



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA  
INSTITUTO DE NUTRICION DE CENTRO AMERICA Y PANAMA  
( I N C A P )**



**HARINAS DE ALGODON, DE YUCA, Y DE HOJAS DE YUCA  
COMO SUBSTITUTOS DE HARINA DE SOYA, MAIZ Y  
PIGMENTOS EN RACIONES PARA POLLOS DE ENGORDE**

**JOSE DE JESUS BERRIOS SILVA**

**CENTRO DE ESTUDIOS SUPERIORES EN NUTRICION Y CIENCIAS DE ALIMENTOS  
( C E S N A )**

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

**GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 1981.**

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA  
INSTITUTO DE NUTRICION DE CENTRO AMERICA Y PANAMA  
( I N C A P )

**HARINAS DE ALGODON, DE YUCA, Y DE HOJAS DE YUCA COMO  
SUBSTITUTOS DE HARINA DE SOYA, MAIZ Y PIGMENTOS EN  
RACIONES PARA POLLOS DE ENGORDE**

Tesis elaborada por:

**JOSE DE JESUS BERRIOS SILVA**

Previo a optar al Grado de:

**MAESTRO  
(Magister Scientiæ)**

Centro de Estudios Superiores en Nutrición y  
Ciencias de Alimentos (CESNA)

Curso de Postgrado en Ciencias de Alimentos y  
Nutrición Animal

**INCAP- T-338 GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 1981.**

## **COMITE INTERINSTITUCIONAL DEL CESNA**

<b>Director del CESNA</b>	<b>Dr. Luis Octavio Angel</b>
<b>Decano de la Facultad de Ciencias Médicas</b>	<b>Dr. Rolando Castillo M.</b>
<b>Decano de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia</b>	<b>Dr. Leonel Carrillo M.</b>
<b>Decano de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia</b>	<b>Dr. Luis Felipe Rosales</b>
<b>Directora de la Escuela de Nutrición</b>	<b>Dra. Susana J. Icaza</b>
<b>Director del Curso de Postgrado en Salud Pública con Enfoque en Nutrición Materno Infantil</b>	<b>Dr. Luis Octavio Angel</b>
<b>Director del Curso de Postgrado en Bioquímica y Nutrición humana</b>	<b>Dr. Oscar Pineda</b>
<b>Director del Curso de Postgrado de Ciencias de Alimentos y Nutrición Animal</b>	<b>Dr. J. Edgar Braham</b>

**JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE  
MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA  
DE LA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

**Decano  
Vocal 1o.  
Vocal 2o.  
Vocal 3o.  
Vocal 4o.  
Vocal 5o.  
Secretario**

**Dr. Luis Felipe Rosales Pineda  
Dr. Ernesto Villagran Crespo  
Lic. Antonio Pérez Mazariegos  
Dr. Mario Motta González  
Br. Enrique Ponce Flores  
Br. Sergio Mejía Villatoro  
Dr. Carlos Sánchez Flamenco**

**A DIOS**

**A MI PATRIA NICARAGUA**

**A MIS PADRES Y HERMANOS.**

**COMITE ASESOR DE TESIS**

**LIC. BEATRIZ MURILLO**

**DR. RICARDO BRESSANI**

**DR. J. EDGAR BRAHAM**

**ING. ROBERTO JARQUIN**

**DR. ROBERTO GOMEZ - BRENES**

**DR. MARIO MOLINA**

## **RECONOCIMIENTO**

**AL INSTITUTO DE NUTRICION DE CENTRO AMERICA Y PANAMA ( INCAP )  
A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
AL UNITED KINGDOM MINISTRY OF OVERSEAS DEVELOPMENT DE LA GRAN BRETAÑA  
A LA FACULTAD DE AGRONOMIA DE NICARAGUA ( INTA )  
A AGROINDUSTRIAS NICARAGUENSE DE REFORMA AGRARIA ( AGROINRA ) A TRAVES  
DE NUTRIENTES BALANCEADOS ( NUTRIBAL )  
A FERMENTACIONES MEXICANAS S.A. ( FERMEX )**

## **AGRADECIMIENTO**

**A los miembros del Comité Asesor de esta Tesis por su acertada dirección, colaboración y estímulo durante la realización de este trabajo. En especial a la Lic. Beatriz Murillo, a los Drs. J. Edgar Braham y Ricardo Bressani y al Ing. Roberto Jarquín.**

**A Thamara Juswigg y al Ing. Freddy A. Ramírez por su interés y colaboración en la realización de este trabajo.**

**Al Dr. Miguel Guzmán y al Lic. Bayardo Mejía por su valiosa ayuda estadística.**

**Al personal técnico y administrativo de la División de Ciencias Agrícolas y de Alimentos del INCAP que en forma desinteresada colaboraron en el desarrollo de este trabajo.**

**A todos mis compañeros y amigos, en especial a Manuel de Gracia, Arturo Romero, Rosalva Mora, Guillermo Bendaña, Guillermo Cruz y Mayela Bautista.**

**A mis profesores y a todos aquellos que de una forma u otra contribuyeron al desarrollo y culminación de este trabajo.**

## LISTA DE CUADROS

1. COMPOSICION DE LAS PREMEZCLAS DE VITAMINAS, MINERALES Y OTROS ADITIVOS PARA POLLOS DE ENGORDE.
2. COMPOSICION DE LA RACION TESTIGO ( PURINA BIO - UNO ENGORDE ).
3. COMPOSICION QUIMICA PROXIMAL DE LAS MATERIAS PRIMAS UTILIZADAS EN LAS RACIONES PARA POLLOS EN ENGORDE DE CINCO DIAS A CINCO SEMANAS DE EDAD, EN LOS DISTINTOS EXPERIMENTOS.
4. COMPOSICION QUIMICA PROXIMAL DE LAS RACIONES PARA POLLOS DE ENGORDE DE CINCO DIAS A CINCO SEMANAS DE EDAD. EXPERIMENTO 1.
5. COMPOSICION Y APORTE DE NUTRIENTES DE LAS RACIONES PARA POLLOS DE ENGORDE DE CINCO DIAS A CINCO SEMANAS DE EDAD. EXPERIMENTO 1.
6. AUMENTO DE PESO, CONSUMO DE ALIMENTO Y CONVERSION ALIMENTICIA DE POLLOS DE ENGORDE DE CINCO DIAS A CINCO SEMANAS DE EDAD. EXPERIMENTO 1.
7. COMPOSICION QUIMICA PROXIMAL DE LAS RACIONES PARA POLLOS DE ENGORDE DE CINCO DIAS A CINCO SEMANAS DE EDAD. EXPERIMENTO 2.
8. COMPOSICION Y APORTE DE NUTRIENTES DE LAS RACIONES PARA POLLOS DE ENGORDE DE CINCO DIAS A CINCO SEMANAS DE EDAD. EXPERIMENTO 2.
9. EFECTO DE LA SUPLEMENTACION CON TRES NIVELES DE LISINA Y DOS NIVELES DE  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  EN RACIONES PARA POLLOS DE ENGORDE DE CINCO DIAS A CINCO SEMANAS DE EDAD. EXPERIMENTO 2.
10. EFECTO LINEAL Y COMBINADO DE LA SUPLEMENTACION CON TRES NIVELES DE LISINA Y DOS DE  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  EN RACIONES PARA POLLOS DE ENGORDE DE CINCO DIAS A CINCO SEMANAS DE EDAD. EXPERIMENTO 2.
11. COMPOSICION QUIMICA PROXIMAL DE LAS RACIONES PARA POLLOS DE ENGORDE DE CINCO DIAS A CINCO SEMANAS DE EDAD. EXPERIMENTO 3
12. COMPOSICION QUIMICA PROXIMAL DE LAS RACIONES PARA POLLOS DE ENGORDE DE CINCO DIAS A CINCO SEMANAS DE EDAD. EXPERIMENTO 3.

13. COMPOSICION Y APORTE DE NUTRIENTES DE LAS RACIONES PARA POLLOS DE ENGORDE DE CINCO DIAS A CINCO SEMANAS DE EDAD. EXPERIMENTO 3.
14. COMPOSICION Y APORTE DE NUTRIENTES DE LAS RACIONES PARA POLLOS DE ENGORDE DE CINCO DIAS A CINCO SEMANAS DE EDAD. EXPERIMENTO 3.
15. ANALISIS DE VARIANZA DE LOS AUMENTOS DE PESO, CONSUMO DE ALIMENTO, Y CONVERSION ALIMENTICIA DE POLLOS DE ENGORDE DE CINCO DIAS A CINCO SEMANAS DE EDAD. EXPERIMENTO 3.
16. AUMENTO DE PESO, CONSUMO DE ALIMENTO Y CONVERSION ALIMENTICIA DE POLLOS DE ENGORDE DE CINCO DIAS A CINCO SEMANAS DE EDAD. EXPERIMENTO 3.
17. COMPOSICION QUIMICA PROXIMAL DE LAS RACIONES PARA POLLOS DE ENGORDE DE CINCO DIAS A CINCO SEMANAS DE EDAD. EXPERIMENTO 4.
18. COMPOSICION Y APORTE DE NUTRIENTES DE LAS RACIONES PARA POLLOS DE ENGORDE DE CINCO DIAS A CINCO SEMANAS DE EDAD. EXPERIMENTO 4.

FIGURA 1.

RELACION ENTRE CONSUMO DE ALIMENTO, AUMENTO DE PESO, Y CONVERSION ALIMENTICIA DE POLLOS DE ENGORDE DE CINCO DIAS A CINCO SEMANAS. ( EXPERIMENTO 1 ).

## CONTENIDO

	<b>Página</b>
<b>I. INTRODUCCION</b>	<b>1</b>
<b>II. REVISION DE LITERATURA</b>	<b>2</b>
<b>ALGODON ( <u>Gossypium herbaceum</u> )</b>	<b>2</b>
Tipos de harina de algodón	<b>3</b>
Efectos tóxicos de gosipol	<b>3</b>
Procesos Industriales sobre el valor nutritivo de la harina de algodón	<b>5</b>
Proteína en la dieta	<b>6</b>
Suplementación con otras proteínas	<b>7</b>
Suplementación con aminoácidos	<b>7</b>
Suplementación con sales de hierro y calcio	<b>8</b>
Ingesta calórica	<b>8</b>
Significancia práctica del gosipol en la formación de raciones	<b>9</b>
<b>YUCA ( <u>Manihot esculenta</u> )</b>	<b>9</b>
Toxicidad	<b>10</b>
Síntomas de envenenamiento por ácido cianhídrico en animales	<b>11</b>
Métodos de procesamiento para reducir la toxicidad del HCN	<b>11</b>
Valor nutritivo de la yuca	<b>11</b>
Uso en la alimentación animal	<b>12</b>
<b>HOJA DE YUCA</b>	<b>14</b>
La hoja de yuca como fuente de pigmento	<b>14</b>
<b>III. OBJETIVOS</b>	<b>17</b>
<b>IV. MATERIALES Y METODOS</b>	<b>19</b>
<b>V. RESULTADOS Y DISCUSION</b>	<b>29</b>
<b>VI. CONCLUSIONES</b>	<b>41</b>
<b>VII. RESUMEN</b>	<b>43</b>
<b>VIII. BIBLIOGRAFIA</b>	<b>47</b>
<b>IX. ANEXOS</b>	<b>59</b>

## I. INTRODUCCION

Es un hecho conocido que las proteínas de origen animal son superiores a las de origen vegetal, tanto desde el punto de vista nutricional como organoléptico.

Bressani y Elías (25) señalan que encuestas dietéticas realizadas en el area centroamericana han determinado que existe un déficit en cuanto a cantidad y calidad de proteína se refiere. El aspecto de calidad proteica de esta dieta es tal vez más dramático que el de cantidad, ya que la cantidad de proteína de origen animal respecto a la de origen vegetal es, por lo general, muy baja o completamente inexistente, especialmente en la dieta de la población del área rural y urbana marginal de nuestros países, que representan la mayoría. Estas poblaciones tienen como dieta base casi invariable maíz, arroz, frijol y otros vegetales. Un hombre adulto de 60 kg. necesita alrededor de 40 g de proteína de buena calidad. Si consume 500 g de una dieta a base de maíz y frijol en una proporción de 60:40, esta cantidad le proporcionará aproximadamente 55 g de proteína o sea 15 g más de lo que necesita; sin embargo, esta dieta, es de muy baja calidad nutritiva. Ahora bien, el consumo de alrededor de 30 g de carne de pollo como cantidad mínima, le proporcionaría la calidad de proteína que requiere.

La calidad nutricional entre las diferentes carnes de especies domésticas es prácticamente igual. Por lo tanto, la selección depende de circunstancias más bien económicas que nutricionales. A este respecto, el pollo tiene la ventaja de ser un animal de rápido crecimiento y de alta conversión alimenticia y cuya crianza resulta más económica que la de otras especies. A esto debe añadirse que el pollo forma parte de los hábitos dietéticos de la mayor parte de las poblaciones y es una carne popularmente aceptada.

El principal inconveniente que presenta su producción es el hecho de que este animal compite con el hombre por algunos alimentos básicos. En el caso de cereales es principalmente el maíz, usado como fuente de energía, y en el caso de leguminosas la soya, usada generalmente como fuente de proteína. Para el caso de los países del area centroamericana, la soya tiene que ser importada a un alto costo, lo que significa no solamente pérdida de divisas sino también dependencia de otros países. Por tales razones, se hace necesaria la búsqueda de otras fuentes alimenticias no competitivas y más baratas que sean producidas localmente en cantidades suficientes.

Dada sus características particulares, la yuca y la harina de algodón presentan una alternativa muy interesante en este aspecto. El presente trabajo tuvo por objeto, por lo tanto, la evolución de estas fuentes de Nutrientes en raciones para aves de corral.

## II. REVISION DE LITERATURA

### ALGODON ( *Gossypium herbaceum* )

La finalidad principal de este cultivo ha sido la producción de fibra, utilizada en industrias textiles y como segunda finalidad, la utilización de la semilla para la producción de aceite. En este proceso se obtienen como subproductos, además de fibra, la torta de algodón o la harina de algodón (H.A.).

Desde hace muchos años y en muchos países la H.A. se ha usado ampliamente en rumiantes y en cantidades limitadas en la alimentación de cerdos y aves de corral.

La H.A. constituye una fuente de proteína relativamente económica en el istmo Centroamericano, por consiguiente, su uso en la alimentación animal es de interés práctico.

Los factores de mayor importancia que restringen su uso en raciones para animales monogástricos son:

- A. La presencia del pigmento gosipol, el cual es tóxico en cantidades relativamente altas en especial para el cerdo (2,14,56), y que produce una coloración parda de la yema del huevo de gallina (89,101,109).
- B. El proceso de elaboración a que se somete la semilla para la extracción del aceite destruye la calidad de la proteína, reduciendo sobre todo la cantidad de lisina disponible, aminoácido que es esencial para el crecimiento y, por lo tanto, para crianza de animales (2,23).
- C. La presencia de grasas residuales y de los ácidos málvico y estercúlico que producen cambios de coloración de la clara de huevos de gallinas alimentadas con H.A. (69,101). Sin embargo, los hallazgos relativamente recientes en cuanto a mejores procesos industriales en la extracción del aceite de la semilla, o conocimientos nuevos referentes a la acción del gosispol, a los factores nutricionales limitantes en la H.A., así como a los hallazgos científicos de como contrarrestar los efectos del gosispol, han permitido que la H.A. pueda contribuir significativamente al incremento de la producción animal. Ya desde 1959 se ha utilizado H.A. de alta calidad nutritiva en la producción de alimentos de alto contenido proteínico para la alimentación humana (22,44).

### TIPOS DE HARINA DE ALGODON

Los procesos industriales dan origen, en el caso de la H.A., a un producto alimenticio que tiene una composición química y un valor nutritivo diferente, complicado por la presencia del pigmento tóxico llamado gosispol.

En Centro América, existen tres procesos industriales utilizados en la extracción del aceite de la semilla. Por su naturaleza, estos procesos tienden a reducir la calidad proteínica de la H.A., ya que el objetivo industrial es el de obtener la mayor cantidad posible de aceite. Sin embargo, el control adecuado de ciertas condiciones de procesamiento puede dar origen a harinas de alta calidad. Los tres procesos utilizados son: el de prensa, prensa-solvente y el de solvente.

### EFFECTOS TOXICOS DEL GOSIPOL

Bressani (19), en estudios llevados a cabo en diferentes especies animales, encontró que en orden decreciente de sensibilidad, los más susceptibles a la toxicidad del gosispol son el conejo, el cerdo, el perro y las aves.

Clawson y col (34) llevaron a cabo determinaciones de gosispol libre y total, así como de hierro en hígados de cerdos alimentados con raciones que contenían esos factores y encontró que el gosispol se encontraba en relación directa y el hierro en relación inversa al gosispol total ingerido.

Smith (114) en un trabajo de los más completos, haciendo uso de 18 cerdos que murieron al consumir dietas con 0.03o/o de gosispol, encontró varias lesiones patológicas de las cuales las principales se describen a continuación:

1. Dispnea
2. Respiración violenta
3. Congestión y edema pulmonar
4. Congestión del hígado
5. Hidrotórax
6. Hidropericardio
7. Edema en nódulos linfáticos
8. Dilatación del corazón
9. Hidropoeritoneo, congestión del riñón
10. Depigmentación, piel seca y quebrada

Es de interés indicar que la patología informada para el gosispol es muy parecida a la producida por otros factores como son:

- a) La ingestión de maíz contaminado por hongos
- b) El consumo de hidrocarburos
- c) La deficiencia de vitamina "E" asociada a la ingestión de dietas con un contenido alto de ácidos grasos insaturados.

d) **Ingestión inadecuada de proteínas, y en particular de lisina**

Todos estos factores destruyen las células hepáticas de una manera similar a como lo hace el gósipol; sin embargo, no se ha podido establecer si existe un componente común en todos que pueda explicar los efectos observados.

Meksongee y Clawson (80) llevaron a cabo estudios metabólicos en diferentes especies animales ( cerdos, conejos y ratas ) para ver el efecto que el gósipol tenía sobre la actividad enzimática. Ellos utilizaron niveles hasta de 125 mg de gósipol libre y midieron la actividad de la citocromo oxidasa, succino oxidasa y succino deshidrogenasa en tejidos de hígado, corazón y riñón. Los resultados mostraron que no existió diferencia en actividad enzimática entre los animales en los tratamientos con gósipol y los del control para ninguna de las enzimas o tejidos estudiados aun cuando los animales mostraron un alto grado de toxicidad. Braham y Bressani (18), en un estudio similar en ratas, utilizaron niveles de gósipol libre de 3 a 109 mg/o, y observaron que cuando el nivel de gósipol libre en la dieta era de 40 mg/o, los niveles de transaminasas ( glutámica-pirúvica y glutámica-oxaloacética ) en el suero sanguíneo comenzaron a elevarse y en el hígado a decrecer. En este mismo estudio se encontró que a medida que el nivel de gósipol libre se incrementa en las dietas, la ganancia en peso, lo mismo que la absorción de hierro decreció en los animales.

Bressani y col (21) en experimentos realizados con perros y por otro lado Braham y col (17) en experimentos usando ratas y cerdos, estudiaron la absorción de gósipol en las diferentes especies, llegándose a determinar de ambos resultados que las heces contenían una mayor cantidad de gósipol libre que la ingerida, hecho que sugiere que hay cierta liberación del gósipol ligado por hidrólisis.

Lyman y otros (72), usando gósipol radiactivo en pollos, encontraron que alrededor del 85o/o de la radiactividad se encontraba en las heces y que cerca del 15o/o estaba distribuida en varios tejidos, siendo el hígado el órgano que acusaba la mayor parte de ella.

Bressani y col (24) realizaron estudios con ratas y pollos en crecimiento de un día a cuatro semanas de edad. El contenido de proteína de la H.A. fue de 50o/o, el de gósipol libre varió de 50 a 54 mg/o y las dietas suministraron, en el caso del estudio con ratas 10o/o de proteína y en el de pollos, el 20o/o de proteína proveniente de la harina de algodón, lo que representó, el 20 y el 40o/o de H.A. en las raciones respectivas. Los resultados mostraron, en ambos casos, pobres incrementos en peso lo cual no se debió al contenido de gósipol sino a una menor ingesta de alimento.

Richardson y Blaylock (105), en estudios con pollos ( White Leghorn x New Hampshire ) utilizaron dietas a base de H.A. que contenían 20o/o de proteína y valores de gósipol libre que variaron de 0.033 a 0.04o/o. Estas dietas no fueron tóxicas hasta un nivel de 50o/o de H.A. No obstante, una de las dietas que contenía 0.116o/o de gósipol fue bastante tóxica a un nivel de 35o/o.

Lipstain y Bornstein (67), en experimentos realizados también en pollos, utilizaron el "Soapstock" ( subproducto graso derivado del aceite de semilla de algodón ) como fuente de gósipol hasta un nivel de 0.1o/o, y no observaron ninguna detención de crecimiento, en contraste con lo encontrado por otros investigadores (58,93) que utilizaron niveles diferentes. Curtin y Raper (41) trataron de explicar estas diferencias sugiriendo que el gósipol en el "soapstock" no es tan tóxico como el gósipol libre que contiene la harina de semilla de algodón.

