreo aumenta conforme aumenta su nivel en la dieta (Boenker et al 1969; Zivkovic y Bowland, 1963). Pond et al (1962) reportan un valor de 30,9% para la digestibilidad del extracto etéreo de raciones completas con un contenido de 2,4% de EE; mientras que Lowrey

et al (1962) dan valores de 59,5% para dietas a base de maíz y 84,4% para raciones que tenían 10% de sebo en remplazo del maíz. Greeley et al (1964) reportan un valor de 67,1% para dietas con 15% de proteína que tenían 4% de sebo añadido.

Con respecto a la digestibilidad de M.S. y ENN se obtuvo diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, notándose una reducción en la digestibilidad a medida que aumenta el contenido de grasa en la ración, a excepción de la dieta a base de harina de arroz en la cual vuelve a incrementarse la digestibilidad de estas fracciones. Lo sucedido en las raciones con 40, 60 y 80% de harina de arroz se explica por el aumento en el contenido de grasa en la dieta, lo cual está de acuerdo con lo reportado por Zivkovic y Bowland (1963) y Zivkovic (1964) quienes encuentran una reducción en la digestibilidad de M.S. y ENN cuando se agrega grasa a la ración.

Sucede algo similar con la harina de arroz ya que los valores de 72,16 y 84,90% para la digestibilidad de M.S. y ENN, son inferiores a los reportados por Bowland et al (1970) quienes hallan 83,4 y 88% para M.S. y ENN, con dietas a base de maíz y cebada; Boenker et al (1969) quienes reportan 87 y 92% para M.S. y ENN respectivamente con dietas de maíz-soya; y Sihombing et al (1969) quienes encuentran 83,5 y 91,4% para las digestibilidades de M.S. y ENN del maíz respectivamente.

Con respecto a la energía no se encontraron diferencias entre los distintos tratamientos en su contenido de ED y EM ni tampoco en la digestibilidad de la energía. El valor encontrado de 3.697,09 kcal/kg M.S. para la

ED de la harina de arroz es superior al de ciertos granos de cereales como: 3.375 kcal/kg M.S. para cebada (Cornejo et al, 1973), 2.961 kcal/kg M.S. para avena (May y Bell, 1971) y también superior a 3.178 kcal/kg M.S. de la harina de banano verde con cáscara (Clavijo, 1972). Es similar a los valores de 3.670, 3.770 y 3.760 kcal/kg M.S. para maíz, trigo y millo reportados por Diggs et al (1965), al de 3.603 kcal/kg M.S. para triticale reportado por Cornejo et al (1973), al de 3.617 kcal/kg M.S. para la harina de plátano verde con cáscara reportado por Agudelo (1973) y al valor de 3.578 kcal/kg M.S. para el salvado de arroz, siendo sin embargo inferior al de 4.351 kcal/kg M.S. para el pulimento de arroz reportados ambos por N.R.C. (1968).

La digestibilidad de la energía de la harina de arroz promedió 74,10%, valor que es similar a los obtenidos por Zivkovic y Bowland (1963) y Greeley et al (1964) con raciones a las que se agregaba sebo hasta 4% (73,9 y 76% respectivamente). Sin embargo son inferiores a los reportados por Boenker et al (1969) y Skitsko y Bowland (1970), quienes encuentran valores de 87 y 84,6% respectivamente empleando dietas altas en energía.

El valor de 3.523,13 kcal/kg M.S. para la EM de la harina de arroz es superior a las de otras fuentes de energía empleadas en la alimentación de cerdos. Clavijo (1972) reporta 3.178 kcal/kg de M.S. para la EM del banano; Marin (1972) encuentra 2.447 kcal/kg M.S. para la EM del flame y Cornejo et al (1973) indican un valor de 3.332 kcal/kg M.S. para la cebada. Dicho valor es similar a los de 3.640 y 3.670 kcal/kg M.S. de EM para maíz y millo respectivamente reportados por Diggs et al (1965), quienes a su vez encuentran que la EM de los granos de cereales fué 94,8% de la ED,

resultado que es similar al de la harina de arroz cuya EM fué 95,27% de la ED.

Estos resultados obtenidos con el valor energético de la harina de arroz relacionados con los de otras fuentes energéticas utilizadas en alimentación de cerdos, proporciona un buen fundamento para utilizar esta harina en las raciones porcinas, lo cual debe hacerse teniendo en cuenta el precio comparativo por tonelada tanto de la harina de arroz como de los cereales en cada región, así como el precio del suplemento proteínico, ya que la harina de arroz por ser más rica en proteína que los granos de cereales requieren una menor cantidad de suplemento proteico que los granos. Además también los resultados de este experimento confirman nuestra apreciación de los resultados del ensayo anterior, en el sentido de que las dos posibles causas del bajo rendimiento de los cerdos alimentados con los más altos niveles de arroz en la dieta, son debidos a un bajo consumo de alimento, como resultado de la baja palatabilidad de la harina de arroz, así como una posible mala calidad de la proteína de este subproducto.

6. CONCLUSIONES.

Se recomienda el empleo de 40% de harina de arroz en las raciones para cerdos durante las fases de crecimiento y acabado teniendo en cuenta el precio comparativo con los granos de cereales (maíz ó millo) y el costo del suplemento proteico que se puede economizar. Cuando el costo de la harina de arroz sea muy bajo en comparación con los granos de cereales ó sea muy abundante, se puede emplear hasta 60% de la ración durante la fase de acabado, teniéndose presente que los animales se demorarán mayor tiempo (28 días) en alcanzar el peso de sacrificio, en comparación con la ración de granos de cereales.

El pobre rendimiento obtenido con las raciones con 80% de harina de arroz se debe al bajo consumo de alimento posiblemente debido a la baja palatabilidad de la misma; así como a la baja calidad de su proteína aún cuando la suplementación con lisina no mostró efecto benéfico.

La calidad de la grasa de los cerdos está estrechamente relacionada con la calidad de la grasa del alimento, no existiendo peligro de carcazas con grasa blanda empleando la harina de arroz hasta 60% de la ración.

Los coeficientes de digestibilidad aparente de la harina de arroz fueron: 72,16; 72,16; 67,93; 40,13 y 84,90% para la materia seca, proteína cruda, extracto etéreo, fibra cruda y ENN respectivamente.

El promedio de energía bruta (EB) de la harina de arroz fué de 4.989,33 kcal/kg de materia seca y de 4.504,89 kcal/kg en base fresca, mientras que la energía digestible (ED) fué de 3.697,09 kcal/kg de materia seca y de 3.338,12 kcal/kg en base fresca que corresponde al 74,10% de la energía bru

ta. El valor de la energía metabolizable fué de 3.523,13 kcal/kg de materia seca y de 3.180,89 kcal/kg en base fresca, correspondiente al 95,29% de la ED.

Con base en estos resultados es evidente que la harina de arroz es un alimento que tiene un alto potencial como ingrediente en la preparación de alimentos concentrados para cerdos, con lo cual se estaría contribuyendo en parte a solucionar el problema de la poca disponibilidad de materias primas ricas en energía para la alimentación porcina en Latinoamérica en general y particularmente en Colombia.

