



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

INSTITUTO DE NUTRICION DE CENTRO AMERICA Y PANAMA  
(INCAP)



**UTILIZACION DEL FRIJOL CAUPI (*Vigna sinensis*) Y DEL GRANO DE  
SORGO (*Sorghum vulgare*) EN DIETAS PARA POLLOS DE ENGORDE**

**Baltazar Cuevas Hernández**

**CENTRO DE ESTUDIOS SUPERIORES EN NUTRICION Y CIENCIAS DE ALIMENTOS  
(CESNA)**

**Curso de Postgrado en Ciencias de Alimentos y Nutrición Animal**

**Guatemala, Agosto de 1978**

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

INSTITUTO DE NUTRICION DE CENTRO AMERICA Y PANAMA

**UTILIZACION DEL FRIJOL CAUPI (*Vigna sinensis*) Y DEL GRANO  
DE SORGO (*Sorghum vulgare*) EN DIETAS PARA  
POLLOS DE ENGORDE**

Tesis elaborada por

Baltazar Cuevas Hernández

Previo a optar al grado de

MAESTRO

**(Magister Scientificalae)**

**Centro de Estudios Superiores en Nutrición y Ciencias de Alimentos  
(C E S N A)**

**Curso de Postgrado en Ciencias de Alimentos y Nutrición Animal**

**Guatemala, agosto, 1978**

**JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD  
DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

<b>Decano</b>	<b>Dr. Max Ernesto Figueroa</b>
<b>Vocal 1o</b>	<b>Dr. Max Ernesto Figueroa</b>
<b>Vocal 2o</b>	<b>Ing. Romeo Antonio Solano</b>
<b>Vocal 3o</b>	<b>Dr. Mario Antonio Motta</b>
<b>Vocal 4o</b>	<b>Br. Fernando Espinoza</b>
<b>Vocal 5o</b>	<b>Br. Adolfo Padilla</b>
<b>Secretario</b>	<b>Edgar Rolando Paiz</b>

**COMITE INTERINSTITUCIONAL DEL CESNA**

**Director del CESNA**

**Dr. Luis Octavio Angel**

**Decano de la Facultad de Ciencias  
Médicas**

**Dr. Rolando Castillo M.**

**Decano de la Facultad de Ciencias  
Químicas y Farmacia**

**Lic. Leonel Carrillo**

**Decano de la Facultad de Medicina  
Veterinaria y Zootecnia**

**Dr. Víctor Manuel Orellana**

**Directora de la Escuela de  
Nutrición**

**Dra. Susana J. Icaza**

**Director del Curso de Postgrado en  
Salud Pública con Enfasis en Nutrición  
Maternoinfantil**

**Dr. Luis Octavio Angel**

**Director del Curso de Postgrado en  
Bioquímica y Nutrición Humana**

**Dr. Oscar Pineda**

**Director del Curso de Postgrado en  
Ciencias de Alimentos y Nutrición  
Animal**

**Dr. J. Edgar Braham**

**COMITE ASESOR DE TESIS**

**DR. MARCO TULIO CABEZAS**

**LIC. BEATRIZ MURILLO**

**DR. LUIS G. ELIAS**

**ING. ROBERTO JARQUIN**

**DR. EDGAR BRAHAM**

**DR. RICARDO BRESSANI**

**DR. MIGUEL GUZMAN**

**DEDICO ESTA TESIS**

**AL INSTITUTO DE NUTRICION DE CENTRO AMERICA Y PANAMA (INCAP)**

**A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

**A LA FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**

**AL CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGIA (CONACYT)**

**A LA FACULTAD DE CIENCIAS BIOLOGICAS (UANL)**

**A MI ESPOSA**

**A MI HIJA**

## RECONOCIMIENTOS

AL DR. MARCO TULIO CABEZAS Y A LA LIC. BEATRIZ MURILLO por su valiosa orientación y ayuda en todos los aspectos del presente estudio y por despertar en mí la inclinación hacia este interesante trabajo.

AL DR. LUIS G. ELIAS Y AL DR. RICARDO BRESSANI por sus atinados consejos y sugerencias.

AL LIC. GUILLERMO PALMA Y AL DR. MIGUEL GUZMAN por auxiliarme en los aspectos bibliográficos y estadísticos.

AL DR. EDGAR BRAHAM Y AL ING. MARIO J. GONZALEZ por facilitarme gustosamente todo lo necesario para el trabajo práctico.

A todo el personal que labora en la DIVISION DE CIENCIAS AGRICOLAS Y DE ALIMENTOS DEL INCAP.

## CONTENIDO

<b>I.</b>	<b>INTRODUCCION</b>	<b>1</b>
<b>II.</b>	<b>REVISION DE LITERATURA</b>	<b>3</b>
	<b>A. Valor Nutritivo del Frijol Caupí</b>	<b>3</b>
	1. Composición Química	3
	2. Ensayos de Crecimiento	6
	3. Valor Biológico de la Proteína	11
	4. Valor Energético	13
	<b>B. Valor Nutritivo del Sorgo</b>	<b>14</b>
	1. Composición Química	14
	2. Valor Biológico de la Proteína	16
	3. Valor Energético para Pollos	17
	4. Estudios de Crecimiento en Pollos	18
<b>III.</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>19</b>
<b>IV.</b>	<b>MATERIAL Y METODOS</b>	<b>20</b>
	<b>A. Materiales</b>	<b>20</b>
	1. Alimentos	20
	2. Suplementos y Aditivos	20
	3. Animales	21
	4. Instalaciones	21

<b>B. Métodos</b>	<b>22</b>
1. Experimento No. 1	22
2. Experimento No. 2	23
3. Experimento No. 3	24
4. Análisis Químicos	25
5. Análisis Estadísticos	25
<b>V. RESULTADOS Y DISCUSION</b>	<b>26</b>
A. Composición Química	26
B. Experimento No. 1	26
C. Experimento No. 2	29
D. Experimento No. 3	35
<b>VI. CONCLUSIONES</b>	<b>39</b>
<b>VII. RESUMEN</b>	<b>42</b>
<b>VIII. BIBLIOGRAFIA</b>	<b>48</b>
<b>IX. APENDICES</b>	<b>54</b>

## LISTA DE CUADROS Y FIGURAS

- CUADRO No. 1 COMPOSICION DE LA PREMEZCLA DE VITAMINAS EMPLEADA EN LAS DIETAS PARA DETERMINAR INDICE DE EFICIENCIA PROTEICA (IEP)
- CUADRO No. 2 COMPOSICION DE LA PREMEZCLA DE VITAMINAS, MINERALES Y OTROS ADITIVOS EMPLEADA EN LAS DIETAS PARA POLLOS
- CUADRO No. 3 COMPOSICION DE LAS DIETAS A BASE DE SORGO Y HARINA DE SOYA USADAS PARA LA DETERMINACION DEL INDICE DE EFICIENCIA (IEP) EN RATAS (EXPERIMENTO No. 1)
- CUADRO No. 4 COMPOSICION DE LAS DIETAS A BASE DE SORGO Y FRIJOL CAUPI USADAS PARA LA DETERMINACION DEL INDICE DE EFICIENCIA PROTEICA (IEP) EN RATAS (EXPERIMENTO No. 1)
- CUADRO No. 5 COMPOSICION Y CONTENIDO DE NUTRIENTES DE LAS DIETAS PARA POLLOS DE CINCO A DIEZ SEMANAS DE EDAD (EXPERIMENTO No. 2)
- CUADRO No. 6 COMPOSICION DE DIETAS SUPLEMENTADAS CON DL-METIONINA PARA POLLOS DE CINCO A DIEZ SEMANAS DE EDAD (EXPERIMENTO No. 3)
- CUADRO No. 7 COMPOSICION QUIMICA PROXIMAL DEL SORGO, HARINA DE SOYA Y FRIJOL CAUPI
- CUADRO No. 8 CONTENIDO DE AMINOACIDOS DEL SORGO, HARINA DE SOYA Y FRIJOL CAUPI
- CUADRO No. 9 INDICE DE EFICIENCIA PROTEICA (IEP) DE LAS COMBINACIONES DE SORGO Y FRIJOL CAUPI (EXPERIMENTO No. 1)
- CUADRO No. 10 INDICE DE EFICIENCIA PROTEICA (IEP) DE LAS COMBINACIONES DE SORGO Y HARINA DE SOYA (EXPERIMENTO No. 1)
- CUADRO No. 11 ANALISIS PROXIMAL DE LAS DIETAS PARA POLLOS DE CINCO A DIEZ SEMANAS DE EDAD (EXPERIMENTO 2)
- CUADRO No. 12 AUMENTO DE PESO TOTAL DE POLLOS DE CINCO A OCHO Y DIEZ SEMANAS DE EDAD (EXPERIMENTO No. 2)

- CUADRO No. 13 CONSUMO DE ALIMENTO TOTAL DE POLLOS DE CINCO A OCHO Y DIEZ SEMANAS DE EDAD (EXPERIMENTO No. 2)
- CUADRO No. 14 CONVERSION ALIMENTICIA DE POLLOS DE CINCO A OCHO Y DIEZ SEMANAS DE EDAD (EXPERIMENTO No. 2)
- CUADRO No. 15 AUMENTO DE PESO SEMANAL DE POLLOS DE CINCO A DIEZ SEMANAS DE EDAD (EXPERIMENTO No. 2)
- CUADRO No. 16 CONSUMO DE ALIMENTO SEMANAL DE POLLOS DE CINCO A DIEZ SEMANAS DE EDAD (EXPERIMENTO No. 2)
- CUADRO No. 17 CONVERSION ALIMENTICIA SEMANAL EN POLLOS DE CINCO A DIEZ SEMANAS DE EDAD (EXPERIMENTO No. 2)
- CUADRO No. 18 ADECUACION DE AMINOACIDOS AZUFRADOS, LISINA Y TRIPTOFANO DE DIETAS PARA POLLOS DE CINCO A DIEZ SEMANAS DE EDAD NO SUPLEMENTADAS CON METIONINA (EXPERIMENTO No. 3)
- CUADRO No. 19 AUMENTO DE PESO TOTAL DE POLLOS DE CINCO A OCHO Y DIEZ SEMANAS DE EDAD (EXPERIMENTO No. 3)
- CUADRO No. 20 ANALISIS DE VARIANZA DE LOS AUMENTOS DE PESO A LA OCTAVA SEMANA DE EDAD DE LOS POLLOS ALIMENTADOS CON DIETAS SUPLEMENTADAS CON METIONINA (EXPERIMENTO No. 3)
- CUADRO No. 21 ANALISIS DE VARIANZA DE LOS AUMENTOS DE PESO A LA DECIMA SEMANA DE EDAD DE LOS POLLOS ALIMENTADOS CON DIETAS SUPLEMENTADAS CON METIONINA (EXPERIMENTO No. 3)
- CUADRO No. 22 CONSUMO DE ALIMENTO TOTAL DE POLLOS DE CINCO A OCHO Y DIEZ SEMANAS DE EDAD (EXPERIMENTO No. 3)
- CUADRO No. 23 CONVERSION ALIMENTICIA DE POLLOS DE SEIS A OCHO Y DIEZ SEMANAS DE EDAD (EXPERIMENTO No. 3)
- CUADRO No. 24 CONSUMO DE ALIMENTO SEMANAL DE POLLOS DE CINCO A DIEZ SEMANAS DE EDAD (EXPERIMENTO No. 3)
- CUADRO No. 25 CONVERSION ALIMENTICIA SEMANAL EN POLLOS DE SEIS A DIEZ SEMANAS DE EDAD (EXPERIMENTO No. 3)
- CUADRO No. 26 DIETAS PRACTICAS PARA POLLOS DE ENGORDE DE CINCO A OCHO SEMANAS DE EDAD A BASE DE SORGO, HARINA DE SOYA Y FRIJOL CAUPI CRUDO

**FIGURA No. 1** INDICE DE EFICIENCIA PROTEICA (IEP) DE LAS COMBINACIONES DE PROTEINA DEL SORGO Y FRIJOL CAUPI O HARINA DE SOYA

**FIGURA No. 2** RELACION ENTRE EL NIVEL DE FRIJOL CAUPI EN LA DIETA Y EL AUMENTO DE PESO TOTAL EN POLLOS DE ENGORDE DE CINCO A DIEZ SEMANAS DE EDAD (EXPERIMENTO No. 2)

**FIGURA No. 3** PESO PROMEDIO DE POLLOS DE CINCO A DIEZ SEMANAS DE EDAD ALIMENTADOS CON DIETAS EN FORMA DE HARINA CON DIFERENTES NIVELES DE FRIJOL CAUPI (EXPERIMENTO No. 2)

**FIGURA No. 4** CORRELACION ENTRE EL AUMENTO DE PESO EN LA SEPTIMA SEMANA CON EL AUMENTO DE PESO DE LA SEPTIMA A LA DECIMA SEMANA DE EDAD DE LOS POLLOS (EXPERIMENTO No. 2)

**FIGURA No. 5** EFECTO DE LA ADICION DE 0.2% DE DL-METIONINA A DIETAS CON DIFERENTES NIVELES DE FRIJOL CAUPI SOBRE EL AUMENTO DE PESO EN POLLOS DE CINCO A DIEZ SEMANAS DE EDAD

**FIGURA No. 6** PESO PROMEDIO DE POLLOS DE CINCO A DIEZ SEMANAS DE EDAD ALIMENTADOS CON DIETAS QUE CONTENIAN DIFERENTES NIVELES DE FRIJOL CAUPI (EXPERIMENTO No. 3)

## I. INTRODUCCION

Los concentrados comerciales utilizados para la producción intensiva de carne de pollo y huevos en América Central y México son elaborados a base de maíz y harina de soya. Una gran parte del maíz y prácticamente toda la harina de soya son importados por los productores de concentrados, lo que significa la pérdida de divisas y la dependencia de otros países para la producción de alimentos de tanta importancia para la dieta humana. Por lo tanto, es de sumo interés para nuestros países el conocimiento de nuevas fuentes de nutrientes que puedan ser producidas localmente y que substituyan, parcial o totalmente, al maíz y la harina de soya en concentrados para aves.

Una materia prima que ofrece buenas perspectivas para ser empleada en dietas para aves es la leguminosa de grano conocida como frijol caupí o de costa (Vigna sinensis). Por una parte, los Centros de Investigaciones Agronómicas Centroamericanos han desarrollado variedades que producen altos rendimientos por hectárea bajo condiciones ecológicas locales. Por otra parte, el frijol caupí tiene un alto potencial nutritivo derivado de sus contenidos adecuados de proteína, energía metabolizable y lisina. Tiene además, la ventaja de poseer bajos niveles de inhibidores proteolíticos, lo que abre la posibilidad de emplearlo sin previo cocimiento en dietas para aves.

Otro material que puede ser empleado en dietas para aves como

principal fuente energética en substitución del maíz, es el grano de sorgo (*Sorghum sp.*). Este cultivo ha recibido también considerable atención en los últimos años por parte de los Centros de Investigaciones Agronómicas, existiendo en la actualidad varios programas de investigación y extensión dirigidos a propagar su cultivo para aumentar su disponibilidad en el mercado.

En base a lo expuesto, se realizó el presente trabajo de tesis con la finalidad de establecer la factibilidad biológica y económica de substituir la harina de soya por frijol caupí en dietas para pollos de engorde, en las que el sorgo constituye la principal fuente de energía.

## II. REVISION DE LITERATURA

A. Valor Nutritivo del Frijol Caupí1. Composición química

La composición química proximal de ocho variedades de frijol caupí producidas en Guatemala en forma cruda o cocidas en autoclave (10 min/121°C/15 lb presión) fue estudiada por Elías y col. (13), encontrando poca variación debido a la composición genética del frijol y al efecto de la cocción. Los porcentajes promedio para proteína cruda, extracto etéreo, fibra cruda y cenizas del frijol crudo y cocido fueron 24.8 y 24.1, 1.9 y 1.9, 6.3 y 5.2, y 3.6 y 3.4%, respectivamente.

Análisis realizados en otras regiones han mostrado mayores diferencias en el contenido de proteína de diferentes variedades de caupí. En un estudio realizado en Colombia con 141 variedades (34), la proteína varió entre 18 y 29%, con un promedio de 24% y el azufre entre 0.6 y 1.50%, indicando posibles diferencias en aminoácidos azufrados. En nueve variedades provenientes de distintas regiones de los Estados Unidos (48), la proteína de los frijoles crudos varió entre 21.6 y 25.3% y la de los cocidos en olla por dos horas, entre 23.8 y 27.1%.

El contenido de lípidos del caupí es similar al de las demás leguminosas de grano con excepción de la soya. En un estudio de Takayama y col. (53), los cotiledones del caupí contenían entre 3.03 y 3.26% de

lípidos de los cuales entre 1.30 y 1.36 eran triglicéridos y entre 0.95 y 1.02 eran fosfátidos. La mayor parte de los ácidos grasos en estos lípidos fueron palmítico, oleico y linoleico.

No se ha encontrado información específica sobre el tipo de carbohidratos presentes en el frijol caupí. En general, Deschamps (11) indica que la mayor parte de los carbohidratos de las leguminosas de grano son almidones.

La distribución de los componentes proximales y calcio, fósforo y hierro en las partes anatómicas de una variedad de frijol caupí fue estudiada por Singh y col. (49). Los cotiledones constituyeron el 87.23% de todo el grano y, consecuentemente, contenían la mayor parte de los nutrientes, siendo particularmente ricos en carbohidratos, proteína y fósforo. La cáscara, que formaba el 10.7% del frijol, aportó 87% de la fibra cruda y 33% del calcio. El embrión contenía 44.1% de proteína y altos niveles de minerales, pero su aporte al total de nutrientes fue muy bajo debido a que constituyó solo el 2.12% del frijol. Los mismos autores determinaron que el caupí es una buena fuente de calcio, fósforo y hierro tal como sucede con las leguminosas en general.

