

**EL EFECTO DE PH SOBRE EL VALOR  
NUTRITIVO DE LA HARINA DE ALGODON Y  
DE LOS SUBPRODUCTOS GRASOS  
DERIVADOS DEL ACEITE**

**JOSE AMERICO PORRAS VASQUEZ**

**TESIS PRESENTADA COMO REQUISITO PARA OPTAR EL TITULO DE  
PERITO AGRONOMO**

**REALIZADA EN LOS LABORATORIOS DE QUIMICA AGRICOLA Y  
ALIMENTOS DEL**

**INCAP**

**ESCUELA NACIONAL DE AGRICULTURA  
MINISTERIO DE AGRICULTURA**

EL EFECTO DE PH SOBRE EL VALOR  
NUTRITIVO DE LA HARINA DE ALGODON Y  
DE LOS SUBPRODUCTOS GRASOS  
DERIVADOS DEL ACEITE

**JOSE AMERICO PORRAS VASQUEZ**

TESIS PRESENTADA COMO REQUISITO PARA OPTAR EL TITULO DE  
PERITO AGRONOMO

REALIZADA EN LOS LABORATORIOS DE QUIMICA AGRICOLA Y  
ALIMENTOS DEL

**I N C A P**

**ESCUELA NACIONAL DE AGRICULTURA  
MINISTERIO DE AGRICULTURA**

DEDICATORIA

Al Supremo Creador:

Infinitas gracias por fortalecer mi voluntad y guiar mis esfuerzos hacia la consecución de mi gran ideal.

A mis queridos padres:

Rigoberto Porras Miranda  
María Tereza Vásquez de Porras

Como mínima recompensa a sus múltiples sacrificios y desvelos, por hacer de mi un hombre útil a la patria.

A mi abuelita:

Izabelita Vásquez  
Con especial cariño

A mis hermanos:

Argentina  
Rigoberto  
Amor fraternal

A la Escuela Nacional de Agricultura:

Bastión en que descansa el progreso agro-nómico del país, crisol de mi formación profesional.

A mis asesores:

Dr. Ricardo Bressani  
Lic. Luis Gonzaga Elías

Con admiración y reconocimiento por sus constantes desvelos al buen éxito de este estudio.

A mis catedráticos en general, en especial:

Ing. Agr. José Ramírez Bermúdez  
Ing. Agr. Arturo Valle Duarte  
P. A. Alfonso Leche Castellanos.

Por sus sabias enseñanzas

A mis directores:

P. A. Ricardo Lavagnino G.  
P. A. J. Francisco Rubio B.  
Ing. Agr. José Ramírez B.

Gratitud y respeto

A mis compañeros de promoción:

Recuerdos inolvidables de nuestra vida estudiantil.

A mis amigas y amigos:

Con sincero aprecio.

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá por proporcionarme todas las facilidades necesarias para el desarrollo del presente estudio. En especial quiero dejar constancia de mi eterno reconocimiento al Licenciado Luis Gonzaga Elías por su constante preocupación al buen éxito de este estudio. Asimismo deseo expresar mi sincero agradecimiento al Dr. Ricardo Bressani, Jefe de la División de Química Agrícola y de Alimentos de la antes mencionada Institución por su valiosa orientación.-

Al Jefe de la Sección de Producción Animal de la Escuela Nacional de Agricultura, Perito Agrónomo Alfonso Leche Castellanos, por coadyudar al normal desarrollo de mis actividades de investigación.-

Para finalizar deseo agradecer la forma incondicional en que me brindaron su ayuda los miembros del personal de los laboratorios de Química Agrícola y de Alimentos del INCAP.-

I N D I C E

	Página
I      Introducción.....	1
II     Revisión de literatura.....	3
III    Materiales y métodos.....	7
IV    Resultados.....	11
V    Discusión.....	14
VI   Concluciones y recomendaciones....	17
VII   Apéndice.....	19
VIII   Bibliografia.....	20

## I - INTRODUCCION

Uno de los principales problemas nutricionales de los países subdesarrollados es la malnutrición proteica resultante en parte al alto costo de los alimentos ricos en proteínas unido consecuentemente al bajo poder adquisitivo de la población.-

En Centro América y Panamá ésto es una verdad aceptada, de ahí la importancia de estudiar el valor proteico de alimentos regionales de bajo costo y de subproductos industriales de escaso valor económico, que puedan aumentar la eficiencia de utilización de los alimentos.-

Por ser la producción de huevos, pollos y gallinas, uno de los medios más rápidos para elevar el bajo nivel nutricional de nuestra población, todo esfuerzo que se encamine a bajar los costos de estos productos debe merecer nuestra preocupación. La industria avícola tiene problemas propios y los precios de sus productos aun son prohibitivos para ciertos sectores del país.-

Uno de los principales problemas de la avicultura, especialmente en el caso de las pequeñas industrias, es la nutrición inadecuada, es decir el suministro de dietas que no cuentan con el balance apropiado de nutrientes para llenar los requerimientos del ave, de ahí la susceptibilidad a enfermedades que presentan determinados plantales avícolas, con los consiguientes perjuicios económicos para el consumidor que es quien a la larga paga el aumento de los costos de producción.-