Con la finalidad de tener una mejor información acerca del valor de la harina de arroz en la alimentación del cerdo, se recomienda continuar los estudios empleando niveles altos de ella en la ración, acompañados con algún otro ingrediente que mejore la palatabilidad de la dieta; así como también trabajos tendientes a determinar la calidad de la proteína de la harina de arroz.

7. RESUMEN.

Se realizaron dos experimentos con harina de arroz, el primero de los cuales tuvo por objeto hacer una evaluación de este alimento como remplazo del millo para cerdos en crecimiento y engorde. Se utilizaron 57 cerdos Duroc (D) y Landrace (L) y D x L con un peso inicial promedio de 18 kg, que fueron distribuidos en un diseño completamente al azar entre 6 tratamientos. Los tratamientos empleados fueron: raciones con 20, 40, 60, 80 y 80% + lisina, de harina de arroz, con torta de algodón como fuente proteica y una ración control a base de millo-soya durante la etapa de crecimiento. Las mismas dietas fueron utilizadas durante la fase de acabado a excepción de la dieta suplementada con lisina. Las raciones tenían 16% de proteína durante crecimiento y 14% durante el acabado, con vitaminas y minerales necesarios. Los animales permanecieron en experimento hasta alcanzar un peso promedio final de 90 kg, momento en el cual se realizó la determinación del espesor de grasa dorsal y se extrajo una muestra de grasa para analizar su calidad mediante la determinación del índice de yodo. Los aumentos de peso diario y las eficiencias alimenticias para el período crecimiento-acabado fueron respectivamente:

Tratamiento I	(Control)	0,686 kg y 3,6
Tratamiento II	(20% harina de arroz)	0,653 kg y 3,8
Tratamiento III	(40% harina de arroz)	0,585 kg y 4,1
Tratamiento IV	(60% harina de arroz)	0,527 kg y 4,1
Tratamiento V	(80% harina de arroz)	0,452 kg y 4,0
Tratamiento VI	(80% + lisina, harina de arroz)	0,470 kg y 4,2

Estos resultados y los obtenidos en el espesor de grasa dorsal y su calidad, indican que la harina de arroz puede utilizarse hasta 40% de la ración para cerdos en crecimiento y acabado, pudiendo emplearse hasta 60% durante la fase de acabado cuando su precio sea muy bajo en comparación con los granos de cereales o sea abundante. A niveles mayores se reduce la ganancia de peso como consecuencia de la baja en el consumo diario de alimento y la mala calidad de su proteína aunque la suplementación con lisina no produjo efectos benéficos. La eficiencia alimenticia fué simjlar en los distintos tratamientos.

En el segundo experimento se determinó la digestibilidad y energías digestible y metabolizable de la harina de arroz, para lo cual se utilizaron 24 cerdos Duroc (D), Landrace (L) y D x L de un peso promedio inicial de 15-18 kg distribuidos en un diseño completamente al azar entre cuatro tratamientos, los cuales eran las dietas que tenían 40, 60 y 80% de harina de arroz del experimento anterior y una dieta a base exclusivamente de harina de arroz más vitaminas y minerales. Se encontró que las digestibilidades de M.S. y ENN disminuían a medida que aumentaba el contenido de harina de arroz en la dieta posiblemente a consecuencia del incremento en el nivel de grasa de la ración, y que las digestibilidades de proteína, fibra, extracto etéreo y energía así como los contenidos de energía digestible y metabolizable no fueron afectados por el nivel de harina de arroz en la dieta. El contenido de energía digestible de la harina de arroz fué de 3.697,09 kcal/kg de M.S. y 3.338,12 kcal/kg en base fresca que representa el 74,10% de la energía bruta. La energía metabolizable estimada fué de 3.523,13 kcal/kg de M.S. y 3.180,89 kcal/kg en base fresca, correspondiente al 95,29% de la energía digestible.

8. SUMMARY

Two experiments utilizing rice polishings (RP) were conducted, the first to evaluate RP as the substitute of sorghum in rations for growing-finishing pigs. Fifty seven crossbred (D x L) pigs with an initial weight of 18 kg were allotted at random to six treatments (trts.) in a completely randomized design experiment. The experiment was divided in a growing and a finishing phase. In the growing phase treatments were as follows: I a milo-soybean oil meal (SBOM) control, trts II, III, IV and V were a ten percent cottonseed oil meal (COM) based diet, milo been substituted by 20, 40, 60 and 80 percent RP respectively; trt. VI was the same as trt. V with the addition of 0,13 percent of lysine-HCl. The diets of all trts. were formulated to contain 16 percent total protein, no effort was made to keep the different dietary treatments isocaloric, nor were the diets balanced for essential amino acid content. The trts. (II, III, IV and V) for the finishing phase were the same as for the growing phase except that the diets were formulated to contain 14 percent total protein and all contained 4 percent COM. The control (trt. I) was a milo-SBOM diet containing 14 percent total protein and trt. VI was the same as trt. V and its purpose was to study the carry over effect from the previous phase which had supplemental lysine. The growing phase was considered terminated when the pigs reached approx. 50 kg and the finishing phase when they reached 90 kg, at which time back fat measurements was taken for all pigs; in addition two pigs per trt. were biopsied to collect fat tissue from the loin area for iodine number determination. The pigs in the first experiment (G-F) had an average daily gain (ADG) of 0,686; 0,653; 0,585; 0,527; 0,452 and 0,470 kg and a feed efficiency of: 3,6; 3,8; 4,1; 4,1; 4,0 and 4,2 for trts. I, II, III, IV, V and VI respectively. These results and those of the back fat measurements and iodine number indicate that RP can be used up to 40 per

cent of the ration for growing-finishing pigs; a level of 60 percent can be used during the finishing phase if the price ratio of RP to cereal grains is low. Pigs fed 60 and 80 percent RP gain less per day and take longer to reach marked weight than those fed the control ration due to lower daily feed intake and to the poor protein quality of RP. Addition of lysine-HCl to the 80 percent RP diet was of little benefit.

In the second experiment twenty four cross-bred (D x L) pigs with an initial weight of 15-18 kg were used to determine digestible and metabolizable energy content of RP. Pigs were housed in metabolic crates especially design for faeces and urine collection. Pigs were allotted individually per cage, 4 per trt. A completely randomized design with 4 trts. was used, trts. were: a milo-COM base diets containing 40, 60 and 80 percent RP substituting milo and a fourth diet composed exclusively of RP. All diets were fortified with the required vitamins and minerals. The results show that the digestibility of dry matter (DM) and nitrogen-free extract (NFE) decreased with increasing levels of RP in the diet, possibly due to increasing levels of ether extract. Digestibility of protein, fiber, ether extract and energy were not affected by increasing levels of RP in the diet; digestible and metabolizable energy content were not affected either. The digestible energy value of RP was determined as 3.697,09 kcal/kg D.M. and 3.338,12 kcal/kg as fed which represents 74,10 percent of the gross energy. The estimated metabolizable energy value was 3.523,13 kcal/kg D.M. and 3.180,89 kcal/kg as fed which corresponds to 95,29 percent of the digestible energy content.