Los aminoácidos esenciales de la proteína de una variedad de caupí fueron determinados por Bressani y col. (4), encontrando deficiencias en metionina, cistina, leucina, y triptofano. En relación al patrón

de referencia de la FAO, los aminoácidos azufrados fueron los más limitantes con un punteo de 32%. En cambio, el contenido de lisina fue relativamente alto, duplicando el valor del patrón de la FAO. Estos resultados fueron confirmados por Elías y col. (13) quienes establecieron que existe poca variación en el contenido de aminoácidos de diferentes variedades de caupí crudo y cocido en autoclave. De acuerdo a estos autores, en relación al frijol común, el caupí contiene niveles más altos de arginina, leucina, metionina, tirosina y valina y niveles más bajos de fenilalanina y treonina.

El contenido de lisina disponible del caupí es de 6.29 g/16 gN (15) mientras que el del frijol común es de 7.96 g/16 gN (8). En el estudio de Elías y col. (15) el cocimiento por autoclave (15 lb/121°C) redujo el nivel de lisina disponible del caupí a 3.41, 2.40 y 1.99 g/16 gN después de 15, 30 y 45 minutos de calentamiento.

En lo que respecta a vitaminas, Elías y col. (13) informaron que el contenido de tiamina, riboflavina y niacina muestra diferencias importantes entre variedades, oscilando de 0.41 a 0.99, 0.29 a 0.76 y 2.51 a 3.23 mg, respectivamente, en las ocho variedades por ellos estudiadas. Establecieron además que el cocimiento por autoclave redujo la tiamina en 62%, la riboflavina en 52% y la niacina en 45%.

El caupí contiene inhibidores de tripsina pero en cantidades inferiores a otras leguminosas. En un estudio de Elías y col. (15) se

muestra que la concentración de estos compuestos en el caupí fue de 6.7 TUI/ml, mientras que en el frijol común negro (Phaseolus vulgaris) fue de 31.9 TUI/ml y en el gandul (Cajanus cajan) de 20.9 TUI/ml. El calentamiento por autoclave (15 lb/121°C) por períodos de 15 a 45 minutos, redujo la concentración de inhibidores en el frijol común y el gandul a niveles de 2.5 a 3.7 TUI/ml. Concentraciones similares quedaron en el caupí después de los mismos tratamientos térmicos, pero la reducción fue relativamente menor. Onayemi y col. (41) observaron una reducción de inhibidores tríticos como resultado del enjuague sin calentamiento del frijol caupí durante 36 hr, pero no encontraron ningún efecto del calentamiento por autoclave. Sin embargo, la información suministrada por estos autores es muy incompleta y no permite derivar conclusiones apropiadas.

## 2. Ensayos de crecimiento

La mayor parte de los ensayos de crecimiento han sido realizados con ratas con la finalidad de conocer el valor alimenticio del frijol caupí crudo sometido a calentamiento por distintos procesos, con o sin suplementación con metionina o cistina. De estos ensayos se puede concluir lo siguiente:

- a) El frijol caupí crudo no produce mortalidad pero tampoco induce un crecimiento normal en ratas (2, 16, 33, 45, 48).
- b) El calentamiento del frijol caupí por diferentes métodos de cocción ha resultado en algunos casos en un mejoramiento de su valor

alimenticio en términos de consumo de alimento, aumentos de peso y conversión alimenticia (2, 33, 48). En otros casos, el calentamiento no ha producido efectos positivos sobre el rendimiento de las ratas (16, 45, 48). Esta discrepancia puede ser originada por diferencias en los métodos experimentales empleados, especialmente en las condiciones de procesamiento del caupí y el nivel de proteína de las dietas, pero también puede ser debido a diferencias intrínsecas del valor nutritivo de las variedades de caupí empleadas en los distintos ensayos (2, 13, 45, 48).

c) La suplementación con metionina (0.1 a 0.6% de la dieta) mejora el valor alimenticio del caupí crudo y cocido (2, 25, 33, 45, 48). Con excepción de los resultados de Sherwood y col. (48) la respuesta del frijol cocido ha sido superior a la del crudo. De acuerdo a Maner y Pond (33) el valor alimenticio para ratas del caupí cocido y suplementado con 0.1% de metionina es similar al de la harina de soya. La magnitud de la respuesta a la suplementación con metionina ha variado también de acuerdo a la variedad y el origen del caupí (2, 45, 48).

La suplementación con cistina no produjo mejoría en el valor alimenticio del caupí crudo en el estudio de Finks y col. (16) pero mejoró el del caupí cocido en el trabajo de Jaffé (24). Es posible que las diferencias en respuesta a la suplementación tengan su origen en las mismas causas señaladas en (b) con respecto a los efectos del calentamiento.

En el trabajo de Maner y Pond (33) también se comparó el efecto de la germinación sobre el valor alimenticio del caupí, para ratas obteniéndose resultados contradictorios en dos ensayos. En uno de ellos la germinación mejoró el crecimiento de las ratas, mientras que en el otro sólo lo hizo cuando fue suplementado con 0.1% de metionina. El remojo del caupí por un período no mencionado, tampoco mejoró la respuesta de los animales aun suplementando con metionina.

Muy pocos estudios han sido informados en la literatura sobre el empleo de frijol caupí en alimentación de animales de granja. Heitman y Howarth (20) alimentaron cerdos de 80 lb de peso con dietas que contenían 20 y 50% de caupí crudo y entero en substitución parcial o total de cebada, harina de soya y harina de algodón. Las ganancias de peso disminuyeron a medida que incrementó el caupí de la dieta como resultado aparente de una disminución en consumo de alimento. Este efecto se acentuó todavía más cuando en una etapa posterior un grupo de cerdos fue alimentado exclusivamente con caupí. No se observaron síntomas de toxicidad en los animales.

Maner (34) ha informado que el caupí cocido indujo en cerdos rendimientos superiores al crudo y comparables a los producidos por una mezcla de maíz y harina de soya en dietas que contenían 16% de proteína. No obstante que toda la proteína de las dietas con caupí fue suministrada por este grano, la suplementación con metionina no mejoró la respuesta de los cerdos con el caupí crudo o cocido.

En estudios con cerditos de 10 kg de peso inicial, Da Silva (10) encontró que dietas que contenían entre 60 y 65% de caupí y 22.5% de maíz o 16.2% de harina de yuca más vitaminas y minerales, produjeron mejores rendimientos al ser sometidas a un proceso de estrujamiento que cuando fueron suministradas en forma cruda. Sin embargo, las dietas estrujadas fueron consumidas en menor cantidad y promovieron menores aumentos de peso que una dieta a base de harina de soya y maíz. La conversión alimenticia fue mejor con la dieta extruída que con la dieta de maíz y soya.

Los efectos positivos del cocimiento en autoclave y de la suplementación con metionina del frijol caupí sobre el crecimiento de pollitos de 0 a 2 semanas de edad, dieron observados por McGinnis y Capella (37) en ensayos con dietas que contenían 18% de proteína, dos tercios de la cual provenía del caupí u otras leguminosas. El caupí cocido y suplementado con 0.3% de metionina fue superior al frijol común procesado y suplementado en igual forma y no produjo diarrea como lo hizo el frijol común. En todos los ensayos realizados por estos autores, la harina de soya produjo mejores resultados que el caupí.

Braham y col. (3) alimentaron pollos de 3 a 9 semanas de edad con dietas cuyo contenido de frijol caupí crudo osciló entre 50 y 60%. De 3 a 6 semanas las dietas contenían 18% de proteína y de 6 a 9 semanas, 16% de proteína. Los hallazgos indicaron que es factible utilizar hasta 60% de frijol caupí crudo en dietas a base de harinas de soya o algodón, a pesar

de que con este nivel se observaron menores ganancias de peso y conversión alimenticia.

El efecto inmediato más importante producido por el caupí en los ensayos de crecimiento revisados es la disminución en consumo de alimento por los animales. Ensayos realizados en ratas por Elías y Bressani (14) han demostrado que la suplementación con vitaminas, minerales, calorías y metionina estimula el consumo de caupí cocido y del maíz ofrecidos a libertad en comederos separados. Lo mismo encontró Da Silva (10) al ofrecer caupí cocido y harina de yuca bajo el mismo sistema de alimentación, con la diferencia que las cantidades de caupí consumidas fueron muy superiores a las obtenidas por Elías y Bressani (14). Cuando se proporcionó con maíz, el consumo de caupí en 28 días fue de 98 g, lo que significó solo el 22.4% de la dieta total. En cambio cuando se proporcionó con harina de yuca, los valores correspondientes fueron de 295 g y 74.3%, respectivamente, siendo el consumo de caupí superior al de harina de soya. Los incrementos de peso, la conversión alimenticia y la proteína utilizable para la dieta caupí/yuca fueron de 128 g, 3.2 y 9.47%, y para la dieta soya/yuca de 134g, 2.5 y 11.89% respectivamente, lo que muestra que el caupí cocido es utilizado menos eficientemente que la soya, pero que posee el potencial para substituirla en alimentación animal. No se han realizado estudios similares con el caupí crudo.

### 3. Valor biológico de la proteína

El índice de eficiencia proteíca (IEP) del caupí crudo ha sido determinado por Kuppuswamy y col. Citado por Liener, (30), Onayemi y col. (41) y Elías y col. (15), quienes obtuvieron valores que oscilaron entre 1.21 y 1.56. En el estudio de Elías y col. (15) el calentamiento por autoclave (15 lb, 121°C) durante 15 minutos aumentó el IEP de 1.21 a 1.37, pero lo disminuyó a 1.16 y 0.84 cuando el tiempo de calentamiento fue incrementado a 30 y 45 minutos, respectivamente. El tostado a 240°C durante 30 minutos redujo el IEP a 0.36, mientras el estrujamiento lo aumentó a 1.73. El calentamiento en autoclave por 30 minutos también disminuyó el IEP del caupí en el estudio de Onayemi y col. (41). Estos autores encontraron que el enjuague del caupí durante 36 horas aumentó el IEP a 2.14, mientras que el mismo tratamiento produjo una disminución a 1.11 en el caupí descascarado. El calentamiento en secador de tambor mejoró el IEP solamente cuando el caupí fue suplementado con metionina, alcanzando 2.57 con la adición de 0.6% de este aminoácido..

Los hallazgos de Elías y col. (13) mostraron que el IEP de ocho variedades de caupí varió entre 1.42 y 2.30, no obstante que su contenido de aminoácidos esenciales era muy similar. Los autores atribuyeron estos resultados a posibles diferencias en la disponibilidad de los aminoácidos de las distintas variedades. El IEP de todas las variedades fue inferior al de la harina de soya, que alcanzó 3.55.

En ensayos de complementación realizados por Da Silva (10) se estableció que la inclusión de 32.5 a 36% de caupí cocido en substitución de harina de soya en dietas que contenían maíz o harina de yuca y suplementadas con 0.3% de metionina, no produjo disminuciones en el IEP. Sin embargo, en presencia de harina de yuca, el IEP fue inferior (2.1) que en presencia de maíz (2.6), siendo éste similar al obtenido con caseína (2.5).

Cuando el caupí se suministró crudo el IEP fue de 1.9, pero cuando toda la dieta caupí/yuca fue sometida al proceso de estrujamiento aumentó a 2.6. El estrujamiento no mejoró el IEP de la dieta caupí/maíz y la ausencia de metionina en el suplemento la redujo a 1.0 y 1.1 con caupí crudo y a 1.9 con la dieta estrujada. El efecto negativo de la harina de yuca con respecto al maíz fue atribuido a su menor aporte de aminoácidos esenciales, en tanto que el efecto positivo del estrujamiento se atribuyó a un posible cambio estructural de los carbohidratos del caupí que pudiera mejorar la utilización de la proteína.

El mejoramiento de la utilización de la proteína debido al estrujamiento fue observado por Elfas y col. (15) tanto en términos de IEP como de digestibilidad. Esta aumentó de 73.2% en el caupí crudo a 80.2% en el estrujado y a sólo 77.4% en el calentado en autoclave durante 15 minutos. El calentamiento durante 45 minutos disminuyó de nuevo la digestibilidad a 74.2%. Jaffé (25) encontró también que el calentamiento en autoclave por 20 minutos produjo solo un pequeño aumento de la digestibilidad de la proteína de 79% en el caupí crudo a 82.6% en el cocido.

Elías y col. (15) encontraron una correlación altamente positiva entre lisina disponible y digestibilidad de la proteína, no así entre ésta y la concentración de inhibidores de tripsina del caupí. Sin embargo, hasta la fecha, no se han podido establecer con claridad las causas de la baja digestibilidad de la proteína de las leguminosas y su respuesta a diferentes procesos con y sin calentamiento (30). El caupí presenta algunas diferencias con otras leguminosas como el frijol común, en vista de su menor contenido de inhibidores tripticos y su menor respuesta al calentamiento

Elías y col. (15). Cabe mencionar en este sentido que en todos los estudios de crecimiento y valor biológico de la proteína que han sido revisados, el frijol caupí ha demostrado poseer un mejor valor nutritivo que el frijol común cocido.

Es evidente también que las características nutricionales del caupí y otras leguminosas no pueden ser explicadas solamente en términos del valor biológico de su proteína y de su contenido de inhibidores de tripsina (26, 27, 28, 30).

#### 4. Valor energético

Se han realizado muy pocos estudios para evaluar el frijol caupí como fuente energética para animales. Maust y col. (35) determinaron la energía metabolizable en pollos del caupí crudo, germinado por 48 horas o cocido en autoclave (15 lb, 15 minutos), obteniendo valores de 2.49, 2.47 y 3.29 Kcal/g respectivamente. El incremento de energía metabolizable en

el caupí cocido fue acompañado por aumentos en su contenido de hemicelulosa. En otro estudio realizado con pollos por Oluyemi y col. (40), la energía metabolizable del caupí crudo fue de 3.04 Kcal/g y la del caupí cocido en autoclave (15 lb, 121°C, 20 minutos) fue de 3.30 Kcal/g. El mayor nivel de energía metabolizable del caupí crudo en este estudio con respecto al informado por Maust y col. (35) fue atribuido a posibles diferencias en el contenido de substancias antinutricionales y en el tipo de carbohidratos presentes en las variedades de caupí empleadas. Así también, el efecto positivo del calentamiento en autoclave obtenido en ambos estudios fue atribuido a la eliminación de las substancias tóxicas presentes en el caupí. Sin embargo, en ninguno de los dos trabajos se presentaron evidencias que respaldaran estas posibles explicaciones de las diferencias del valor energético observadas en el frijol caupí crudo y cocido.

#### B. Valor Nutritivo del Sorgo

##### 1. Composición química

La composición química de diferentes variedades de sorgo cultivadas en Guatemala fueron estudiadas por Bressani y Ríos (6) y Conde y col. (9). El primer estudio mencionado incluyó 23 variedades y el segundo un total de 57 variedades, habiéndose encontrado una variación en el contenido de proteína de 7.6 a 12.5% en el primer caso y de 8.8 a 15.2% en el segundo.

En el estudio de Bressani y Ríos (6) las variaciones en fibra cruda y extracto etéreo fueron muy pequeñas, pero las cenizas oscilaron

entre 1.38 y 3.89% y las concentraciones de las vitaminas: tiamina, riboflavina y ácido nicotínico también mostraron diferencias importantes entre variedades; también se encontró una amplia variación en el contenido de aminoácidos esenciales. En los análisis de Conde y col. (9) la lisina varió entre 0.08 y 0.30 g/gN, el triptofano entre 0.038 y 0.089 g/gN y los aminoácidos azufrados entre 0.104 y 0.155 g/gN. De estos trabajos los autores concluyeron que es posible seleccionar variedades de acuerdo a su mejor calidad proteínica.

En otras regiones del mundo también se han encontrado variaciones en la composición química del sorgo (46, 52, 55).

En una revisión sobre la composición y la estructura del sorgo, Wall y Blessin (55) indican que el grano de sorgo está constituido por 8% de cáscara, 82% de endospermo y 10% de embrión, los cuales contienen, respectivamente; 6.7, 12.3 y 18.9% de proteína; 34.6, 82.5 y 13.4% de almidón; 4.9, 28.1 y 0.6% de aceite y 2.0, 0.4 y 10.4% de cenizas. Como puede apreciarse, el almidón se encuentra presente en altas cantidades en el sorgo, constituyendo entre 70 y 74% del grano completo. De éste, 73% es amilopectina y 27% amilosa.

En general, la composición química del sorgo es similar a la del maíz. Comparando ambos cereales, Bressani y Ríos (6) han indicado que el maicillo tiene niveles un poco más altos de fibra cruda, cenizas, calcio,

fósforo, las vitaminas riboflavina y ácido nicotínico y los aminoácidos arginina, histidina, isoleucina, triptofano y valina. El maíz en cambio, posee concentraciones un tanto mayores de grasa y tiamina. Los niveles de los aminoácidos lisina, leucina, metionina, fenilalanina, tirosina y treonina fueron muy similares en ambos cereales.

## 2. Valor biológico de la proteína

El sorgo es empleado en dietas de cerdos y aves en substitución del maíz a niveles de hasta 65 o 70%, suministrando no sólo energía sino también cantidades apreciables de proteína, por lo tanto es de importancia conocer el valor biológico de la proteína de este cereal.

Tanto estudios químicos como biológicos han demostrado que al igual que otros cereales, el aminoácido más limitante de la proteína del sorgo es la lisina (6, 17, 31, 44, 46, 55). Los estudios químicos realizados por Bressani y Ríos (6) indicaron también deficiencias en triptofano y metionina. De acuerdo a los estudios biológicos realizados en ratas por Bond y col. (44) y Harden y col. (17) la treonina es el segundo aminoácido limitante de la proteína del sorgo.

Las discrepancias en cuanto a los aminoácidos limitantes después de la lisina pueden ser debidas a la variación en el contenido y la disponibilidad de los aminoácidos presentes en las diferentes variedades de sorgo (52). Nelson y col. (39) han demostrado que la disponibilidad

de los aminoácidos del sorgo se encuentra correlacionada a su contenido de taninos, por lo que es de importancia considerar estos compuestos al evaluar la proteína de diferentes variedades de sorgo.