Mucho se ha tratado de hacer para controlar los efectos adversos del gósipol y algunas actividades al respecto se enumeran a continuación:

1. Desarrollo de variedades de algodón sin gósipol
2. Desarrollo de procesos industriales que eliminen el gósipol
3. Cambios en la cantidad y calidad de proteína de la dieta
4. Adición de las sales minerales sulfato ferroso e hidróxido de calcio

#### PROCESOS INDUSTRIALES SOBRE EL VALOR NUTRITIVO DE LA H. A.

Wallace y col (126) en Florida, en experimentos con cerdos Duroc, estudiaron la comparación del valor proteínico de H. A. provenientes de diferentes procesos. Los niveles de H.A. usados fueron de 33.5 a 36.5o/o dependiendo del contenido proteínico de la harina. Las dietas además contenían maíz amarillo, sales minerales y vitaminas. El aporte proteínico de la dieta fue de 18 a 19o/o.

Los resultados mostraron lo siguiente:

- El crecimiento de los cerdos alimentados con harina producida por solvente fue muy pobre, no obstante no ocurrieron muertes. Se informó la presencia de signos patológicos de origen nutricional en la piel, como descamación y llagas en todo el cuerpo; también el color del pelo cambió de rojo a amarillo.
- La H. A. producida por prensa hidráulica causó mejor crecimiento, pero 75o/o de los cerdos murieron entre los 46 y 55 días de iniciado el estudio; la adición de vitamina "A" o de tiamina no causó ningún cambio.
- Resultados similares se obtuvieron con harina obtenida por el método de prensa tornillo.
- La harina obtenida por expeller no indujo mortalidad y las ganancias en peso fueron las mejores. La suplementación con vitaminas del Complejo B, lisina y metionina no mejoraron el aumento de peso.
- La relación entre el aumento en peso o la mortalidad y los niveles de gósipol ingeridos no muestra una correlación clara, aunque los datos indican que los niveles bajos de gósipol favorecen el crecimiento de los animales.

Jarquín y col (63) en otro estudio en INCAP, usaron tres H.A. de producción Centroamericana. Se emplearon niveles de H.A. de 23.2 a 27o/o según su contenido proteínico. Para aislar el efecto de gopiol del de la proteína, las dietas fueron suplementos con  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  y  $\text{FeSO}_4$ . La harina que indujo el mejor crecimiento y eficiencia de utilización fue la obtenida por expeller comparada con la de solvente y pre-prensa solvente. Sin embargo, los aumentos de peso fueron menores comparados con los obtenidos con la harina de soya. Los autores indican que las diferencias en pesos observados no podían explicarse en base al gopiol libre en las dietas ni al contenido de lisina disponible en las tres harinas.

Heywang y Bird (59), llevaron a cabo varios experimentos para determinar la relación entre los diferentes procesamientos, niveles de gopiol libre en las dietas y el crecimiento de pollos New Hampshire y White Leghorn. Estos fueron alimentados con H.A. procesadas por el método de prensa solvente y prensa tornillo. Los niveles de gopiol libre aportados por las dietas variaron de 0.008 a 0.075o/o ( por el agregado de gopiol puro ). La duración del estudio fue de 6 semanas. Los datos obtenidos para crecimiento, consumo de alimentos y eficiencia de utilización, indican que el contenido de gopiol libre en las dietas no debe ser mayor de 0.016o/o cuando se alimenta a pollos White Leghorn o mayores de 0.020o/o cuando se alimenta a pollos New Hampshire. La mortalidad fue baja en cada experimento, siendo de más o menos 1 5o/o de todos los pollos usados, a excepción de una prueba en que se usaron altos porcentajes de gopiol puro y murieron a las 5 semanas.

#### PROTEINA EN LA DIETA

En estudios realizados por varios investigadores se ha encontrado que los niveles de tolerancia al gopiol varían con la cantidad de proteínas en la dieta como también con la calidad de la proteína.

Gallup y Reder (54), en estudios llevados a cabo con ratas, encontraron que el efecto tóxico del gopiol disminuía mediante el uso de altos niveles de proteína en la dieta. Otra evidencia a este principio ha sido presentada por Bressani, Elías, y Porras (24) utilizando también ratas como animales experimentales. Estos observaron un mayor consumo de alimento y aumento de peso a los más altos niveles de proteína de dietas basadas en H.A.. Hale y Lyman (57), en trabajos con cerdos, estudiaron la relación del nivel de proteína en la dieta con respecto a la tolerancia del gopiol. Ellos encontraron que el nivel de 0.01o/o de gopiol libre causó efectos adversos en los animales alimentados con dietas que contenían 15o/o de proteína. No obstante, cuando la ración contenía 30o/o de proteína, y el contenido de gopiol libre era de 0.30o/o de proteína, no se observaron síntomas de toxicidad ni bajas en pesos, indicando que el mayor nivel proteínico protege al animal contra los efectos del gopiol. Esto podría ser interpretado como el resultado de una ingestión de proteína de mejor calidad nutritiva o que las deficiencias de aminoácidos en la dieta con 15o/o de proteína ya no existían al aumentar la proteína al 30o/o.

#### SUPLEMENTACION CON OTRAS PROTEINAS

Se han llevado a cabo también experimentos de suplementación con otras proteínas, para estudiar el efecto que tiene sobre el valor nutritivo de la H.A. Así, Wallace y col (126), Braham y col (14), y Robinson (107), en trabajos con cerdos, al suplementar la harina de algodón con otras fuentes de proteína encontraron que:

1. La suplementación de 50o/o de la H.A. con harina de soya, en general mejoró el crecimiento y eficiencia de utilización del alimento con esta dieta, que con solo harina de soya o solo H.A.; esto podría ser explicado en base al mayor contenido de lisina en la proteína de soya.
2. El agregado de 50o/o de harina de ajonjolí no mejora el comportamiento de los animales cuando se usa en combinación con H.A.
3. La adición de residuos de carne, que es un producto rico en lisina, mejora el crecimiento de los animales y la eficiencia de utilización y también reduce la mortalidad según los autores.

Richardson y Blaylock (105) en estudios con pollos en crecimiento, de un día a seis semanas de edad, utilizando dietas que contenían como fuente de proteína una combinación de soya y H.A. en una proporción de 20/30o/o con un aporte de proteína de 8.4 y 11.6o/o respectivamente, determinaron que ésta combinación proteínica, cuando era suplementada con 10 a 20 mg de vitamina  $\text{B}_{12}$  cristalizada, mantenía un grado de crecimiento tan rápido como solo soya, pero sin el agregado de la vitamina  $\text{B}_{12}$  el crecimiento era subnormal.

#### SUPLEMENTACION CON AMINOACIDOS

Con respecto a la suplementación con aminoácidos, se han llevado a cabo algunos estudios con el agregado de lisina principalmente, aminoácido que es el primer limitante de la H. A., y se han obtenido en trabajos realizados con cerdos, entre otros, los siguientes resultados:

En los estudios de Wallace y col. (126) la adición de 0.4o/o DL-lisina no causó ninguna mejora, sin embargo la adición de 0.8o/o de la misma sí resultó en mejores ganancias de peso. Los autores no dieron explicación a esto, pero en parte podría ser que la DL-lisina es utilizada solamente en un 50o/o. Respecto a la metionina, algunos autores han encontrado respuesta en crecimiento cuando se ha suplementado a dietas de H. A. por ejemplo, Anderson (4) y Grau (55) en pollitos y Cuca y Murillo (39) en pavitos no encontrando respuesta a la suplementación y Wallace y col (126) indican que el agregado de este aminoácido reduce el crecimiento de los animales, aun en presencia de lisina.

## SUPLEMENTACION CON SALES DE HIERRO Y CALCIO

En estudios "in vitro" llevados a cabo por Jonassen y Demint (64) se encontró que el gosipol se unía al hierro (Fe) en la proporción de 1:1. Estudios posteriores confirmaron este hecho (102), así como la oxidación del gosipol por este metal.

Smith, y Clawson (115), en trabajos con cerdos, utilizaron esa proporción de 1:1 de Fe a gosipol libre y observaron respuestas positivas en cuanto a aumento de peso y consumo de alimento. Similares respuestas han encontrado Villa (125), y Murillo y Cuca (88), utilizando gallinas en postura.

Jarquín y col (62), en estudios llevados a cabo en cerdos utilizando dietas con 42o/o de harina de algodón y conteniendo 100 mg/o de gosipol libre, encontraron que el efecto adverso del gosipol era completamente eliminado mediante la adición de 0.1o/o de  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  y 1o/o de  $\text{Ca(OH)}_2$ .

Bressaniet al (20) observaron "in vitro" que el  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  y el  $\text{Ca(OH)}_2$ , al adicionarse junto, tenían un efecto sinérgico en decrecer el gosipol libre.

Braham y Jarquín (16), en cerdos, encontraron buena respuesta al agregado combinado de  $\text{Fe SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  con  $\text{Ca (OH)}_2$ ; cuando el contenido de gosipol libre en la dieta, era bajo. Pero cuando éste ascendió a 44 mg.o/o, la adición de  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  y  $\text{Ca(OH)}_2$  solos o en combinación, no tuvo respuesta en el crecimiento ni en la conversión alimenticia.

Por su parte, Gallup (53) y Clawson et al (36) en estudios con gallinas ponedoras, alcanzaron sólo un limitado éxito en la eliminación del color anormal de los huevos producido por el gosipol al adicionar Fe a la ración en diversas formas.

## INGESTA CALORICA

Se ha observado que la ingesta calórica tiene influencia sobre la ganancia de peso. Jarquín y col. (63), en un estudio efectuado con cerdos, evaluaron la respuesta a dietas con diferentes niveles de calorías, 344-376-403 Kcal/100g. La dieta contenía 42o/o de harina de algodón y 44.9o/o de harina de maíz. El contenido de gosipol libre de la harina de algodón fue de 0.02 - 0.08o/o. Los mejores índices de utilización del alimento se obtuvieron con el mayor contenido calórico; además, no hubo mortalidad en este grupo. También es importante señalar que la ingestión de alimento fue menor cuando había mayor nivel calórico en la dieta resultando, por consiguiente, en una menor ingestión de gosipol.

Hill y Totsuka (60) realizaron trabajos en los cuales estudiaron, en pollos, la influencia que podía tener diferentes niveles de gosipol libre sobre la energía metabolizable (EM) de la H.A. Ellos observaron, con niveles graduales de gosipol libre de 0 a 96 mg, que cuando el contenido de gosipol libre en la dieta fue de 46 mg hubo una marcada reducción en el consumo y utilización de la EM. Señalan que ese decrecimiento en EM pudo ser debido a una interferencia del gosipol con la digestión y/o absorción de proteínas o carbohidratos de la H. A.

## SIGNIFICANCIA PRACTICA DEL GOSIPOL EN LA FORMULACION DE RACIONES

1. Conociendo las limitaciones de la inclusión de niveles máximos de gosipol en una ración específica y las características de la H. A. a ser incluida, puede formularse científicamente una ración para hacer uso máximo de la H. A.
2. La H. A. usada en la mayoría de raciones para no rumiantes, es influenciada más por fibra, energía y niveles de aminoácidos en la harina, que por niveles de gosipol.
3. Los niveles de H. A. en una ración particular dependen de tres factores:
  - a) Restricción o especificaciones impuestas en la ración ( máximas o mínimas ).
  - b) El aspecto económico pertinente o ingredientes individuales o combinación de ingredientes.
  - c) La composición química de la H. A. y de fuentes alternativas de proteína (65).

## YUCA ( *Manihot esculenta* )

La yuca es una herbácea de la familia de las Euforbeáceas, subfamilia Crotonoideas, género *Manihot*, cuya raíz contiene elevada cantidad y excelente calidad de carbohidratos.

Rogers y Appan (108), señalan de acuerdo a estudios taxonómicos efectuados en varias especies que éstas son sinónimas de *Manihot esculenta*. Entre éstas se incluyen: *M. utilíssima*, *M. aipi*, *M. dulcis*, *M. flexuosa*, *M. diffusa* y otras.

La distinción entre yuca dulce y yuca amarga que se encuentra en algunos trabajos de hace algún tiempo no es válida, ya que el contenido del glucósido linamarina que genera ácido cianhídrico, que es el que las distingue, es muy variable y depende en parte de las condiciones del cultivo (83).

De acuerdo con Teixeira Méndes (120), la raíz de la yuca está constituida por tres partes: una película fina que corresponde al 1.40o/o de la raíz; una membrana gruesa donde se encuentra el glucósido tóxico, que corresponde al 13.8o/o, y un cilindro central, rico en almidón que corresponde al 84.8o/o de la raíz.

Este mismo autor ha estudiado una gran variedad de yucas, encontrando que la mayoría posee un contenido de almidón superior al 30o/o. No encontró, sin embargo, ninguna correlación entre el contenido de almidón y el ácido cianhídrico, siendo esto una observación de mucha importancia, en vista de que se cree que la yuca brava contiene más ácido cianhídrico que la yuca mansa.

Con respecto al contenido de proteína cruda, Maner (74), indica que en la mayoría de las variedades de yuca éste no exceden 30/o cuando se expresa en base seca Sin embargo, López y col. (68), encontraron una especie, la *Manihot carthagenesis*, que contiene cerca de 15.40/o de proteína cruda cuando se expresa en base seca. A este respecto, Maner y Daniels (75), indican que la totalidad del nitrógeno presente en la yuca no se encuentra en forma de proteína, siendo el 50 a 600/o del nitrógeno total, nitrógeno no proteico (NNP), y que el porcentaje de NNP es mayor en la corteza que en la pulpa. Esto no concuerda con los resultados obtenidos por Oyenuga (98), quien informó que el 870/o del nitrógeno de la corteza es proteína y el 670/o en la raíz cruda.

Toselo (123), mediante determinaciones aminoácidas en harina de yuca, encontró que el aminoácido más limitante es la metionina.

Con relación al contenido de ácido cianhídrico, Echandi (46), informa que la raíz de yuca contiene grandes cantidades y Nemoto (92), cita como valores normales de ácido cianhídrico: 27 a 37 mg/Kg y asevera que las cantidades residuales del ácido se destruyen por el proceso de cocción.

## TOXICIDAD

Está bien establecido que la presencia de un factor tóxico en la raíz de la yuca representa problemas en lo que respecta a su utilización como alimento para animales monogástricos.

Oke (97), ha indicado que el factor tóxico existente en la raíz de yuca es ácido cianhídrico ( HCN ) también llamado ácido prúsico. Sin embargo, se ha determinado que el HCN no existe libre sino como glucósido cianogenético. Muller y col (86), informan que el ácido cianhídrico solo se libera del glucósido por acción de la enzima linamarasa que existe naturalmente en la planta, aunque para que eso suceda es condición necesaria que la planta sea cortada, o que la raíz de yuca sea dañada durante su procesamiento. En la yuca se han identificado los beta-glucósidos linamarina (2 (-D-glucopiranosiloxi-isobutironitrilo ) y lotaustralina (2 -D-glucopiranosiloxi-2 metilbutironitrilo ). La proporción en la que la linamarina y la lotaustralina se encuentran en la yuca es de 96/4, según Butler (30), de 93/7, según Nartley (90) y de 97/3 según Bisset y col. (11).

## SINTOMAS DE ENVENENAMIENTO POR ACIDO CIANHIDRICO EN ANIMALES

Oke (97), señala que los síntomas de un envenenamiento agudo con HCN son una respiración acelerada y profunda, pulso acelerado, falta de reacción a estímulos y movimientos musculares espasmódicos. Peters y Van Syke (100), sugieren que la mayoría de los síntomas de envenenamiento pueden explicarse teniendo como base la afinidad del HCN por los iones metálicos tales como cobre y hierro. Se combina con la hemoglobina para formar cianohemoglobina, la cual no es un transportador de oxígeno. El HCN forma también una combinación reversible con el cobre de la oxidasa citocrómica, la cual inhibe sus funciones como enzima oxidativa en el traslado de electrones y constituye un ejemplo clásico de anoxia histotóxica. El cuerpo posee la propiedad de eliminar ciertas cantidades de HCN, pero estas cantidades varían según la especie, la condición física, el consumo de nutrientes y probablemente otros factores no identificados. Se sabe que una enzima llamada "rhodanasa" causa la reacción del HCN con tiosulfato o con azufre coloidal bajo condiciones aeróbicas, para producir el tiocianato que es el producto de la detoxificación.

## METODOS DE PROCESAMIENTO PARA REDUCIR LA TOXICIDAD DEL HCN

- a) Secamiento en horno con aire forzado, a temperaturas moderadamente altas de 70-80°C
- b) La cocción en agua
- c) El secamiento al sol.

Estos son los métodos más efectivos, dependiendo de la manera como se lleven a cabo.

## VALOR NUTRITIVO DE LA YUCA

Barrios y Bressani (10), en un estudio hecho con 8 variedades de yuca centroamericana, indican que la yuca completa es pobre en proteína pero rica en carbohidratos, sobre todo en almidón, considerándola por lo tanto como una fuente energética excelente.

Muller y col. (86), han demostrado que el valor calórico de la harina y la digestibilidad del almidón de la yuca son relativamente elevados, cuando se comparan con el valor calórico y digestibilidad de los cereales y que el contenido proteínico, vitamínico y mineral de los productos de la raíz es insignificante, desde el punto de vista de su valor nutritivo.

## USO EN LA ALIMENTACION ANIMAL

El uso de la yuca en la alimentación animal se ha visto incrementado día a día dado sus características deseables de producción y aceptabilidad. Mejía (79), en estudios llevados a cabo con cerdos en etapas de crecimiento y acabado, usó en las raciones niveles de 20 y 40o/o de harina de yuca secada al sol para reemplazar cantidades similares de maíz. Los resultados mostraron que la tasa de crecimiento de los dos primeros grupos fue similar y la mejor respuesta se obtuvo con el grupo alimentado con 40o/o de harina de yuca, lo cual no indica que ésta tenga un valor nutritivo igual o superior a la del maíz, pero sí que sus valores energéticos son similares.

Da Silva (42), por su parte, llevó a cabo una serie de experimentos utilizando diferentes mezclas de soya, caupí, maíz y yuca.

Los resultados obtenidos se resumen de la siguiente manera:

- a) La mezcla que presentó mayor respuesta fue la de la soya-maíz, por sus características de complementación.
- b) La mezcla soya-yuca dió mejores resultados que la de caupí-yuca, debido, posiblemente, a que el patrón de aminoácidos de la soya es mejor que el del caupí o-tal vez debido a la inferior palatabilidad del caupí para el cerdo.
- c) El tratamiento tecnológico mejoró notablemente el valor nutritivo de las mezclas de caupí-yuca y caupí-maíz.
- d) La mejor calidad de la proteína con respecto a la mezcla yuca-caupí se obtiene con la proporción 50:50.
- e) Con respecto a la adición de metionina, se observó que sólo es efectiva cuando se utilizaron las proporciones 70:30 y 50:50 de harina de yuca y frijol caupí respectivamente.

Enríquez y Ross (48), en trabajos con pollos White Leghorn, trataron de determinar el valor nutritivo de la harina de yuca en raciones isonitrogenadas que contenían como base soya y maíz. Ellos encontraron a las 3 semanas una baja en crecimiento y conversión alimenticia con el incremento de harina de yuca en la ración.

Los mismos autores (49), en trabajos con pollos en crecimiento y gallinas en postura ( de 6 a 20 semanas y de 20 a 48 ), sustituyeron al maíz por harina de yuca en dietas isonitrogenadas a nivel de 10, 25 y 50o/o. En el caso de los pollos en crecimiento, la única ración que fue menos eficiente significativamente con referencia al patrón soya-maíz fue la que contenía 50o/o de harina de yuca. Con respecto a las aves en postura ( 20 - 48 semanas ) y hasta el nivel de 50o/o de H. de yuca, no

mostraron diferencias significativas en cuanto a producción de huevos, tamaño y dureza de la cáscara, ganancia en peso y conversión alimenticia.

Wyllie y Kinabo (128) realizaron tres experimentos con pollos en crecimiento para investigar el efecto de sustituir el maíz por la yuca y establecer niveles óptimos de metionina y sulfato en dietas prácticas basadas en yuca. En el primer experimento se sustituyó al maíz por harina de yuca en 0, 33, 67, y 100o/o. En un sexto tratamiento el 10o/o de la yuca, en la dieta que no contenía maíz, se sustituyó por melaza de caña. La ganancia en peso vivo y la eficiencia de conversión empeoraron en forma lineal a medida que la proporción de yuca en la dieta se incrementó. El incluir 10o/o de melaza en una dieta basada en yuca mejoró poco su comportamiento. El peso de las glándulas tiroideas se incrementó cuando el maíz fue sustituido completamente por la yuca.