BIBLIOGRAFIA

- AGUDELO, L. 1973. Digestibilidad, valor nutritivo y energético del plá (Musa paradisiaca L.) en cerdos. Tesis M.S. Bogotá, Universidad Nacional-Instituto Colombiano Agropecuario. 88p.
- ANGLADETTE, A. 1969. El arroz. Barcelona, Blume. pp.66-70, 407-409.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS, Washington. 1965. Official methods of analysis. 7ed. Washington, Board. 910p.
- BAIRD, D.M.; H.C. Mc CAMPBELL and J.R. ALLISON. 1969. Effect of fiber source on swine growth and digestibility. Jour. Ani. Sci. (E.E.U.U.) 29:129.
- _____. 1970. Levels of crude fiber with constant energy levels for growing-finishing swine using computerized rations. Jour. Ani. Sci. (E.E.U.U.) 31:518-525.
- BALDERAMA, J.S. et al. 1968. Rice bran-soybean oil meal combination with varying proteins levels for growing pigs. Philippine Agriculturist. 52:146-153.
- BISTOYONG, A.G. et al. 1968. Rice bran-fish meal combination with varying protein levels for growing pig rations. Philippine Agriculturist. 52:287-296.
- BOENKER, D.E.; L.F. TRIBBLE and W.H. PFANDER. 1969. Energy and nitrogen evaluation of swine diets containing added fat or corn cobs. Jour. Ani. Sci. (E.E.U.U.). 28:615-619.

- BOWLAND, J.P. et al. 1970. Respiration calorimetry studies with growing pigs fed diets containing from three to twelve percent crude fiber. Jour. Ani. Sci. (E.E.U.U.). 31:494-501.
- BRAY, C. 1943. Rice and rice by products for fattening swine. Louisiana State University Agric. Mech. College. Agri.Expet. Sta. Bull. No. 368.
- BROOKS, C.C. 1967. Effect of sex, fat, fiber, molasses and thyroprotein on digestibility of nutrients and perfomance of growing swine. Jour. Ani. Sci. (E.E.U.U.). 26:495-499.
- BUITRAGO, J. 1973. Interrelaciones nutritivas fibra-energía-proteína en raciones para aves y cerdos. Revista ICA (Colombia). 8:47-59.
- 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 abstr. and Rev. 32:1405).
- CALZADA, J. 1970. Métodos estadísticos para la Investigación. 3ed. Lima, Jurídica. pp.118-125.
- CLAVIJO, V.A. 1972. Factores que afectan la digestibilidad, valor nutritivo y energético del banano para ratas y cerdos. Tesis M.S. Bogotá, Universidad Nacional-Instituto Colombiano Agropecuario. 92p.
- CLAWSON, A.J. 1967. Influence of protein level, amino acid ratio and caloric density of the diet on feed intake and perfomance of pigs. Jour. Ani. Sci. (E.E.U.U.). 26:328-334.

- CORNEJO, S. et al. 1973. Comparative nutritional value of triticale for swine. Jour. Ani. Sci. (E.E.U.U.). 36:87-89.
- CUNHA, T.J. 1960. Alimentación del cerdo. Zaragoza, Acribia. 172p.
- DAMMERS, J. 1964. Digestibility in the pig. Factors influencing the digestion of the components of the feed and the digestibility of the amino acids. Inst. Veevoedingsonderzoek, "Hooru". p.152. (Res. in Nutrition abst. and Rev. 35:1169).
- DAS, M.L. and N.C. GHOSH. 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).
- DE ALBA, J. 1971. Alimentación del ganado en América Latina. 2ed. México, Fournier. 475p.
- DIGGS, B.G. et al. 1965. Energy value of various feeds for the young pig. Jour. Ani. Sci. (E.E.U.U.). 24:555-558.
- DINUSSON, W.E.; D.W. BLIN and D.L. McILROY. 1961. Fiber-energy-protein relationships in rations for swine. Jour. Ani. Sci. (E.E.U.U.). 20:930.
- DURAN, C.A. 1959. Combinación de maíz amarillo y salvado de arroz para engorde de cerdos. Acta Agronómica (Colombia). 9:25-33.
- FORBES, R.M. and T.S. HAMILTON. 1952. The utilization of certain cellulosic materials by swine. Jour. Ani. Sci. (E.E.U.U.). 11:480-490.

- GARRET, W.N. 1970. Energy utilization of high protein diets. Jour. Ani. Sci. (E.E.U.U.). 31:242.
- GHONEIM, A. et al. 1958. Economic feeding of Egyptian ducks and geese. 1. Effect of using rice bran in the rations for Domiati ducks on their growth, meat and first year egg production. Cairo Univ. Fac. Agric. Bull No. 181. p.19. (Res. in Nutrition abst. and Rev. 31:688).
- GLOVER, J. 1961. Comparative efficiency of digestion of feeds by ruminants and pigs. Jour. Agric. Sci. (E.E.U.U.). 56:113-115.
- GREELEY, M.G.; R.J. MEADE and L.E. HANSON. 1964. Energy and protein intakes by growing swine. I. Effects on rate and efficiency of gain and on nutrient digestibility. Jour. Ani. Sci. (E.E.U.U.). 23:808-815.
- HENRY, Y. et al. 1969. Nutritional effects of incorporating purified cellulose in diets for growing and finishing pigs. 2. Effects on growth, performance and body composition. Ann. Zootech. 18:371-384. (Res. in Nutrition abst. and Rev. 41:287).
- JIMENEZ, I. 1972. Energy utilization by young pigs. M.S. Thesis. Ames, Iowa State University of Science and Technology. 60p.
- KEYS, J.E. jr.; P.J. VAN SOEST and E.P. YOUNG. 1970. Effect of increasing dietary cell wall content on the digestibility of hemicellulose and cellulose in swine and rats. Jour. Ani. Sci. (E.E.U.U.). 31:1172-1177.
- KIK, M.C. 1956. Nutrients in rice bran and rice polish and improvement of protein quality with amino acids. Jour. Agric. Food Chem. (E.E.U.U.), 4:170-172.