Al comparar la proteína del sorgo con la del maíz, se ha encontrado que ambas tienen un valor biológico similar (17). Por otra parte, en un estudio con pollos, Vavich y col. (54) encontraron que el valor biológico de la proteína de una variedad de sorgo que contenía 10.5% de proteína fue superior al de otra variedad que contenía 15.3% de este nutriente.

### 3. Valor energético para pollos

La energía metabolizable y el porcentaje de utilización de la energía gruesa es muy variable entre variedades. En un estudio realizado por Nelsyn y col. (39) la energía metabolizable varió entre 3.18 y 3.92 Kcal/g de materia seca y el porcentaje de utilización de la energía gruesa entre 71 y 89%. Resultados similares han sido encontrados en ratas por May y Nelson (36). En ambos estudios no se encontró una correlación estrecha entre contenido de taninos y energía metabolizable, pero sí entre ésta y la disponibilidad de aminoácidos.

En general, se ha establecido que el sorgo contiene menos energía metabolizable que el maíz (21) por lo que en las tablas de composición de alimentos se les asigna valores promedio de 3.6 y 3.8 Kcal/g de materia seca, respectivamente (47).

#### 4. Estudios de crecimiento en pollos

En la mayoría de los casos en los que el sorgo ha sido evaluado como fuente de energía y proteína en dietas prácticas para pollos, se le ha comparado con el maíz en presencia de harina de soya como principal fuente de proteína. En general, se ha establecido que cuando el sorgo substituye al maíz en forma directa, sin ajustes adicionales a la dieta, el rendimiento de los pollitos es inferior con el sorgo que con el maíz (18, 29). Para lograr un rendimiento igual es necesario incrementar la energía de la dieta con otros ingredientes (42). Bressani y col. (5) también encontraron iguales rendimientos de pollitos alimentados con dietas adecuadamente suplementadas que contenían sorgo y maíz en niveles que oscilaban entre 15.40 y 61.50% de la dieta. En este caso la principal fuente de proteína de la dieta fue harina de algodón de bajo contenido en gosipol.

### III. OBJETIVOS

#### A. General

Contribuir al conocimiento del valor nutritivo y el procesamiento de alimentos que pueden ser producidos localmente, para estimular su empleo en alimentación animal y su producción por los agricultores.

#### B. Específicos

1. Determinar la complementación óptima de las proteínas del frijol caupí crudo y el sorgo que permita la mayor eficiencia de utilización de estos alimentos.
2. Establecer la eficiencia con la que el frijol caupí crudo puede substituir a la harina de soya en la presencia de sorgo en dietas para pollos de 5 a 10 semanas de edad.
3. Establecer los efectos del proceso de peletización y molienda y de suplementación con DL-metionina, sobre el valor nutritivo de dietas para pollos de 5 a 10 semanas de edad elaboradas a base de frijol caupí y sorgo.

## IV. MATERIAL Y METODOS

A. Materiales1. Alimentos

a) Frijol caupí (Vigna sinensis) de la variedad CENTA 105, que es de color negro y contiene aproximadamente 25% de proteína cruda. Esta leguminosa de grano se obtuvo de una finca particular de El Salvador y se escogió por ser una de las más abundantes en la región. El frijol fue molido en un molino de martillos y después pasado por una malla No. 20 antes de ser analizado y empleado en dietas experimentales.

b) Sorgo (Sorghum sp.) de la variedad "Guatecau" que contiene aproximadamente 9% de proteína cruda y 0.51% de taninos (43) y que fue producida por el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola de Guatemala. El grano fue molido en igual forma que el frijol caupí antes de ser analizado y empleado en las dietas experimentales.

c) Harina de torta de soya comercial cuyo contenido de proteína cruda fue de 46.9%.

d) Caseína que contenía 85.4% de proteína cruda.

2. Suplementos y aditivos

a) Aceite de algodón

b) Coccidiostato (Pfizer y Co. Inc.)

- c) DL-metionina (ICN, Pharmaceuticals, Inc.)
- d) Harina de hueso que contenía 29% de calcio y 14% de fósforo.
- e) Premezclas de vitaminas cuya composición se detalló en el Cuadro No. 1.
- f) Sal yodada

3. Animales

- a) Ratas - Se utilizaron ratas blancas Wistar de la colonia de animales del INCAP, de 21 a 23 días de edad y con un peso promedio de 45g.
- b) Aves - Se utilizaron pollos de engorde recién nacidos de la raza "Vantress" que provenían de un lote de aves sin antecedentes de enfermedades.

4. Instalaciones

- a) Para ratas - Se usaron las instalaciones de la colonia animal del INCAP. Las ratas fueron alojadas en jaulas individuales en un cuarto cuya temperatura está regulada a 22°C. Cada jaula tiene su propio bebedero y comedero.
- b) Para pollos - Cuando los pollos tenían de 1 a 5 semanas de edad fueron alojados en baterías provistas de bebederos y comederos comunes y con controles de temperatura. De las 6 a las 10 semanas de edad fueron trasladados a galeras con piso de concreto y cama de aserrín a razón de 0.47 mts<sup>2</sup>/pollo en la Finca Experimental del INCAP.

B. Métodos1. Experimento No. 1 - Índice de Eficiencia Proteica (IEP)

a) Tratamientos - Los tratamientos fueron 18, cada uno de los cuales fue aplicado a 6 ratas, 3 machos y 3 hembras. Los 8 primeros tratamientos consistieron en diferentes proporciones de las proteínas de sorgo y la soya en la forma que aparece a continuación:

	Tratamiento							
	1	2	3	4	5	6	7	8
% de proteína de sorgo	100	80	70	60	50	40	20	0
% de proteína de soya	0	20	30	40	50	60	80	100

Otros 8 tratamientos consistieron en las mismas proporciones de las proteínas del sorgo y del caupí. Los tratamientos 9 y 18 sirvieron como testigos y en ellos la proteína fue proporcionada por caseína exclusivamente. Las mezclas sorgo/soya y sorgo/caupí constituyeron el 90% de las dietas experimentales, cuya composición se muestra en los Cuadros Nos. 3 y 4. La proteína de las dietas 1 a 8 y 10 a 17 fue proporcionada en su totalidad por las mezclas sorgo/soya y sorgo/caupí, respectivamente. El contenido de proteína de las dietas fue calculado en 8% debido a que la variedad de sorgo empleado contenía 8.8% de proteína.

b) Manejo de los animales y cálculo del IEP - Las ratas fueron distribuidas en los grupos experimentales de acuerdo a su peso y colocadas

en las jaulas individuales, donde tuvieron libre acceso a las dietas respectivas y agua durante un periodo de 28 días. El consumo de alimento y el peso de las ratas fue registrado individualmente cada semana. El IEP fue calculado de acuerdo a la fórmula siguiente:

$$IEP = \frac{\text{Ganancia de peso durante 28 días (g)}}{\text{Proteína ingerida durante 28 días (g)}}$$

2. Experimento No. 2 - Substitución de la Harina de Soya por Frijol Caupí Crudo en Dietas para Pollos de Cinco a Diez Semanas de Edad

a) Tratamientos - En base a los resultados del Experimento No. 1 y a los requerimientos proteicos de pollos de 5 a 10 semanas de edad (38), se seleccionaron las mezclas por peso sorgo/soya 75/25 y sorgo/caupí 42/58 que suministraban las proporciones de proteína 35/65 y 20/80, respectivamente. Estas mezclas fueron combinadas en diferentes proporciones de tal manera que una substituyó gradualmente a la otra a los niveles de 0, 20, 40, 60, 80 y 100%. Estas combinaciones constituyeron el 96% de las dietas, dando como resultado la composición que aparece en el Cuadro No. 5. Un grupo de dietas fue suministrado en forma de harina y otro grupo fue pelotizado y posteriormente molido, por lo que el diseño experimental fue de bloques al azar con arreglo factorial 6 x 2 (6 porciones de mezclas y dos métodos de procesamiento), dando un total de 12 bloques.

Los perdigones fueron elaborados en una fábrica de concentrados bajo condiciones no reveladas por los propietarios. Debido a que

los perdigones eran demasiado grandes, fueron molidos de nuevo a través de una malla No. 20, lo que originó una harina de consistencia muy fina a consecuencia del proceso previo de peletizado.

b) Alimentación de los animales - Cuando los pollos tenían de un día a 5 semanas de edad y se encontraban en las baterías, fueron alimentados con una dieta comercial de 21% de proteína suministrada a libre consumo. Cuando tenían entre 5 y 10 semanas de edad, fueron alojados en la galera, donde recibieron las dietas experimentales y agua ad libitum. Cada tratamiento fue aplicado a dos réplicas de 9 pollos a partir de la sexta semana. Estos pollos fueron seleccionados al final de la quinta semana de un grupo inicial de 300 pollos y luego asignados a los tratamientos respectivos. La selección y la asignación a tratamientos se llevó a cabo de acuerdo al peso de los pollos, procurando la mayor uniformidad posible de los grupos.

c) Mediciones - Cada semana durante el período experimental se registró el consumo de alimento de los grupos y el aumento de peso individual de los pollos, calculándose en base a estos datos, la eficiencia de conversión alimenticia por grupo (g de alimento consumido/g de peso aumentado).

3. Experimento No. 3 - Suplementación con DL-Metionina de Dietas para Pollos de Cinco a Diez Semanas de Edad Elaboradas a Base de Frijol Caupí y Sorgo

a) Tratamientos - Se utilizaron las mismas mezclas de sorgo/soya

y sorgo/caupí empleadas en el Experimento No. 2, de tal manera que una substituyó a la otra en los niveles de 0, 25, 50, 75 y 100%, dando como resultado las dietas cuya composición aparece en el Cuadro No. 6. Las dietas se hicieron por duplicado y uno de ellos fue suplementado con 0.2% de DL-metionina originando dos grupos de 5 dietas cada uno. Los tratamientos de cada grupo fueron comparados con una dieta comercial para un total de 12 tratamientos. Cada tratamiento fue aplicado a dos réplicas de 10 pollos de 5 semanas de edad.

b) Alimentación de los animales - El manejo y la alimentación antes y durante el período experimental fue igual al descrito para el Experimento No. 2.

c) Mediciones - Se registraron en igual forma que en el Experimento No. 2.

#### 4. Análisis químicos

En el sorgo, el frijol caupí y la harina de soya se determinó la composición química proximal por los métodos de la A.O.A.C. (1) y el contenido de aminoácidos por medio de un autoanalizador Technicon. En las dietas se determinó la composición química proximal (1).

#### 5. Análisis estadísticos

Se utilizó el análisis de varianza y la prueba múltiple de Duncan (12, 50) para establecer las diferencias entre tratamientos.

## V. RESULTADOS Y DISCUSION

### A. Composición Química

La composición química proximal del sorgo, el frijol caupí y la harina de soya empleados en los tres experimentos de este estudio, que se presenta en el Cuadro No. 7, fue similar a la informada por otros autores (4, 6, 13, 22).

El contenido de aminoácidos de los mismos alimentos aparece en el Cuadro No. 8, notándose que los niveles de metionina fueron de 0.24, 0.29 y 0.34 g/16gN para sorgo, harina de soya y caupí, respectivamente, los que son mucho más bajos que los considerados como normales (22). Esta diferencia puede ser debido a que en este estudio se utilizó un método químico para la determinación de dicho aminoácido, mientras que los otros valores fueron obtenidos empleando un método microbiológico (51). Esta discrepancia debe ser estudiada y resuelta en futuros estudios, en vista de la importancia de la metionina con respecto al valor nutritivo de los materiales aquí empleados.

### B. Experimento No. 1 - Índice de Eficiencia Proteica

En el Cuadro No. 9 se presentan los resultados de la determinación del IEP de las combinaciones complementarias de las proteínas del sorgo y del frijol caupí. El aumento de peso y el consumo de alimento fueron un

tanto más altos con el frijol caupí que con el sorgo por sí solos. Al aumentar la proporción de proteína del caupí se incrementó el peso ganado, el consumo de alimento y el IEP, alcanzando sus máximos valores cuando la proteína de cada alimento suministró el 50% del total, para luego decaer con los niveles más altos de proteína del caupí. En la Figura No. 1 se aprecia la tendencia que siguió el IEP, aunque debe señalarse que estadísticamente no existieron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre los IEP cuando ambas proteínas se encontraban presentes en las seis combinaciones estudiadas. Estos resultados son similares a los obtenidos por Bressani y col. (7) con mezclas de proteínas provenientes de frijol común cocido y maíz, pero con las siguientes diferencias:

1. El IEP del frijol caupí crudo fue más alto que el del frijol común cocido cuando ambos constituyeron la única fuente de proteína.
2. En el estudio de Bressani y col. (7) el IEP del frijol común cocido fue inferior al del maíz; en cambio, en este experimento, el IEP del frijol caupí crudo fue superior al del sorgo. Esto significa también que el valor nutritivo del frijol caupí crudo es mejor que el del frijol cocido, lo que está de acuerdo a lo encontrado por Elías y col. (13, 15).
3. El IEP de la proporción 50/50 de proteínas del maíz y frijol común cocido fue de 2.0, en el estudio de Bressani y col. (7) o sea superior al de las proteínas de sorgo y caupí crudo combinados en la misma proporción, que fue de 1.55 (Cuadro No. 9).

La explicación del mejoramiento del IEP al combinar las proteínas

de cereales y frijoles, tanto en el caso del maíz y frijol común como en el de sorgo y frijol caupí, es que existe una complementación de los patrones de aminoácidos de ambos tipos de alimentos. Se corrigen así al menos parcialmente, las deficiencias de lisina y triptofano en los cereales y la de aminoácidos azufrados en las leguminosas.

Al comparar los resultados de este experimento con los de Bressani y col. (7) se observa también que los IEP obtenidos con el sorgo y el maíz fueron iguales entre sí, confirmando los resultados de Harden y col. (17) en el sentido de que ambas proteínas tienen igual valor nutritivo. Por otra parte, el IEP obtenido en este experimento con la combinación 20/80 de proteínas de sorgo y caupí crudo (1.27) fue comparable al encontrado por Da Silva (10) con similar proporción de proteínas de maíz y caupí crudo (1.1), lo que indica que ambos cereales complementan en la misma forma al frijol caupí.

Los resultados obtenidos con las mezclas de sorgo y soya (Cuadro No. 10) fueron similares a los de sorgo y caupí en lo que respecta a las proporciones de proteína 80/20 y 70/30. Al aumentar las proporciones de proteína de soya desde 40 a 80%, aumentaron también la velocidad de crecimiento y el alimento consumido, resultando valores más altos ( $P < 0.05$ ) de IEP. Así también el crecimiento de las ratas alimentadas solo con soya fue superior al de las alimentadas solo con caupí. Las diferencias en IEP de las mezclas sorgo/soya y sorgo/caupí se pueden apreciar en la Figura No. 1.

Los mejores resultados obtenidos con la harina de soya pueden ser atribuidos a una mayor disponibilidad de la proteína (23) posiblemente a un menor contenido de substancias tóxicas (30). Debe tomarse en cuenta también, que las cantidades necesarias de caupí para alcanzar los niveles de proteína requeridos en las mezclas, fueron mayores que las de harina de soya debido a su menor contenido de proteína. Esto significa que otros factores además de la proteína, podrían haber incidido en los resultados obtenidos con las mezclas que contenían las proporciones más altas de frijol caupí crudo.

C. Experimento No. 2 - Substitución de la Harina de Soya por Frijol Caupí Crudo en Dietas para Pollos de Cinco a Diez Semanas de Edad

Los resultados del Experimento No. 1 muestran que las proteínas del sorgo y del frijol caupí son utilizadas más eficientemente cuando se encuentran en la proporción 50/50, sin que ésta sea significativamente mejor que las proporciones 60/40, 40/60 y 20/80. Las mezclas sorgo/caupí correspondientes a las tres primeras combinaciones mencionadas contenían entre 12 y 16% de proteína, niveles que son muy bajos para cubrir los requerimientos de pollos de 5 a 10 semanas de edad (38). En cambio la mezcla sorgo/caupí 42.5/57.5, que corresponde a la combinación proteica 20/80, contenía 18.6% de proteína, que es suficiente para llenar los requerimientos de los pollos de dicha edad. En vista de esto y a que el estudio perseguía alcanzar la máxima substitución de soya por caupí, se decidió emplear en las dietas de este experimento la mezcla 42.5/57.5, aun cuando la calidad de la proteína

que proporciona no es la óptima que se puede obtener mediante la combinación de ambos materiales.

Para mantener un nivel constante de proteína en las dietas, se utilizó la mezcla sorgo/soya 75/25 en la que las proteínas se encuentran en la proporción 35/65 y cuyo contenido total de proteína es 18.6%. De acuerdo a los resultados del Experimento No. 1, la calidad de esta proteína se encuentra dentro de la mejor que se puede obtener mediante la combinación de sorgo y soya.

La composición porcentual de las dietas se presenta en el Cuadro No. 5, observándose que el porcentaje de caupí crudo aumentó hasta un nivel de 55.1% en la dieta No. 6, substituyendo gradualmente a la harina de soya y al sorgo. Para calcular la energía metabolizable (EM) que aparece en el mismo Cuadro se utilizaron los siguientes valores: 3,250 Kcal/Kg para el sorgo (47); 2,240 Kcal/Kg para la harina de soya (47) y 2,490 Kcal/Kg para el caupí crudo (35). De acuerdo a este cálculo, la EM de la dieta 1 fue de 2,880 Kcal/Kg, concentración que constituye el mínimo que se recomienda para pollos de engorde de más de seis semanas de edad (38). A medida que el caupí substituyó a la soya y al sorgo la EM de las dietas disminuyó hasta una concentración de 2,704 Kcal/Kg.

De acuerdo a Maust y col. (35) y Oluyemi y col. (40) la EM del caupí aumenta a 3,300 Kcal/Kg cuando es sometido a cocción en autoclave, lo

que significa que el caupí así procesado tiene una EM equivalente a la del sorgo. Esto permitiría substituir a la soya como fuente de proteína sin que disminuyera la EM total de la dieta. Es posible que el mejoramiento del valor alimenticio del frijol caupí cocido por autoclave (2, 33, 34) o estrujado (10), se deba en parte a un incremento en la eficiencia de utilización de su energía.