En el segundo experimento usaron una dieta práctica, que contenía 50o/o de yuca y 14.75o/o de soya, suplementada con 0. 0.15 ó 0.30o/o de metionina y 0.15 y 0.30o/o de sulfato de sodio. Observaron un aumento lineal en la ganancia en peso vivo con las adiciones de metionina tanto de cero como de 0.15 de sulfato de sodio. Sin embargo, los niveles mayores de metionina no tuvieron efecto en la presencia de 0.30o/o de sulfato de sodio. No hubo efecto significativo sobre la ganancia en peso vivo al incluirse solo sulfato de sodio en la dieta.

El tercer experimento, lo llevaron a cabo haciendo uso de dietas basadas en yuca conteniendo 0. 0.20, 0.40 ó 0.60o/o de metionina adicional ó 0.15, 0.30, 0.45 ó 0.60 de sulfato de sodio. Hubo una reducción lineal en peso vivo a medida que se incrementó el nivel de metionina. No hubo efecto significativo del sulfato sobre la ganancia en peso o del sulfato o la metionina sobre el consumo de alimento o sobre la conversión alimenticia.

Montilla, Méndez, y Wiedenhofer (84) utilizaron, en pollos en crecimiento de 0 a 6 semanas, harina integral de tubérculo de yuca secada al sol a los niveles de 0, 15 y 30o/o en sustitución del maíz. Los aumentos de peso, en los tres niveles, fueron similares con respecto a una dieta control; no obstante, el índice de conversión favoreció a esta última. Ellos concluyen de su trabajo, que este tipo de harina puede sustituir favorablemente al maíz a niveles de hasta 30o/o.

Estos mismos autores (85) encontraron que ese mismo nivel puede ser utilizado en raciones iniciadoras y finalizadoras para pollos de engorde sin efectos detrimentales en cuanto a aumento de peso y conversión alimenticia.

Chou Kai Chih y Muller (33) incorporaron hasta 58o/o de harina de raíz de yuca en raciones para pollos de engorde sin que se afectara la capacidad productiva de las aves.

No obstante, Maner y Santos (73) también en pollos de engorde, hasta las cuatro semanas, y Enríquez, Arteaga, y Avila (50), hasta las ocho semanas, encontraron, que a un nivel de sustitución de 30o/o no se observan diferencias en crecimiento. Pero, a un nivel de 45o/o se reduce significativamente la ganancia en peso.

Enríquez y Ross (49), y Enriquez et al (50), mostraron que la yuca puede sustituir totalmente al maíz de la dieta de gallinas sin efectos adversos en la producción, peso del huevo o peso corporal.

Enriquez, Shimada, y Avila (51), también en gallinas, sustituyeron al maíz por una mezcla de yuca y pulido de arroz en la relación 60:40, y no observaron diferencias en cuanto a producción, peso del huevo o conversión alimenticia. Pero sí en cuanto a consumo de alimento.

Por otro lado, Manjarrez et al (76) en cerdos en etapa de crecimiento y finalización, determinaron que esa misma mezcla cuando sustituía al 50o/o del maíz, daba mejores resultados.

Por su parte, Calderón, Maner, y Gómez (31), observaron efectos significativos cuando agregaron metionina a dietas para ratas conteniendo 82o/o de harina de yuca y 10o/o de caseína.

## HOJA DE YUCA

### LA HOJA DE YUCA COMO FUENTE DE PIGMENTO

Las dos mayores fuentes naturales de pigmentos ( Xantofilas ) en dietas para aves son el maíz amarillo y la alfalfa. Además existen otros materiales tales como el chile pimienta (27), harina de lechuga deshidratada (110), harina de trébol (103) y carotenoides sintéticos puros (77,118,119), que han sido estudiados por su potencial de pigmentación para incorporarlos en dietas para aves, con la finalidad de aumentar la concentración dietaria de pigmentos

La harina de hojas de yuca dado su contenido de xantofilas y su amplia disponibilidad en nuestros países es un material que puede ser utilizado eficientemente en la pigmentación tanto de pollos de engorde como de gallinas ponedoras.

Terra (121), afirma que puede obtenerse rendimientos de 7 a 20 toneladas de hoja de yuca por hectárea y por año, dependiendo del clima y manejo del cultivo. Por otro lado, de acuerdo a evaluaciones realizadas en la facultad de agronomía de la Universidad Central de Venezuela, la producción de follaje de yuca por hectárea cuando este cultivo se destina exclusivamente para obtener este material, es de 150 toneladas por año (82).

El uso de esta fuente se ve afectada a cierto nivel en su valor nutritivo por tres factores:

- a) El contenido de fibra
- b) El contenido de HCN
- c) El contenido de metionina

Oke (96), indica que el contenido de fibra cruda de las hojas de yuca varía entre 6.4o/o y 10.3o/o. Montaldo (81), por su parte, encuentra valores más altos entre 9.0 y 16.6o/o con un promedio de 12.9o/o.

Muñoz y Casa (87), Brujin (28), Collens (37) y otros, se han referido a la presencia de HCN en las hojas de yuca. Por otro lado, Luyken y col (70), Busson (29), Barrios (10) y otros, han determinado que el aminoácido limitante en la proteína de hojas de yuca es la metionina.

### **III. OBJETIVOS**

#### **A. GENERAL**

**Contribuir al estudio del valor nutritivo de materias primas producidas en el área Centroamericana, tales como la harina de algodón, harina de yuca y harina de hoja de yuca, para desarrollar mezclas que pueden sustituir total o parcialmente a materiales de importación o competitivas con el hombre como la soya, el maíz y pigmentos, en la alimentación de pollos de engorde.**

#### **B. ESPECIFICOS**

- 1. Determinar el nivel óptimo de sustitución de la proteína de soya por la de harina de algodón.**
- 2. Estudiar el efecto de la suplementación de tres niveles de lisina y dos niveles de sulfato ferroso heptahidratado (  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  ) en bloquear la acción del gossipol libre en raciones a base de harina de algodón.**
- 3. Determinar el nivel óptimo de sustitución del maíz por una mezcla a base de harina de yuca y soya ( 85.7 y 14.3o/o ) en raciones con dos fuentes de proteína.**
- 4. Estudiar la posibilidad de usar la harina de hoja de yuca como fuente de pigmento en raciones para pollos de engorde, que contengan una mezcla a base de yuca y soya en sustitución del maíz.**

## IV. MATERIALES Y METODOS

### MATERIA PRIMA

1. Harina de torta de soya (*Glicine max*).

Se usó harina de soya comercial, cuyo contenido aproximado de proteína cruda ( N x 6.25 ) fue de 46.00o/o.

2. Harina de algodón (*Gossypium herbaceum*)

Se utilizó una harina de algodón de alta calidad, con un contenido de proteína cruda de 52.50o/o, procesada por prensa solvente y tamizada, lo que le impartió una textura fina. El contenido de gopiol libre de esta harina fue de 105 mg/100 g y de lisina disponible de 3 g/16 g N.

3. Harina de maíz amarillo (*Zea mays*).

La harina de maíz provino de maíz amarillo entero, el cual fue molido en un molino de martillo marca "N O G U E I R A" de 4.5 H.P. y 1740 RPM, para la obtención de la harina. El contenido de proteína cruda del maíz amarillo fue de 8.40o/o.

4. Harina de yuca (*Manihot esculenta*)

Harina de yuca de la variedad "Cubana", de sabor dulce, cultivada, cosechada, troceada sin descascarar, secada al sol y empaquetada en Nicaragua por la industria "Yucasa", la cual fue molida igual que el maíz amarillo para obtener la harina. El contenido de proteína cruda de esta harina fue de 2.10o/o.

5. Harina de hoja de yuca.

Harina de hoja de yuca, cosechada, deshidratada al sol y molida en Nicaragua, por la industria "Yucasa", con un contenido de 16o/o de proteína cruda y con un contenido promedio de beta caroteno, de 12.37 mgo/o.

6. Mezcla de harina yuca - soya

Para la obtención de esta mezcla, se pesaron individualmente las diferentes proporciones de los materiales, las cuales fueron de 85.7 y 14.3o/o de yuca y soya respectivamente. Luego, la mezcla fue homogenizada en una mezcladora tipo en "V".

Esta mezcla fue elaborada con la finalidad de sustituir al maíz, por lo tanto, por cálculo contenía un porcentaje de proteína cruda igual al del maíz amarillo (8.40o/o). Por análisis sin embargo, mostró contener 7.90o/o de proteína cruda.

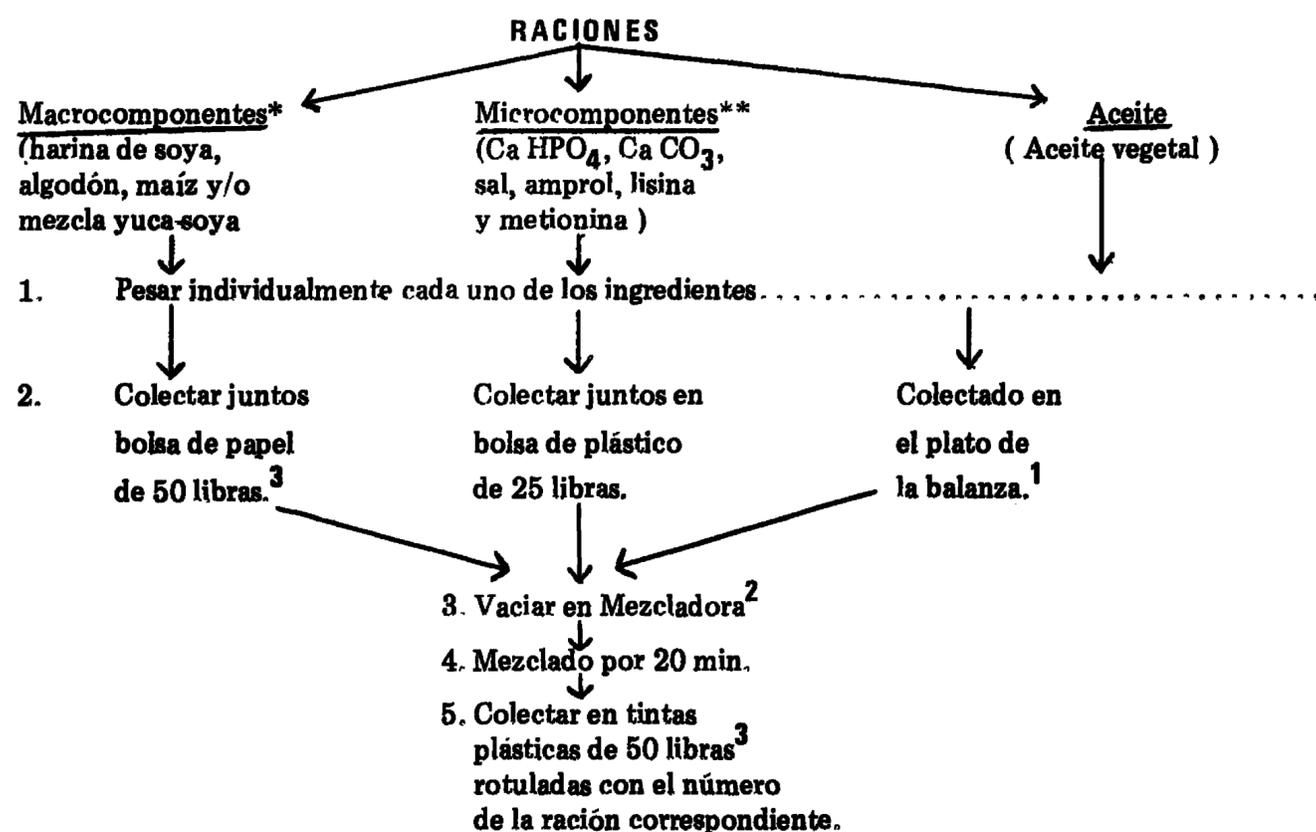
## 7. Suplementos y aditivos.

- 7.1 Fosfato de calcio ( $\text{CaHPO}_4$ ) que contenía por análisis 26o/o de Ca y 15o/o de P.
- 7.2 Carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) con un contenido analizado de Ca de 40o/o.
- 7.3 Sal yodada: Comercial
- 7.4 Aceite vegetal: Aceite refinado de semilla de algodón.
- 7.5 Premezcla de vitaminas y minerales traza cuya composición se detalla en el Cuadro 1.
- 7.6 Coccidiostato: Amprol. Merk Sharp and Dohme, de Mexico, S. A. de C. V.
- 7.7 L - Lisina: Fermentaciones Mexicanas S. A. (FERMEX).
- 7.8 L - Metionina: Fermentaciones Mexicanas S. A. (FERMEX).

### PREPARACION DE RACIONES

Para la preparación de las raciones de los distintos experimentos se siguieron cinco pasos comunes, los cuales se enumeran en el siguiente diagrama

#### DIAGRAMA DE PREPARACION DE RACIONES



\* Los ingredientes utilizados en cada una de las raciones, dependieron del tipo de experimento.

\*\* Los microcomponentes fueron pre-mezclados por medio de agitación manual antes de ser vaciados junto con los demás ingredientes de la ración en la mezcladora

- 1 Balanza con capacidad de pesada de 20 kg. y con plato de acero inoxidable.
- 2 Mezcladora tipo en "V" de 3/4 H.P., 1,725 RPM y con una capacidad de mezclado de 25 Kg.
- 3 Se utilizaron bolsas y recipientes plásticos para 50 libras debido a que esa era la capacidad máxima de la mezcladora.

### ANIMALES

#### AVES:

Se utilizaron pollos de engorde de la raza Arbor Acres de 5 días de nacidos, provenientes de lotes de aves comerciales.

#### INSTALACIONES

Los pollos fueron alojados en jaulas de malla metálica colocados en batería, provistos de comedores y bebederos comunes y con capacidad para 10 pollos hasta la edad de 5 semanas.

#### DISTRIBUCION DE LAS AVES

Los pollos, en cada uno de los experimentos, fueron distribuidos al azar en los diferentes tratamientos luego de haber sido pesados individualmente con la finalidad de formar grupos homogéneos.

#### MANEJO

Los pollos de un día de nacidos hasta los 5 días de edad fueron mantenidos en grupos de cien, alimentados con una ración comercial para pollos de engorde y a temperatura controlada entre 26 y 30°C por medio de focos de luz infrarroja como fuente de calor.

Desde el inicio de los experimentos, a los 5 días, hasta las 2 semanas y media la temperatura del cuarto donde se ubicaron los pollos fue controlada a más o menos 26°C mediante el uso de calentadores eléctricos y desde entonces hasta el final de cada uno de ellos que fue de 4 semanas, se mantuvieron a la temperatura del ambiente la cual osciló entre 15 y 24°C. Durante todo el tiempo de estudio hubo en el cuarto luz artificial, proveniente de lámparas fluorescentes.

#### ALIMENTACION

En todo los experimentos, los pollos en sus respectivos tratamientos recibieron alimentación y agua *ad-libitum*. Además, en cada experimento se incluyó un tratamiento testigo en el cual los pollos recibieron una ración comercial ( purina Bio-Uno Engorde ) cuya composición se detalla en el Cuadro 2.

## MEDICIONES

Durante el período experimental, en los diferentes estudios se llevaron a cabo semanalmente determinaciones de consumo de alimento ( C. A. ) y de aumento en peso ( $\Delta P$ ) para calcular en base a esos datos la eficiencia de conversión alimenticia ( E. C. A. ) mediante la siguiente fórmula:  $E. C. A. = \frac{C.A.}{\Delta P}$  y poder evaluar las respuestas de las raciones experimentales junto con el tratamiento testigo, en cuanto a respuesta animal.

## ANALISIS QUIMICOS

### Materias primas:

1. Harina de soya
  - a. Composición proximal (9).
  - b. Índice de solubilidad del nitrógeno (7).
  - c. Actividad de ureasa (32).
2. Harina de algodón
  - a. Composición proximal (9).
  - b. Lisina disponible (38).
  - c. Gosipol libre (6)
  - d. Índice de solubilidad del nitrógeno (7)
3. Harina de maíz
  - a. Composición proximal (9)
4. Harina de yuca
  - a. Composición proximal (9)
5. Harina de hoja de yuca
  - a. Composición proximal (9)
  - b. Determinación de beta-caroteno (8)

**EXPERIMENTO 1. Determinación del nivel óptimo de sustitución de la proteína de soya por la de harina de algodón.**

En este estudio, se tratará de determinar a través de niveles crecientes de sustitución (0, 20, 40, 60, 80 y 100o/o) de la proteína de la soya por la de harina de algodón, el o los puntos de máxima respuesta animal ( aumento de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia).

#### Tratamientos

Para llevar a cabo el estudio, se hicieron raciones en las cuales las 2 fuentes de proteínas (harina de soya y harina de algodón) se combinaron proporcionalmente de tal manera que una sustituyó gradualmente a la otra de la manera siguiente:

#### PROPORCIONES DE LAS MEZCLAS PROTEINICAS EN LAS RACIONES

o/o de proteína de harina de algodón	0	20	40	60	80	100
o/o de proteína de harina de soya	100	80	60	40	20	0

La composición de las raciones con las diferentes mezclas incorporadas, lo mismo que su contenido de nutrientes, se muestran en el Cuadro 5.

#### Diseño

El diseño estadístico que se utilizó fue de bloques al azar, formado por 6 tratamientos y 3 repeticiones, con 9 pollos por cada repetición mas un tratamiento testigo con dos repeticiones y 9 aves por cada repetición.

#### Análisis estadístico

Los resultados fueron analizados por medio de análisis de varianza y la prueba múltiple de DUNCAN (45,116) con la finalidad de establecer diferencias entre los tratamientos.

**EXPERIMENTO 2. Efecto de la suplementación de tres niveles de lisina y dos niveles de sulfato ferroso  $7H_2O$ , en bloquear la acción del gossipol libre en raciones a base de harina de algodón.**

Se trató de evaluar el efecto que pueda tener la suplementación de lisina y/o sulfato ferroso.  $7H_2O$ , en el crecimiento de pollos de engorde alimentados con raciones que tienen como fuente principal de proteína harina de algodón.

#### Tratamientos

En este estudio se suplementaron raciones a base de harina de algodón con tres niveles de lisina (0, 0.2 y 0.4o/o), de tal manera que se pudieron tener niveles de lisina en las raciones por debajo y por encima de los requerimientos de pollos de engorde de 1 a 6 semanas (1.25.g/100g) y con dos niveles de sulfato ferroso  $7H_2O$  (0.0 y 0.2o/o), para llegar a obtener al nivel de suplementación más alto una relación de 1:1 de Fe a gossipol libre.

En el cuadro siguiente se muestran los niveles y forma de suplementación.

		L I S I N A		
		0	0.2	0.4
SULFATO FERROSO $7H_2O$	o/o	0	±/0	++/0
		0/0	±/0	++/0
	0.2	0/+	+/+	++/+

0 = cero o/o de suplementación

+ = 0.2o/o de suplementación

++ = 0.4o/o de suplementación

Las raciones en las cuales se llevaron a cabo las suplementaciones citadas, aparecen en el Cuadro 8. En él, se indican los porcentajes de los ingredientes que la componen y sus aportes de nutrientes.

#### Diseño

Fue de bloques al azar con arreglo factorial  $3 \times 2 = 6$  tratamientos con 2 repeticiones de 10 pollos cada repetición.

### Análisis estadístico

Los datos fueron analizados igual que en el experimento 1.

### EXPERIMENTO 3.

Determinación del nivel óptimo de sustitución del maíz por una mezcla a base de harina de yuca y soya en raciones con dos fuentes de proteína.

Haciendo uso de niveles crecientes de sustitución del maíz por una mezcla a base de yuca y soya ( 85.7 y 14.3o/o ), se buscó determinar el o los puntos que reflejaran la máxima respuesta en crecimiento animal; tanto, en raciones cuya fuente de proteína era aportada por soya, como en aquellas en las cuales la principal fuente de proteína provenía de una combinación de harina de algodón y soya en la proporción 60:40.

#### Tratamiento

Este estudio se realizó sustituyendo en forma proporcional la harina de maíz por una mezcla a base de harina de yuca y soya ( 85.7 y 14.3o/o ) en raciones cuya fuente principal de proteína era en unas la harina de soya, y en otras, la harina de algodón al 60o/o de sustitución de la harina de soya. La forma en la cual se hicieron las sustituciones de los ingredientes en las raciones, se muestra a continuación:

PROPORCIONES DE LAS MEZCLAS PROTEINICAS EN LAS RACIONES

	100	80	60	40	20	0
o/o de harina de maíz . . . . .	100	80	60	40	20	0
o/o de la mezcla ( yuca/soya ) . . .	0	20	40	60	80	100

Las raciones en las cuales fueron incorporadas las diferentes mezclas, se presentan en los cuadros 13 y 14. En ellos, se muestran los ingredientes individuales que las componen, así como su aporte de nutrientes.

#### Diseño

Diseño de bloques al azar con arreglo factorial 2 x 6= 12 tratamientos con 2 repeticiones por tratamiento y 10 pollos en cada repetición, más 1 tratamiento testigo con 2 repeticiones de 10 aves cada una.

### Análisis estadístico

Los datos se sometieron a análisis de varianza y por ortogonalidad y la comparación de los promedios por el método de amplitudes múltiples de Duncan ( 45,116 ).

### EXPERIMENTO 4.

Uso de la harina de hojas de yuca como fuente de pigmento en raciones para pollos de engorde.