- KORNEGAY, E.T.; H.R. THOMAS and J.H. CARTER. 1973. Evaluation of dietary protein levels for well-muscled hogs. Jour. Ani. Sci. (E.E.U.U.). 36:79-85.
- KURYVIAL, M.S. and J.P. BOWLAND. 1962. Supplemental fat as an energy source in the diets of swine and rats. II Energy and nitrogen digestibility, nitrogen retention and carcass fat composition. Can. Jour. Ani. Sci. 42:33-40.
- LIKUSKI, H.J.A.; J.P. BOWLAND and R.T. BERG. 1961. Energy digestibility and nitrogen retention by pigs and rats fed diets containing non-nutritive diluents and varying in protein level. Can. Jour. Ani. Sci. 41:89-101.
- LOWREY, R.S. et al. 1962. Effect of dietary fat level on apparent nutrient digestibility by growing swine. Jour. Ani. Sci. (E.E.U.U.). 21:746-750.
- LLOYD, L.E. and C.W. CRAMPTON. 1956. The apparent digestibility of the crude protein of the pig ration as a function of its crude protein and crude fiber content. Jour. Ani. Sci. (E.E.U.U.). 14:693-699.
- MARIN, A.H. 1972. Digestibilidad y energía digestible y metabolizable del azúcar y el ñame en cerdos. Tesis M.S. Bogotá, Universidad Nacional Instituto Colombiano Agropecuario. 92p.
- MARTINEZ, R.L. y F.O. BRAVO. 1971. Efecto de la sustitución progresiva de maíz con puliduras de arroz como alimento para el cerdo. Técnica Pecuaria en México. 15:9-13.

- MAUST, L.E. et al. 1969. Rice bran-cassava meal as a carbohydrate feed for growing pigs. Jour. Ani. Sci. (E.E.U.U.). 29:140.
- _____; W.G. POND and M.L. SCOTT. 1972. Energy value of a cassava rice bran diet with and without supplemental zinc for growing pigs. Jour. Ani. Sci. (E.E.U.U.). 35:953-957.
- MAY, R.W. and J.M. BELL. 1971. Digestible and metabolizable energy values of some feeds for the growing pig. Can. Jour. Ani. Sci. 51:271-278.
- MAYMONE, B.; M. TIBERIO and A. BATTAGLINI. 1958. Nutritive value of by products of rice. Alimentazione Animale. (Italia). p.32. (Res. in Nutrition abst. and Rev. 30:1502).
- MONCADA, A. y J.H. MANER. 1966. Valor de la harina de arroz en dietas para cerdos en crecimiento y acabado. In Instituto Colombiano Agropecuario. Departamento de Ciencias Animales. Resumen de Investigaciones. Programa Nacional de Porcinos. Bogotá. pp.5-6.
- MORGAN, J.T. et al. 1959. Growth, economy of feed utilization and carcass quality in pigs in relation to dietary protein level and antibiotic administration. Jour. Agric. Sci. (Inglaterra). 52:170-176.
- MORRINSON, F.B. 1956. Compendio de alimentación del ganado. México, UTEPA. pp.350-351.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. E.U. SUBCOMITTEE ON SWINE NUTRITION. 1968. Nutrient requirements of swine. 6ed. rev. Washington, National Academy of Sciences. 69p. (Nutrient requirements of domestic animals, 2).

- NEHRING, K. et al. 1964. Utilization of the energy of cellulose and sucrose by cattle, sheep and pigs. In Blaxter, K.L. ed. Symposium on Energy Metabolism, 3d, Troon, Scotland, 1964. Energy Metabolism: Proceedings. London. Academic Press. pp.249-268. (European Association for Animal Production Publication, 11).
- NOLAND, R.P. and K.W. SCOTT. 1963. Substituting various grain and rice milling by products for corn in rations for growing-finishing swine. Arkansas Agric. Exp. Sta. Bull No. 668. 16p. (Res. in Nutrition abst. and Rev. 37:1255).
- NUGARA, D.S. 1966. The use of rice bran in pig rations. Ceylon Vet. J. 14: 15-17. (Res. in Nutrition abst. and Rev. 37:620).
- OWEN, J.B. and W.J. RIDGMAN. 1967. The effect of dietary energy content on the voluntary intake of pigs. Animal Prod. (Inglaterra). 9:107-113.
- PARR INSTRUMENT COMPANY, Illinois. 1960. Oxigen bomb. Calorimetry and combustion methods. Moline, Illinois. 56p. (Technical manual,130).
- POND, G.W.; R.S. LOWREY and J.H. MANER. 1962. Effect of crude fibre level on ration digestibility and perfomance in growing-finishing swine. Jour. Ani. Sci. (E.E.U.U.). 21:692-696.
- REIMER, D. and R.J. MEADE. 1964. Barley rations for swine. I Influence of source and level of dietary protein on rate and efficiency of gain of growing swine. Jour. Ani. Sci. (E.E.U.U.). 23:392-396.

- ROBINSON, D.W.; J.T. MORGAN and D. LEWIS. 1964. The protein and energy nutrition of the bacon pig. I. The effect of varying protein and energy levels in the diets of growing pigs. Jour. Agric. Sci. (Inglaterra). 62:369-376.
- _____; J.A. PRESCOTT and D. LEWIS. 1965. The protein and energy nutrition of the bacon pig. IV. Digestible energy values of cereals in pig diets. Jour. Agric. Sci. (Inglaterra). 64:59-65.
- ROJAS, S. 1972. Nutrición General. Lima, Universidad Nacional Agraria, Dpto. de Nutrición Animal. pp.116-118.
- SAGAR, V. and I.S. YADAVA. 1971. The development of a meal mixture with little or no grain for growing pigs. I. Replacement of maize with rice polish and molasses. Nutrition abst. and Rev. (Inglaterra). 41:1101-1102.
- SEERLEY, R.W.; G.E. POLEY and R.C. WAHLSTROM. 1964. Energy and protein relationship studies with growing-finishing swine. Jour. Ani. Sci. (E.E.U.U.). 23:1016-1021.
- SEYMOUR, E.W. et al. 1964. Effects of dietary protein level and environmental temperature on performance and carcass quality of growing-finishing swine. Jour. Ani. Sci. (E.E.U.U.). 23:375-379.
- SIHOMBING, D.T.H.; G.L. CROMWELL and V.W. HAYS. 1969. Nutritive value and digestibility of opaque-2 and normal corn for growing pigs. Jour. Ani. Sci. (E.E.U.U.). 29:921-926.

- SKIPITARIS, C.N.; R.G. WARNER and J.K. LOOSLI. 1957. The effect of added sucrose on the digestibility of protein and fiber by swine. Jour. Ani. Sci. (E.E.U.U.). 16:55-61.
- SKITSKO, P.J. and J.P. BOWLAND. 1970. Energy and nitrogen digestibility and retention by pigs as influenced by diet, sex, breeding group and replicate. Can. Jour. Ani. Sci. 50:685-691.
- SMITH, R.M. 1948. The use of rice and rice by products in the laying ration. Univ. Arkansas Agric. Exp. Stat. Bull. No. 478. pp.30. (Res. in Nutrition abst. and Rev. 19:490).
- THRASHER, D.M.; A.M. MULLINS and V.B. SCOTT. 1966. Re-evaluation of rice bran in modern pig rations. Jour. Ani. Sci. (E.E.U.U.). 25:258.
- TILLMAN, A.D.; J.F. KIDWELL and C.B. SINGLETARY. 1951. The value of solvent extracted rice bran in the rations of growing-fattening swine. Jour. Ani. Sci. (E.E.U.U.). 10:837-840.
- VLCEK, A. 1968. Influence of amount and quality of crude fibre on digestibility of feeds by pigs. 1. Optimun amount of fibre. Sborn. Ved. Praci. Vyzk. Ustavn Krmivar Pohorelice. 7:73-85. (Res. in Nutrition abst. and Rev. 40:1081).
- VOLCANI, R. 1950. Rice polish vs. barley for dairy cattle. Ktavim. Rec. Agric. Res. Stat. Rehovot. 1:163-173. (Res. in Nutrition abst. and Rev. 22:256).