En el Cuadro No. 11 se detalla la composición química proximal de las 12 dietas experimentales. En las dietas en harina (H) el extracto etéreo y la proteína disminuyeron al aumentar el porcentaje de caupí, mientras que el extracto libre de nitrógeno fue más alto en las dietas con 44.1 y 55.1% de caupí. En general, las dietas peletizadas y molidas (PM) presentan niveles más bajos de proteína y niveles más altos de extracto libre de nitrógeno que H. El contenido de proteína de las dietas se encuentra dentro del mínimo requerido para el engorde de pollos de más de 6 semanas con dietas cuyo contenido de EM también es el mínimo, como sucede con la dieta control (47).

Los aumentos de peso, el consumo de alimento y la conversión alimenticia de los pollos alimentados con las 12 dietas fue calculada hasta las 8 y 10 semanas de edad. El cálculo a las 8 semanas se hizo para poder comparar los resultados con los esperados en el engorde comercial de pollos que normalmente finaliza a esta edad (47). A las 8 semanas, tanto en H como en M, la dieta que contenía 11% de frijol caupí produjo iguales aumentos

de peso que la dieta control. Sobre este nivel, los incrementos de peso disminuyeron a medida que el caupí substituyó a la soya y el sorgo, siendo esta disminución significativa ( $P < 0.05$ ) desde el nivel de 33% de cauí. El grupo de dietas PM produjo en general menores aumentos de peso que el grupo H.

A las 10 semanas la tendencia fue similar que a las 8 semanas, con la diferencia que el caupí produjo disminuciones incluso al nivel del 11% y que con H los menores aumentos de peso fueron significativos ( $P < 0.05$ ) hasta cuando el caupí constituyó el 44.1% de la dieta.

La correlación negativa existente entre el porcentaje de frijol caupí en la dieta y los aumentos de peso a las 10 semanas de edad de los pollos se presenta en la Figura No. 2, siendo altamente significativa ( $r = -0.89$ ;  $P < 0.01$ ), tanto con H como con PM.

En lo que respecta a consumo de alimento (Cuadro No. 13), se notan diferencias importantes entre H y PM. Con H el consumo de alimento tiende a aumentar al subir el porcentaje de caupí en la dieta, siendo la tendencia más definida a las 10 semanas, cuando se observaron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre las dietas 1 y 2 y las dietas 3, 4 y 5 y entre éstas y la 6. Este efecto puede ser atribuido a la menor densidad calórica y calidad de proteína inducidas al incluir mayores proporciones de caupí en las dietas, lo que originó que las aves trataran de llenar sus requerimientos

de energía y aminoácidos aumentando el consumo de alimento (47).

Con PM sucedió lo opuesto que con H pues el consumo disminuyó al aumentar el caupí en las dietas. Este efecto no puede atribuirse a cambios en el valor nutritivo de las dietas sino al cambio físico que sufrieron al ser peletizadas y luego molidas. Esto originó una harina de textura muy fina que dificultó la ingestión de alimento por los pollos; este efecto fue más negativo en presencia de cantidades más altas de caupí, lo que indica una particularidad no definida de esta leguminosa que debe ser estudiada en el futuro.

Los efectos del caupí en la conversión alimenticia a las 8 y 10 semanas siguen con H la misma tendencia de los aumentos de peso (Cuadro No. 14). Con PM las conversiones alimenticias fueron iguales con las dietas 1 a 4 como resultado del menor consumo de las mismas, lo cual no fue suficiente para evitar que la conversión fuera menos eficiente ( $P < 0.05$ ) con los dos niveles más altos de caupí.

Para evaluar en mejor forma los efectos del caupí sobre el crecimiento de los pollos, se presentan en el Cuadro No. 15 los aumentos de peso semanal y en la Figura No. 3, los pesos acumulativos de los pollos obtenidos con H. Puede observarse que el efecto negativo del caupí se produjo principalmente en la primera semana que fueron suministradas. A partir de la séptima semana los pollos que recibieron hasta 33% de caupí crecieron con

la misma rapidez que los de la dieta con harina de soya, aunque el crecimiento de los dos grupos con 44.1 y 55.1% de caupí fue un tanto más lenta. La correlación entre los incrementos de peso en la séptima semana y los de las últimas 4 semanas del ensayo fue altamente significativa ( $r = 0.914$ ;  $P < 0.01$ ) tal como puede apreciarse en la Figura No. 4, lo que demuestra el similar aprovechamiento del frijol caupí después de la primera semana de alimentación.

El crecimiento más acelerado de los pollos a partir de la séptima semana se produjo como resultado de un incremento en el consumo de alimento, el cual fue mayor a medida que aumentó el caupí en la dieta (Cuadro No. 16). La eficiencia de conversión también mejoró notablemente a partir de la séptima semana de edad de los pollos (Cuadro No. 17).

Con PM el rendimiento general de los pollos también se notó un mejoramiento después de la primera semana de alimentación con las dietas que contenían caupí (Cuadros Nos. 15, 16 y 17), aunque el crecimiento fue más lento que con H debido a los menores consumos de alimento, tal como se mencionó anteriormente.

Todo lo anterior indica que existió un proceso de adaptación de las aves al consumo y utilización del caupí, el cual afectó notablemente su rendimiento durante la primera semana que consumieron esta leguminosa. Las causas de este fenómeno son desconocidas pero ameritan estudio por la

importancia práctica de sus efectos.

Cabe mencionar que no hubo mortalidad entre los animales que recibieron las dietas con caupí, no obstante el proceso de adaptación que sufrieron durante la primera semana del ensayo.

D. Experimento No. 3 - Suplementación con DL-metionina de Dietas para Pollos de Cinco a Diez Semanas de Edad Elaboradas a Base de Frijol Caupí y Sorgo

La composición porcentual y contenido de proteína y energía metabolizable de las dietas empleadas en este experimento fue similar al de las dietas del Experimento No. 2 (Cuadro No. 6), notándose solamente un incremento en el porcentaje de proteína cruda de la dieta 1 desde 19.8% en el segundo experimento a 21.1% en el tercero. La dieta comercial que se incluyó como control contenía 20.6% de proteína y aproximadamente 3.100 Kcal de EM/kg.

En el Cuadro No. 18 se presenta un cálculo del contenido de aminoácidos azufrados, lisina y triptofano de las cinco dietas experimentales no suplementadas con metionina, y su adecuación en estos nutrientes con respecto a las recomendaciones del NRC (38) para la alimentación de pollos de engorde de más de seis semanas de edad. La adecuación de los aminoácidos azufrados disminuyó de 71.8 a 64.8%, las de lisina y triptofano aumentaron de 95.6 a 108.9% y de 78.9 a 89.0, respectivamente, al aumentar el porcentaje de caupí en las dietas. Por esto se decidió suplementar un grupo de dietas con 0.2% de metionina, lo que mejoró la adecuación a niveles de 99, 97, 96, 93 y 92% para aquéllas con 0, 13.8, 27.6, 41.3 y 55.1 de caupí, respectivamente.

Las tendencias de los efectos del frijol caupí sobre el rendimiento de los pollos alimentados con las dietas no suplementadas con metionina fueron similares a las observadas en el Experimento No. 2 (Cuadros Nos. 19, 22 y 23). La única diferencia importante fue que en este experimento la dieta que contenía 55.1% de caupí fue consumida en menor cantidad que el resto, sin que en este caso el mayor nivel de caupí en la dieta indujera el consumo más alto de alimento (Cuadro No. 21).

El efecto de la suplementación de las dietas con metionina sobre el aumento de peso de los pollos se presenta en el Cuadro No. 19 y en la Figura No. 5. Los análisis estadísticos que aparecen en los Cuadros Nos. 20 y 21 muestran que la suplementación con metionina indujo aumentos de peso superiores a los de las dietas no suplementadas ( $P < 0.01$ ), lo que coincide con los resultados obtenidos con ratas por Richardson (45), Jaffé (25), Borchers y Ackerson (2), Sherwood y col. (48) y Maner y Pond (33).

Las dietas con 0, 13.8, 27.6 y 41.3% de caupí produjeron aumentos de peso muy similares (Cuadro No. 19) sobresaliendo la de 27.6% de caupí que indujo el crecimiento más rápido de las dietas experimentales, sin ser estadísticamente diferente ( $P < 0.05$ ) de las otras tres dietas mencionadas, pero sí de la que contenía 55.1% de caupí. No obstante que ésta produjo aumentos de peso que fueron estadísticamente iguales a las otras dietas, exceptuando la de 27.6% de caupí, su efecto adverso sobre el crecimiento de los pollos es notable y de importancia práctica. Este efecto podría ser

debido en parte, a su menor adecuación en aminoácidos azufrados y a la menor disponibilidad de los aminoácidos del caupí en relación a los de la harina de soya (15, 22). Por consiguiente, es posible que sea necesario suplementar con una cantidad más alta de metionina aquellas dietas que contengan más de 50% de frijol caupí. Tampoco debe excluirse la necesidad de suplementar estas dietas con triptofano para mejorar su valor nutritivo.

La dieta comercial produjo aumentos de peso mayores pero no diferentes estadísticamente a las dietas con 0 a 41.3% de caupí. Sin embargo, también en este caso la diferencia entre estas dietas tiene importancia económica por lo que habría que superarla al formular dietas prácticas. Esto posiblemente se lograría incrementando la densidad calórica de la dieta, pues la comercial contenía entre 10 y 17% más EM que las dietas experimentales.

Las dietas con frijol caupí suplementadas con metionina, produjeron un crecimiento tan rápido como la que contenía soya exclusivamente a costa de un incremento en consumo de alimento y una disminución en conversión alimenticia, como se puede notar en los Cuadros Nos. 22 y 23. La explicación de este fenómeno es la misma que se dió en la discusión de los resultados del Experimento No. 2, siendo por esto recomendable establecer en futuras investigaciones el tipo y la cantidad de suplementación de energía y aminoácidos necesarios para llevar la conversión alimenticia de dietas con frijol caupí a niveles comparables a los obtenidos con la dieta comercial.

En la Figura No. 6 se presentan los pesos de los pollos durante cada semana del experimento, notándose que la suplementación con metionina corrigió la disminución en peso que produjo el frijol durante la primera semana del Experimento No. 2 (Figura No. 3) a los niveles de 13.8, 27.6 y 41.3%. Tal efecto adverso todavía se observó con la dieta con mayor porcentaje de caupí (55.1%), el cual estuvo relacionado a un menor consumo de alimento y a una conversión alimenticia inferior en la primera semana de este experimento (sexta semana de edad de los pollos), como puede apreciarse en los Cuadros Nos. 24 y 25.

En base a los resultados obtenidos en este experimento se formuló una dieta que podría ser utilizada comercialmente y que contiene 40.3% de frijol caupí crudo, la cual se presenta en el Cuadro No. 26 junto con la dieta de sorgo y soya que se empleó en los Experimentos Nos. 2 y 3. La EM de la dieta en caupí se aumentó a 2,900 Kcal/Kg mediante la inclusión de grasa animal. En base a los precios actuales en el mercado, se calculó el costo por 100 lb de la dieta de sorgo y soya y luego el costo máximo del caupí para substituir ambos ingredientes, sin alterar el costo de la dieta total. De acuerdo a este cálculo, las 40.3 lbs de caupí no deben tener un costo superior a Q 4.25, lo que significa que el precio de un quintal (100 lbs) de caupí crudo y molido debe ser de Q 10.55 para que pueda competir como fuente de proteína y de energía con la harina de soya y el sorgo.

## VI. CONCLUSIONES

En base a los resultados de los tres experimentos llevados a cabo en este estudio y a la información existente en la literatura, se puede llegar a las siguientes conclusiones:

1. La proteína del sorgo es de igual calidad que la proteína del maíz, pero éste posee un mayor contenido de EM, lo que debe ser tomado en cuenta al substituir un cereal por otro en dietas para aves.
2. Las proteínas del sorgo y el frijol caupí se complementan en forma similar a como lo hacen las proteínas de otros cereales y leguminosas.
3. La utilización de la proteína del frijol caupí crudo es menos eficiente que la de harina de soya cuando ambos materiales suministran igual cantidad de proteína en la dieta. En los ensayos de IEP, la mayor eficiencia de utilización de la proteína de la soya se manifiesta cuando ambas proteínas suplen más del 30% de la proteína de la dieta en substitución de la proteína del sorgo. La principal causa aparente de esta diferencia es la menor disponibilidad de la proteína del frijol caupí. Sin embargo, este factor se confunde con otros que podrían limitar la utilización del caupí en general, debido a que para alcanzar los mismos niveles de proteína en las dietas requieren mayores cantidades de caupí, dado que éste contiene

solo 55% de proteína en relación a la soya.

4. Debido a la diferencia en contenido de proteína entre la harina de soya y el frijol caupí, para substituir harina de soya por frijol caupí en dietas para pollos es necesario también substituir parte del cereal, lo que resulta en una disminución en la densidad calórica de la dieta, debido a que el caupí crudo tiene menos EM que el sorgo. Para tratar de compensar esta disminución en EM y, posiblemente también, una disminución en disponibilidad de aminoácidos, los pollos consumen más alimento. En dietas no suplementadas con metionina este incremento en ingesta no es suficiente para llenar los requerimientos necesarios para un crecimiento igual al producido por la dieta de sorgo y soya, por lo que la conversión alimenticia disminuye. Cuando se suplementa con 0.2% de DL-metionina, el consumo de las dietas que contienen hasta 41.3% de caupí crudo aumenta lo suficiente para producir el mismo crecimiento que con la dieta de sorgo y soya; sin embargo, la conversión alimenticia siempre disminuye al aumentar el caupí en la dieta.

5. El frijol caupí crudo puede incorporarse hasta un nivel de 40% en dietas comerciales para pollos de engorde de más de cinco semanas de edad en substitución de 75% de la harina de soya y de 34% de sorgo, siempre y cuando se cumplan tres requisitos: a) que la dieta sea suplementada con 0.2% de DL-metionina; b) que la densidad calórica de la dieta se aumente a un mínimo de 2,900 Kcal/kg, lo cual se puede lograr mediante el uso de grasa animal, y c) que el costo del caupí no sea mayor de Q 10.55, para que pueda competir con la harina de soya y el sorgo como fuente de

proteína y energía bajo los precios actuales del mercado.

6. Deben realizarse esfuerzos para mejorar la digestibilidad de la proteína y el contenido de EM del caupí mediante procesos como el pelletizado o la extrusión. El mejoramiento que se logre debe evaluarse no sólo en términos biológicos, sino también económicos, para poder establecer las posibilidades de empleo del frijol caupí en dietas para pollos bajo diferentes condiciones de explotación.

7. Las posibilidades de emplear el frijol caupí en dietas para pollos, dependerá de su disponibilidad en el mercado en cantidades suficientes para que pueda ser utilizado en concentrados comerciales a un precio competitivo con el de la soya y el sorgo. El precio de la soya importada es muy variable y puede aumentar a niveles prohibitivos, por lo que es importante incrementar las investigaciones dirigidas a desarrollar el potencial nutritivo de fuentes alimenticias locales, como el caupí, que puedan substituirla sin alterar la productividad avícola.

8. El frijol caupí tiene también un gran potencial como alimento para humanos, lo que pudiera limitar su uso en alimentación animal. Sin embargo, su empleo en esta forma puede contribuir a estimular una demanda, y por consiguiente, su producción por los agricultores. Por otra parte, esta sería una forma adecuada para la utilización de excedentes y de granos endurecidos no aceptados por la población humana, situaciones que ocurren con frecuencia en nuestros países, cuando la oferta supera la demanda de productos alimenticios en general y de leguminosas de grano, en particular.

## VII. RESUMEN

El objetivo general del presente estudio fue determinar el valor nutritivo del frijol caupí crudo como substituto de harina de soya y en combinación con el grano de sorgo en dietas para pollos de engorde de más de cinco semanas de edad.

Se utilizó frijol caupí de la variedad CENTA 105 cáscara negra y con un contenido de 25.3% de proteína, sorgo de la variedad "Guatecau" que contiene 8.8% de proteína y un bajo nivel de taninos (0.51%) y harina de torta de soya comercial con 46.9% de proteína.

El estudio consistió en tres experimentos. El primero se realizó con el fin de establecer las combinaciones óptimas de las proteínas del caupí y de la harina de soya con la del grano de sorgo, que produzcan la máxima eficiencia de utilización de la proteína (IEP) por ratas en crecimiento. Los tratamientos fueron 18, cada uno de los cuales fue aplicado a 6 ratas, 3 machos y 3 hembras, de 21 días de edad durante un período de 4 semanas. Los 8 primeros tratamientos consistieron en dietas que contenían las proporciones siguientes de proteína de sorgo y soya: 100/0, 80/20, 70/30, 60/40, 50/50, 40/60, 20/80 y 0/100. En otros 8 tratamientos, la proteína del caupí substituyó a la de soya en las mismas proporciones relativas a la proteína del sorgo. A cada grupo de tratamientos se agregó una dieta control a base de caseína.

Las combinaciones de proteínas de sorgo y soya que produjeron los IEP más altos ( $P < 0.05$ ) fueron las que se encontraban en las proporciones 60/40, 50/50, 40/60 y 20/80 (1.75 a 1.81), sin que existiera diferencia significativa entre estos tratamientos. Al substituir la proteína de soya por la de caupí, la proporción 50/50 produjo el IEP más alto (1.53) aunque éste no fue diferente estadísticamente a los producidos por los demás tratamientos, exceptuando los que contenían exclusivamente sorgo o caupí, cuyos IEP fueron de 0.97 y 1.13, respectivamente. Los IEP de las combinaciones sorgo/caupí fueron inferiores a las de sorgo/soya, con excepción de las combinaciones 20/80 y 30/70 que produjeron similares IEP en ambos casos. Todos los IEP medidos con soya o caupí fueron inferiores a los obtenidos con la dieta testigo.