Haciendo uso de harina de hojas de yuca como fuente de pigmento ( Xantofilas ), se trató de observar si el agregado de 5o/o de ellas en las raciones influenciaba la coloración de las patas y piel de pollos de engorde.

#### Tratamientos

Este estudio se efectuó agregando 5o/o de harinas de hojas de yuca en raciones en las que se sustituyó al maíz amarillo por una mezcla a base de harina de yuca y soya ( 85.7 y 14.3o/o ). La forma en que se realizó el agregado de la harina de hojas se muestra en el siguiente cuadro:

RACIONES	Porcentaje de harina de hojas de yuca en las Raciones	
	0	5
1. Soya/maíz . . . . .	+	-
2. Algodón/maíz . . . . .	+	-
3. Soya/mezcla <sup>1</sup> . . . . .	+	-
4. Algodón/mezcla <sup>1</sup> . . . . .	+	-
5. Soya/mezcla <sup>1</sup> + hoja . . . . .	-	+
6. Algodón/mezcla <sup>1</sup> + hoja . . . . .	-	+
7. Comercial <sup>2</sup> . . . . .	+	-

1) yuca 85.7 + soya 14.3o/o

2) Purina Bio-Uno Engorde

+ = con agregado

- = sin agregado

Las raciones 1, 2, 3 y 4 se compararon contra la 5 y 6 y éstas con la 7.

La composición de cada una de ellas, lo mismo que su aporte de nutrientes se muestran en el Cuadro 18.

## V. RESULTADOS Y DISCUSION

### COMPOSICION QUIMICA

La composición química proximal de las materias primas utilizadas en las raciones de los distintos experimentos de este estudio ( No. 1, 2, 3, y 4 ), sumariados en el Cuadro 3, fue similar a la determinada por otros autores ( 10, 15, 24, 47, 60, 61, 74, 84, 113, 117, 123, 124 ).

El contenido de  $\epsilon$  - amino Lisina, en la harina de algodón ( H. A. ) no difiere de los valores encontrados en otros estudios ( 15, 16, 47, 62 ). El de gopiol libre mostró niveles un poco más altos que los encontrados por algunos autores ( 16, 24, 61 ), pero muy similares a los encontrados por otros ( 15, 47, 62 ). Esta variabilidad está determinada tanto por la variedad de semilla de algodón utilizada, para la obtención de la harina, como por el procesos al cual aquella ha sido sometida ( 15 ).

En la harina de soya (H.S), como en la H.A., se determinó el índice de solubilidad de nitrógeno en agua ( ISN/H<sub>2</sub>O ) ( 7 ). Los valores, en promedio, fueron 17.20 y 8.36o/o para soya y algodón respectivamente, los cuales no difieren de los determinados por otros investigadores en los mismos alimentos ( 95,127 ). A la harina de soya se le practicó la prueba de actividad de ureasa ( 32 ). La respuesta fue negativa, por lo que se asumió que la harina había sido bien procesada.

El contenido de xantofila, expresado como mg/o de . beta caroteno, fue medido en la harina de hojas de yuca, y el mismo es similar al aportado por la harina de hojas de alfalfa ( 52,61 ).

### ADECUACION DE LAS RACIONES

Para llenar los requerimientos de lisina disponible, metionina, calcio ( Ca ) y fósforo ( P ) de pollos de engorde hasta las cinco semanas ( 91 ), se tomó en cuenta a esos elementos en cada uno de los ingredientes más el porcentaje del agregado a las diferentes raciones.

### EXPERIMENTO 1

#### DETERMINACION DEL NIVEL OPTIMO DE SUSTITUCION DE LA PROTEINA DE SOYA POR LA DE HARINA DE ALGODON.

En el Cuadro 4, puede observarse que la composición química proximal de las raciones experimentales fue similar en los diferentes tratamientos, con un contenido de proteína cruda ( N x 6.25 ) que osciló entre 22.90 y 23.80o/o. La ración comercial que se incluyó como testigo mostró valores muy similares, en su composición química, con las raciones experimentales excepto para proteína la cual fue de 18.20o/o. En el Cuadro 5, se presenta la composición porcentual de las raciones así como su aporte de nutrientes. Se observa que el porcentaje de H.A. aumentó, hasta un nivel de 35.82o/o en la ración 6, sustituyendo gradualmente a la harina de soya. Los valores de energía metabolizable ( EM ), determinados a través de valores tabulares ( 124 ), disminuyeron gradualmente de la ración 1 a la 6, ( 3,068 a 2,967 Kcal/Kg ). Esto se debió a la diferencia energética

existente entre la H.A. y la de soya de 1,914 y 2,250 Kcal/Kg respectivamente. No obstante el aumento del maíz, de 50.20 a 55.38% en las mismas raciones, debido a la diferencia proteínica de las dos fuentes ( 52.5 vs 46% ).

Los datos sobre aumento de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia, se presentan en el Cuadro 6. Como puede verse, los aumentos de peso mostraron una tendencia a aumentar cuando los niveles de sustitución proteínica de H.A./S fueron 20/80 y 40/60. No obstante, estos no fueron estadísticamente diferentes (  $P < 0.01$  ) de los niveles de 0/100 y 60/40. Estos últimos a su vez, no mostraron diferencias significativas (  $P < 0.01$  ) con respecto a los niveles de 80/20 y la ración testigo. El menor valor en aumento de peso, se observó al nivel en el cual la proteína de H.A. sustituyó el 100% de la proteína de soya; y éste fue significativo (  $P < 0.01$  ). A este nivel, el contenido de H.A. en la ración, representó el 35.82% con un aporte de proteína cruda (  $N \times 6.25$  ) de 18.81%. El contenido de gósipol libre en las raciones varió de 7.52 mg/o en el nivel de 20/80, a 38 mg/o, al nivel 100/0 de H.A./S, respectivamente.

La reducción en peso observada a los más altos porcentajes de inclusión de H.A. en las raciones ha sido informada por otros investigadores tanto en ratas ( 24 ), como en cerdos ( 14,107,126 ) y pollos en crecimiento ( 24,105,106 ); no así en gallinas ponedoras ( 88,125 ).

Los valores de aumentos de peso, en general, muestran ser un poco más bajos que los valores de pesos esperados para pollos de engorde hasta las cinco semanas, de  $\pm 900g$ , señalados por algunos autores ( 47,94,122 ), pero un poco más altos que los encontrados por otros a las seis semanas ( 12,106 ).

El alto contenido de gósipol libre, así como el bajo aporte de lisina disponible han sido, en la mayoría los casos, la causa principal de la reducción en aumento de peso, como una consecuencia de trastornos metabólicos-nutricionales, lo cual ha sido observado en ratas ( 18,24 ), en cerdos ( 35,80, 114 ), y en pollos de engorde ( 59,105,106 ). Este problema ha sido superado, en numerosos estudios y en las diferentes especies animales, mediante el agregado de lisina y/o sulfato ferroso ( 12, 35, 63, 106, 126 ). En este estudio, en particular, tanto lisina ( L-lisina ) como metionina ( L-Metionina ) fueron suplementadas a las distintas raciones que contenían H.A. ( Cuadro 5 ); de tal manera, que contuvieran los mismos valores ( 1.28 y 0.60% ) que aquella en la cual el nivel de sustitución de H.A./S fue de 0/100. Esta premisa parece indicar que debido a que el contenido de lisina disponible y metionina se mantuvo igual, en todas las raciones, estos aminoácidos no son responsables de las diferencias en ganancia de peso. Por lo tanto, es muy posible que tanto el contenido de gósipol libre como el de energía metabolizable y/o la calidad de la proteína sean los responsables de este fenómeno.

El contenido de gósipol libre al mayor nivel de sustitución de H.A./S ( 100/0 ) fue, como ya se indicó, de 38 mg/o, nivel al cual se observó ( Cuadro 6 ) el menor aumento de peso, lo mismo que, la muerte de dos pollos y la presencia de tres casos de perosis. En el nivel de 80/20, también se presentaron tres casos de perosis aunque no hubo muertes, y otro caso aislado, a nivel de 20/80 de H.A./S respectivamente.

A este respecto ( y aun cuando ) ha sido mencionado por algunos investigadores que los niveles tóxicos, en cerdos pueden ser tan bajos como 100 ppm ( 112, 115 ), y los pollos pueden tolerar niveles hasta de 20 mg/o ( 59,105 ). También se ha encontrado, en algunos estudios, que a un nivel de 20.8 mg/o de gósipol libre en la dieta y aun con el agregado de 0.3% de L-lisina, se presentaron a las tres semanas casos de perosis y tres muertes ( 106 ). Por otro lado, se ha encontrado que hasta con un nivel de 30 mg/o, no se observaron síntomas de toxicidad ni bajas en peso cuando la dieta contenía 30% de proteína ( 57 ); y en otros estudios, el nivel de 40.6 mg/o de gósipol libre mostró ser bastante tóxico ( 105 ).

En el Cuadro 6, se presentan los datos de consumo de alimento. Los análisis estadísticos a que fueron sometidos estos resultados revelaron diferencias significativas (  $P < 0.01$  ) entre los tratamientos, indicando que el mayor consumo se presentó con la ración testigo. No obstante, entre ésta y los niveles 20/80, 40/60, y 60/40 no existen diferencias significativas (  $P < 0.01$  ), al igual que entre estos últimos y los niveles 0/100, y 80/20 de H.A./S.

El nivel con más bajo consumo fue el de 100/0, el cual, es significativo (  $P < 0.01$  ).

Se observa, que en lo que respecta tanto a aumento de peso como a consumo de alimento, existe una tendencia a aumentar hasta los cuatro primeros niveles ( 0/100, 20/80, 40/60, y 60/40 ); aunque esta no es significativa, lo que parece indicar que existe un efecto complementario entre las dos fuentes de proteína ( H.A./S ) y hasta el nivel de 60/40 ( Gráfica 1 ). Y/o que existe un efecto estimulante del gósipol a bajas concentraciones. Lo primero, ha sido observado en estudios similares por otros investigadores ( 5, 14, 105, 107, 126 ). Lo segundo, no ha sido reportado; pero es algo que se debe determinar en futuros estudios.

En cuanto a los niveles de mayor inclusión de H.A./S ( 80/20 y 100/0 ), se nota una marcada reducción en ambos parámetros ( aumento de peso y consumo de alimento ), lo cual parece ser debido a un efecto combinado de gósipol-energía metabolizable, lo cual ha sido señalado por otros autores ( 60 ).

El resultado que se obtuvo con la ración testigo, probablemente se deba a su menor contenido proteínico ( 18 vs 23% ) y/o a una deficiencia energética. Esto se basa en la conocida cualidad animal que ante la presión de una ración de bajo contenido proteico-calórica, tiende a aumentar su consumo de alimento para tratar de llenar sus requerimientos ( 13, 40, 111 ).

Llama la atención los valores determinados para los INS/ $H_2O$ , tanto para soya como para H.A., los cuales difieren en un 50%. Estos INS tanto en NaOH ( 26, 47, 71 ), como en NaCl ( 95 ), han sido estudiados para evaluar el valor nutricional de algunos alimentos, y los resultados han mostrado que existe una correlación altamente positiva entre el ISN y lisina disponible, ISN y el índice de eficiencia proteínica ( PER ) ( 47 ), y entre el ISN y el aumento de peso ( 71, 95 ). De los resultados obtenidos en el presente estudio, no se puede confirmar ni rechazar tal correlación debido principalmente, al efecto del gósipol libre involucrado. No obstante, sería muy interesante poder determinar si existe esta relación en futuros estudios, y bajo otras condiciones, e igualmente evaluar la

respuesta de los diferentes índices, bajo iguales condiciones, ya que éstos pueden ser de mucha utilidad en ensayos biológicos.

Los resultados en cuanto a conversión alimenticia ( Cuadro 6 ), muestran que no existieron diferencias significativas (  $P < 0.01$  ) entre los distintos tratamientos. Esto parece deberse, a la adaptabilidad de los animales ( expuesta anteriormente ), a limitaciones nutricionales como lo es principalmente en este caso el contenido de gopisol.

## EXPERIMENTO 2.

### EFFECTO DE LA SUPLEMENTACION DE TRES NIVELES DE LISINA Y DOS NIVELES DE SULFATO FERROSO $7H_2O$ EN CONTRARRESTAR LA ACCION DEL GOSIPOL LIBRE EN DIETAS A BASE DE HARINA DE ALGODON.

En este experimento se utilizó como patrón la ración del Experimento 1 ( Cuadros 5 y 6 ) en la que la proteína de la harina de algodón ( H.A. ), sustituyó a la de soya en 100o/o ( 18.81o/o de proteína ). Esta H.A. contenía 105 mg/o de gopisol libre.

En el Cuadro 7 se presenta la composición química proximal de las raciones, las cuales muestran muy pequeñas diferencias porcentuales, excepto por las inducidas por el agregado de lisina y/o sulfato ferroso heptahidratado (  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  ).

La composición y aporte de nutrientes de las raciones se muestran en el Cuadro 8. En él se puede observar la forma en la cual, tanto la lisina como el  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ , se suplementaron a las raciones en forma combinada. Los niveles de suplementación con lisina fueron 0.0, 0.20, y 0.40o/o, de tal manera, que se llegó a tener valores de lisina disponible un poco por debajo y por encima de los requerimientos. ( 91 ).

En cuanto a la suplementación con  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ , ésta fue de 0.0 y 0.20o/o; para tener al nivel de suplementación más alto una relación de 1:1 de hierro ( Fe ) a gopisol libre.

El contenido de energía metabolizable, como el de los demás nutrientes, fue casi constante.

Las respuestas a la suplementación en cuanto a ganancia en peso, consumo de alimento y conversión alimenticia, se presentan en el Cuadro 9, así como también la diferencia entre requerimiento y aporte de lisina, la cual varió de -0.35 a -0.15, y +0.05o/o para las raciones sin suplementación ( No. 1 y 4 ), con suplementación de 0.20o/o ( No. 2 y 5 ), y con suplementación de 0.40o/o ( No. 3 y 6 ) respectivamente.

La respuesta en aumento de peso de los animales hasta la cinco semanas muestran ser marcadamente menores al nivel más bajo de suplementación, que el promedio de pesos esperados señalados por algunos autores ( 91, 94, 122 ) para esa edad.

Pero esa diferencia es mucho menor al mayor nivel de suplementación y está, a su vez, un poco mayor que la determinada por otros investigadores ( 95, 106 ) a las seis semanas, que utilizaron H.A. como principal fuente de proteína.

La suplementación con  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ , no influyó significativamente a ningún nivel ( 0, 0.20o/o ) los aumentos de peso; ni tampoco los consumos de alimento ( Cuadros 9 y 10 ). Esto concuerda con estudios en cerdos, en los cuales el agregado de  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  solo o en combinación con hidróxido de calcio  $Ca(OH)_2$  no tuvo efecto sobre la ganancia en peso ni sobre la conversión alimenticia ( 16, 36, 53, 66 ). No obstante, en otros estudios también en cerdos, y con raciones que aportaban hasta el 75o/o de la proteína de la ración en forma de H.A., se encontraron respuestas positivas en cuanto a ganancia en peso y consumo de alimento, cuando las raciones fueron suplementadas con  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  en la proporción de 1:1 de Fe a gopisol libre ( 112, 115 ).

Otros investigadores también han encontrado, en la misma especie animal y en estudios in vitro, respuestas positivas al suplementar raciones hasta con 42o/o de H.A. con una combinación de  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  y  $Ca(OH)_2$ , y señalan que el agregado de ambos compuestos parece tener un efecto sinérgico en minimizar el efecto tóxico del gopisol. Por otro lado, en estudios realizados en gallinas en postura, con raciones que contenían hasta 38.3o/o de H.A. y con un contenido de gopisol libre de 30 mg/o, el agregado de 1,000 ppm de  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  dió buenos resultados en cuanto a porcentaje de postura, índice de conversión de alimento a huevo y aumento de peso en las aves ( 88, 125 ).

En este estudio, se vió que a medida que los niveles de lisina se fueron incrementando en las distintas raciones ( Cuadro 9 ), tanto el aumento de peso como el consumo de alimento aumentaron. Estos aumentos en ambos parámetros mostraron una tendencia lineal ( más marcada en las tres primeras raciones con solo el agregado de lisina ), y fueron significativos (  $P < 0.01$  ) para cada nivel ( 0.0, 0.20, y 0.40o/o ). Resultados similares han sido encontrados de otros estudios, en cerdos y en pollos, en los cuales se utilizaron niveles de suplementación con lisina de 0.60, 0.70, 0.80 ( 66, 106 ), y 1.0o/o ( 71 ). Las raciones contenían en ambos casos  $\pm 50$  o/o de H.A. y aproximadamente 40 mg/o de gopisol libre en la harina. Por otro lado, se ha encontrado que el agregado de 0.2o/o de L-lisina en raciones para pollos con un contenido de 30o/o de H.A. y 20o/o de soya promueve un crecimiento igual al de la soya sola, siempre y cuando esas raciones sean suplementadas con 10 a 20 Mg de vitamina  $B_{12}$  ( 105 ). En adición a esto se menciona que al suplementar raciones a base de H.A., con niveles de L-lisina de 0.37 y 0.46o/o no se encontraron diferencias significativas entre ellas ( 55 ).

En cuanto a los resultados de conversión alimenticia, éstos no mostraron diferencias significativas (  $P < 0.01$  ) para ninguna de las raciones.

Todo esto indica que para obtener buenos resultados al trabajar con raciones que contienen H.A., estas deben ser suplementadas con lisina, y que el nivel de suplementación depende del contenido de gósipol libre en la ración mas bien que del porcentaje de H.A. en la misma.

Cabe mencionar que hubo cinco muertes entre las raciones no suplementadas con lisina y se dieron siete casos de perosis. Esto último llama la atención, ya que también ha sido encontrado por otros investigadores ( 106 ). Sería interesante poder determinar si el gósipol libre de las raciones pudiera, a cierto nivel, de alguna manera, estar interfiriendo ( a nivel metabólico ) en la utilización de la colina, biotina, y/o manganeso. A este respecto, es importante señalar lo encontrado en un estudio ( 1 ), que indica que la presencia de altos niveles de gósipol en la ración pueden afectar la utilización de la riboflavina.

### EXPERIMENTO 3

#### DETERMINACION DEL NIVEL OPTIMO QUE SUSTITUCION DEL MAIZ POR UNA MEZCLA A BASE DE HARINA DE YUCA Y SOYA EN RACIONES CON DOS FUENTES DE PROTEINA.

En el Cuadro 3 se presenta la composición química proximal de las materias primas, la cual fue similar a la determinada por otros autores ( 10, 15, 24, 47, 60, 61, 74, 84, 113, 117, 123, 124 ), con excepción de la mezcla yuca/soya ( 85.7/14.3o/o ), de la cual no existen datos en la literatura.

La composición química proximal de las raciones así como el aporte de nutrientes de ellas para pollos de engorde de cinco días a cinco semanas, tanto en aquéllas en las que la fuente de proteína fue soya como en las que se usó la combinación de H.A./Soya en la proporción 60/40, se muestra en los Cuadros 11, 12, 13, y 14.

Se hace notar que la combinación proteica de H.A./Soya en la proporción 60/40, fue la que en el Experimento 1 no resultó ser diferente (  $P < 0.01$  ) de las combinaciones o niveles 0/100, 20/80, y 40/60, y mostró ser un poco mejor ( aunque no significativamente ) que la ración testigo en cuanto a la respuesta de los animales a aumento de peso, consumo de alimento o conversión alimenticia ( Cuadro 6 ).

Las raciones en este experimento, contenían en promedio 23o/o de proteína cruda (  $N \times 6.25$  ). De ésta la soya, por un lado y la combinación de H.A./Soya, por otro, aportaron el 18.81o/o. El resto fue suministrado por el maíz, la mezcla yuca/soya ( Y/S ) o la interrelación entre ellos, a medida que uno sustituía al otro progresivamente en las raciones. Este contenido de proteína en las raciones cubrió los requerimientos de pollos de engorde de 0 a 6 semanas de edad ( 91 ), y solo en algunas de ellas, resultó ser ligeramente mayor ( Cuadros 11 y 12 ). La ración testigo, como puede verse en el Cuadro 11, contenía un nivel mas bajo ( 18.20o/o ).

En cuanto al contenido de aminoácidos, en los Cuadros 13 y 14 se observa que, en ambos casos, los valores de lisina disponible resultan ser un poco mayores que el requerimiento ( 1.38 vs 1.25o/o ), y los de metionina, un poco menores ( 0.60 vs 0.86o/o ) ( 91 ).

Esto, en el caso de lisina, fue determinado por la ración en la cual la fuente de proteína fue soya con la mayor inclusión de la mezcla Y/S; y en el caso de metionina, por la ración en la cual la fuente de proteína también fue soya y cero de la mezcla Y/S ( Cuadro 13 ).

Como puede verse en los cuadros 13 y 14, los valores de energía metabolizable, variaron con el agregado de la mezcla Y/S en las raciones. Estas variaciones en el caso de las raciones con soya fueron de 3,047 en la sin mezcla Y/S, a 2,840 Kcal/Kg en la ración con el máximo nivel de inclusión, y de 2,988 a 2,773 Kcal/Kg en el caso de las raciones con H.A/S para los mismos niveles.