- WHITE, T.W. 1965. Rice bran in beef cattle fattening rations. Louisiana Agric. Exp. Stat. Bull. No. 600. (Res. in Nutrition abst. and Rev. 36:865).
- WILLIAMS, D.W. and O.E. McCONNELL. 1922. Rice bran for fattening hogs. Texas Agric. Exp. Stat. Bull. No. 286. 15p.
- WOODMAN, H.E. and R.E. EVANS. 1947. The nutritive value of fodder cellulose from wheat straw. II. The utilization of cellulose by growing and fattening pigs. Jour. Agric. Sci. (Inglaterra). 37:211-221.
- ZIVKOVIC, S. 1964. Effect of added fat on digestibility of rations for growing pigs with reference to total digestible nutrients and digestible and productive energy. Veterinaria, Sarajevo. 13:441-448. (Res. in Nutrition abst. and Rev. 36:261).
- _____ and J.P. BOWLAND. 1963. Nutrient digestibilities and comparison of measures of feed energy for gilts fed rations varying in energy and protein level during growth, gestation and lactation. Can. Jour. Ani. Sci. 43:86-97.

A P E N D I C E

TABLA 10. Suministro de alimento durante el periodo pre-experimental del experimento dos.

Jaula No.	Animal No.	Ración No.	Peso del animal. kg	Suministro alimento. kg
2	519 Y	1	17,5	0,525
6	302 Y	1	16,5	0,495
17	686 Y	1	14,5	0,435
18	671 Y	1	17,5	0,525
27	737 Y	1	13,0	0,390
28	697 Y	1	16,0	0,480
4	510 Y	2	16,5	0,495
7	515 Y	2	15,0	0,450
14	680 Y	2	14,5	0,435
15	653 Y	2	14,5	0,435
24	621 Y	2	18,0	0,540
25	693 Y	2	15,0	0,450
1	623	3	16,5	0,495
3	306 Y	3	17,0	0,510
11	551	3	14,5	0,435
13	670 Y	3	17,0	0,510
21	743 Y	3	18,0	0,540
23	724 Y	3	15,0	0,450
5	623 Y	4	17,0	0,510
8	518 Y	4	15,0	0,450
12	627 Y	4	15,5	0,465
16	694 Y	4	14,5	0,435
22	492 Y	4	15,0	0,450
26	701	4	15,0	0,450

TABLA 11. Suministro de alimento en el período experimental del experimento dos.

Jaula No.	Ración No.	Peso inicial kg	Suministro alimento kg	Peso final kg
2	1	17,0	0,510	18,5
6	1	15,5	0,465	16,5
17	1	14,5	0,435	15,0
18	1	17,0	0,510	18,5
27	1	13,0	0,390	14,0
28	1	16,0	0,480	17,0
4	2	13,0	0,390	13,5
7	2	13,5	0,405	14,5
14	2	15,0	0,450	16,0
15	2	14,5	0,435	14,5
24	2	18,0	0,540	19,0
25	2	15,0	0,450	15,5
1	3	15,0	0,450	16,5
3	3	15,0	0,450	16,0
11	3	14,5	0,435	15,0
13	3	16,0	0,480	17,0
21	3	18,0	0,540	17,5
23	3	15,0	0,450	16,0
5	4	13,5	0,405	13,5
8	4	14,0	0,420	14,5
12	4	15,5	0,465	16,5
16	4	14,0	0,420	15,0
22	4	15,0	0,450	15,0
26	4	15,0	0,450	16,0

TABLA 12. Composición de la premezcla vitamínica y mineral empleada en las raciones experimentales.

	Cantidad para 100 kg alimento
A) Premezcla de vitaminas y antibióticos	
Vit. A (325,000 U.I./gm)	0,600 gm
Vit. D (800,000 U.I./gm)	0,024 "
Riboglavina pura	0,340 "
Niacina pura	2,500 "
Pantotenato de calcio	1,200 "
Colina de 25%	400,000 "
Vit. B ₁₂ (52,8 mg/kg)	35,000 "
Aurofac-40 (88 gm/kg)	23,000 "
Maíz molido	137,000 "
	600,000 "
B) Premezcla de minerales menores y sal	
Sulfato de manganeso (32,5% Mn)	12,00 gm
Sulfato de cobre (25,46% Cu)	3,50 "
Oxido de Zinc (80,0% Zn)	12,50 "
Acetato de cobalto (24,78% Co)	1,00 "
Sal yodada	371,00 "
	400,00 "

TABLA 13. Control de peso y alimento de los animales del experimento uno durante la fase de crecimiento.

	T r a t a m i e n t o s					
	I	II	III	IV	V	VI
Peso total, kg	547,50	517,50	543,50	537,50	403,50	460,50
Aumento total, kg	366,00	336,00	362,00	356,00	255,50	300,00
Consumo total, kg	1.214,00	1.050,00	1.181,00	1.219,00	820,20	1.115,00
Número de animales	10	10	10	10	8	9
Peso promedio/animal, kg	54,75	51,75	54,35	53,75	50,44	51,17
Aumento promedio/animal, kg	36,60	33,60	36,20	35,65	32,06	33,33
Consumo promedio/animal, kg	121,40	105,00	118,10	121,90	102,52	123,89
Número de días	56	56	63	70	70	70
Aumento promedio diario, kg	0,653	0,600	0,574	0,509	0,458	0,476
Consumo promedio diario, kg	2,167	2,873	1,873	1,743	1,453	1,784
Eficiencia alimenticia	3,4	3,1	3,4	3,5	3,2	3,8

TABLA 14. Control de peso y alimento de los animales del experimento uno durante la fase de acaba
do.