El Experimento No. 2 se llevó a cabo para determinar el valor nutritivo del frijol caupí crudo en relación al de la harina de soya y establecer los efectos de la peletización y molienda de la dieta, cuando ambas fuentes de proteína son empleadas en combinación con sorgo en dietas para pollos de 5 a 10 semanas de edad. El estudio se realizó con 24 lotes de 10 pollos cada uno. Cada lote fue alojado en piso, y el agua y el alimento fueron proporcionados a libertad. Para los tratamientos se utilizaron mezclas de sorgo/soya y sorgo/caupí cuya calidad proteínica fue determinada en el Experimento No. 1. Para sorgo/soya se empleó la mezcla 75/25, donde las proteínas estaban en las proporciones 35/65 y cuyo contenido total de proteína

cruda fue de 18.6%. Para sorgo/caupí se empleó la mezcla 42/58, donde las respectivas proteínas se encontraban en la proporción 20/80 y que también contenía 18.6% de proteína.

El diseño empleado fue de bloques al azar con arreglo factorial 6 x 2 (6 diferentes proporciones de las mezclas y dos métodos de procesamiento). Las mezclas fueron combinadas de tal manera que una substituyó gradualmente a la otra en 0, 20, 40, 60, 80 y 100%, proporcionando a las dietas entre 18.0 y 19.8% de proteína. Los niveles de caupí en las dietas variaron entre 0 y 55.1% al aumentar la mezcla sorgo/caupí en las mismas. Para tratar de mantener las dietas isoproteínicas, el caupí substituyó entre 0 y 100% de soya y entre 0 y 43.3% de sorgo, lo que produjo una disminución de la energía metabolizable de las dietas desde 2880 a 2704 Kcal/Kg cuando el caupí aumentó de 0 a 51.1%. Un grupo de dietas se proporcionó en forma de harina (H) y otro grupo fue peletizado y posteriormente molido (PM), lo que hizo un total de 12 dietas.

Tanto a las 8 como a las 10 semanas de edad de los pollos, el incremento de peso disminuyó, el consumo de alimento aumentó y la conversión alimenticia fue menos eficiente, a medida que aumentó el porcentaje de caupí en las dietas PM. La disminución en ganancias de peso con respecto a la dieta sorgo/soya fue significativa ( $P < 0.05$ ) hasta cuando el caupí constituyó el 33% y el 44.1% de la dieta a las 8 y 10 semanas, respectivamente. Sin embargo, la correlación negativa entre ganancia de peso y porcentaje

de frijol caupí en la dieta a las 10 semanas fue altamente significativa ( $r = -0.89$ ,  $P < 0.01$ ). Con las dietas PM los aumentos de peso siguieron la misma tendencia pero el consumo de alimento disminuyó al aumentar el caupí, mejorando levemente la conversión alimenticia con respecto a las dietas H en los tres niveles más altos de caupí. La disminución en consumo fue atribuida a la textura muy fina de la dieta que obstaculizó la ingestión de alimento por los pollos. En general, las dietas PM produjeron menores ( $P < 0.05$ ) ganancias de peso ( $\bar{x} = 1,150.8$  g) que las dietas H ( $\bar{x} = 1,207.3$  g).

El efecto adverso del frijol caupí sobre el rendimiento de los pollos se manifestó principalmente en la primera semana de alimentación, en la que el consumo de alimento y la conversión alimenticia fueron extremadamente bajos especialmente con las dietas con los niveles más altos de caupí. Después de la primera semana la respuesta de estos pollos mejoró notablemente, a tal grado que la tasa de crecimiento de los que recibieron hasta 33% de caupí fue igual a los de la dieta sorgo/soya.

Con el objetivo de conocer el efecto de la suplementación con DL-metionina de dietas en harina que contienen frijol caupí crudo, se efectuó el Experimento No. 3 con 22 grupos de 10 pollos de 5 semanas de edad. Estos fueron manejados y alimentados en igual forma que en el Experimento No. 2.

El diseño empleado fue de bloques al azar con arreglo factorial  $5 \times 2 + 2$ , que consistió en 5 dietas experimentales, dos niveles de suplementación con DL-metionina (0 y 0.2%) y dos grupos control que recibieron una dieta comercial de finalización, dando un total de 12 tratamientos. Las mismas mezclas sorgo/soya y sorgo/caupí utilizadas en el Experimento No. 2 fueron combinadas en las proporciones de 100/0, 75/25, 50/50, 27/75 y 0/100, de tal forma que las dietas contenían 0, 13.8, 27.6, 41.3 y 55.1% de frijol caupí, respectivamente, entre 18.3 y 21.1% de proteína, y entre 2,872 y 2,695 Kcal/kg de energía metabolizable.

Los resultados con las dietas no suplementadas fueron similares a los obtenidos con H en el Experimento No. 2. La suplementación de las dietas con DL-metionina aumentó en forma significativa ( $P < 0.05$ ) las ganancias de peso de los pollos tanto a las 8 como a las 10 semanas, siendo, en promedio, 16% más altas que las ganancias producidas por las no suplementadas a las 10 semanas. Los aumentos de peso producidos por las 4 dietas con frijol caupí fueron iguales estadísticamente a los de la dieta sorgo/soya, aunque la dieta con 27.6% de caupí produjo ganancias de peso más rápidas ( $P < 0.05$ ) que la dieta con 55.1%. El consumo de alimento aumentó con los incrementos de caupí en las dietas suplementadas con DL-metionina pero estas fueron utilizadas más eficientemente que las no suplementadas.

El efecto adverso del frijol caupí en la primera semana de alimentación observado en el Experimento No. 2 fue prácticamente eliminado al

suplementar con DL-metionina. La dieta comercial produjo aumentos de peso mayores pero no diferentes estadísticamente ( $P < 0.05$ ) a los de las dietas con 0 a 41.3% de caupí. La conversión alimenticia con la dieta comercial fue mejor que con las demás dietas, como resultado de su mayor densidad calórica (3,100 Kcal/kg).

En base a los resultados del estudio se concluyó que el frijol caupí puede incorporarse a un nivel hasta de 40% de dietas comerciales para pollos de engorde de más de 5 semanas de edad, en substitución de 75% de la harina de soya y de 34% del sorgo, siempre y cuando se cumplan tres requisitos: a) que la dieta sea suplementada con 0.2% de DL-metionina, b) que la densidad calórica de la dieta se aumente a un mínimo de 2,900 Kcal/kg, lo cual se puede lograr mediante el uso de grasa animal, y c) que el costo del caupí no sea mayor de Q10.55, para que pueda competir con la harina de soya y el sorgo como fuente de proteína y energía bajo los precios actuales del mercado.

## BIBLIOGRAFIA

1. Association of Official Agricultural Chemists. Washington, D.C. Official methods of the analysis of the A. O. A. C. 12th ed. Washington, D. C., 1975.
2. Borchers, R. y C. W. Ackerson. "The nutritive value of legume seeds. X. Effect of autoclaving and the trypsin inhibitor test for 17 species". J. Nutr., 41:339-345. 1950.
3. Braham, J. E.; L. G. Elías, R. Jarquín y R. Bressani. "Uso del frijol de costa (Vigna sinensis) como fuente de proteína en dietas para pollos de carne". Subproyecto C. [del] Programa de Alimentos Básicos [del INCAP] En: Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá. Informe anual, lo. de Enero-31 de Diciembre de 1974. Guatemala. 1975. pp. 24-25. INCAP, documento INCAP 26/2).
4. Bressani, R.; L. G. Elías y Delia Navarrete. "Nutritive value of Central American beans. IV. The essential amino acid content of samples of black beans, red beans, rice beans and cowpeas of Guatemala". J. Food Sci., 26:525-528. 1961.
5. \_\_\_\_\_; A. Aguirre, L. G. Elías, R. Arroyave, R. Jarquín y N. S. Scrimshaw. "All-vegetable mixtures for human feeding. IV. Biological testing of INCAP vegetable mixture nine in chicks". J. Nutr., 74:209-216. 1961.
6. \_\_\_\_\_ y Berta J. Ríos. "The chemical and essential amino acid composition of twenty-five selections of grain sorghum". Cereal Chem., 39:50-58. 1962.
7. \_\_\_\_\_; Ana T. Valiente y C. E. Tejada. "All-vegetable protein mixtures for human feeding. VI. The value of combinations of lime-treated corn and cooking black beans". J. Food Sci., 27:394-400. 1962.
8. \_\_\_\_\_, L. G. Elías y Ana T. Valiente. "Effect of cooking and amino acid supplementation on the nutritive value of black beans (Phaseolus vulgaris L.)". Brit. J. Nutr., 17: 69-78. 1963.

9. Conde, A.; L. G. Elfas, A. M. Plant y R. Bressani. "Valor nutritivo de 57 variedades de sorgo o maicillo (Sorghum vulgare)". Proyecto 9. /del/ Programa de Alimentos Básicos /del INCAP/ En: Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá. Informe anual, lo. de Enero-31 de Diciembre de 1974. Guatemala. 1975. pp. 26-27. (INCAP, documento INCAP 26/2).
10. Da Silva, W. J. Uso de frijol caupí (Vigna sinensis) y harina de yuca como fuente proteico-energético en la alimentación humana y animal. Tesis (Magister Scientifical)-Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, INCAP/CESNA. Guatemala, 1976. 30 p.
11. Deschamps, I. "Peas and beans". En: Altschul, A.M. ed Processed plant protein foodstuffs. New York, Academic Press, 1958. 717-737.
12. Duncan, D. B. "Multiple range and multiple test". Biometrics, 2:1-42. 1956.
13. Elfas, L. G.; R. Colindres y R. Bressani. "The nutritive value of eight varieties of cowpea (Vigna sinensis)". J. Food Sci., 29:118-122. 1964.
14. \_\_\_\_\_ y R. Bressani. "Nutritional factors affecting the consumption of leguminous seeds". Arch. Latinoam. Nutr., 24:365-378. 1974.
15. \_\_\_\_\_; M. Hernández y R. Bressani. "The nutritive value of precooked legume flours processed by different methods". Nutr. Rep. Int., 14:385-403. 1976.
16. Finks, A. J.; D. B. Jones y C. O. Johns. "The role of cystine in the dietary properties of the proteins of the cow-pea, Vigna sinensis and of the field pea, Pisum sativum". J. Biol. Chem., 52:403-410. 1922.
17. Harden, M. L.; R. Stanaland, M. Brilly y S. P. Yang. "The nutritional quality of proteins in sorghum". J. Food Sci., 41:1082-1085. 1976.
18. Harms, R. H.; B. D. Raskoff, H. J. Hockreich, H. I. Kidd y C. R. Douglas. "Milo as a feed ingredient for broilers". Poultry Sci., 37:359-363. 1958.

19. Hegsted, M. D.; R. C. Mills, C. A. Elvehjem y B. C. Hart. "Coline in nutrition of chicks". J. Biol. Chem., 138: 459-465. 1941.
20. Heitman, H. Jr. y J. A. Howarth. "Black eyed peas as a swine feed". J. Anim. Sci., 19:164-166. 1960.
21. Hill, F. W.; D. L. Anderson, Ruth Renner y L. B. Carew Jr. "Studies of the metabolizable energy of grain and grain products for chickens". Poultry Sci., 39:573-579. 1960.
22. Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP), División de Química Agrícola. Tabla de composición de pastos, forrajes y otros alimentos de Centro América y Panamá. Guatemala, 1968. pp. 4, 29 y 106. (INCAP, E-440).
23. Ivy, C. A.; D. B. Bragg y E. L. Stephenson. "The availability of amino acids from soybean meal for growing chicks". Poultry Sci., 50:408-410. 1971.
24. Jaffe, G. W. "Limiting essential amino acids of some legume seeds". Proc. Soc. Exp. Biol. Med., 71:398-399. 1949.
25. \_\_\_\_\_. "Protein digestibility and trypsin inhibitor activity of legume seeds". Proc. Soc. Exp. Biol. Med., 75: 219-220. 1950.
26. \_\_\_\_\_. "Las semillas de leguminosas como fuentes de proteínas en América Latina". En: Conferencia sobre Recursos Proteínicos en América Latina. Guatemala, 24-27 de Febrero de 1970. Memorias de una conferencia... Editores: M. Béhar y R. Bressani. Guatemala, Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá; 1971 pp. 228-241. (INCAP, L-1).
27. \_\_\_\_\_. "Toxic factors in beans, their practical importance". En: Nutritional aspects of common beans and other legume seeds as animal and human foods. Reunión celebrada en Ribeirão Preto, S. P. Brasil, del 6-9 de Noviembre de 1973. Editor: Warner G. Jaffé. Caracas, Venezuela. Arch. Latinoam. Nutr. 1973 pp. 199-209.
28. \_\_\_\_\_. "Factores tóxicos en leguminosas". Arch. Latinoam. Nutr., 27:85-96. 1977.

29. Kemmerer, A. R. y B. W. Heywang. "A comparison of various varieties of sorghum as substitute for corn in practical chick diets". Poultry Sci., 44:260-264. 1965.
30. Liener, I. E. "Legume toxins in relation to protein digestibility-a review". J. Food Sci., 41:1076-1081. 1976.
31. Lyman, C. M.; K. A. Kueken y F. Hale. "Essential amino acid content of farm feeds". J. Agr. Food Chem., 4:1008-1013. 1956.
32. Manna, L. y S. M. Hauge. "A possible relationship of vitamin B<sub>13</sub> to orotic acid". J. Biol. Chem., 202:91-96. 1973.
33. Maner, J. H. y W. G. Pond. "Effect of processing and methionine supplementation on utilization of black-eyed peas (Vigna sinensis) by rats". Abstract of paper presented at the 63rd Annual Meeting of the American Society of Animal Science. J. Anim. Sci., 33:233-234. 1971.
34. \_\_\_\_\_. "Investigation of plants not currently used as major protein sources". En: Alternative sources of protein for animal production. Proceedings of a Symposium. Virginia Polytechnic Institute, July 31, 1972. National Academic of Science. 1973 pp. 87-118.
35. Maust, L. E.; M. L. Scott y W. G. Pond. "The metabolizable energy of rice bran, cassava flour and blackeye cowpeas for growing chickens". Poultry Sci., 51:1397-1401. 1972.
36. May, M. A. y T. S. Nelson. "Digestible and metabolizable energy content of varieties of milo for rats". J. Anim. Sci., 36:874-876. 1973.
37. McGinnis, J. y M. Capella. "Nutritional value of different varieties of beans (Phaseolus vulgaris) and cowpeas (Vigna sinensis) for chicks and factors affecting nutritional value". En: Nutritional aspects of common beans and other legume seeds as animal and human foods. Reunión celebrada en Riobeirao Preto, S. P. Brasil, del 6-9 de Noviembre de 1973. Editor: Warner G. Jaffé. Caracas, Venezuela. Arch. Latinoam. Nutr. 1973 pp. 67-69.
38. National Research Council. Nutrient requirements of poultry. Washington, D. C. National Academy of Science-National Research Council. 1971.

39. Nelson, T. S.; E. L. Stephenson, A. Burgos, J. Floyd y J. O. York. "Effect of tannin content and dry matter digestion on energy utilization and average amino acid availability of hybrid sorghum grains". Poultry Sci., 54:1620-1623. 1975.
40. Oluyemi, J. A.; B. L. Fetuga y H. N. L. Endeley. "The metabolizable energy value of some feed ingredients for young chicks". Poultry Sci., 55:611-618. 1976.
41. Onayemi, O.; W. G. Pond y L. Krook. "Effect of processing on the nutritive value of cowpeas (Vigna sinensis) for the growing rats". Nutr. Rep. Int., 13:299-305. 1976.
42. Ozment, D. D.; K. E. Dunkelgod, L. V. Tonkinson, E. W. Gleaves, R. H. Shayer y F. F. Davis. "Comparing milo and corn in broiler diets on an equivalent nutrient intake basis". Poultry Sci., 42:472-481. 1963.
43. Plant, N. A.; V. Urrutia y A. M. Alonso. Guatecau, una variedad de maicillo para clima cálido. Guatemala, Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola, 1974. 9 p.
44. Pond, W. G.; J. C. Hillier y D. A. Benton. "The amino acid adequacy of milo (grain sorghum) for the growth of rats". J. Nutr., 65:493-502. 1958.
45. Richardson, L. R. "Southern pea and other legume seeds as a source of protein for the growth of rats". J. Nutr., 36: 451-462. 1948.
46. Rooney, L. W. y L. E. Clark. "The chemistry and processing of sorghum grain". Cereal Sci. Today, 13:259-261, 264-265, 285-286. 1968.
47. Scott, M. L.; M. C. Nesheim y R. J. Young. Nutrition of the chicken. New York, M. L. Scott & Associates, 1969. pp. 434-435.
48. Sherwood, F. W.; Virginia Weldon y W. J. Peterson. "Effect of cooking and of methionine supplementation on the growth promoting of cowpea (Vigna sinensis) protein". J. Nutr., 52: 199-208. 1954.

49. Singh, S.; H. D. Singh y K. C. Sikka. "Distribution of nutrients in the anatomical parts of common Indian pulses". Cereal Chem., 45:13-18. 1968.
50. Snedecor, G. W. y W. G. Cochran. Métodos estadísticos. (Traducido de la 5a. ed. en inglés por J. A. Reynosa). México, D. F., Compañía Editorial Continental, S. A., 1975. 703 p.
51. Steel, F. Betty; H. E. Sauberlich, M. S. Reynolds y C. A. Baumann. "Media for Leuconostoc mesenteroides P-60 and Leuconostoc citrovorum 8081". J. Biol. Chem., 177:533-544. 1949.
52. Stephenson, E. L.; J. O. York, D. B. Bragg y C. A. Ivy. "The amino acid content and availability of different strains of grain sorghum to the chick". Poultry Sci., 50:581-584. 1971.
53. Takayama, K. K.; P. Muneta y A. C. Wiese. "Lipid composition of dry beans and its correlation with cooking time". J. Agric. Food Chem., 13:269-272. 1965.
54. Vavich, M. G.; A. R. Kemmerer, B. Nimbrak y L. S. Stith. "Nutritive value of low and high protein sorghum grain for growing chickens". Poultry Sci., 38:36-40. 1959.
55. Wall, J. S. y C. W. Blessin. "Composition and structure of sorghum grains". Cereal Sci. Today., 14:264-270. 1969.