Los análisis estadísticos tanto para aumento de peso, como para consumo de alimento y conversión alimenticia, se presentan en el Cuadro 15.

Se observa, al comparar la ración testigo contra las experimentales, que no existen diferencias significativas para ninguno de los tres parámetros ( aumento de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia ). Esto quiere decir que entre los valores de la ración testigo, y los del promedio del conjunto de las raciones experimentales, no existió diferencia para ninguno de los parámetros señalados.

No obstante, cuando esos valores fueron sometidos a la prueba de rangos múltiples de Duncan ( 45 ) para determinar la significancia entre las medias ( Cuadro 16 ), se observó, en el caso de aumento de peso, que las raciones 1, 2 y 3 con soya ( como fuente de proteína ) y las raciones 1 y 2 con H.A/S eran iguales. Entre éstas y la testigo, sin embargo existían diferencias significativas (  $P < 0.05$  ). Las raciones 4 y 5 con soya, y la 3 con H.A./Soya, no diferieron de la testigo, pero la ración 6 con soya, y la 4, 5, y 6 con H.A./S, sí fueron significativamente diferentes (  $P < 0.05$  ) de la testigo, favoreciendo a esta última.

Volviendo al Cuadro 15, podemos ver que estas conclusiones deducidas de los resultados mostrados en el Cuadro 16, para aumento de peso son debidas a la influencia altamente significativa (  $P < 0.01$  ) ejercida por los distintos niveles, así como, a la influencia combinada de las raciones por los niveles, y no a la de las raciones por sí solas.

Los valores promedio que muestran los animales en la ración con soya ( Cuadro 16 ), tienen una tendencia cuadrática e indican que es posible sustituir el maíz por la mezcla Y/S hasta en un 80o/o, lo cual representa en la ración el 38.92o/o con un contenido de yuca de 33.35o/o. Este valor, al referirlo como porcentaje de sustitución de maíz por yuca en la ración, representa el 68.70o/o Nivel

al cual las ganancias de peso no difieren ( $P < 0.05$ ) de la ración testigo. Si nos referimos a la respuesta influenciada por la H.A./S parece seguir una tendencia lineal (disminuyendo gradualmente en peso a medida que se aumenta la mezcla Y/S en las raciones), y en este caso, solo es posible sustituir al maíz en un 40o/o. Esto es, el 21.08o/o de la mezcla Y/S en la ración, del cual, la yuca representa el 10.07o/o. Refiriendo este último valor a la relación porcentual de sustitución del maíz por yuca, representa en la ración el 34.35o/o, nivel que no difiere estadísticamente ( $P < 0.05$ ) de la dieta testigo, con respecto al parámetro en discusión.

Existen datos en la literatura (48, 78, 128) que señalan una tendencia lineal en empeorar la ganancia en peso a medida que el contenido de yuca, en sustitución del maíz, se incrementa en raciones para pollos de engorde, aunque otros datos muestran que se puede utilizar hasta un nivel de 30o/o de sustitución (de harina de yuca por maíz), sin que se observen diferencias estadísticamente significativas. Pero que a un nivel de 45o/o, se reduce significativamente ( $P < 0.01$ ) la ganancia en peso (49, 50, 73, 84). Esto concuerda con los resultados obtenidos en este estudio, en lo que se refiere a las raciones con H.S./S. (34.35o/o), pero no así en aquéllas con soya, las cuales acusan un mayor nivel de sustitución (68.70o/o).

A este respecto, otros investigadores (3) han señalado que ha sido posible utilizar hasta 54o/o de harina de yuca en raciones para pollos de engorde con diferentes niveles de proteína sin encontrar diferencias significativas entre tratamientos.

Algo importante que ha sido observado en algunos estudios es la respuesta animal a la suplementación con metionina, cuando se utilizan raciones a base de harina de yuca. Esto ha sido demostrado en ratas (31), en cerdos (42), y en pollos de engorde (128).

En el presente estudio es probable que, además de otros factores, el bajo contenido de metionina en las raciones esté influenciando, en parte, la ganancia en peso en forma negativa.

En cuanto a consumo de alimento, puede verse (Cuadro 16) que las raciones 1, 2, 3, 4 y 5 con soya, no fueron estadísticamente diferentes ( $P < 0.05$ ) de las raciones 2, 3, 4 y 5 con H.A./S, y todas ellas, a su vez, tampoco lo fueron de la testigo. Por su parte, las raciones 1, 3, 4 y 5 con soya, no fueron diferentes ( $P < 0.05$ ) de las Nos. 1, 2, 3, 4, 5 y 6 con H.A./S; y éstas tampoco difirieron ( $P < 0.05$ ) de la testigo. La ración que acusó menor consumo fue la No. 6, con soya, la cual sí fue diferente ( $P < 0.05$ ) de la testigo. En ambos casos, los valores promedios que se muestran tanto para las raciones con soya como con H.A./S, muestran una tendencia cuadrática que parece ser más pronunciada para los animales en la ración de soya. Esto significa que en las aves, con las raciones de H.A./S, se ve una tendencia a ingerir más alimento que las que se encuentran con las dietas con soya, a los más altos niveles de inclusión de la mezcla Y/S en la ración. Esto probablemente sea debido a la menor densidad calórica inducida al incluir mayores proporciones de la mezcla Y/S, en las raciones con H.A./S (Cuadros 13 y 14), lo cual ha sido observado por otros investigadores (50, 51, 76, 111) en estudios similares.

En el Cuadro 15 se muestra que las diferencias estadísticas ( $P < 0.05$ ) determinadas, se debieron únicamente a la influencia de los niveles de sustitución del maíz por la mezcla Y/S, tanto en las raciones con soya, como con H.A./S, y no en sí a las raciones ni a las raciones por niveles, los cuales mostraron ser no significativas.

Como consecuencia de los dos parámetros discutidos (aumento de peso y consumo de alimento), la conversión alimenticia de las aves en las dos fuentes de proteína muestran una tendencia lineal a empeorar a medida que se sustituye proporcionalmente al maíz por la mezcla Y/S. Las mejores conversiones se observan con las raciones 1 y 2 con H.A./S y la No. 1 con soya, como fuente de proteína, siendo entre ellas iguales estadísticamente, pero diferentes ( $P < 0.05$ ) de la dieta testigo.

La ración No. 3 con soya, no difiere de la No. 1, ni tampoco de las raciones con H.A./S, No. 1 y 2, ni de la testigo. Esta, a su vez, no difiere de las raciones 3, 4, 5 y 6 con H.A./S, ni de las No. 2, 4, 5 y 6 con soya. Pero entre ellas, la ración No. 3 con H.A./S es estadísticamente igual a las raciones 2, 3 y 4 con soya, y mejores ( $P < 0.05$ ) que las raciones 4, 5 y 6 con H.A./S y la No. 5 y 6 con soya que, a su vez, son iguales entre sí.

Estas diferencias, como puede verse en el Cuadro 15, son debidas también únicamente a la influencia altamente significativa ( $P < 0.01$ ) de los niveles en las dietas. Las otras fuentes de variación, como puede observarse, no fueron significativas.

Los resultados obtenidos de este estudio, no difieren en mucho de la tendencia que se observa en otros (73, 78, 128) de empeorar tanto la ganancia en peso como la conversión alimenticia con el agregado de altos niveles de yuca en la ración. Aún así, en este estudio se observa que el maíz puede ser sustituido en las raciones para pollos de engorde por la mezcla Y/S hasta en un 80o/o, en el caso de las raciones con soya, y hasta en un 40o/o en raciones con H.A./S, en sus proporciones correspondientes; sin que existan diferencias significativas, al compararlas con una ración comercial igual a la testigo.

La eficiencia de conversión alimenticia, según algunos investigadores (104, 128), llega a un nivel óptimo con 17o/o de yuca en la ración de pollos de engorde deteriorándose con mayores niveles de yuca. En este estudio, ese nivel óptimo se logra con 19.46o/o de la mezcla Y/S (16.70o/o de yuca) en la ración con soya, y con 10.54o/o de la mezcla Y/S, en la ración con H.A./S (9.03o/o de yuca).

Llama la atención la forma rápida en que los valores promedio de los aumentos de peso de las aves (Cuadro 16) en las dietas con H.A./S, disminuyen con el agregado porcentual de la mezcla Y/S en la ración, en comparación con los aumentos de peso de las aves en las raciones con soya. Asimismo, se observa que existe un aumento en consumo de alimento el cual es más notorio para las raciones con H.A./S que para aquéllas con soya. Esto podría deberse a la menor densidad calórica de las raciones con H.A./S con respecto a las raciones con soya, como puede verse al comparar los valores de energía metabolizable (Cuadros 13 y 14) de ambas fuentes, y/o al efecto diluyente de la fibra sobre la

utilización de la energía metabolizable, lo cual ha sido informado por varios autores ( 43, 50, 66, 99, 122 ), dado el mayor contenido de fibra cruda en las raciones con H.A./S. Este contenido varió de 6.85 a 8.63o/o, del menor ( 0o/o ) al mayor nivel ( 100o/o ) de inclusión de la mezcla Y/S, en comparación con los valores de las raciones con soya que fueron de 3.87 a 6.51o/o a los mismos niveles.

La respuesta de la ración testigo en lo relativo a aumento de peso, mostró ser estadísticamente (  $P < 0.05$  ) inferior que los tres primeros niveles de las raciones con soya y que los dos primeros niveles de las raciones con H.A./S. Esta inferioridad también se observa en la conversión de alimento con respecto a los niveles 1 y 3 de las raciones con soya y con los niveles 1 y 2 con H.A./S. No se observó diferencia en el consumo de alimento de la ración testigo, con respecto a las experimentales. Las diferencias encontradas para los dos primeros parámetros ( aumento de peso y consumo de alimento ), parecen estar determinadas por el menor contenido de proteína de la ración testigo en relación al de las dietas experimentales ( 18.20 vs 23o/o ), y no por su contenido energético, ya que ésta se comporta igual que las raciones experimentales cuando en éstas se aumentan los niveles de la mezcla Y/S a más de 40o/o en el caso de las raciones con soya y a más de 20o/o en aquéllas con H.A./S. Parece por lo tanto, que la deficiencia energética causada por la inclusión de la mezcla Y/S en las dietas experimentales se compensa ( a cierto nivel ) con la deficiencia proteínica en la ración testigo, llegando a ser esta última estadísticamente semejante a las primeras.

De las observaciones obtenidas de este estudio parece interesante poder determinar en futuros estudios el efecto que pudiese tener el agregado de energía y/o metionina para la optimización de estas dietas. También, sería conveniente el continuar los estudios hasta la etapa en la cual las aves logren alcanzar el peso de mercado, para poder determinar cual sería el efecto final de las tendencias existentes de aumentos ó reducciones en peso.

#### EXPERIMENTO 4.

##### USO DE LA HARINA DE HOJAS DE YUCA COMO FUENTE DE PIGMENTO EN DIETAS PARA POLLOS DE ENGORDE.

La composición química proximal al igual que la de aporte de nutrientes de las raciones utilizadas en este experimento, se presentan en los Cuadros 17 y 18. En el primero, se puede observar que la mayor diferencia que presentan las raciones No. 5 y 6 que contienen 5o/o de harina de hojas de yuca ( HHY ) es su alto contenido de fibra cruda, lo cual ha sido señalado por algunos autores ( 81, 96 ), en el Cuadro 18, se puede apreciar que esas mismas raciones, acusan los menores valores en energía metabolizable, debido al bajo contenido de este componente en la HHY ( 124 ).

Aunque no se efectuó ningún análisis estadístico, parece ser que tanto el aumento de peso como la versión alimenticia se ven adversamente afectados por la inclusión de la HHY en la ración, debido posiblemente a la influencia de los factores señalados anteriormente ( fibra y EM ). No se hacen más observaciones al respecto, ya que el objetivo de este estudio fue el de determinar, en base puramente visual, la influencia de la HHY en la pigmentación de patas y piel de pollos de engorde.

Se pudo observar que las aves en las raciones 3 y 4, que contenían el 100o/o de sustitución del maíz por la MYS, mostraron una decoloración completa de patas y piel, llegando a ser casi completamente blancas. En el caso de las raciones 1 y 2, con maíz como fuente calórica, la decoloración fue menor y, aún más, se pudo observar una leve coloración amarilla. Con respecto a las aves alimentadas con las raciones 5 y 6, con MYS más el agregado del 5o/o de la HHY, éstas mostraron una coloración amarilla bien definida, la cual no fue diferente para las dos fuentes ( H.A. y/o S ), pero sí fueron marcadamente más coloreadas que las aves en las raciones anteriores. No obstante, la coloración de las aves en la dieta testigo ( comercial ) presentaron un amarillo más intenso, tanto en las patas como en la piel.

Esto nos indica, que el agregado de 5o/o de HHY en raciones con alto contenido de yuca ( 36o/o promedio ) incrementa la coloración de las patas y piel de las aves, más que aquéllas en raciones tradicionales a base de soya y maíz sin el agregado de pigmentos sintéticos. Cuando éstos son incluidos en las dietas, la aceptabilidad comercial de las aves, va a depender del gusto del consumidor a determinada tonalidad de color.

Se trató también en este estudio de evaluar visualmente, sin llevar a cabo ninguna medida, si existían diferencias en cuanto a contenido de grasa en el cuerpo de las aves alimentadas con las distintas raciones. Para ello, aves seleccionadas al azar en los diferentes tratamientos fueron sacrificadas para observar el contenido graso de las partes internas.

En las aves alimentadas con las raciones 1 y 2, se observó un contenido de grasa más alto que en aquellas alimentadas con las raciones 3 y 4 y la testigo; no obstante, entre éstas últimas no parece existir ninguna diferencia. Pero al comparar el contenido graso de éstas con el de las aves en las raciones 5 y 6, sí se observa alguna diferencia favoreciendo a las primeras.

Los resultados de este estudio no se discuten aquí, debido a la falta de literatura en estos aspectos. Por ello, sería interesante poder llevar a cabo estudios de este tipo pero con determinaciones cuantitativas, que permitieran evaluar de una manera menos subjetiva cada una de las observaciones hechas aquí.

## VI. CONCLUSIONES

1. La proteína de harina de soya, puede ser sustituida hasta en un 60o/o por la de harina de algodón, en raciones para aves de corral en crecimiento siempre y cuando ésta sea de alta calidad, como la utilizada en este estudio.
2. La tendencia en aumentar tanto las ganancias de peso como el consumo de alimento hasta el nivel de sustitución de 60/40 de la proteína de soya por harina de algodón, parece indicar que existe un efecto complementario entre estas dos fuentes de proteína hasta ese nivel, y/o que existe un efecto estimulante del gossipol a bajas concentraciones.
3. Las reducciones observadas, tanto en aumento de peso como en consumo de alimento, a los más altos niveles de inclusión de harina de algodón por soya ( 80/20, 100/0 ), parecen deberse a un efecto combinado de altos valores de gossipol libre y a la reducción de energía metabolizable en las raciones.
4. La suplementación con  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  hasta un nivel de 0.20o/o con el cual se obtiene una relación de 1:1 de Fe a gossipol libre, en raciones en las que la proteína de harina de algodón sustituyó a la de soya en 100o/o ( 18.81o/o de proteína ), no tuvo ninguna influencia significativa sobre los aumentos de peso ni sobre la conversión alimenticia. No obstante, la suplementación con lisina hasta el nivel de 0.40o/o con lo cual aumentó el contenido de este aminoácido 0.05o/o sobre el requerimiento de pollos de engorde a las cinco semanas, mejora en forma lineal los dos parámetros ( aumento de peso y consumo de alimento ).
5. El contenido de 38 mgo/o de gossipol libre, cuyo efecto tóxico si manifestó por la muerte de cinco aves en las raciones no suplementadas con lisina, parece estar de alguna manera influenciando la incidencia de casos de perosis.
6. Los aumentos de peso y consumo de alimento de las aves en raciones con harina de soya y/o harina de algodón al 60o/o en sustitución de la soya, y con sustitución del maíz por una mezcla de yuca y soya de 85.7: 14,3o/o, se ven influenciados negativamente más por los niveles crecientes de la mezcla yuca/soya en la ración que por las dos distintas fuentes de proteína.
7. La conversión alimenticia de pollos de engorde hasta las cinco semanas, alimentados con raciones a base de soya y mezcla yuca/soya ( 85.7/14.3 ), llega a un nivel óptimo con 19.46o/o de la mezcla yuca/soya en la ración ( 16.70o/o de yuca ), y con 10.54o/o ( 9.03o/o de yuca ) cuando las raciones contienen harina de algodón al 60o/o en sustitución de soya. Esta diferencia observada es debida más que todo al menor contenido de energía metabolizable de las raciones con harina de algodón y la mezcla yuca/soya.

8. La reducción en aumento de peso y consumo de alimento y la alta conversión alimenticia de las aves en las raciones, tanto con soya como harina de algodón al 60o/o y la mezcla yuca/soya, parece deberse además de la deficiencia calórica inducida por el incremento de la mezcla yuca/soya en las raciones, a una deficiencia de metionina en las mismas.
9. El agregado de 5o/o de harina de hojas de yuca, en raciones con soya y/o harina de algodón al 60o/o y con un alto contenido de yuca ( 36o/o promedio ), incrementa la coloración de las patas y la piel de las aves más que aquellas en raciones tradicionales a base de soya y maíz, pero en menor grado que aquellas raciones con el agregado de pigmentos sintéticos.
10. El contenido de grasa corporal de las aves es aparentemente menor en las raciones con el agregado del 5o/o de harina de hojas de yuca, que aquellas con la mezcla yuca/soya pero sin harina de hojas de yuca, y menor aún que las raciones que contenían maíz como fuente calórica.

## VII. RESUMEN

El objetivo que se trató de alcanzar en el presente estudio fue contribuir al estudio del valor nutritivo de materias primas producidas en el área centroamericana, como la harina de algodón, de yuca, y de hojas de yuca, desarrollando mezclas que pudieran sustituir total o parcialmente a materiales de importación o competitivos con el hombre como la soya, el maíz y pigmentos, en la alimentación de pollos de engorde.

El estudio consistió en cuatro experimentos. En las materias primas involucradas se determinó el análisis químico proximal, y, además, en la soya se determinó la actividad de ureasa y el índice de solubilidad de nitrógeno, en la harina de algodón ( H.A. ), el contenido de gósipol libre, la lisina disponible, y el índice de solubilidad de nitrógeno, y en la harina de hojas de yuca ( HHY ), el contenido de beta-caroteno. Todos estos análisis presentaron valores normales y bastante comparables con los informados en la literatura.

Las aves utilizadas en los distintos experimentos fueron de la raza Arbor Acres de cinco días de nacidas. Se mantuvieron alojadas en jaulas de malla metálica en grupos de 10, con agua y alimento *ad libitum*, y se efectuaron mediciones semanales de aumentos de peso, consumo de alimento, y conversión alimenticia hasta las 5 semanas. En todas las raciones experimentales el contenido de proteína cruda ( N x 6.25 ) fue de 23o/o promedio, y en la ración testigo de 18.20o/o. En el primer experimento, se trató de determinar el nivel óptimo de sustitución de la proteína de soya por la de H.A. Los tratamientos fueron 6 con 3 repeticiones y 9 pollos por cada repetición. La forma en que se fue sustituyendo la proteína de soya por la de H.A. fue la siguiente: 0/100, 20/80, 40/60, 60/40, 80/20, y 100/0. El contenido de lisina disponible en la H.A. fue de 3 g/16 g N y el de gósipol libre, de 105 mg/o.

Los resultados de este estudio muestran que se puede sustituir la proteína de soya por la harina de algodón hasta en un 60o/o, y que niveles más altos causan disminución en la ganancia de peso lo cual, parece ser debido tanto al contenido de gósipol libre, como al de energía metabolizable y/o a la calidad de la proteína.

La tendencia a aumentar tanto en ganancia en peso como en consumo de alimento observada en los cuatro primeros niveles (0/100, 20/80, 40/60, y 60/40), aunque no es significativa, parece indicar que existe un efecto complementario entre las dos fuentes de proteína (H.A./S) y hasta el nivel de 60/40, y/o que existe un efecto estimulante del gósipol a bajas concentraciones.

Aunque en este estudio no se pudo estudiar la correlación entre el valor nutritivo de las dos fuentes de proteína ( H.A. y soya ) y el Índice de Solubilidad de Nitrógeno ( ISN ) en agua, éste puede ser de mucha utilidad al igual que el ISN en NaOH y/o en HCL en estudios biológicos.

En el segundo experimento, se trató de determinar el efecto de la suplementación de 2 niveles  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  ( 0.0 y 0.20o/o ) y 3 niveles de lisina ( 0.0, 0.20, y 0.40o/o ) en raciones a base de harina de algodón.