	I	II	III	IV	V	VI
Peso total, kg	902,0	913,0	919,0	919,0	722,16	832,50
Aumento total, kg	354,5	395,5	375,5	381,5	318,64	371,97
Consumo total, kg	1.319,0	1.706,0	1.753,5	1.761,0	1.461,60	1.711,50
Número de animales	10	10	10	10	8	9
Peso promedio/animal, kg	90,2	91,30	91,90	91,90	90,27	92,50
Consumo promedio/animal, kg	131,90	170,60	175,35	176,10	182,7	190,17
Aumento promedio diario, kg	0,723	0,706	0,596	0,545	0,448	0,444
Consumo promedio diario, kg	2,691	3,048	2,783	2,515	2,053	2,137
Eficiencia alimenticia	3,8	4,4	4,9	4,8	4,6	4,7

TABLA 15. Control de peso y alimento de los animales del experimento uno durante el período experimental

	T r e a t a m i e n t o s					
	I	II	III	IV	V	VI
Peso total, kg	902,0	913,0	919,0	919,0	722,16	832,50
Aumento total, kg	720,5	731,5	737,5	738,0	575,12	672,00
Consumo total, kg	2.533,0	2.757,0	2.934,5	2.980,0	2.281,8	2.826,5
Número de animales	10	10	10	10	8	9
Peso promedio/animal, kg	90,2	91,30	91,90	91,90	90,27	92,50
Aumento promedio/animal, kg	72,05	73,15	73,75	73,80	71,89	74,67
Consumo promedio/animal, kg	253,30	275,70	293,45	298,0	285,20	314,06
Número de días	105	112	126	140	159	159
Aumento promedio diario, kg	0,686	0,653	0,585	0,527	0,452	0,470
Consumo promedio diario, kg	2,412	2,461	2,329	2,128	1,811	1,980
Eficiencia alimenticia	3,6	3,8	4,1	4,1	4,0	4,2

TABLA 16. Composición química de la raciones del experimento dos y de la harina de arroz (Base seca).

	Humedad %	P.C. %	E.E. %	F.C. %	Ceniza %	ENN %
Ración 1 (40% H.A.)	0	17,92	9,21	4,64	8,04	60,19
Ración 2 (60% H.A.)	0	17,72	11,60	5,43	9,49	55,76
Ración 3 (80% H.A.)	0	19,62	15,12	6,70	11,38	47,18
Ración 4 (100% H.A.)	0	15,47	16,48	5,74	11,13	51,18
Harina de arroz	0	15,98	17,02	5,93	8,19	52,88

P.C. = Proteína cruda

E.E. = Extracto etéreo

F.C. = Fibra cruda

ENN = Extracto no nitrogenado

TABLA 17. Registro de los pesos de consumo de alimento y de las heces durante el experimento dos (Base seca).

Jaula No.	Ración No.	Alimento consumido en el período experimental gm	Peso total de heces gm
2	1	3.615,29	763,10
6	1	3.296,29	833,43
17	1	3.083,63	832,66
18	1	3.615,29	963,77
27	1	2.764,63	708,29
28	1	3.402,62	778,68
4	2	1.624,98	423,94
7	2	2.532,39	657,06
14	2	3.193,20	962,16
15	2	3.086,76	910,73
24	2	3.783,94	963,02
25	2	3.193,20	841,53
1	3	3.104,10	989,83
3	3	2.711,70	697,38
11	3	3.132,00	1.054,85
13	3	3.085,20	1.315,26
21	3	3.609,90	1.167,40
23	3	3.176,10	958,37
5	4	1.400,40	452,35
8	4	2.998,53	873,03
12	4	4.253,56	910,31
16	4	3.033,74	833,50
22	4	3.250,44	914,60
26	4	3.250,44	929,62

TABLA 18. Composición química de las heces de los animales del experimento dos (Base seca)

Jaula No.	Ración	Humedad %	P.C. %	E.E. %	F.C. %	Ceniza %	ENN %
2	1	0	18,51	11,73	10,24	22,19	37,33
6	1	0	19,42	16,39	11,00	21,41	31,78
17	1	0	19,51	13,09	12,51	20,98	33,91
18	1	0	19,47	10,76	12,34	20,35	37,08
27	1	0	19,51	10,24	11,60	21,87	36,78
28	1	0	16,51	10,54	11,68	23,38	37,89
4	2	0	23,24	15,31	11,54	20,46	29,45
7	2	0	17,23	11,98	13,55	24,16	33,08
14	2	0	16,89	11,35	14,69	24,28	32,79
15	2	0	17,59	10,67	15,66	24,31	31,67
24	2	0	16,53	10,56	13,66	25,34	33,91
25	2	0	15,88	9,61	13,66	24,53	36,32
1	3	0	16,28	12,81	13,69	26,26	30,96
3	3	0	14,99	12,67	14,51	27,83	30,00
11	3	0	15,66	12,92	13,31	27,10	31,01
13	3	0	15,27	15,31	14,58	23,49	31,35
21	3	0	14,50	22,27	12,49	22,66	28,08
23	3	0	14,69	10,53	13,91	27,76	33,11
5	4	0	19,38	23,10	11,14	22,56	23,82
8	4	0	15,89	19,77	12,11	25,29	26,94
12	4	0	14,00	17,17	12,70	25,72	30,41
16	4	0	14,68	16,92	13,23	25,64	29,53
22	4	0	13,65	19,32	13,05	27,66	26,32
26	4	0	14,27	16,54	12,14	26,26	30,79

TABLA 19. Coeficientes de digestibilidad de los nutrientes y nutrientes digestibles totales de las raciones del experimento dos

Jaula No.	M.S.	Proteína	Grasa	Fibra	ENN	NDT
Ración 1						
2	78,89	78,20	73,12	53,42	86,91	83,94
6	74,72	72,60	55,01	40,06	86,65	78,43
17	73,00	70,60	61,62	27,19	84,79	77,73
18	73,34	71,04	68,86	29,10	83,58	78,66
27	74,38	72,11	71,51	35,95	84,34	80,18
28	77,12	78,92	73,81	42,39	85,59	82,93
Promedio	75,24	73,91	67,32	38,02	85,31	80,31
Ración 2						
4	73,91	65,79	65,56	44,56	86,22	79,26
7	74,05	74,77	73,20	35,26	84,61	81,44
14	69,87	71,28	70,52	18,48	82,28	77,92
15	70,50	70,71	72,61	14,91	83,24	78,70
24	74,55	76,26	76,83	35,98	84,52	82,64
25	73,65	76,38	78,17	33,70	82,83	81,96
Promedio	72,76	72,53	72,82	30,48	83,95	80,32
Ración 3						
1	68,11	73,54	72,98	34,84	79,07	78,89
3	74,28	80,35	78,45	44,30	83,65	84,89
11	66,32	73,12	71,22	33,09	77,86	77,53
13	57,37	66,82	56,83	7,23	71,67	66,73
21	67,66	76,10	52,37	39,71	80,75	73,51
23	69,83	77,41	78,99	37,35	78,82	81,68
Promedio	67,26	74,56	68,47	32,75	78,64	77,21

Continuación Tabla 19.

	Ración 4					
5	67,70	59,53	54,73	37,31	84,97	75,14
8	70,88	70,10	65,07	38,58	84,67	80,50
12	78,60	80,63	77,70	52,65	87,28	88,96
16	72,53	73,93	71,79	36,68	84,15	83,24
22	71,86	75,17	67,01	36,03	85,53	82,31
26	71,40	73,62	71,30	39,51	82,79	82,47
Promedio	72,16	72,16	67,93	40,13	84,90	82,10

TABLA 20. Energía bruta del alimento y de las heces del experimento dos
(Base seca).