**IX. APENDICES**

CUADRO No. 1

COMPOSICION DE LA PREMEZCLA DE VITAMINAS EMPLEADA EN LAS  
DIETAS PARA DETERMINAR INDICE DE EFICIENCIA PROTEICA (IEP)\*

Componente	g/litro
Tiamina	0.600
Riboflavina	0.600
Piridoxina	0.600
Pantotenato de calcio	2.000
Niacina	1.000
Biotina	0.002
Acido fólico	0.004
Inositol	8.000
Ac. p-amino benzoico	6.000
Vitamina K (menadiona)	0.200
Vitamina B <sub>12</sub>	0.600
Colina (cloruro)	30.000

\* De acuerdo a Manna y Hauge (32).

## CUADRO No. 2

## COMPOSICION DE LA PREMEZCLA DE VITAMINAS, MINERALES Y OTROS ADITIVOS EMPLEADA EN LAS DIETAS PARA POLLOS\*

Nutriente	Cantidad por kilogramo
Vitamina A, U. I.	2,640,000
Vitamina D <sub>3</sub> , U. C.I.	88,000
Vitamina E, U. I.	1,980
Vitamina K, mg	880
Acido fólico, mg	88
Riboflavina, mg	1,760
Acido pantoténico, mg	3,300
Niacina, mg	8,800
Cloruro de colina, mg	88,000
Vitamina B <sub>12</sub> , mg	4
Metionina, mg	24,270
Terramicina, mg	3,300
Etoxiquinina, mg	9,988
Mycoban, mg	1,998
Manganeso, mg	26,968
Zinc, mg	19,976
Hierro, mg	14,982
Cobre, mg	1,597
Iodo, mg	660
Cobalto, mg	99

---

\* (Premix 100, Pfizer y Co., Inc.).

## CUADRO No. 3

## COMPOSICION DE LAS DIETAS A BASE DE SORGO Y HARINA DE SOYA USADAS PARA LA DETERMINACION DEL INDICE DE EFICIENCIA PROTEICA (IEP) EN RATAS (EXPERIMENTO No. 1)

Ingrediente (%)	D i e t a								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9*
Sorgo	90.0	71.2	63.0	53.9	45.0	36.0	18.0	0.0	--
Harina de soya	0.0	3.3	4.9	6.6	8.2	9.9	13.2	16.5	--
Caseína	--	--	--	--	--	--	--	--	9.4
Minerales**	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
Almidón	--	15.5	22.1	29.5	36.8	44.1	58.8	73.5	80.6
Aceite de bacalao	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Aceite de algodón	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
TOTAL	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Solución de vitaminas ml***	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0

\* Testigo

\*\* Ver referencia (19)

\*\*\* Ver composición en Cuadro No. 1

CUADRO No. 4

COMPOSICION DE LAS DIETAS A BASE DE SORGO Y FRIJOL CAUPÍ USADAS PARA LA DETERMINACION  
DEL INDICE DE EFICIENCIA PROTEICA (IEP) EN RATAS (EXPERIMENTO No. 1)

Nutriente (%)	D i e t a								
	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Sorgo	90.0	71.9	63.0	53.9	45.0	36.0	18.0	---	---
Frijol caupí	---	6.1	9.1	12.2	15.0	18.2	24.3	30.3	---
Caseína	---	---	---	---	---	---	---	---	9.4
Minerales**	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
Almidón	---	12.0	17.9	23.9	30.0	35.8	47.7	59.7	80.6
Aceite de bacalao	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Aceite de algodón	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
TOTAL	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Solución de vitaminas ml***	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0

\* Testigo

\*\* Ver referencia (19)

\*\*\* Ver composición en Cuadro No. 1

CUADRO N°. 5

## COMPOSICION Y CONTENIDO DE NUTRIENTES DE LAS DIETAS PARA POLLOS DE CINCO A DIEZ SEMANAS DE EDAD (EXPERIMENTO N°. 2)

Ingrediente (%)	Número de las raciones					
	1	2	3	4	5	6
	Proporciones de las mezclas sorgo-soya/sorgo-caupí					
	100/0	80/20	60/40	40/60	20/80	100/0
Sorgo	71.80	65.60	59.50	53.30	47.10	40.90
Harina de soya	24.20	19.40	14.50	9.70	4.80	0.00
Frijol caupí crudo	0.00	11.00	22.00	33.00	44.10	55.10
Harina de hueso	3.40	3.40	3.40	3.40	3.40	3.40
Sal yodada	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Vitaminas y microelementos*	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Coccidiostato	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
TOTAL	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Proteína cruda (%)**	19.8	19.5	18.4	19.2	18.3	18.0
En. metabolizable Kcal/Kg***	2880.00	2843.00	2810.00	2775.00	2739.00	2704.00

\* Ver composición en Cuadro N°. 2

\*\* Por análisis de dieta en forma de harina

\*\*\* Estimado de acuerdo a Scott y col. (47) para sorgo y soya y de Maust y col. (35) para caupí crudo.

## COMPOSICION DE DIETAS SUPLEMENTADAS CON DL-METIONINA PARA POLLOS DE CINCO A DIEZ SEMANAS DE EDAD (EXPERIMENTO N°. 3)\*

Ingrediente (%)	Número de las dietas				
	1	2	3	4	5
	Proporciones de las mezclas sorgo-soya/sorgo-caupí				
	100/0	75/25	50/50	27/75	0/100
Sorgo	71.80	64.00	56.20	48.50	40.70
Harina de soya	24.00	18.00	12.00	6.00	0.00
Frijol caupí crudo	0.00	13.80	27.60	41.30	55.10
Harina de hueso	3.35	3.35	3.35	3.35	3.35
Sal yodada	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Vitaminas y microelementos**	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Coccidiostato	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
DL-metionina	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
TOTAL	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Proteína cruda (%)**	21.1	19.1	18.9	18.5	18.3
En. metabolizable, Kcal/Kg**	2872	2827	2783	2738	2695

\* Las dietas no suplementadas se hicieron de igual forma pero sin DL-metionina por lo cual el sorgo aumentó 0.2% en cada dieta.

\*\* Ver Cuadro N°. 5.

## CUADRO No. 7

## COMPOSICION QUIMICA PROXIMAL DEL SORGO, HARINA DE SOYA Y FRIJOL CAUPI

Componente (%)	Sorgo "Guatecau"	Harina de soya	Frijol caupí "CENTA 105"
Materia seca	88.0	92.2	89.0
Proteína cruda	8.8	46.9	25.1
Extracto etéreo	2.0	1.9	1.7
Fibra cruda	2.0	4.0	4.4
Cenizas	1.8	5.2	2.3
Extracto libre de nitrógeno	73.4	34.2	55.5

CUADRO No. 8

CONTENIDO DE AMINOACIDOS DEL SORGO, HARINA DE SOYA  
Y FRIJOL CAUPI

(g/16gN)

Aminoácido	Sorgo "Guatecau"	Harina de soya	Frijol caupi "CENTA 105"
Acido aspártico	5.57	11.90	9.97
Treonina	1.74	2.56	2.09
Serina	1.02	1.54	1.09
Acido glutámico	19.15	20.86	15.68
Prolina	---	---	---
Glicina	2.76	4.52	3.92
Alanina	6.33	4.11	3.44
Cistina	1.52	1.49	1.60
Valina	5.33	5.36	4.87
Metionina	0.24	0.29	0.34
Isoleucina	4.00	4.50	5.04
Leucina	11.42	6.95	8.07
Tirosina	2.87	2.95	2.63
Fenilalanina	4.78	4.92	5.14
Lisina	2.10	6.35	6.58
Histidina	1.89	2.39	2.91
Arginina	3.62	6.40	5.45

CUADRO No. 9

INDICE DE EFICIENCIA PROTEICA (IEP) DE LAS COMBINACIONES DE SORGO Y FRIJOL  
CAUPI (EXPERIMENTO No. 1)

Proporción de proteínas de sorgo/caupí en las dietas (%)	Cantidades de sorgo/caupí en las dietas (g/100g)	Proteína en la dieta (%)	Peso promedio ganado (g)	Alimento promedio consumido (g)	IEP		
					$\bar{x}$	$\pm$	D.E.
100/0	90.0/0.0	8.33	21.25	263.38	0.97c	$\pm$	0.16
80/20	71.9/6.1	8.81	33.30	263.50	1.43b	$\pm$	0.33
70/30	63.0/9.1	8.63	39.67	311.83	1.48b	$\pm$	0.11
60/40	53.9/12.2	8.63	41.80	320.60	1.51b	$\pm$	0.17
50/50	45.0/15.0	8.63	42.83	321.00	1.55b	$\pm$	0.28
40/60	36.0/18.2	8.50	33.20	279.40	1.40b	$\pm$	0.33
20/80	18.0/24.3	8.41	33.80	315.80	1.27b	$\pm$	0.50
0/100	0.0/30.3	8.00	25.00	276.50	1.13c	$\pm$	0.55
Caseína	--	7.67	79.67	382.00	2.73a	$\pm$	0.23

a,b,c/ Literales diferentes en la misma columna son diferentes estadísticamente ( $P < 0.05$ ).  
De acuerdo a Duncan (12) y Snedecor (50).

CUADRO No. 10

INDICE DE EFICIENCIA PROTEICA (IEP) DE LAS COMBINACIONES DE SORGO Y HARINA  
DE SOYA (EXPERIMENTO No. 1)

Proporción de proteínas de sorgo/soya en las dietas (%)	Cantidades de sorgo/soya en las dietas (g/100g)	Proteína en la dieta (%)	Peso promedio ganado (g)	Alimento promedio consumido (g)	IEP $\bar{x}$ $\pm$ D.E.
100/0	90.0/0.0	8.31	15.83	233.83	0.81d $\pm$ 0.17
80/20	71.2/3.3	8.84	36.50	286.00	1.44c $\pm$ 0.11
70/30	63.0/4.9	8.84	43.00	333.20	1.46c $\pm$ 0.34
60/40	53.9/6.6	8.84	52.17	337.33	1.75b $\pm$ 0.10
50/50	45.0/8.2	8.72	50.50	321.17	1.80b $\pm$ 0.17
40/60	36.0/9.9	9.01	49.50	306.50	1.79b $\pm$ 0.25
20/80	18.0/13.2	8.95	43.50	278.33	1.75b $\pm$ 0.25
0/100	0.0/16.0	9.09	37.00	322.38	1.26c $\pm$ 0.24
Caseína	---	7.32	70.00	404.50	2.36a $\pm$ 0.54

a, b, c, d/ Ver Cuadro No. 9.

## CUADRO No. 11

ANALISIS PROXIMAL DE LAS DIETAS PARA POLLOS DE CINCO A DIEZ  
SEMANAS DE EDAD (EXPERIMENTO No. 2)

No. de dieta	Materia seca	Extracto etéreo	Fibra cruda	Proteína (Nx6.25)	E L N*	Cenizas
g/100g						
<b>Dietas en harina</b>						
1	90.03	5.38	3.91	19.80	55.27	5.67
2	89.52	6.19	4.43	19.52	53.12	6.26
3	87.40	4.73	4.08	18.42	54.56	5.61
4	88.70	4.00	4.30	19.20	55.60	5.60
5	90.31	2.77	4.48	18.30	58.40	5.70
6	90.29	2.77	5.19	18.02	58.40	5.91
<b>Dietas peletizadas y molidas</b>						
1	90.52	3.88	4.14	17.25	59.59	5.66
2	90.31	3.37	4.16	18.25	58.28	6.25
3	87.46	4.02	3.89	17.69	56.25	5.61
4	88.70	3.66	5.74	17.69	56.02	5.59
5	89.85	2.74	4.70	17.87	58.84	5.70
6.	90.17	2.75	5.04	18.17	58.30	5.91

\* Extracto libre de nitrógeno.

## CUADRO No. 12

AUMENTO DE PESO TOTAL DE POLLOS DE CINCO A OCHO Y DIEZ SEMANAS DE  
EDAD (EXPERIMENTO No. 2)

(g/ave/semana\*)

No. de dieta	Frijol caupí en dietas	Proteína proveniente del caupí	Semanas de edad	
			8	10
Dietas en harina	(%)	(%)	(g)	(g)
1	0.00	0.00	749a	1348a
2	11.00	2.92	754a	1317a
3	22.00	5.83	734ab	1271a
4	33.00	8.75	683b	1275a
5	44.10	11.66	538c	1068bc
6	55.10	14.58	446d	965c

Dietas peletizadas y molidas				
1	0.00	0.00	706a	1348a
2	11.00	2.92	715a	1288a
3	22.00	5.83	647ab	1243a
4	33.00	8.75	567bc	1104b
5	44.10	11.66	458cd	999b
6	55.10	14.58	434d	923c

\* Promedio de dos grupos de nueve pollos cada uno.

a, b, c/ Cifras en la misma columna con letras diferentes, son diferentes estadísticamente ( $P < 0.05$ ). Más de una letra indica diferencia y/o igualdad con cifras en la misma columna que tengan alguna de las mismas letras (12, 50).

CUADRO No. 13

CONSUMO DE ALIMENTO TOTAL DE POLLOS DE CINCO A OCHO Y DIEZ SEMANAS DE EDAD  
(EXPERIMENTO No. 2)

No. de dieta	Frijol caupí en dietas	Proteína proveniente del caupí	Semanas de edad	
			8	10
Dietas en harina	(%)	(%)	(g)*	(g)*
1	0.00	0.00	2267d	4193c
2	11.00	2.92	2317cd	4244c
3	22.00	5.83	2516b	4637b
4	33.00	8.75	2424c	4720b
5	44.10	11.66	2300cd	4748b
6	55.10	14.58	2700a	5131a
Dietas peletizadas y molidas				
1	0.00	0.00	2556a	4821a
2	11.00	2.92	2540a	4533b
3	22.00	5.83	2255a	4220c
4	33.00	8.75	2211ab	4186c
5	44.10	11.66	2100b	4149c
6	55.10	14.58	2128b	4048c

\*Promedio de dos grupos de nueve pollos cada uno.  
a,b,c/ Ver Cuadro No. 12.

CUADRO No. 14

CONVERSIÓN ALIMENTICIA DE POLLOS DE CINCO A OCHO Y DIEZ SEMANAS DE EDAD  
(EXPERIMENTO No. 2)\*

No. de dieta	Frijol caupí en la dieta	Proteína proveniente del caupí	Semanas de edad**	
			8	10
<b>Dietas en harina (%) (%)</b>				
1	0.00	0.00	3.03a	3.11a
2	11.00	2.92	3.07a	3.23a
3	22.00	5.83	3.43a	3.65a
4	33.00	8.75	3.55a	3.71ab
5	44.10	11.66	4.28a	4.45b
6	55.10	14.58	6.05b	5.32c
<b>Dietas peletizadas y molidas</b>				
1	0.00	0.00	3.62a	3.58a
2	11.00	2.92	3.55a	3.52a
3	22.00	5.83	3.49a	3.40a
4	33.00	8.75	3.90a	3.79ab
5	44.10	11.66	4.59ab	4.15b
6	55.10	14.58	5.02b	4.39c

\* Conversión alimenticia = g alimento consumido/g de aumento de peso.

\*\* Promedio de dos grupos de nueve pollos cada uno.

a,b,c/ Ver Cuadro No. 12.

## CUADRO No. 15

## AUMENTO DE PESO SEMANAL DE POLLOS DE CINCO A DIEZ SEMANAS DE EDAD (EXPERIMENTO No. 2)

(g/ave/semana\*)

No. de dieta	Frijol caupí en dietas (%)	Semanas de edad					TOTAL
		6	7	8	9	10	
<b>Dietas en harina</b>							
1	0.00	180	312	256	266	333	1348
2	11.00	158	314	282	267	296	1317
3	22.00	149	299	286	270	267	1271
4	33.00	109	298	276	282	310	1275
5	44.10	61	258	219	254	276	1068
6	55.10	9	231	206	247	272	965
<b>Dietas peletizadas y molidas</b>							
1	0.00	126	299	281	316	326	1348
2	11.00	133	295	287	281	292	1288
3	22.00	105	270	272	285	311	1243
4	33.00	58	269	240	261	276	1104
5	44.10	19	225	214	258	283	999
6	55.10	8	222	204	241	248	923

\* Promedio de dos grupos de nueve pollos cada uno.

CUADRO No. 16

## CONSUMO DE ALIMENTO SEMANAL DE POLLOS DE CINCO A DIEZ SEMANAS DE EDAD (EXPERIMENTO No. 2)

(g/ave/semana\*)

No. de dieta	Frijol caupí en dietas (%)	Semanas de edad					TOTAL
		6	7	8	9	10	
<b>Dietas en harina</b>							
1	0.00	583	800	883	911	1016	4193
2	11.00	578	822	916	912	1016	4244
3	22.00	633	911	972	1038	1083	4637
4	33.00	544	889	988	1094	1205	4720
5	44.10	516	833	950	1172	1277	4748
6	55.10	505	944	1250	1266	1166	5131
<b>Dietas peletizadas y molidas</b>							
1	0.00	705	900	950	1111	1155	4821
2	11.00	633	967	939	972	1022	4533
3	22.00	527	800	927	933	1033	4220
4	33.00	494	822	894	949	1027	4186
5	44.10	433	794	872	961	1089	4149
6	55.10	444	805	877	944	978	4048

\* Promedio de dos grupos de nueve pollos cada uno.