Las respuestas mostraron que la suplementación con  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , no influyó a ningún nivel los aumentos de peso, ni tampoco los consumos de alimento. No obstante, a medida que los niveles de lisina se incrementaron ( de 0.0 a 0.40o/o ) en las raciones, los dos parámetros citados aumentaron significativamente. En cuanto a los resultados de conversión alimenticia, éstos no mostraron diferencias significativas (  $P < 0.01$  ) para ninguna de las raciones.

Todo esto indica que para obtener buenos resultados al trabajar con raciones a base de H.A., éstas deben ser suplementadas con lisina, y que el nivel de suplementación depende más del contenido de goposol libre en la ración que del porcentaje de H.A. en la misma.

El tercer experimento, se llevó a cabo para determinar el nivel óptimo de sustitución del maíz por una mezcla a base de yuca y soya ( Y/S ) en raciones con dos fuentes de proteína. Para ello se utilizó la combinación proteica de H.A./S de 60/40 que en el primer experimento no resultó ser diferente (  $P < 0.01$  ) de las combinaciones o niveles 0/100, 20/80, y 40/60 y mostró ser mejor ( aunque no significativamente ) que la dieta testigo en cuanto a aumento de peso, consumo de alimento o conversión alimenticia, y harina de soya sin agregado de H.A..

En ambas fuentes de proteína, la harina de maíz se fue sustituyendo en forma gradual por la mezcla Y/S de la siguiente manera: 0/100, 20/80, 40/60, 80/20 y 100/0. Debido a estas sustituciones y a las diferentes fuentes proteínicas, los valores de lisina resultaron ser un poco mayores que el requerimiento ( 1.38 vs 1.25o/o ) y los de metionina un poco menores ( 0.60 vs 0.86o/o ). Los valores de energía metabolizable en ambas fuentes de proteína disminuyeron con el incremento de la mezcla Y/S en las raciones.

Los resultados obtenidos a través del análisis estadístico que fue de bloques al azar con arreglo factorial  $6 \times 2 + 1$ , mostraron que el maíz puede ser sustituido por la mezcla Y/S hasta en un 80o/o cuando la fuente proteínica proviene de soya, pero cuando la fuente de proteína es H.A./S, solo puede substituirse en un 40o/o. Esto representa 38.92 go/o en las raciones con un contenido de yuca de 33.35o/o para el primer caso, y de 21.08o/o y 10.07o/o respectivamente para el segundo. La eficiencia de conversión alimenticia llegó a un nivel óptimo con 19.46o/o de la mezcla Y/S ( 16.70o/o de yuca ) en la ración con soya y con 10.54o/o ( 9.03o/o ) de la misma mezcla, en la ración con H.A./S.

No obstante que los valores de aumentos de peso de las aves en las raciones con H.A./S parecen disminuir en forma lineal y los de las aves en las raciones con soya parecen hacerlo en forma cuadrática, se observa que en ambas fuentes de proteína, la elevación de los niveles de la mezcla Y/S tienen un efecto adverso. Esto se atribuye al mayor contenido de fibra de éstas raciones, al menor contenido de energía metabolizable y/o a una deficiencia de metionina.

En el cuarto y último experimento, se trató de ver la influencia que podía tener la inclusión de 5o/o de harina de hojas de yuca (HHY) en la pigmentación de las patas y piel de pollos de engorde alimentados con raciones con altos niveles de yuca ( 36o/o promedio ) tanto con soya, como con H.A./S como fuente de proteína. Se observó que el agregado de 5o/o de HHY a éstas incrementa la

coloración de las patas y piel de las aves, más que con aquellas raciones tradicionales a base de soya y maíz, sin el agregado de pigmentos sintéticos. Cuando éstos son incluidos, como en el caso de la dieta comercial-testigo, las aves presentan una coloración más intensa.

Al observar el contenido de grasa corporal, se notó ( sin llevar a cabo ninguna determinación cuantitativa ) que las aves que presentaron mayor contenido graso fueron aquellas alimentadas con raciones con maíz. Fue un poco menor en las aves que recibieron la mezcla Y/S al 100o/o de sustitución del maíz, sin el agregado de la HHY, pero ésta no pareció ser diferente de la dieta testigo. No obstante, las aves en las raciones con el agregado de 5o/o de HHY aparentemente mostraron un contenido de grasa menor que las citadas anteriormente.

## VIII BIBLIOGRAFIA

1. Aguirre de Aguilar, M.L. Efecto de la administración de niveles altos de gosisol sobre el crecimiento de gallinas, la producción de huevos, y su calidad proteínica. Tesis (Químico Farmaceutico) Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Química y Farmacia. Guatemala: 1968. 44pp.
2. Altschul, A.M., C.M. Lyman y F.H. Thurber. "Cottonseed meal". En: Altschul, A.M., ed. Processed Plant Protein Foodstuff. New York, Academic Press, 1958. pp. 469-534.
3. Armas, A.E. y C.F. Chicco. "Evaluación de la harina de yuca en raciones para pollos de engorda". En: Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal. IV. Guadalajara, México, Junio, 1973. Resúmenes. [Guadalajara, México, 1973] pp. 7.
4. Anderson, J.O. y R. E. Warnick. "Sequence in which essential amino acids become limiting for growth of chicks fed rations containing cottonseed meal". Poultry Sci., 43: 1300. 1964.
5. Ascarelli, I. y B. Gestetner. "Chemical and biological evaluation of some protein feed for Poultry". J. Sci. Food Agric., 13: 401-410. 1962.
6. Association of the American Oil Chemists Society (AOCS) Methods. The Association. 1954.
7. \_\_\_\_\_ Method Ba 11-65. En: Smith, A.K. y S.J. Circle, eds. Soybean: Chemistry and Technology. V.I Proteins., Westport, Conn. The AVI Publishing Co. Inc. 1972. pp. 451-452.
8. Association of Official Agricultural Chemists, Washington, D.C. Official Methods of analysis of the AOAC. 9th. The Association, Washington, D. C., 1960.
9. \_\_\_\_\_ 11 th. Washington, D.C., 1970.
10. Barrios, E.A. y R. Bressani. "Composición química de la raíz y de la hoja de algunas variedades de yuca". Turrialba., 17: 314-320. 1972.
11. Bisset, F.H. "Cyanogenesis in manioc concerning lotaustralin". Phytochemistry., 8: 2235-2247. 1969.
12. Blacklock, L.G. y L.R. Richardson. "Peanut meal, mixtures of soybean and cottonseed and mixtures of soybean and peanut meals as sources of protein for baby chicks". Poultry Sci., 29: 656-660. 1950.

13. Bosshardt, D.K.; P. Winifred, O.D. Kathleen y R.H. Barnes. "The influence of caloric intake on the growth utilization of dietary protein". J. Nutr., 32: 641-650. 1946.
14. Braham, J.E.; R. Bressani, N. Escobar y A. Aguirre. "Uso de la torta de semilla de algodón en raciones para cerdos en proceso de crecimiento". Turrialba., 12: 75-79. 1962.
15. \_\_\_\_\_; L.G. Elías y R. Bressani. "Factors affecting the nutritional quality of cottonseed meals". J. Food Sci., 30: 531-537. 1965.
16. \_\_\_\_\_; R. Jarquín, R. Bressani, J.M. González y L.G. Elías. "Effect of gossypol on the iron-binding capacity of serum in swine". J. Nutr., 93: 241-248. 1967.
17. \_\_\_\_\_; A.G. Cañas y R. Bressani. "Absorción de gossypol en ratas y cerdos". Arch. Latinoam. Nutr., 21: 449-471. 1971.
18. \_\_\_\_\_ y R. Bressani. "Effect of different levels of gossypol on transaminase activity, on nonessential to essential aminoacid ratio, and on iron and nitrogen retention in rats". J. Nutr., 105: 348-335. 1975.
19. Bressani, R. "Composición química y usos de la torta de algodón". Temas Nutricionales para el Agricultor, No. 9. Guatemala, Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (INCAP); 1959. (Serie de Publicaciones de Educación Nutricional).
20. \_\_\_\_\_; L.G. Elías, R. Jarquín y J.E. Braham. "All-vegetable protein mixtures for human feeding. XIII. Effect of cooking mixtures containing cottonseed flour on free gossypol content". Food Tech., 18 (10): 95-99. 1964.
21. \_\_\_\_\_; L.G. Elías y J.E. Braham. "All-vegetable protein mixtures for human feeding. XV. Studies in dogs on the absorption of gossypol from cottonseed flour containing vegetable protein mixtures". J. Nutr., 83: 209-217. 1964.
22. \_\_\_\_\_ "The use of cottonseed protein in human foods". Food Tech., 19: 51-58. 1965.
23. \_\_\_\_\_ y L.G. Elías. "Cambios en la composición química y en el valor nutritivo de la proteína de la harina de algodón durante su elaboración". Arch. Latinoam. Nutr., 18: 319-339. 1968.
24. \_\_\_\_\_; L.G. Elías y A. Porras. "Effect of pH on the free and total gossypol and nutritive value of cottonseed and protein concentrate". Arch. Latinoam. Nutr., 19: 367-379. 1969.
25. \_\_\_\_\_ y L.G. Elías. "Contribución de la carne de pollo y del huevo al mejoramiento de la calidad de la dieta centroamericana". En: Congreso de Avicultura de Centro América y Panamá. I. Guatemala, Guatemala, Octubre 1-3, 1975.
26. \_\_\_\_\_; A. Aburto, R. Gómez-Brenes y J.E. Braham. "Efecto del gossypol libre de diferentes harinas de algodón sobre el crecimiento de ratas y niveles de lisina libre y gossypol libre en órganos, músculo y suero de animales". Arch. Latinoam. Nutr., 25: 47-65. 1975.
27. Brown, W.L. "Some effects of pimento peppers on poultry". Georgia Agric. Exp. Sta. 1930. Bulletin. pp.160.
28. Bruijin, G.H. de. "The cyanogenic character of cassava (Manihot esculenta)". Proc. Interdisciplinary Workshop. London. 1973. (Monograph IDRC-0loe). pp. 43-48.
29. Busson, F. "Plantes alimentaires de L'ouest Africaine". Marseille, Leconte, 1965. pp. 164-171. En: Montaldo, A., ed. La Yuca o mandioca. San José, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1979. pp. 386.
30. Butler, G.W. "The distribution of the cyanoglucosides linamarin and lotaustralin in higher plants". Phytochemistry., 4: 127-131. 1966.
31. Calderón, F.; J.H. Maner y G. Gómez. "Efecto de la metionina en el mejoramiento de la calidad de la proteína y en la detoxificación del cianuro presente en dietas a base de harina de yuca y caseína". En: Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal. IV. Guadalajara, México, Junio, 1973. Resúmenes. {Guadalajara, México, 1973} pp. 9.
32. Caskey, C.D. Jr. y F.C. Knapp. "Method for detecting inadequately heated soybean oil meal". Ind. Eng. Chem., 16: 640-644.
33. Chou Kai Chih y Z. Müller. "Complete substitution of maize by tapioca in broiler ration". En: Australia Poultry Sci. Convention, Australia, 1972. Proceedings. {Australia, 1972} pp. 149.
34. Clawson, A.J.; F.H. Smith y E.R. Barrick. "Determination of gossypol and iron in the liver of pigs fed rations containing cottonseed meals of varying gossypol content". J. Animal Sci., 19: 1254. 1960.
35. \_\_\_\_\_, J.C. Osborne y E.R. Barrick. "Effect of protein source, autoclaving, and lysine supplementation on gossypol toxicity". J. Animal Sci., 20: 547-552. 1961.

36. \_\_\_\_\_ "Accumulation of gossypol in the liver and factors influencing the toxicity of injected gossypol". J. Animal Sci., 21: 911-915. 1965.
37. Collens, A.E. "Bitter and sweet cassava hydrocyanic acid contents". Trinidad and Tobago, Bull. Dept. Agric. 14 (2): 54. 1915. En: Montaldo, A., ed. La yuca o mandioca. San José, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1979. pp. 386.
38. Conkerton, E.J. y V.L. Franpton. "Reaction of gossypol with free E-Amino groups of lysine in proteins". Arch. Biochem. Bioph., 81: 130-134. 1959.
39. Cuca, M.G. y Murillo, B. "Suplementación de aminoácidos en dietas a base de pasta de algodón para pavitos". Téc. Pec. Méx., 19: 1-8. 1971.
40. Cuevas, B.H. Utilización del frijol Caupí (Vigna sinensis) y del grano de sorgo (Sorghum vulgare) en dietas para pollos de engorde. Tesis (Magister Scientifcae) Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, INCAP/CESNA. Guatemala, 1978. 54p.
41. Curtin, L.V. y J.T. Raper. "Feeding value of hydrolized vegetable fats in broiler rations". Poultry Sci., 35: 273-278. 1956.
42. 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 Scientifcae) Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, INCAP/CESNA. Guatemala, 1976. 30p.
43. Dansky, L.M. y F.W. Hill. "The effect of energy level and physical nature of the diet on growth and body composition of chicks". Poultry Sci., 30: 910. 1951.
44. De Maller, E.M. y H. Vanderborcht. "A study of nutritive value of protein of different sources in the feeding of African children". J. Nutr., 65: 335-352. 1958.
45. Duncan, D.B. "Multiple range and multiple F test". Biometrics., 11: 1-42. 1955.
46. Echandi, M.O. "Valor de la harina y tallos deshidratados de la yuca en la producción de leche". Turrialba., 2: 166-169. 1952.
47. Elías, L.G.; S.S. Loarca y R. Bressani. "Estudio comparativo de diferentes métodos para evaluación del valor proteico de harinas de semilla de algodón". Arch. Latinoam. Nutr., 19: 279-298. 1969.
48. Enríquez, F.Q. y E. Ross. "The value of cassava root meal for chicks". Poultry Sci., 46: 622-627. 1967.
49. \_\_\_\_\_ "Cassava root meal in grower and layer diets". Poultry Sci., 51: 228-233. 1972.
50. Enríquez, F.; C. Arteaga y E. Avila. "Harina de yuca (Manihot esculenta) en dietas para pollos de engorda y gallinas en postura". Téc. Pec. Méx., 32: 53-57. 1977
51. \_\_\_\_\_; A. Shimada y E. Avila. "Sustitución de maíz por una combinación de harina de yuca y pulido de arroz (yucarroz) en raciones para gallinas". Téc. Pec. Méx., 33: 97-98. 1977.
52. Ewing, W.R. Poultry Nutrition. Fifth Ed. The Ray Ewing, Comp. Pub., Pasadena, California, 1963. pp. 550-551.
53. Gallup, W.D. "The value of iron salts in counteracting the Effect of gossypol". J. Biol. Chem., 77: 437-449. 1928.
54. \_\_\_\_\_ y R. Reder. "The influence of certain dietary constituents on the response of rats to gossypol ingestion". J. Agric. Res., 51: 259-266. 1935.
55. Grau, C.R. "Protein concentrates as amino acid sources for chick: Corn gluten meal, cottonseed meal and peanut meal" J. Nutr., 32: 303-310. 1946.
56. Haines, C.E.; H.D. Wallace y M. Roger. "The value of soybean oil meal, low gossypol (degossypolized) solvent processed cottonseed meal, low gossypol expeller processed C.S.M. and various blends thereof in the ration of growing-fattening swine". J. Animal Sci., 16: 12-19. 1957.
57. Hale, F. y C.M. Lyman. "Effect of protein level in the ration of gossypol tolerance in growing-fattening pigs". J. Animal Sci., 16: 364-369. 1967.
58. Heywang, B.W. y H.R. Bird. "Egg production, diet consumption and live weight in relation to the free gossypol content of the diet". Poultry Sci., 33: 851-854. 1954.

59. \_\_\_\_\_ "Relation between the weight of chicks and levels of dietary free gossypol supplied by different cottonseed products". Poultry Sci., 34: 1239-1247. 1955.
60. Hill, W.F. y K. Totsuka. "Studies of the metabolizable energy of cottonseed meal for chicks, with particular reference to the effect of gossypol". Poultry Sci., 43: 362-369. 1964.
61. Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá, Guatemala, C.A. Tabla de Composición de pastos y forrajes y otros alimentos de Centro América y Panamá. Guatemala, 1968. 153. p. (INCAP, Publicación E-440).
62. Jarquín, R.; R. Bressani, L.G. Elías, C. Tejada, M. González y J.E. Braham. "Effect of cooking and calcium and iron supplementation on gossypol toxicity in swine". J. Agric. Food Chem., 14: 275-279. 1966
63. \_\_\_\_\_; M. González, R. Oliva, L.A. Lamm, L.G. Elías y R. Bressani. "Estudio del uso de harina de semilla de algodón en el crecimiento y engorde de cerdos". Arch. Latinoam. Nutr., 18: 39-63. 1968.
64. Jonassen, H.B. y R.J. Demint. "Interaction of gossypol with the ferrous ion". J. Am. Oil Chemist's Soc., 32: 424-426. 1955.
65. Keith, J.S. "Practical significance of gossypol in feed formulation". J. Am. Oil Chemist's Soc., 47: 448-450. 1970.
66. Knabe, D.A.; T.D. Tanksley, Jr. y J.H. Hesby. "Effect of lysine, crude fiber and free gossypol in cottonseed meal on the performance of growing pigs". J. Animal Sci., 49: 134-141. 1979.
67. Lipstain, B. y S. Bornstein. "Studies with acidulated cottonseed oil soapstock. 1. Its use as a fat supplement in practical broiler rations". Poultry Sci., 43: 686-693. 1964.
68. López, L. y H. Herrera. "Manihot carthagenesis. Una yuca silvestre con alto contenido proteico". Reunión Sociedad Latinoamericana de Fitotecnia. VIII. Bogotá, Colombia, Noviembre, 1970. Resúmenes. (Bogotá, Colombia, 1970) pp. 16.
69. Lorenz, A. Poultry Sci., 23: 376. 1939. En: Ewing, W.R. Poultry Nutrition. Fifth Ed. The Ray Ewing, Comp. Pub., Pasadena, California, 1963. pp. 356.
70. Luyken, R., A.P. Groot de, y P.G.C. Van Stratum. "Nutritional value of foods from New Guinea. 2. Net protein utilization". Utrecht Central Inst. Nutr. and food research. T.N.O. 1961. pp. 18.
71. Lyman, C.M.; W.Y. Chang y J.R. Couch. "Evaluation of protein quality in cottonseed meals by chick growth and by chemical index method". J.Nutr., 49: 679-690. 1953.
72. \_\_\_\_\_ "The role of gossypol" En: Proceedings of a Conference on cottonseed protein concentrates. New Orleans, Louisiana, January 15-17. 1964. Proceedings. [U.S. Dep. Agric., Agr. Res. Ser. Washington, D.C. U.S. D.A. April, 1965] pp. 55-61. (ARS-72-38).
73. Maner, J.H. y E. Santos. "Harina de yuca en la alimentación de pollos de engorde". En: Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal. Memorias. 6: 145-146. 1971.
74. \_\_\_\_\_ "La yuca en la alimentación de cerdos". Seminario sobre sistemas de producción de porcinos en América Latina. Centro Internacional de Agricultura Tropical-CIAT, Cali, Colombia. Septiembre 18-21. 1972. 37 p.
75. \_\_\_\_\_ y A.L. Daniels. Unpublished data. 1970-1971. En: Maner, J.H. "La yuca en la alimentación de cerdos". Seminario sobre sistemas de producción de porcinos en América Latina. Centro Internacional de Agricultura Tropical-CIAT, Cali, Colombia. Sep. 18-21. 1972. pp. 192.
76. Manjarrez, B.; C. Arteaga, A. Robles, M. Aguirre, E. Avila y D.A. Shimada. "Valor nutritivo de una combinación de harina de yuca (Manihot esculenta) con puliduras de arroz, como sustituto de maíz en la alimentación de pollos y cerdos". Téc. Pec. Méx., 25: 58-69. 1973.
77. Marusich, W.; E. De Ritter y J.C. Bauernfeind. "Evaluation of carotenoid pigments for coloring egg yolks". Poultry. Sci., 39: 1338-1345. 1960.
78. Mc. Millan, A.N. y F.J. Dudley. "Potato meal, tapioca meal and town waste in chicken rations". Utility Poultry J., 16: 415. 1954.
79. Mejía, T.R. "Valor comparativo entre la yuca y el maíz en la alimentación de cerdos". Rev. Fac. Nac. Agr., 20: 3. 1960.
80. Meksongee, L.A.; A.J. Clawson y F.H. Smith. "The "in vivo" effect of gossypol on cytochrome oxidase, succin oxidase, and succin dehidrogenase in animal tissue". J. Agr. Food Chem., 18: 917-920. 1970.
81. Montaldo, A. "Cultivo de raíces y tubérculos tropicales". IICA, Lima, Perú. 1972. pp. 184. ( Serie de textos y materiales educativos No. 21 ). En: Montaldo, A., ed. La yuca o mandioca. Inst. Interam. Cienc. Agric. IICA., San José, Costa Rica. 1979.