		E.B. (kcal/kg)
	Ración 1 (40% H.A.)	4.581,72
	Ración 2 (60% H.A.)	4.633,47
	Ración 3 (80% H.A.)	4.734,07
	Ración 4 (100% H.A.)	4.839,35
Jaula No.	Ración No.	EB de heces (kcal/kg)
2	1	4.401,06
6	1	4.614,85
17	1	4.506,09
18	1	4.746,02
27	1	4.389,15
28	1	4.262,07
4	2	4.659,54
7	2	4.069,46
14	2	4.223,35
15	2	4.186,21
24	2	4.123,58
25	2	4.187,26
1	3	4.137,87
3	3	3.856,22
11	3	3.970,62
13	3	4.561,13
21	3	4.940,15
23	3	4.089,72
5	4	4.870,53
8	4	4.424,50
12	4	4.446,61
16	4	4.573,85
22	4	4.331,36
26	4	4.306,10

TABLA 21. Energía metabolizable calculada para las raciones del experimento dos, según ecuación de regresión 1 /

Jaula No.	P.D. x 4,50	F.D. x 4,0	GD x 8,62	ENND x 4,17	E.M. (kcal/kg)
Ración 1					
2	63,045	9,920	58,013	218,133	3.491,11
6	58,545	7,440	43,703	217,466	3,271,54
17	56,925	5,040	48,962	212,837	3.237,64
18	57,285	5,400	54,651	209,793	3,271,29
27	58,140	6,680	56,806	211,669	3.332,95
28	63,630	7,880	58,616	214,838	3.449,64
Promedio					3.342,36
Ración 2					
4	52,470	9,680	65,512	200,494	3.281,56
7	59,625	7,640	73,184	196,741	3.371,90
14	56,835	4,00	70,512	191,320	3.226,67
15	56,385	3,240	72,580	193,530	3.257,35
24	60,795	7,800	76,804	196,532	3.419,31
25	60,885	7,320	78,183	192,612	3.390,00
Promedio					3.324,47
Ración 3					
1	64,935	9,320	95,079	155,583	3.249,17
3	70,920	11,880	102,233	164,590	3.496,23

Continuación Tabla 21.

11	64,575	8,880	92,837	153,164	3.194,56
13	58,995	1,920	74,046	140,988	2.759,49
21	67,185	10,640	68,270	158,877	3.049,72
23	68,355	10,000	102,923	154,790	3.360,68
Promedio					3.184,98
Ración 4					
5	41,445	8,560	77,752	181,353	3.091,10
8	48,780	8,840	92,406	180,686	3.307,12
12	56,115	12,080	110,336	186,274	3.648,05
16	51,480	8,440	101,975	179,602	3.414,97
22	52,335	8,280	95,165	182,521	3.383,01
26	51,255	9,080	101,285	176,683	3.383,03
Promedio					3.371,21

1/ EM (kcal) = proteína digestible (4,50) + fibra digestible (4,0) + grasa digestible (8,62) + ENN digestible (4,17).

TABLA 22. Energía metabolizable calculada para las raciones del experimento dos, según ecuación de regresión 2 /

Jaula No. P.D. x 4,50 F.D. x 4,0 G.D. x 8,62 ENND x 4,17 E.M.(kcal/kg)					
Ración 1					
2	68,369	8,382	63,935	212,379	3.530,65
6	63,489	6,287	48,165	211,729	3.296,70
17	61,732	4,259	53,960	207,222	3.271,73
18	62,122	4,563	60,230	204,259	3.311,74
27	63,050	5,645	62,605	206,086	3.373,86
28	69,003	6,659	64,600	209,171	3.494,33
Promedio					3.379,84
Ración 2					
4	56,901	8,180	72,700	195,205	3.324,86
7	64,660	6,456	80,655	191,551	3.433,22
14	61,634	3,380	77,710	186,273	3.289,97
15	61,146	2,738	79,990	188,425	3.322,99
24	65,929	6,591	84,645	191,348	3.485,13
25	66,026	6,185	86,165	187,531	3.459,07
Promedio					3.385,87
Ración 3					
1	70,418	7,875	104,785	151,479	3.345,57
3	76,909	10,039	112,670	160,248	3.498,66

Continuación Tabla 22.

11	70,028	7,504	102,315	149,124	3.289,71
13	63,977	1,622	81,605	137,269	2.844,73
21	72,858	8,991	75,240	154,686	3.117,75
23	74,127	8,450	113,430	150,707	3.467,14
Promedio					3.277,26
Ración 4					
5	44,945	7,233	85,690	176,569	3.144,37
8	52,899	7,470	101,840	175,920	3.381,29
12	60,854	10,208	121,600	181,360	3.740,22
16	55,827	7,132	112,385	174,864	3.502,08
22	56,754	6,997	104,880	177,706	3.463,37
26	55,583	7,673	111,625	172,022	3.469,03
Promedio					3.450,06

2 / EM (kcal) = Proteína digestible (4,88) + fibra digestible (3,38) +
grasa digestible (9,50) + ENN digestible (4,06).

TABLA 23. Análisis de varianza del aumento promedio diario de los animales del experimento uno durante la fase de crecimiento.

Fuentes de variación	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F Calculada
Total	56	0,653		
Tratamientos	5	0,272	0,0544	5,22*
Replic.	1	0,0094		
Trat. x Replic.	5	0,05208	0,0104	
Error (m)	45	0,32452		

C.V. = 13,99 %

Prueba de DUNCAN (P < 0.05)

Trat.	I	II	III	IV	VI	V
Prom.	0,653	0,600	0,574	0,509	0,476	0,457

TABLA 24. Análisis de varianza del consumo diario de alimento durante la fase de crecimiento en el experimento uno.

Fuentes de variación	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F Calculada
Total	56	2,678		
Tratamientos	5	2,362	0,4724	8,88*
Replic.	1	0,0497		
Trat. x Replic.	5	0,26581	0,053162	
Error	45	0,00049		

C.V. = 14,0%

Prueba de DUNCAN (P < 0.05)

Trat.	I	II	III	VI	IV	V
Prom.	2,167	1,873	1,873	1,734	1,743	1,452

TABLA 25. Análisis de varianza de la eficiencia alimenticia durante la fase de crecimiento en el experimento uno.

Fuentes de variación	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Calculada ^F
Total	56	13,218		
Tratamientos	5	2,498	0,4996	2,248
Replic.	1	0,06986		
Trat. x Replic.	5	1,11081	0,22217	
Error (m)	45	14,5393		

C.V. + 13,81%

TABLA 26. Análisis de varianza del aumento promedio diario de peso durante la fase de acabado del experimento uno.

Fuentes de variación	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Calculada
Total	56	1,2450		
Tratamientos	5	0,638	0,1276	6,48*
Replic.	1	0,0033		
Trat. x Replic.	5	0,0999	0,01998	
Error (m)	45	0,5038		

C.V. = 26,16%

Prueba de DUNCAN (P < 0.05)

Trat.	I	II	III	IV	VI	V
Prom.	0,723	0,706	0,596	0,545	0,464	0,448

TABLA 27. Análisis de varianza del consumo diario de alimento durante la fase de acabado en el experimento uno.