CUADRO No. 17

## CONVERSIÓN ALIMENTICIA SEMANAL EN POLLOS DE CINCO A DIEZ SEMANAS DE EDAD (EXPERIMENTO No. 2)

No. de dieta	Frijol caupí en dietas (%)	Semanas de edad**				
		6	7	8	9	10
<b>Dietas en harina</b>						
1	0.00	3.24	2.56	3.45	3.43	3.05
2	11.00	3.66	2.62	3.25	3.42	3.43
3	22.00	4.25	3.05	3.40	3.84	4.06
4	33.00	4.99	2.98	3.58	3.88	3.89
5	44.10	8.46	3.23	4.34	4.61	4.63
6	55.10	56.11	4.09	6.07	5.13	4.29
<b>Dietas peletizadas y molidas</b>						
1	0.00	5.60	3.01	3.38	3.52	3.54
2	11.00	4.76	3.28	3.27	3.46	3.50
3	22.00	5.02	2.96	3.41	3.27	3.32
4	33.00	8.52	3.06	3.73	3.64	3.72
5	44.10	22.79	3.53	4.07	3.73	3.85
6	55.10	55.50	3.63	4.30	3.92	3.94

\* Conversión alimenticia = g alimento consumido/g de aumento de peso.

\*\* Promedio de dos grupos de nueve pollos cada uno.

## CUADRO No. 18

## ADECUACION DE AMINOACIDOS AZUFRADOS, LISINA Y TRIPTOFANO DE DIETAS PARA POLLOS DE CINCO A DIEZ SEMANAS DE EDAD NO SUPLEMENTADAS CON METIONINA (EXPERIMENTO No. 3)

No. de dieta	% de caupí en dieta	Metionina + Cistina		Lisina		Triptofano	
		% en dieta*	% de recomen- dación**	% en dieta	% de recomen- dación***	% en dieta	% de recomen- dación****
1	0.0	0.51	71.8	0.86	95.6	1.58	78.9
2	13.0	0.50	70.4	0.89	98.9	1.62	81.2
3	27.6	0.49	69.0	0.92	102.2	1.67	83.5
4	41.3	0.47	66.2	0.95	105.6	1.71	89.5
5	55.1	0.46	64.8	0.98	108.9	1.76	88.0

\* Calculado en base a concentración en ingredientes. Para metionina se utilizaron datos de la referencia 22.

\*\* Recomendación: 0.71% de dieta (NRC, 1971).

\*\*\* Recomendación: 0.90% de dieta (NRC, 1971).

\*\*\*\* Recomendación: 0.20% de dieta (NRC, 1971).

## CUADRO No. 19

## AUMENTO DE PESO TOTAL DE POLLOS DE CINCO A OCHO Y DIEZ SEMANAS DE EDAD (EXPERIMENTO No. 3)

(g/ave/semana\*)

No. de dieta	Frijol caupí en dietas	Proteína proveniente del caupí	Semanas de edad	
			8	10
Sin metionina		(%)	(%)	(g)
1	0.00	0.00		780b
2	13.80	3.66		785b
3	27.60	7.31		746b
4	41.30	10.95		593c
5	55.10	14.60		440d
6**	--	--		1005a
				1605a
Con metionina				
1	0.00	0.00		583abc
2	13.80	3.66		829bc
3	27.60	7.31		878ab
4	41.30	10.95		840bc
5	55.10	14.60		760c
6**	--	--		952a
				1462ab
				1470ab
				1534a
				1488ab
				1377b
				1625a

\* Promedio de dos grupos de diez pollos cada uno.

\*\* Dieta comercial.

a,b,c,d/ Ver Cuadro No. 12.

CUADRO No. 20

ANALISIS DE VARIANZA DE LOS AUMENTOS DE PESO A LA OCTAVA SEMANA DE EDAD DE LOS POLLOS ALIMENTADOS CON DIETAS SUPLEMENTADAS CON METIONINA (EXPERIMENTO No. 3)

Fuentes de variación	Grados de libertad	Media cuadrada	F
Dietas	5	62723.26	32.24**
Metionina	1	95836.48	49.26**
Dietas x Met.	5	18574.33	9.55**

\*\* Altamente significativo ( $P < 0.01$ ).

CUADRO No. 21

ANALISIS DE VARIANZA DE LOS AUMENTOS DE PESO A LA DECIMA SEMANA DE EDAD DE LOS POLLOS ALIMENTADOS CON DIETAS SUPLEMENTADAS CON METIONINA (EXPERIMENTO No. 3)

Fuentes de variación	Grados de libertad	Media cuadrada	F
Dietas	5	89986.40	17.76**
Metionina	1	234427.00	46.27**
Dietas x Met.	5	26665.40	5.26**

\*\* Altamente significativo ( $P < 0.01$ ).

CUADRO No. 22

## CONSUMO DE ALIMENTO TOTAL DE POLLOS DE CINCO A OCHO Y DIEZ SEMANAS DE EDAD (EXPERIMENTO No.3)

No. de dieta	Frijol caupí en dieta	Proteína proveniente del caupí	Semanas de edad	
			8	10
Sin metionina	(%)	(%)	(g)*	(g)*
1	0.00	0.00	2290ab	4300c
2	13.80	3.66	2325ab	4320c
3	27.60	7.31	2495a	4650b
4	41.30	10.95	2500a	4785a
5	55.10	14.60	1995c	4105d
6**	--	--	2260b	4180cd
Con metionina				
1	0.00	0.00	2325bc	4385c
2	13.80	3.66	2345bc	4505c
3	27.60	7.31	2535abc	4795b
4	41.30	10.95	2640ab	4995b
5	55.10	14.60	2710a	5130a
6**	---	--	2305c	4455c

\* Promedio de dos grupos de diez pollos cada uno.

\*\* Dieta comercial.

a,b,c,d/ Ver Cuadro No. 12.

## CUADRO No. 23

## CONVERSIÓN ALIMENTICIA DE POLLOS DE SEIS A OCHO Y DIEZ SEMANAS DE EDAD (EXPERIMENTO No. 3)\*

No. de dieta	Frijol caupí en dietas	Proteína proveniente del caupí	Semanas de edad**	
			8	10
<b>Sin metionina</b>				
1	0.00	0.00	2.94b	3.14b
2	13.80	3.66	2.96b	3.22b
3	27.60	7.31	3.34c	3.59c
4	41.30	10.95	4.22d	4.09d
5	55.10	14.60	4.53e	4.40e
6	--	--	2.25a	2.60a
<b>Con metionina</b>				
1	0.00	0.00	2.73b	3.00b
2	13.80	3.66	2.83b	3.06b
3	27.60	7.31	2.89b	3.13b
4	41.30	10.95	3.14c	3.36b
5	55.10	14.60	3.57c	3.73c
6	--	--	2.42a	2.74a

\* Conversión alimenticia = g alimento consumido/g de aumento de peso.

\*\* Promedio de dos grupos de diez pollos cada uno.

a,b,c,d/ Ver Cuadro No. 12.

## CUADRO No. 24

## CONSUMO DE ALIMENTO SEMANAL DE POLLOS DE CINCO A DIEZ SEMANAS DE EDAD (EXPERIMENTO No. 3)

(g/ave/semana\*)

No. de dieta	Frijol caupí en dietas (%)	Semanas de edad*					TOTAL
		6	7	8	9	10	
<b>Sin metionina</b>							
1	0.00	520	800	970	980	1030	4300
2	13.80	520	860	945	955	1040	4320
3	27.60	530	895	1070	1035	1120	4650
4	41.30	490	900	1110	1065	1220	4785
5	55.10	410	665	920	1010	1100	4105
6**	--	570	800	890	990	930	4180
<b>Con metionina</b>							
1	0.00	575	820	930	1010	1050	4385
2	13.80	575	830	940	1025	1135	4505
3	27.60	620	885	1030	1100	1160	4795
4	41.30	630	930	1080	1100	1255	4995
5	55.10	630	975	1105	1180	1240	5130
6**	--	645	765	895	1075	1075	4455

\* Promedio de dos grupos de diez pollos cada uno.

\*\* Dieta comercial.

## CUADRO No. 25

## CONVERSIÓN ALIMENTICIA SEMANAL EN POLLOS DE SEIS A DIEZ SEMANAS DE EDAD (EXPERIMENTO No. 3)\*

No. de dieta	Frijol caupí en dietas (%)	Semanas de edad**				
		6	7	8	9	10
<b>Sin metionina</b>						
1	0.00	2.84	2.71	3.21	3.18	3.66
2	13.80	3.04	2.88	2.99	3.48	3.67
3	27.60	4.27	3.24	3.09	3.80	4.06
4	41.30	7.65	3.96	3.67	3.76	4.15
5	55.10	18.63	4.68	3.38	4.12	4.45
6	--	1.97	2.34	2.38	3.56	2.87
<b>Con metionina</b>						
1	0.00	2.51	2.72	2.88	3.10	3.71
2	13.80	2.65	2.93	2.86	3.12	3.63
3	27.60	2.76	2.85	3.00	3.26	3.64
4	41.30	3.07	3.09	3.23	3.42	3.85
5	55.10	3.84	3.56	3.43	3.59	4.30
6	--	2.15	2.47	2.62	3.13	3.26

\* Conversión alimenticia= g. alimento consumido/g de aumento de peso.

\*\* Promedio de dos grupos de diez pollos cada uno.

CUADRO No. 26

DIETAS PRACTICAS PARA POLLOS DE ENGORDE DE CINCO A OCHO SEMANAS DE EDAD A BASE DE SORGO, HARINA DE SOYA Y FRIJOL CAUPI CRUDO

Ingrediente	Dieta sorgo/soya		Dieta sorgo/caupí/soya	
	% en dieta	Costo/qq Q.	% en dieta	Costo/qq Q.
Sorgo	71.80	5.03	47.30	3.31
Harina de soya	24.00	3.84	5.90	0.94
Frijol caupí crudo	--	--	40.30	4.25
Grasa animal	--	--	2.30	0.37
Harina de hueso	3.35	0.40	3.35	0.40
Sal yodada	0.30	0.004	0.30	0.004
Vitaminas + microelementos	0.25	0.15	0.25	0.15
Coccidiostato	0.10	0.22	0.10	0.22
DL-metionina	0.20	0.30	0.20	0.30
<b>TOTAL</b>	<b>100.00</b>	<b>9.944</b>	<b>100.00</b>	<b>9.944</b>

Contenido de nutrientes

Proteína cruda, %	18.1	18.1
En. metabolizable, Kcal/Kg	2872.0	2900.0
Calcio, %	1.1	1.1
Fósforo, %	0.75	0.71
Metionina + cistina, %	0.70	0.65
Lisina, %	0.86	0.95

FIGURA No. 1

INDICE DE EFICIENCIA PROTEICA (IEP) DE LAS COMBINACIONES DE PROTEINA DEL SORGO Y FRIJOL CAUPI O HARINA DE SOYA

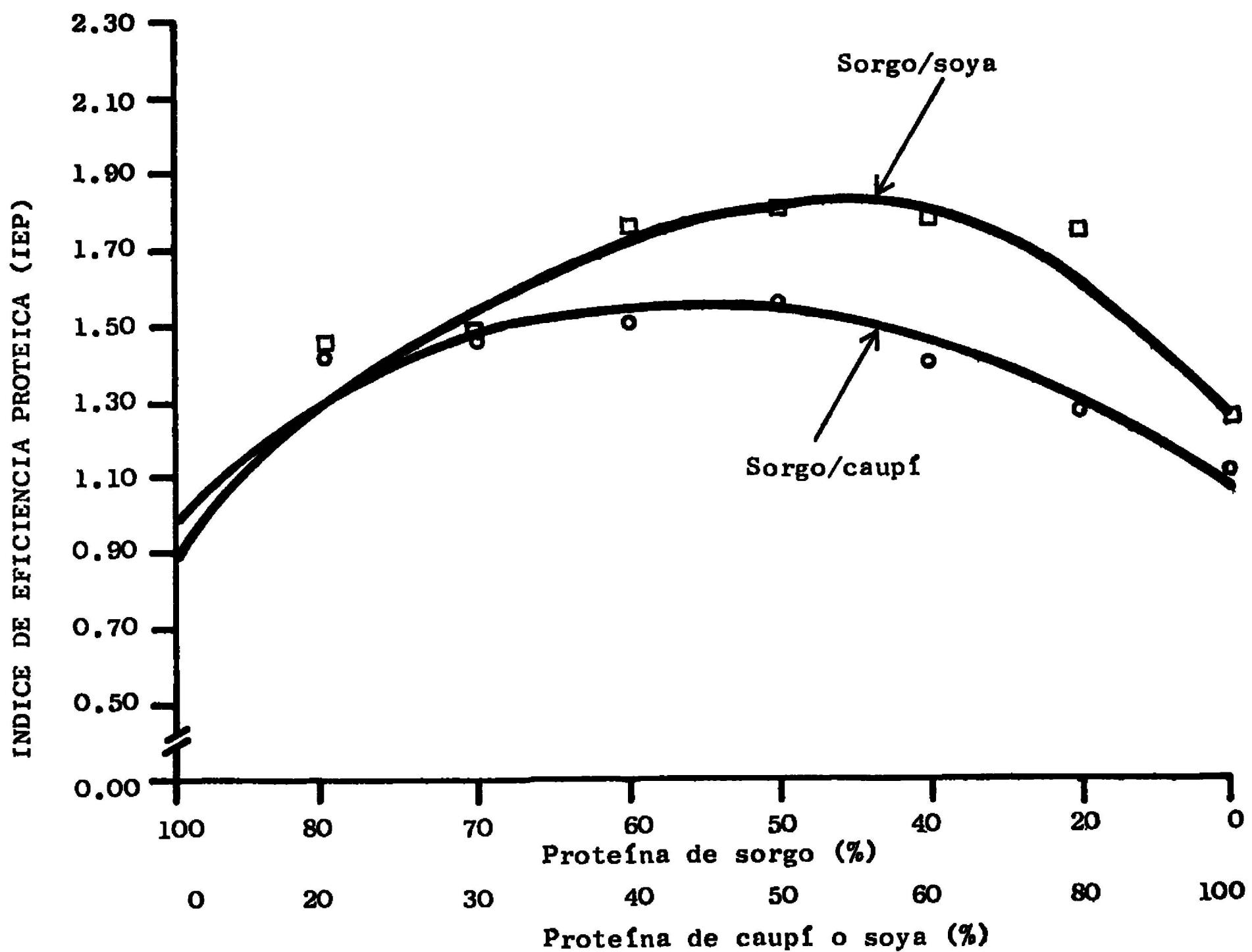
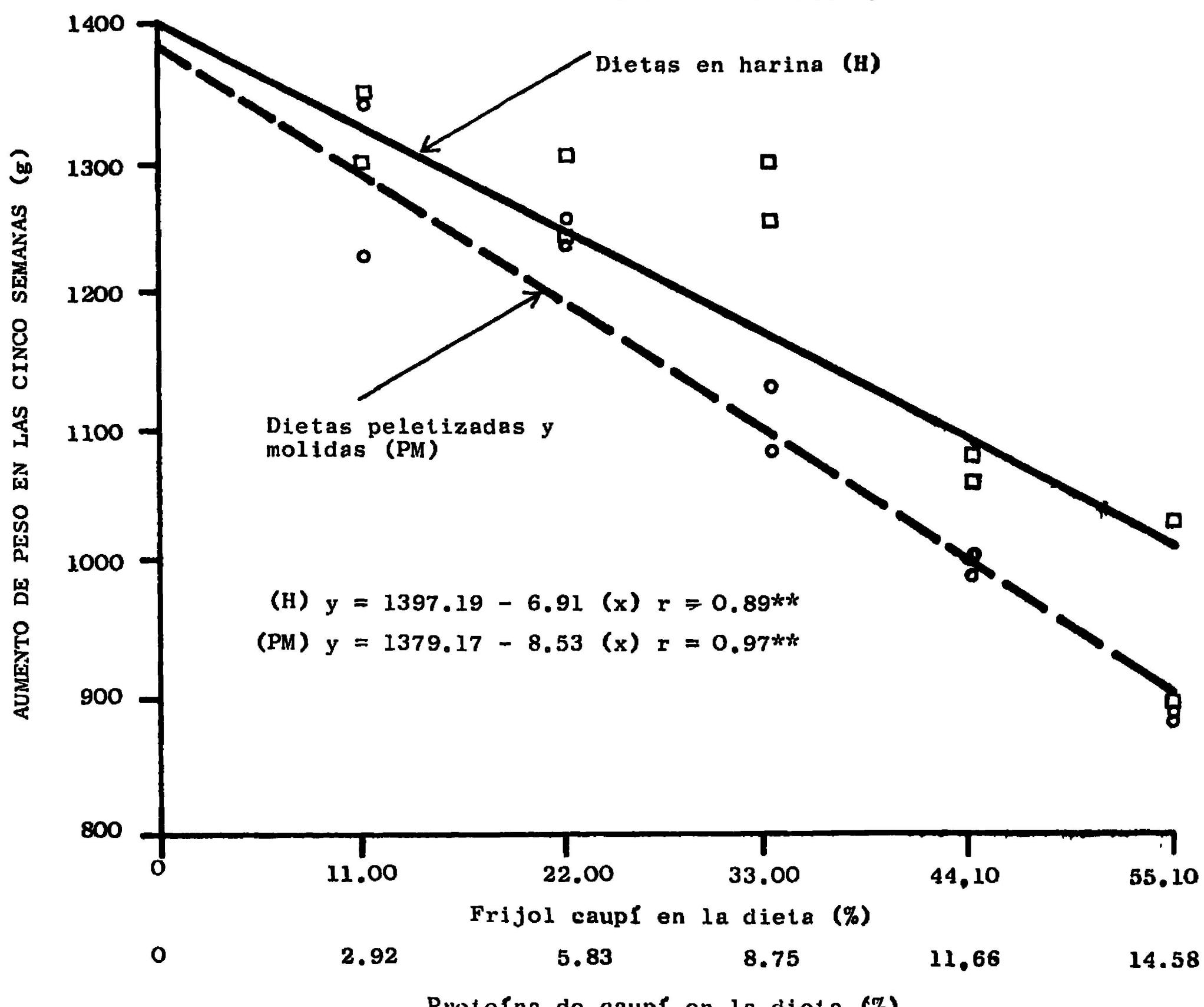