82. \_\_\_\_\_ y J.J. Montilla. "Producción de follaje de yuca". Rev. Fac. Nac. Agr., 42: 17-40. 1973.
83. \_\_\_\_\_ La yuca o mandioca. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Ed. IICA., San José, Costa Rica. 1979. pp.
84. Montilla, S.J.J.; C.R. Méndez y H. Wiedenhofer. "Utilización de la harina de tubérculo de yuca ( Manihot esculenta ) en raciones iniciadoras para pollos de engorde". Arch. Latinoam. Nutr., 19: 381-388. 1969.
85. \_\_\_\_\_; P. Castillo y H. Wiedenhofer. "Efecto de la incorporación de harina de yuca amarga en raciones para pollos de engorda". Agr. Tropical., 25: 259. 1975.
86. Müller, Z. "Cassava as a total substitute for cereals in livestock and poultry rations". Conference on Animal Feed of Tropical and Subtropical Origin. London. 1975. Proceedings. (London, Trop. Prod. Inst. 1975).
87. Muñoz, G.A. y I. Casas. "Contenido de ácido cianhídrico en raíces y hojas de clases amargas de yuca ( Manihot esculenta )". Turrialba., 22: 221-223. 1972.
88. Murillo, B.S. y M.G. Cuca. "Empleo de la pasta de algodón en dietas semipurificadas para gallinas ponedoras y efecto de la suplementación con sulfato ferroso". Téc. Pec. Méx., 2: 23-27. 1967.
89. \_\_\_\_\_ "Pasta de algodón en dietas para gallinas ponedoras". Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal. Memorias. 3: 133-142. 1968
90. Nartey, F. "Studies on cassava, ( Manihot utilissima ). II. Biosynthesis of asparagine-14C from 14 labelled hydrogen cyanide and its relation with cyanogenesis". PhysiologiaPl., 22: 1085-1096. 1969.
91. National Research Council, Committee of Animal Nutrition. Nutrient requirement of Poultry. Washington, D.C., 1971. 52 p. ( National Academy of Sciences, Nutrient Requirement of domestic Animals, No. 1 ).
92. Nemoto, Y. "Toxicity of bread prepared with grated manioc flour containing hydrocyanic acid". Rev. Aliment. Chem. Indus., 4: 5-7. 1940. En: Nestel, B. y R. Mc Intyre, eds. Chronic cassava toxicity. London, England, January 29-30. 1973. Proceedings. (Ottawa, Canada, Int. Development Center. 1973) pp. 27-36.
93. Norain, R.; C.M. Lyman y J.R. Couch. "High levels of free gossypol in hen diets. Effects of body weight, feed consumption and egg production". Poultry Sci., 36: 1351-1354. 1957.
94. North, O.M. Commercial chicken production manual. Westport, Conn. The AVI Publishing Co. Inc. 1972. pp. 339.
95. Olcott, H.S. y T.D. Fontaine. "Effect of cooking on solubility of cottonseed-meal proteins". Ind. Eng. Chem., 34: 714-716. 1942.
96. Oke, O.L. "Cassava". West African Sci. Ass., 2: 42. 1966. En: Montaldo, A. La yuca o mandioca. Inst. Interam. Cienc. Agric. IICA., San José, Costa Rica. 1979.
97. \_\_\_\_\_ "The role of hydrocyanic acid in nutrition". World review of Nutrition and Dietetics. 11: 170. 1969. En: Maner, J.H. "La yuca en la alimentación de cerdos". Seminario sobre Sistemas de Producción de Porcinos en Latinoamérica. Centro Internacional de Agricultura Tropical-CIAT, Cali, Colombia. Sep. 18-21. 1972. pp. 193.
98. Oyenuga, V.A. y O. Amazigo. "A note on hydrocyanic acid and content of cassava". West African J. of Biological Chem. 1955.
99. Panda, J.N. y G.F. Combs. "Studies on the energy requirement of the chick for rapid growth". Poultry Sci., 29: 774-775. 1950.
100. Peters y Van Syke. 1931. En: Maner, J.H. "La yuca en la alimentación de cerdos". Seminario sobre Sistemas de Producción de Porcinos en Latinoamérica. Centro Internacional de Agricultura Tropical-CIAT, Cali, Colombia. Sep. 18-21. 1972. pp. 194.
101. Phelps, R.A. "Cottonseed meal for poultry". World's Poultry Sci. Journal., 22: 86-112. 1966.
102. \_\_\_\_\_ "Use of iron salts to counteract gossypol in cottonseed meal". Feedstuff., 5: 7. 1966.
103. Ratcliff, R.G.; E.J. Day y J.E. Hill. "Comparison of two antioxidants and two sources of xanthophyll in a pigmentation study with broilers". Poultry Sci., 40: 716-720. 1961.
104. Rendon, M.; H. Benítez y O. Marín. "Utilización de la yuca ( Manihot esculenta ) en el engorde de pollos asaderos". Rev. Inst. Colombiano Agropecuario., 4: 159-171. 1969.
105. Richardson, L.R. y L.G. Blaylock. "Vitamin B<sub>12</sub> and amino acids as supplements to soybean oil meal and cottonseed meal for growing chicks". J. Nutr., 40: 169-176. 1950.

106. \_\_\_\_\_ "Supplements to soybean and cottonseed meal diets for poults and growing turkeys". Poultry Sci., 29: 651-655. 1950.
107. Robinson, W.L. "Cottonseed meal for pigs". Ohio Agricultural Experimental Satation. Bulletin-534. 1934.
108. Rogers, D.J. y S.G. Appan. "Untapped genetics resources for cassava improvement". Ind. Symposium Trop. Root Crops., Hawaii. 1: 72-75, 1970.
109. Schainble y Bandemer. 1946. En: Ewing, G.R. Poultry Nutrition. Fifth Ed. The Ray Ewing, Comp. Pub., Pasadena, California, 1963. pp. 356.
110. \_\_\_\_\_ "Dehydrated lettuce meal pigments broilers". Michigan State Coll. Agric. Exp. Sta. Quart. Bulletin. 37 (2): 273-277. 1954.
111. Scott, M.L.; M.C. Nesheim y R.J. Young. Nutrition of the chicken. New York, M.L. Scott and Ass. 1969. pp. 434-435.
112. Shimada, A. y S. Brambila. "Valoración de la sustitución de pasta de soya con pasta de algodón y cártamo, en raciones a base de maíz, con y sin melaza, para cerdos en crecimiento y finalización". Téc. Pec. Méx., 8: 30-37. 1966.
113. Smith, A.K. y W.J. Wolf. "Food uses and properties of soybean protein. I". Food Tech., 15 (5): 4-10. 1961.
114. Smith, F.H. "Isolation of gossypol from tissue of porcine livers". J. Am. Oil Chem. Soc., 40: 60-61. 1963.
115. \_\_\_\_\_ y A.J. Clawson. "The effects of mineral elements on the toxicity of gossypol and its accumulation in the organs of swine". Conference on inactivation of gossypol with mineral salts. Memphis, Tennessee. 1966. Proceedings. (Memphis, Tennessee, The National Cottonseed Prod. Ass. Inc. 1966) pp. 60-75.
116. 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.
117. Stahlin, A. y Die Beurteilung der Futtermittel. Citado por: Vogt, H. "The use of tapioca meal in poultry rations". World's Poultry Sci. Journal., 22: 113-125. 1966
118. Steinegger, P.; K. Streiff y P. Zeller. "Pigmentation of egg yolks and broilers by the addition of synthetic carotenoids to the poultry feed". Mitteilugen aus dem Gebiete der Lebensmitteluntersuchung und Higiene., 48: 445. 1957.
119. \_\_\_\_\_ y G. Zantti. "Experiment to determine the influence on the pigmentation of egg yolk by addition of various carotenoids to the feed of laying hens". Arch. Geflugelkunde., 21: 236-245. 1957.
120. Teixeira Méndez, C. "Contribuciao para o estudo da mandioca Edicao de chacaras e Quintais". En: Guernelli, O. "Estudo sobre as possibilidades de enriquecimiento da farinha de mandioca". Arquiv. Brasil Nutr., 9: 205-240. 1953
121. Terra, G.S.A. "The significance of leaf vegetables, especially of cassava in tropical nutrition". Trop. Geog. Medicine. 16 (2): 97-108. 1964.
122. Titus, H.W. y J.C. Fritz. The Scientific Feeding of Chickens. Fifth Ed. The Interstate, Printers and Pub. Inc. Danville, Illinois. 1971. pp. 54-55.
123. Toselo, A. "Consideracoes nutricionais na formulacao da farinha de trigo com outras farinhas". En: Recursos proteínicos en América Latina; memoria de una conferencia de nivel latinoamericano celebrada en el Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá INCAP-, ciudad de Guatemala 24-27 febrero, 1970. Editores: Moisés Béhar y Ricardo Bressani ( Guatemala, INCAP, 1971 ) pp. 388-395. ( Publicación INCAP L-1 ).
124. University of Florida Department of Animal Sci. Latin American Table and Feed Composition. Gainesville, Florida. 1974.
125. Villa, M.R. Efecto del sulfato ferroso en la fertilidad e incubabilidad del huevo producido por aves alimentadas con dietas a base de pasta de algodón. Tesis (Ingeniero Agrónomo) - Escuela Nacional de Agricultura, Chapingo, México. 1968. 50 p.
126. Wallace, H.D.; T.J. Cuhna y G.E. Combs. "Low gossypol cottonseed meal as a source of protein for swine". University of Florida Agric. Exp. Sta., Gainesville, Florida. Bulletin 566. June, 1955.
127. Wolf, W.J.; A. Dayle y S. Kwolek. "Carbohydrate content of soybean protein". Cereal Chem., 43: 80-93. 1966.

128. Wyllie, D. y A. Kinabo. "Harina de yuca o de maíz para pollos de asar y el efecto de la suplementación con metionina y sulfato en dietas basadas en yuca". Prod. Animal Trop., 5: 198-207. 1980.

CUADRO 1

COMPOSICIÓN DE LAS PREMEZCLAS DE VITAMINAS, MINERALES Y OTROS ADITIVOS PARA POLLOS DE ENGORDE\*

NOMBRE	Cantidad por Libra	Cantidad por kilogramo
Vitamina A, U.I.	1,200,000	2,640,000
Vitamina D <sub>3</sub> , U.C.I.	400,000	880,000
Vitamina E, U.I.	900	1,980
Vitamina K, mg	400	880
Acido Fólico, mg	40	88
Riboflavina, mg	800	1,760
Acido pantoténico, mg	1,500	3,300
Niacina, mg	4,000	8,800
Cloruro de colina, mg	40,000	88,000
Vitamina B <sub>12</sub> , mg	1.8	4
Metionina, mg	11,350	24,270
Terramicina, mg	1,500	3,300
Etoxiquinina, mg	4,540	9,988
Mycobán, mg	908	1,998
Manganeso, mg	12,258	26,968
Zinc, mg	9,080	19,976
Hierro, mg	6,810	14,982
Cobre, mg	726	1,597
Iodo, mg	300	660
Cobalto, mg	45	99

\*: Premix 100, Pfizer y Co., Inc.

CUADRO 2

COMPOSICION DE LA RACION PURINA BIO-UNO ENGORDE

INGREDIENTES:<sup>1</sup>

Maíz, sorgo, proteínas de origen vegetal y/o animal, subproductos de arroz y de trigo, grasa animal estabilizada con antioxidantes, Cloruro de Sodio, melaza, fuentes de Calcio y Fósforo, vitaminas, minerales, drogas y aditivos.

ANALISIS:<sup>1</sup>

Proteína: No menos de 20.00o/o  
 Grasa: No menos de 6.00o/o  
 Fibra: No más de 5.00o/o

1: Especificaciones contenidas en la etiqueta del producto.

CUADRO 3

COMPOSICION QUIMICA PROXIMAL DE LAS MATERIAS PRIMAS UTILIZADAS EN LAS RACIONES PARA POLLOS DE ENGORDE DE CINCO DIAS A CINCO SEMANAS DE EDAD EN LOS DISTINTOS EXPERIMENTOS

Ingredientes	Materia	Proteína	Extracto	Fibra	Cenizas	Extracto Libre de Nitrógeno
	Seca	Cruda	Etéreo	Cruda		
Componentes (o/o)						
Harina de soya	88.52	46.00	1.90	6.20	6.46	39.44
Harina de algodón	89.37	52.50	1.60	11.30	7.01	27.60
Harina de maíz	86.28	8.40	2.75	2.30	1.40	85.15
Harina de yuca	90.94	2.10	0.96	6.65	4.11	86.18
Mezcla (yuca/soya)*	90.19	7.90	1.33	6.60	5.15	79.02
Harina de hoja de yuca	93.70	16.00	5.55	27.80	10.21	40.49

\*: Yuca 85.7 y soya 14.8o/o

CUADRO 4

COMPOSICION QUIMICA PROXIMAL DE LAS RACIONES PARA POLLOS  
DE ENGORDE DE CINCO DIAS A CINCO SEMANAS DE EDAD ( EXPERIMENTO 1 )

No. de Ración	Materia Seca	Proteína Cruda	Extracto Etéreo	Fibra Cruda	Cenizas	Extracto Libre de Nitrógeno
	g/100 g.					
1	89.80	23.50	5.42	4.55	10.78	55.75
2	87.00	23.50	5.43	4.60	10.61	55.86
3	90.11	23.80	5.40	4.80	11.17	54.83
4	90.07	23.40	5.36	4.97	11.17	55.10
5	89.00	22.90	5.38	6.30	11.30	54.12
6	90.05	23.60	5.40	7.64	11.60	51.76
T*	90.63	18.20	4.15	3.21	12.60	61.84

\*: Ración comercial ( testigo ), Purina Bio-Uno Engorde.

CUADRO 5

COMPOSICION Y APORTE DE NUTRIENTES DE LAS RACIONES  
PARA POLLOS DE ENGORDE DE CINCO DIAS A CINCO SEMANAS DE EDAD ( EXPERIMENTO 1 )

Ingredientes	Niveles de Sustitución						
	Algodón/soya	0/100	20/80	40/60	60/40	80/20	100/0
Raciones	1	2	3	4	5	6	
Harina de algodón		7.16	14.32	21.50	28.66	35.82	
Harina de soya	41.00	32.68	24.51	17.01	8.17		
Harina de maíz	50.20	51.36	52.37	52.69	54.37	55.38	
CaHPO <sub>4</sub>	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	
CaCO <sub>3</sub>	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	
Sal	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	
Vit + Min traza	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	
Amprol	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	
Aceite	5.00	4.91	4.81	4.73	4.63	4.54	
Lisina		0.07	0.15	0.22	0.30	0.38	
Metionina		0.02	0.04	0.05	0.07	0.08	
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	
Proteína, o/o	23.50	23.50	23.80	23.40	22.90	23.60	23.00*
Lisina <sup>1</sup> , o/o	1.28	1.21	1.13	1.06	0.98	0.90	1.25*
Metionina + Cistina <sup>1</sup> , o/o	0.60	0.58	0.56	0.55	0.53	0.52	0.86*
Calcio <sup>1</sup> , o/o	1.00	1.02	1.03	1.05	1.06	1.08	1.00*
Fósforo <sup>1</sup> , o/o	0.50	0.52	0.52	0.53	0.54	0.54	0.70*
Energía Metabolizable <sup>2</sup> , kcal /kg.	3,068	3,049	3,028	3,008	2,988	2,967	3,200*

\*. Requerimientos para pollos de engorde de 0 - 6 semanas, según la National Academy of Sciences. 1973.

1: Calculados en base a valores tomados de la tabla de Composición de Alimentos del INCAP ( 1968 ).

2: Calculada en base de valores tomados de la tabla de Composición de Alimentos de la Universidad de Florida ( 1974 ).

CUADRO 6

AUMENTO DE PESO, CONSUMO DE ALIMENTO Y CONVERSION ALIMENTICIA DE POLLOS DE ENGORDE DE CINCO DIAS A CINCO SEMANAS DE EDAD ( EXPERIMENTO 1 )  
( g/ave/5 semanas )

No. de Ración	Nivel de sustitución proteínica de algodón / soya ( o/o )	PARAMETROS			Proteína Proveniente Harina de	
		Aumento de Peso <sup>1</sup> ( g )	Consumo de Alimento <sup>1</sup> ( g )	Conversión Alimenticia <sup>1</sup>	Algodón ( g )*	Soya ( g )*
1	0/100	844 <sup>ab</sup>	1,406 <sup>b</sup>	1.67 <sup>a</sup>	0	18.86
2	20/80	865 <sup>a</sup>	1,462 <sup>ab</sup>	1.69 <sup>a</sup>	3.76	15.03
3	40/60	868 <sup>a</sup>	1,470 <sup>ab</sup>	1.70 <sup>a</sup>	7.52	11.27
4	60/40	843 <sup>ab</sup>	1,453 <sup>ab</sup>	1.72 <sup>a</sup>	11.30	7.82
5	80/20	796 <sup>b</sup>	1,410 <sup>b</sup>	1.77 <sup>a</sup>	15.05	3.76
6	100/0	689 <sup>c</sup>	1,250 <sup>c</sup>	1.82 <sup>a</sup>	18.81	0
T**	—	809 <sup>b</sup>	1,530 <sup>a</sup>	1.89 <sup>a</sup>	—	—

1: Promedio de tres grupos de nueve pollos cada uno.

\*: Calculados de acuerdo a sus contenidos de proteína, ver Cuadro 3

\*\* : Ver cuadro 4.

abc/ Cifras con letras diferentes, son diferentes estadísticamente (  $P < 0.01$  ). Más de una letra indica diferencia y/o igualdad con cifras en la misma fila que tengan alguna de las mismas letras ( 45,116 ).

CUADRO 7

COMPOSICION QUIMICA PROXIMAL DE LAS RACIONES PARA POLLOS DE ENGORDE DE CINCO DIAS A CINCO SEMANAS DE EDAD ( EXPERIMENTO 2 )

No. de Ración	Materia Seca	Proteína Cruda	Extracto Etéreo	Fibra Cruda	Cenizas	Extracto Libre de Nitrógeno
	g/100g.					
1	90.00	23.00	5.40	7.50	10.80	53.30
2	91.00	22.60	5.38	7.60	10.71	53.71
3	90.50	22.50	5.30	7.50	10.89	53.81
4	89.80	22.40	5.41	7.48	11.07	53.64
5	89.20	22.30	5.38	7.40	11.16	53.76
6	90.05	22.30	5.36	7.65	11.52	53.17

CUADRO 8

COMPOSICION Y APORTE DE NUTRIENTES DE LAS RACIONES PARA POLLOS DE ENGORDE DE CINCO DIAS A CINCO SEMANAS DE EDAD ( EXPERIMENTO 2 ).

Ingredientes	RACIONES						
	1	2	3	4	5	6	
Harina de algodón	35.82	35.82	35.82	35.82	35.82	35.82	
Harina de maíz	55.30	55.10	54.70	55.10	54.90	54.70	
CaHPO <sub>4</sub>	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	
CaCO <sub>3</sub>	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	
Sal	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	
Vit + Min traza	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	
Amprol	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	
Aceite	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	
Metionina	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	
Lisina	0.00	0.20	0.40	0.00	0.20	0.40	
FeSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	0.00	0.00	0.00	0.20	0.20	0.20	
<b>Total</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	
Proteína, o/o	23.00	22.60	22.50	22.40	22.30	22.30	23.00*
Lisina <sup>1</sup> , o/o	0.90	1.10	1.30	0.90	1.10	1.30	1.25*
Metionina + Cistina <sup>1</sup> , o/o	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.86*
Calcio <sup>1</sup> , o/o	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.00*
Fósforo <sup>1</sup> , o/o	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.70*
Energía Metabolizable <sup>2</sup> , Kcal/Kg.	3,175	3,168	3,162	3,168	3,162	3,155	3,200*

\*, 1 y 2: Ver Cuadro 5.

CUADRO 9

EFFECTO DE LA SUPLEMENTACION CON TRES NIVELES DE LISINA Y DOS NIVELES DE FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O EN RACIONES PARA POLLOS DE ENGORDE DE CINCO DIAS A CINCO SEMANAS DE EDAD ( EXPERIMENTO 2 )

	RACIONES <sup>1</sup>					
	1	2	3	4	5	6
Niveles de lisina ( o/o )	0.00	0.20	0.40	0.00	0.20	0.40
Niveles de FeSO <sub>4</sub> . 7H <sub>2</sub> O ( o/o )	0.00	0.00	0.00	0.20	0.20	0.20
Aumento de peso <sup>2</sup>	365.80 <sup>c</sup>	598.30 <sup>b</sup>	707.45 <sup>a</sup>	362.69 <sup>c</sup>	588.55 <sup>b</sup>	699.70 <sup>a</sup>
Consumo de alimento <sup>2</sup>	741.18 <sup>c</sup>	1,234.40 <sup>b</sup>	1,341.85 <sup>a</sup>	806.88 <sup>c</sup>	1,144.30 <sup>b</sup>	1,342.25 <sup>a</sup>
Conversión alimenticia <sup>2</sup>	2.03 <sup>a</sup>	2.06 <sup>a</sup>	1.90 <sup>a</sup>	2.23 <sup>a</sup>	1.95 <sup>a</sup>	1.93 <sup>a</sup>
Aporte de lisina *	0.90	1.10	1.30	0.90	1.10	1.30
Requerimiento de lisina **	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25
Diferencia entre aporte y requerimiento	- 0.35	- 0.15	+ 0.05	- 0.35	- 0.15	+ 0.05

1: En todas las raciones la cantidad de harina de algodón fue de 35.82 g/100g y su aporte de proteína a las mismas de 18.81 g.