Fuentes de variación	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F Calculada
Total	56	3,248		
Tratamientos	5	6,738	1,3476	6,43*
Replic.	1	0,4646		
Trat. x Replic.	5	1,0463	0,20926	
Error (m)	51	0,0001		

C.V. = 23,15%

Prueba de DUNCAN ($P < 0.05$)

Trat.	II	III	I	IV	VI	V
Prom.	3,048	2,783	2,691	2,515	2,137	2,053

TABLA 28. Análisis de varianza de la eficiencia alimenticia durante la fase de acabado del experimento uno.

Fuentes de variación	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F Calculada
Total	56	46,5362		
Tratamientos	5	8,2568	1,65136	1,96
Replic.	1	0,3814		
Trata. x Replic.	5	4,2036	0,84072	
Error (m)	45	33,6944		

C.V. = 21,33%

TABLA 29. Análisis de varianza del aumento diario de peso durante las fases de crecimiento-acabado del experimento uno.

Fuentes de variación	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F Calculada
Total	56	0,7960		
Tratamientos	5	0,426	0,0852	6,54*
Replic.	1	0,00575		
Trat. x Replic.	5	0,0651	0,01302	
Error (m)	45	0,29915		

C.V. = 21,26%

Prueba de DUNCAN ($P < 0.05$)

Trat.	I	II	III	IV	VI	V
Prom.	0,686	0,653	0,585	0,527	0,470	0,452

TABLA 30. Análisis de varianza del consumo diario de alimento durante las fases de crecimiento-acabado del experimento uno.

Fuentes de variación	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F Calculada
Total	56	3,612		
Tratamientos	5	3,123	0,6246	7,53*
Replic.	1	0,0646		
Trat. x Replic.	5	0,41495	0,08299	
Error (m)	45	0,00945		

C.V. = 13,75%

Prueba de DUNCAN ($P < 0.05$)

Trat.	II	I	III	IV	VI	V
Prom.	2,461	2,412	2,329	2,128	1,980	1,811

TABLA 31. Análisis de varianza de la eficiencia alimenticia durante las fases de crecimiento-acabado en el experimento uno.

Fuentes de variación	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F _{Calculada}
Total	56	18,256		
Tratamientos	5	3,040	0,608	1,88
Replic.	1	0,03506		
Trat. x Replic.	5	1,61230	0,32246	
Error (m)	45	13,56869		

C.V. = 14,36%

TABLA 32. Análisis de varianza del espesor de grasa dorsal de los animales del experimento uno.

Fuentes de variación	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F _{Calculada}
Total	56	4,010		
Tratamientos	5	2,463	0,4926	60,37*
Replic.	1	0,1235		
Trat. x Replic.	5	0,04081	0,00816	
Error (m)	45	1,38269		

C.V. = 4,83%

Prueba de DUNCAN (P < 0.05)

Trat.	IV	VI	V	III	II	I
Prom.	1,70	1,42	1,33	1,33	1,22	1,03

TABLA 33. Análisis de varianza del número de yodo de la grasa de los animales del experimento uno.

Fuentes de variación	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F Calculada
Total	11	565,797		
Tratamientos	5	534,776	106,955	20,69**
Error	6	31,021	5,170	

C.V. = 4,20 % \bar{X} = 54,18

DMS_{0.05} = 5,56 Ración I = 49,76 Ración IV = 62,16

DMS_{0.01} = 8,42 Ración II = 42,98 Ración V = 61,29

 Ración III = 52,47 Ración VI = 56,45

TABLA 34. Análisis de varianza de la digestibilidad de la materia seca en las raciones del experimento dos.

Fuentes de variación	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F Calculada
Total	23	466,547		
Tratamientos	3	200,158	66,719	5,009**
Error	20	266,389	13,319	

C.V. = 5,07 % \bar{X} = 71,85

DMS_{0.05} = 4,41 Ración 1 75,24 Ración 2 72,76

DMS_{0.01} = 5,99 Ración 3 67,26 Ración 4 72,16

TABLA 35. Análisis de varianza de la digestibilidad de la proteína en las raciones del experimento dos.

Fuentes de variación	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F Calculada
Total	23	531,587		
Tratamientos	3	23,012	7,671	0,302
Error	20	508,574	25,429	

C.V. = 6,88 % \bar{X} = 73,29

TABLA 36. Análisis de varianza de la digestibilidad del extracto etéreo en las raciones del experimento dos.

Fuentes de variación	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F Calculada
Total	23	1432,725		
Tratamientos	3	112,274	37,425	0,567
Error	20	1320,451	66,023	

C.V. = 11,75% \bar{X} = 69,14

TABLA 37. Análisis de varianza de la digestibilidad de la fibra de las raciones del experimento dos.

Fuentes de variación	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F Calculada
Total	23	2526,936		
Tratamiento	3	362,279	120,760	1,116
Error	20	2164,657	108,233	

C.V. = 29,43% \bar{X} = 35,35

TABLA 38. Análisis de varianza de la digestibilidad del extracto no ni trogenado de las raciones del experimento dos.

Fuentes de variación	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F Calculada
Total	23	276,146		
Tratamiento	3	168,999	56,333	10,515**
Error	20	107,146	5,357	

C.V. = 2,78 % \bar{X} = 83,17

DMS_{0.05} = 2,80 Ración 1 = 85,31

DMS_{0.01} = 3,81 Ración 2 = 83,95

 Ración 3 = 78,64

 Ración 4 = 84,90

TABLA 39. Análisis de varianza del contenido de nutrientes digestibles totales de las raciones del experimento dos.

Fuentes de variación	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F Calculada
Total	23	431,364		
Tratamientos	3	74,608	24,869	1,394
Error	20	256,756	17,838	

C.V. = 5,28 % \bar{X} = 79,99

TABLA 40. Análisis de varianza del contenido de Energía digestible (kcal/kg) de las raciones del experimento dos.

Fuentes de variación	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F Calculada
Total	23	1071996,86		
Tratamientos	3	198379,28	66126,42	1,51
Error	20	873617,59	43680,88	

C.V. = 6,03 % \bar{X} = 3465,72

TABLA 41. Análisis de varianza de la digestibilidad de la energía de las raciones del experimento dos.

Fuentes de variación	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F
				Calculada
Total	23	493,37		
Tratamientos	3	103,80	34,60	1,78
Error	20	389,56	19,48	

C.V. = 5,98 % \bar{X} = 73,80

TABLA 42. Análisis de varianza del contenido de EM (kcal/kg) deducida según ecuación uno, de las raciones del experimento dos.

Fuentes de variación	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F
				Calculada
Total	23	702282,31		
Tratamientos	3	123376,28	41125,43	1,42
Error	20	578906,03	28945,30	

C.V. = 5,15 % \bar{X} = 3305,75

TABLA 43. Análisis de varianza del contenido de EM (kcal/kg) de las raciones del experimento dos, deducidas según ecuación dos.

Fuentes de variación	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F Calculada
Total	23	727616,04		
Tratamientos	3	91899,40	30633,13	0,96
Error	20	635761,64	31788,08	

C.V. = 5,28 %

\bar{X} = 3373,26