FIGURA No. 2

RELACION ENTRE EL NIVEL DE FRIJOL CAUPI EN LA DIETA Y  
EL AUMENTO DE PESO TOTAL EN POLLOS DE ENGORDE DE CINCO  
A DIEZ SEMANAS DE EDAD (EXPERIMENTO No. 2)



\*\* ( $P < 0.01$ )

FIGURA No. 3

PESO PROMEDIO DE POLLOS DE CINCO A DIEZ SEMANAS DE EDAD  
ALIMENTADOS CON DIETAS EN FORMA DE HARINA CON DIFERENTES  
NIVELES DE FRIJOL CAUPI (EXPERIMENTO No. 2)

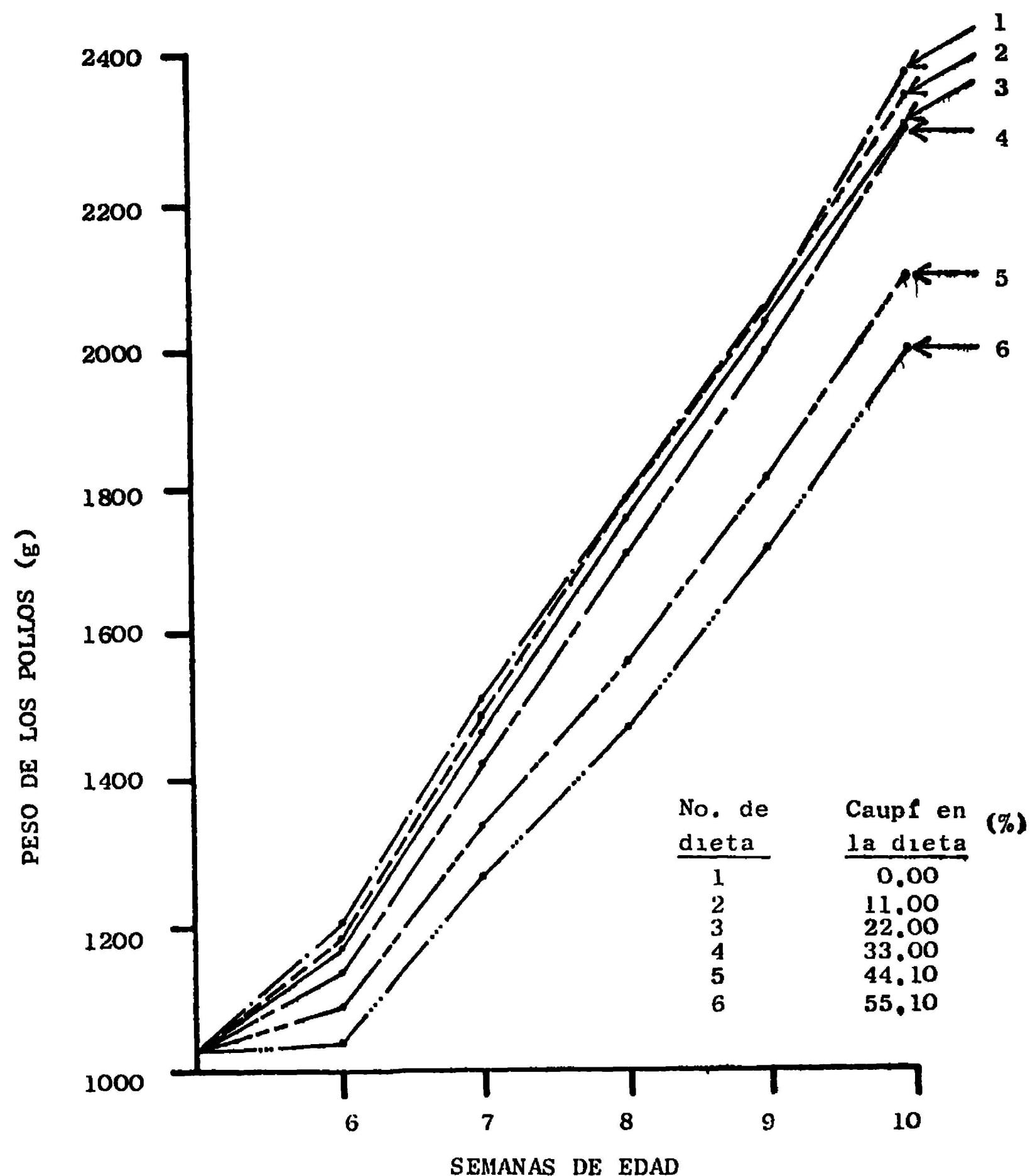
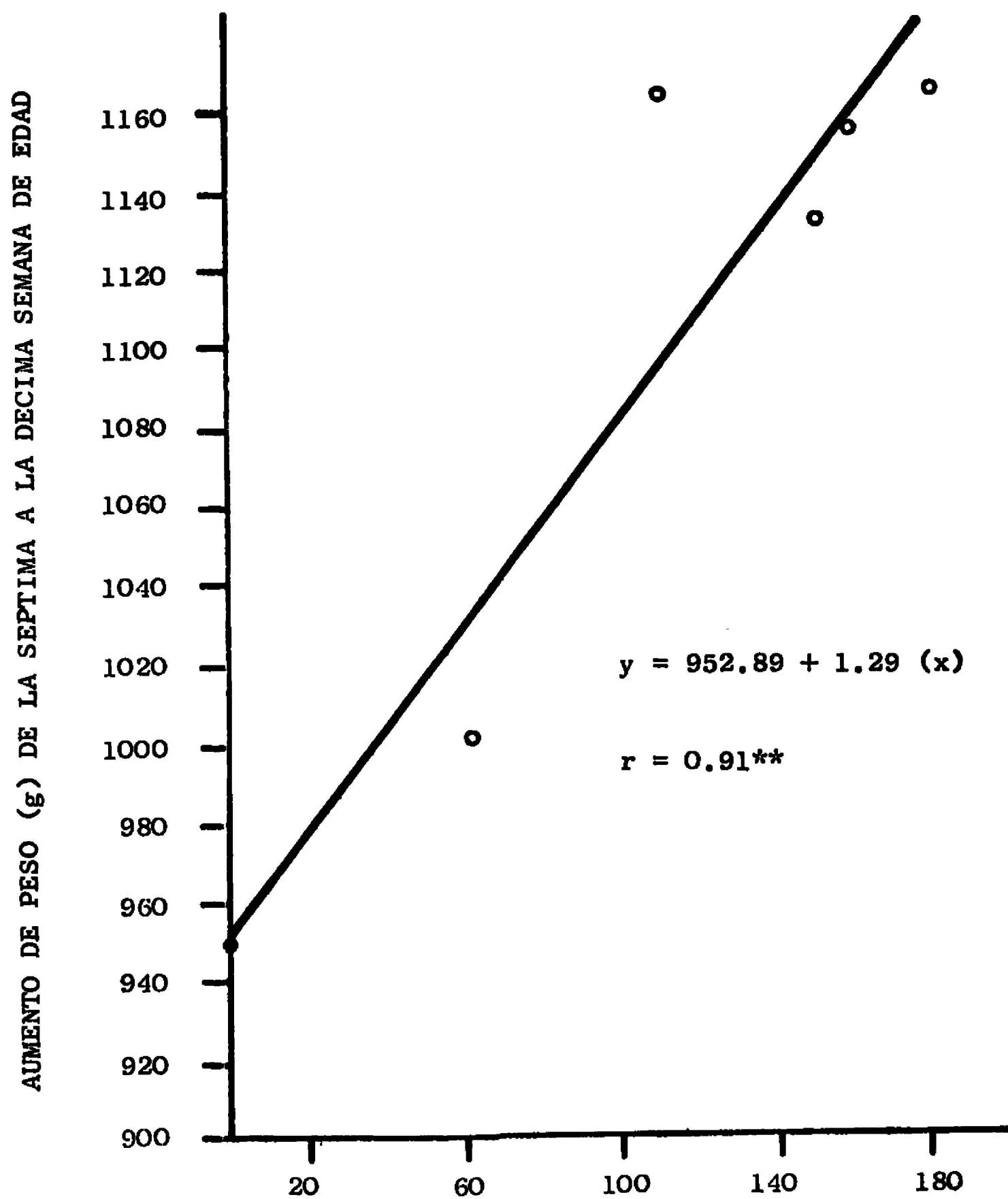


FIGURA No. 4

CORRELACION ENTRE EL AUMENTO DE PESO EN LA SEPTIMA SEMANA CON EL AUMENTO DE PESO DE LA SEPTIMA A LA DECIMA SEMANA DE EDAD DE LOS POLLOS (EXPERIMENTO No. 2)



\*\* ( $P < 0.01$ )

FIGURA No. 5

EFECTO DE LA ADICION DE 0.2% DE DL-METIONINA A DIETAS CON DIFERENTES NIVELES DE FRIJOL CAUPI SOBRE EL AUMENTO DE PESO EN POLLOS DE CINCO A DIEZ SEMANAS DE EDAD

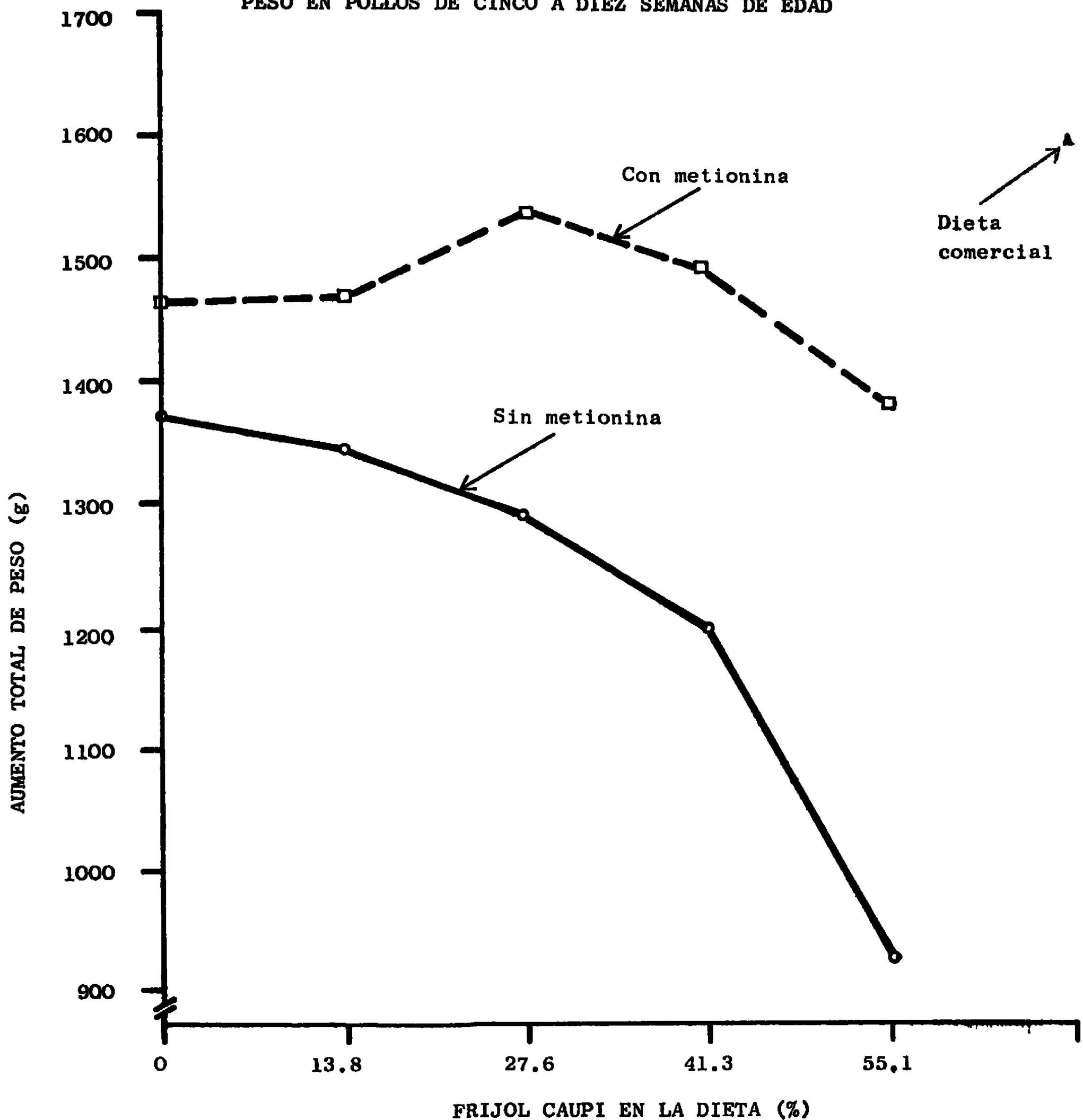
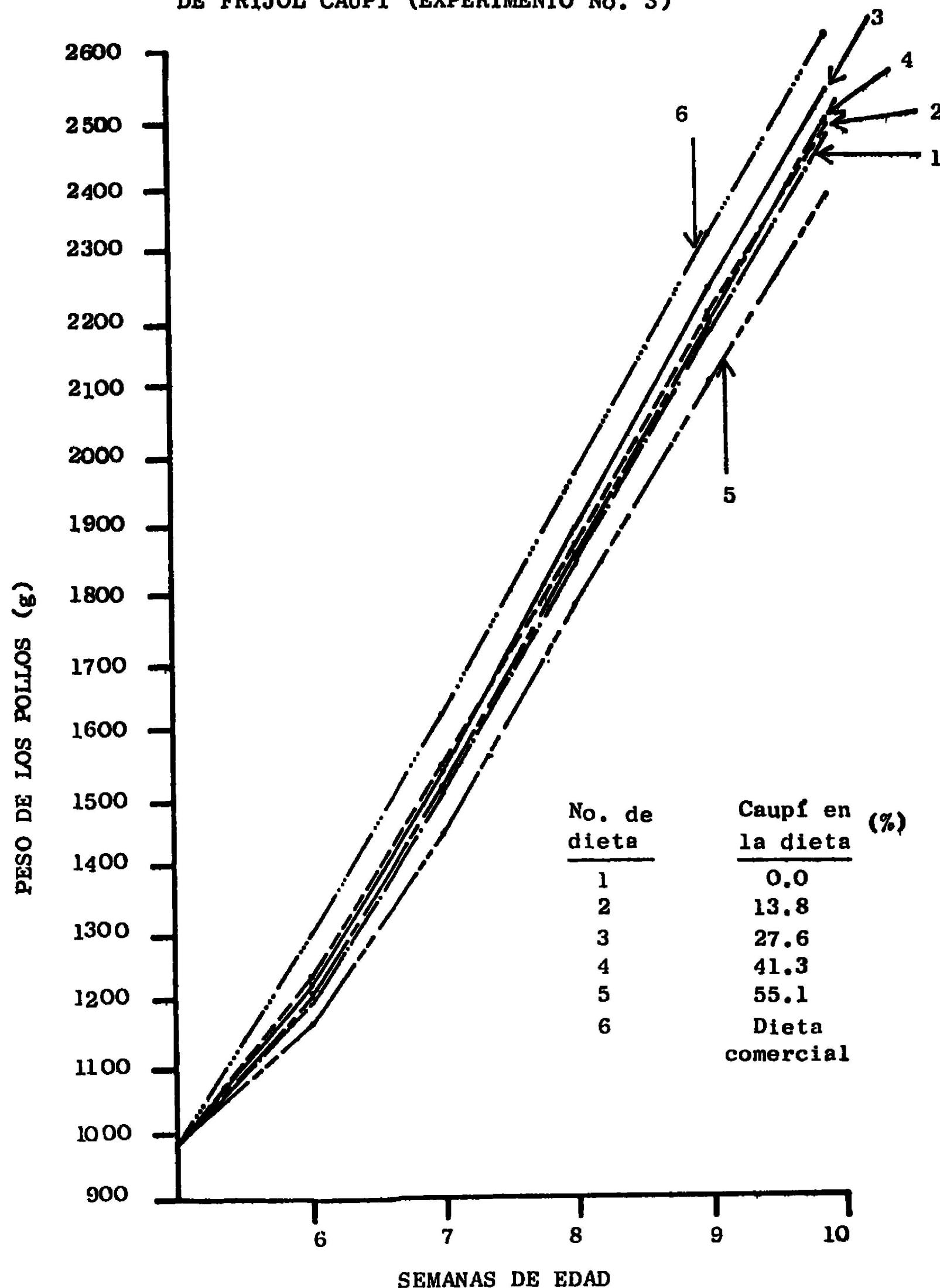


FIGURA No. 6

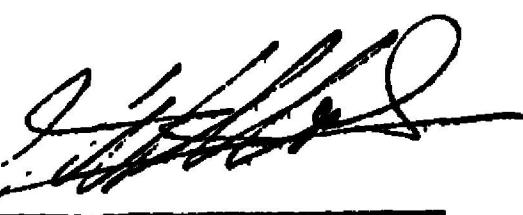
PESO PROMEDIO DE POLLOS DE CINCO A DIEZ SEMANAS DE EDAD  
ALIMENTADOS CON DIETAS QUE CONTENIAN DIFERENTES NIVELES  
DE FRIJOL CAUPI (EXPERIMENTO No. 3)



VO. BO. COMITE ASESOR DE TESIS



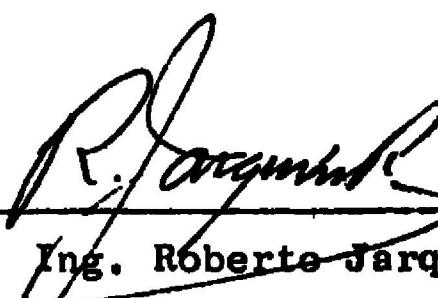
Dr. Marco Tulio Cabezas



Lic. Beatriz Murillo



Dr. Luis G. Elias



Ing. Roberto Jarquin



Dr. Edgar Braham



Dr. Ricardo Bressani



Dr. Miguel A. Guzmán



Baltazar Cuevas H.

Imprímase:

Dr. Max E. Figueroa

Facultad de Medicina Veterinaria  
y Zootecnia