2: g/ave/5 semanas. Promedio de dos grupos de diez pollos cada uno.

\*: Por cálculos tabulares. Ver Cuadro 5.

\*\* : Ver Cuadro 5.

abc/ Ver Cuadro 6.

CUADRO 10

EFFECTO LINEAL Y COMBINADO DE LA SUPLEMENTACION CON TRES NIVELES DE LISINA Y DOS NIVELES DE  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  EN RACIONES PARA POLLOS DE ENGORDE DE CINCO DIAS A CINCO SEMANAS DE EDAD. ( EXPERIMENTO 2 ).

1. AUMENTO DE PESO

		LISINA				
		o/o	0.00	0.20	0.40	X
$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0.00		365.85	598.30	707.45	557.20 <sup>a</sup>
	0.20		362.69	588.55	699.70	550.31 <sup>a</sup>
	X		364.27 <sup>c</sup>	593.43 <sup>b</sup>	707.56 <sup>a</sup>	

2. CONSUMO DE ALIMENTO

		LISINA				
		o/o	0.00	0.20	0.40	X
$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0.00s		741.18	1,234.40	1,341.85	1,105.81 <sup>a</sup>
	0.20		806.88	1,144.30	1,342.25	1,097.81 <sup>a</sup>
	X		774.03 <sup>c</sup>	1,189.35 <sup>b</sup>	1,342.05 <sup>a</sup>	

3. CONVERSION ALIMENTICIA

		LISINA				
		o/o	0.00	0.20	0.40	X
$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0.00		2.03	2.06	1.90	2.00 <sup>a</sup>
	0.20		2.23	1.95	1.93	2.04 <sup>a</sup>
	X		2.13 <sup>a</sup>	2.01 <sup>a</sup>	1.92 <sup>a</sup>	

abc/ Ver Cuadro 6.

CUADRO 11

COMPOSICION QUIMICA PROXIMAL DE LAS RACIONES<sup>1</sup> PARA POLLOS DE ENGORDE DE CINCO DIAS A CINCO SEMANAS DE EDAD ( EXPERIMENTO 3 )

No. de Ración	Materia Seca	Proteína Cruda	Extracto Etéreo	Fibra Cruda	Cenizas	Extracto Libre de Nitrógeno
	g/100g.					
1	92.64	24.00	8.13	3.87	11.00	53.00
2	89.46	23.70	7.53	4.32	9.39	55.06
3	92.30	23.80	6.99	4.67	9.69	54.85
4	92.83	23.50	6.71	5.51	10.12	54.16
5	90.16	23.60	6.40	5.82	10.10	54.08
6	93.28	23.40	6.01	6.51	9.24	54.84
T*	90.63	18.20	4.15	3.21	12.60	61.84

1: Raciones con soya como fuente de proteína,

\*: Ver Cuadro 4.

CUADRO 12

COMPOSICION QUIMICA PROXIMAL DE LAS RACIONES<sup>1</sup> PARA POLLOS  
DE ENGORDE DE CINCO DIAS A CINCO SEMANAS DE EDAD ( EXPERIMENTO 3 )

No. de Ración	Materia Seca	Proteína Cruda	Extracto Etéreo	Fibra Cruda	Cenizas	Extracto Libre de Nitrógeno
	g/100g.					
1	93.30	24.10	7.23	6.85	12.60	49.22
2	89.20	23.60	6.67	7.50	11.60	50.63
3	91.58	23.50	6.08	6.50	11.80	52.12
4	92.50	23.00	5.76	6.60	11.00	53.64
5	90.18	23.30	5.60	6.80	10.19	54.82
6	93.00	23.20	5.53	8.63	8.65	53.99
T*						

1: Raciones con harina de algodón/soya en la proporción 60/40, como fuente de proteína.

\*: Ver Cuadro 11.

CUADRO 13

COMPOSICION Y APOORTE DE NUTRIENTES DE LAS RACIONES PARA POLLOS  
DE ENGORDE DE CINCO DIAS A CINCO SEMANAS DE EDAD ( EXPERIMENTO 3 )

Ingredientes	Mezcla/Maíz Raciones ***	NIVELES						
		0/100	20/80	40/60	60/40	80/20	100/0	
		1	2	3	4	5	6	
Harina de soya		42.55	42.55	42.55	42.55	42.55	42.55	
Mezcla yuca/soya*		—	9.73	19.45	29.18	38.91	48.60	
Harina de maíz		48.55	38.81	29.10	19.38	9.68	—	
CaHPO <sub>4</sub>		2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	
CaCO <sub>3</sub>		0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	
Sal		0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	
Amprol		0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	
Aceite		5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	
Vit + Min traza		0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	
Lisina		0.10	0.09	0.07	0.05	0.02	—	
Metionina		—	0.02	0.03	0.04	0.04	0.05	
Total		100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	
Proteína, o/o		23.10	23.00	23.30	23.00	23.20	23.40	23.00**
Lisina <sup>1</sup> , o/o		1.28	1.29	1.31	1.33	1.36	1.38	1.25**
Metionina + Cistina <sup>1</sup> , o/o		0.60	0.58	0.57	0.56	0.56	0.55	0.86**
Calcio <sup>1</sup> , o/o		1.00	1.02	1.03	1.05	1.07	1.08	1.00**
Fósforo <sup>1</sup> , o/o		0.56	0.56	0.55	0.54	0.53	0.53	0.70**
Energía Metabolizable <sup>2</sup> , kcal/kg		3047	3005	2964	2922	2881	2840	3,200**

\*: Ver Cuadro 3.

\*\* : Y 1 y 2. Ver Cuadro 5.

\*\*\*: Ver Cuadro 11.

CUADRO 14

COMPOSICION Y APORTE DE NUTRIENTES DE LAS RACIONES PARA POLLOS  
DE ENGORDE DE CINCO DIAS A CINCO SEMANAS DE EDAD ( EXPERIMENTO 3 )

Ingredientes	Mezcla/Maíz Raciones***	NIVELES						
		0/100	20/80	40/60	60/40	80/20	100/0	
		1	2	3	4	5	6	
Harina de algodón		21.50	21.50	21.50	21.50	21.50	21.50	
Harina de soya		17.01	17.01	17.01	17.01	17.01	17.01	
Mezcla yuca/soya*		—	10.54	21.08	31.60	42.12	52.64	
Harina de maíz		52.58	42.04	31.52	21.02	10.50	—	
CaHPO <sub>4</sub>		2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	
CaCO <sub>3</sub>		0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	
Sal		0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	
Amprol		0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	
Aceite		4.73	4.73	4.73	4.73	4.73	4.73	
Vit + Min traza		0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	
Lisina		0.33	0.31	0.29	0.26	0.25	0.22	
Metionina		0.05	0.07	0.08	0.08	0.09	0.10	
<b>Total</b>		<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	
Proteína, o/o		23.50	23.00	23.50	23.00	23.30	23.20	23.00**
Lisina <sup>1</sup> , o/o		1.05	1.07	1.09	1.12	1.13	1.16	1.25**
Metionina + Cistina <sup>1</sup> , o/o		0.55	0.53	0.52	0.52	0.51	0.50	0.86**
Calcio <sup>1</sup> , o/o		1.05	1.07	1.09	1.10	1.12	1.14	1.00**
Fósforo <sup>1</sup> , o/o		0.53	0.52	0.51	0.51	0.50	0.50	0.70**
Energía Metabolizable, <sup>2</sup> Kcal/Kg.		2998	2952	2907	2863	2818	2773	3,200**

\*: Ver Cuadro 3.

\*\* : Y 1 y 2. Ver Cuadro 5.

\*\*\*: Ver Cuadro 12.

CUADRO 15

ANALISIS DE VARIANZA DE LOS AUMENTOS DE PESO, CONSUMO DE ALIMENTO, Y  
CONVERSION ALIMENTICIA DE POLLOS DE ENGORDE DE 5 DIAS A 5 SEMANAS DE EDAD  
( EXPERIMENTO 3 ).

AUMENTO DE PESO

( g/Ave/5 semanas )

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Cuadro Medio	F	Significancia
Control vs Experimental	1	260.3	1 <	NS
Raciones ( D )	1	1,855.0	3.99	NS
Niveles ( N )	5	27,913.3	59.99	**
D x N	5	3,128.9	6.72	**

CONSUMO DE ALIMENTO

( g/Ave/5 semanas )

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Cuadro Medio	F	Significancia
Control vs Experimental	1	2,097.7	1.19	NS
Raciones ( D )	1	84.4	1 <	NS
Niveles ( N )	5	7,959.0	4.50	*
D x N	5	2,159.2	1.22	NS

CONVERSION ALIMENTICIA

( g/Ave/5 semanas )

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Cuadro Medio	F	Significancia
Control vs Experimental	1	4.24 x 10 <sup>-3</sup>	1 <	NS
Raciones ( D )	1	5.10 x 10 <sup>-3</sup>	1.5	NS
Niveles ( N )	5	6.18 x 10 <sup>-2</sup>	18.2	**
D x N	5	9.38 x 10 <sup>-3</sup>	1.1	NS

\* ( P < 0.05 )

\*\* ( P < 0.01 )

**CUADRO 16**  
**AUMENTO DE PESO CONSUMO DE ALIMENTO Y CONVERSION ALIMENTICIA DE POLLOS**  
**DE ENGORDE DE 5 DIAS A 5 SEMANAS DE EDAD ( EXPERIMENTO 3 ).**  
**( g/ave/5 semanas )\***

Ración		PARAMETROS					
Nivel de sustitución energética de maíz/ mezcla**		Aumento de peso		Consumo de alimento		Conversión Alimenticia	
No.	( o/o )	1	2	1	2	1	2
		( g )	( g )	( g )	( g )	( g )	( g )
1	0/100	877.10 <sup>a</sup>	908.25 <sup>a</sup>	1145.45 <sup>abc</sup>	1122.31 <sup>bc</sup>	1.31 <sup>de</sup>	1.24 <sup>e</sup>
2	20/80	890.90 <sup>a</sup>	902.50 <sup>a</sup>	1232.85 <sup>a</sup>	1184.13 <sup>ab</sup>	1.38 <sup>bcd</sup>	1.31 <sup>de</sup>
3	40/60	885.70 <sup>a</sup>	824.30 <sup>b</sup>	1202.11 <sup>ab</sup>	1204.68 <sup>ab</sup>	1.36 <sup>cde</sup>	1.47 <sup>abc</sup>
4	60/40	826.84 <sup>b</sup>	749.90 <sup>cd</sup>	1152.41 <sup>abc</sup>	1161.62 <sup>ab</sup>	1.40 <sup>bed</sup>	1.55 <sup>a</sup>
5	80/20	795.15 <sup>bc</sup>	732.20 <sup>d</sup>	1196.40 <sup>ab</sup>	1162.60 <sup>ab</sup>	1.50 <sup>ab</sup>	1.59 <sup>a</sup>
6	100/0	657.50 <sup>c</sup>	709.75 <sup>d</sup>	1055.30 <sup>c</sup>	1127.30 <sup>bc</sup>	1.61 <sup>a</sup>	1.59 <sup>a</sup>
T***	-----	801.55 <sup>b</sup>		1196.00 <sup>ab</sup>		1.49 <sup>abc</sup>	

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

\*\* Ver Cuadro 3.

\*\*\* Ver Cuadro 11.

1. Ver Cuadro 11.

2. Ver Cuadro 12.

abcde/ Ver Cuadro 6.

**CUADRO 17**

**COMPOSICION QUIMICA PROXIMAL DE LAS RACIONES PARA POLLOS**  
**DE ENGORDE DE CINCO DIAS A CINCO SEMANAS DE EDAD ( EXPERIMENTO 4 )**

Ración	Materia Seca	Proteína Cruda	Extracto Etéreo	Fibra Cruda	Cenizas	Extracto Libre de Nitrógeno
1	92.64	24.00	8.13	3.87	11.00	53.00
2	93.30	24.10	7.23	6.85	12.60	49.22
3	93.28	23.40	6.01	6.51	9.24	54.84
4	93.00	23.20	5.53	8.63	8.65	53.99
5	91.83	23.60	6.50	8.86	8.45	52.59
6	93.00	23.85	5.70	9.10	9.77	51.58
T*	90.63	18.20	4.15	3.21	12.60	61.84

\* Ver Cuadro 4.

CUADRO 18

COMPOSICION Y APORTE DE NUTRIENTES DE LAS RACIONES PARA POLLOS  
DE ENGORDE DE CINCO DIAS A CINCO SEMANAS DE EDAD ( EXPERIMENTO 4 )

Ingredientes	RACIONES						
	1	2	3	4	5	6	
Harina de soya	42.55	17.01	42.55	17.01	42.00	16.50	
Harina de algodón	—	21.50	—	21.50	—	21.50	
Harina de maíz	48.55	52.58	—	—	—	—	
Mezcla ( yuca/soya )*	—	—	48.60	52.64	44.17	48.17	
Harina de hojas de yuca	—	—	—	—	5.00	5.00	
CaHPO <sub>4</sub>	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	
CaCO <sub>3</sub>	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	
Sal	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	
Amprol	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	
Aceite	5.00	4.73	5.00	4.73	5.00	4.73	
Vit + Min traza	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	
Lisina	0.10	0.33	—	0.22	—	0.22	
Metionina	—	0.05	0.05	0.10	0.03	0.08	
<b>Total</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	
Proteína, o/o	23.10	23.50	23.40	23.20	23.00	23.00	23.00**
Lisina <sup>1</sup> , o/o	1.28	1.05	1.38	1.16	1.38	1.16	1.25**
Metionina + Cistina, <sup>1</sup> o/o	0.60	0.55	0.55	0.50	0.57	0.52	0.86**
Calcio <sup>1</sup> , o/o	1.00	1.05	1.08	1.14	1.07	1.13	1.00**
Fósforo <sup>1</sup> , o/o	0.56	0.53	0.53	0.50	0.48	0.49	0.70**
Energía Metabolizable <sup>2</sup> , Kcal/Kg	3,047	2,998	2,840	2,773	2,695	2,628	3,200*

\*: Ver Cuadro 1

\*\* 1 y 2: Ver Cuadro 5.

CUADRO 19

AUMENTO DE PESO, CONSUMO DE ALIMENTO Y CONVERSION ALIMENTICIA DE POLLOS  
DE ENGORDE DE CINCO DIAS A CINCO SEMANAS DE EDAD ( EXPERIMENTO 4 )

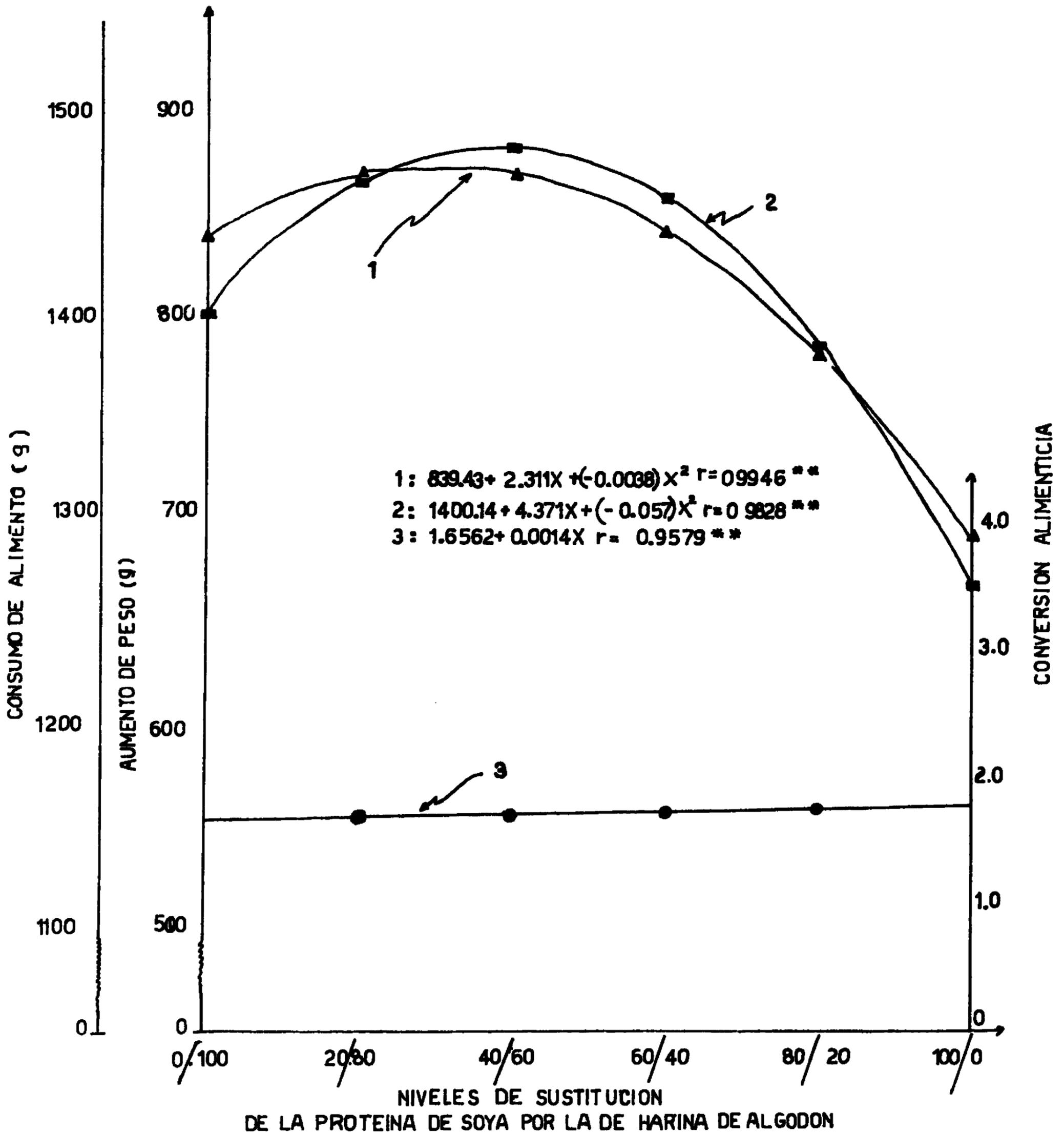
No. de Ración	PARAMETROS		
	Aumento de Peso <sup>1</sup>	Consumo de Alimento <sup>1</sup>	Conversión Alimenticia <sup>1</sup>
	( g )	( g )	
1	877.10	1,145.45	1.31
2	908.25	1,122.31	1.24
3	657.50	1,055.30	1.61
4	709.75	1,127.30	1.59
5	656.65	1,055.80	1.61
6	708.70	1,124.50	1.59
T*	801.55	1,196.00	1.49

\*: Ver Cuadro 4.

1: g/ave/5 semanas. Promedio de dos grupos de diez pollos cada uno.

FIGURA 1

RELACION ENTRE CONSUMO DE ALIMENTO, AUMENTO DE PESO, Y CONVERSION ALIMENTICIA DE POLLOS DE ENGORDE DE CINCO DIAS A CINCO SEMANAS. (EXPERIMENTO 1).

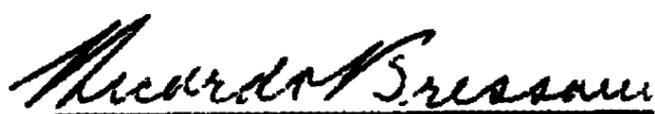


- CONSUMO DE ALIMENTO
- ▲ AUMENTO DE PESO
- CONVERSION ALIMENTICIA

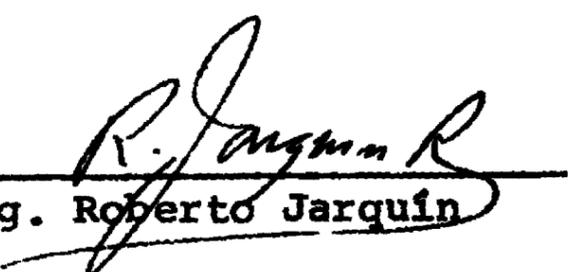
Vo.Bo. Comité de Tesis

  
José de Jesús Berríos Silva

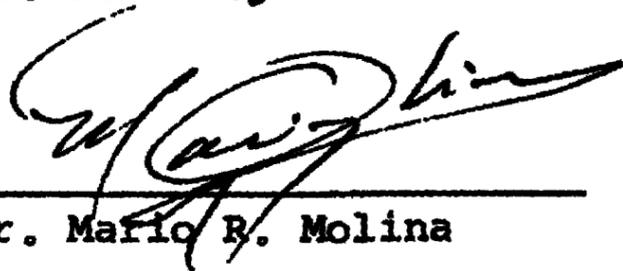
  
Lid. Beatriz Murillo

  
Dr. Ricardo Bressani

  
Dr. J. Edgar Braham

  
Ing. Roberto Jarquín

  
Dr. Roberto Gómez Brenes

  
Dr. Mario R. Molina

Imprimase: 

Dr. Luis Felipe Rosales  
Decano, Facultad de Medicina  
Veterinaria y Zootecnia