Estadísticas demuestran que el costo del alimento representa aproximadamente del 55 al 70 % (1) del costo total de la producción de aves, huevos o carne. En consecuencia es importante el estudio como se apunta anteriormente, de alimentos regionales y subproductos industriales de escaso valor económico para la elaboración de raciones balanceadas que den los mejores resultados económicos.-

Entre los productos que en otros países tiende a bajar el costo de los concentrados, está el maiz, el cual constituye la fuente más económica de calorías. Sin embargo, en nuestro medio sucede exactamente lo contrario, pues el maiz constituye uno de los alimentos esenciales de la dieta humana, lo cual hace que exista una competencia desleal en la demanda.-

La importancia de encontrar un producto que venga a sustituir al maiz aunque sea parcialmente es manifiesta. Esta es la razón por la cual en nuestro estudio tratamos de evaluar el efecto de un subproducto graso derivado del aceite de algodón denominado "Soapstock" como fuente de calorías, en raciones para pollos en crecimiento.-

Por otra parte desde el principio de la utilización de la harina de torta de semilla de algodón, en la alimentación humana y animal como fuente de proteínas y calorías, han surgido varios problemas, en particular, los relacionados a la disponibilidad de harina de alta calidad y cantidad proteica y bajo contenido del pigmento gosipol.-

El factor más limitante en la utilización de la harina de

torta de semilla de algodón como alimento en el pigmento gosipol. El efecto de esta substancia se manifiesta en forma alarmante cuando se suministra a animales de estómago monogástrico. Estos tienen una tolerancia muy baja hacia el gosipol y manifiestan una tendencia a perder peso, los alimentos son utilizados ineficientemente y en casos extremos sobreviene la muerte. Actualmente se realizan muchos estudios a fin de encontrar una solución satisfactoria para dar mayor uso en la nutrición a la harina de algodón. Con el fin de utilizar más eficientemente la harina de algodón la segunda fase de este estudio consistió en estudiar el efecto del tratamiento de la harina a diferente pH, sobre el contenido de gosipol y su valor nutritivo.-

## II - REVISION DE LITERATURA

Trabajos realizados por distintos investigadores han demostrado que la grasa agregada en las raciones para pollos en crecimiento es utilizada eficientemente (16).-

Desde el punto de vista nutricional este efecto se refleja en una mejor utilización del alimento y en ciertos casos en una mejor ganancia de peso. Los triglicericidos, sean de fuentes de grasa animal o vegetal han sido los mas comúnmente usados con el objeto de aumentar el contenido energético de dichas raciones (8, 16).-

El Soapstock es un subproducto derivado del refinamiento del aceite de algodón, y el producto ya acidulado se denomina "Soapstock acidulado de aceite de algodón" (8). Este subpro-

ducto representa aproximadamente el cinco por ciento del aceite extraído de la semilla de algodón por consiguiente resultan diariamente cantidades relativamente grandes que hasta la fecha no se utilizan en nuestro medio. Solamente en los Estados Unidos se producen alrededor de 80 millones de toneladas de este material anualmente, cantidad ésta que en su mayoría es usada como materia prima para la fabricación de jabones.-

El Soapstock está formado de 75-95% de ácidos grasos totales provenientes del aceite de algodón (9), con una pequeña cantidad de trigliceridos y otros constituyentes. El valor del Soapstock acidulado como fuente de grasa, es debido a los ácidos grasos presentes en ella (8). Wurter y colaboradores han informado que los ácidos grasos del Soapstock están presentes en la misma proporción encontrada en el aceite de algodón (21). Según Stanbury et al (19) el gosipol está presente en el aceite de algodón y en el Soapstock derivado del mismo en forma de gosipol libre únicamente.-

El uso de Soapstock acidulado de aceite de algodón, como fuente de grasa en raciones para pollos ha sido muy poco estudiado. Trabajos preliminares realizados por Couch (6), Naber y Morgan (13) y Combs (7) hacen referencia al uso de este material como fuente de grasa.-

Investigaciones mas detalladas fueron llevadas a cabo por Curtin y Rapper (8); estos investigadores estudiaron el uso del Soapstock acidulado de aceite de algodón en raciones para

pollos en crecimiento. Los resultados obtenidos indicaron que el agregado de 3-4 % de este material a una dieta de 20 % de proteinas, mejoraba la utilización del alimento pero no aumentaba consistentemente la ganancia de peso. Por otro lado la adición de niveles hasta el 6 % no tuvo ningún efecto depresor en crecimiento. Los autores concluyeron también que el gosipol presente en el Soapstock era menos tóxico que el gosipol presente en la harina de algodón (15a); sin embargo estos autores no determinaron el nivel de tolerancia de gosipol de este material para los pollos. Pepper et al (15) estudiaron también el efecto de la adición de Soapstock acidulado de aceite de algodón ya refinado en raciones para gallinas ponedoras. Los resultados indicaron que la calidad de la yema de los huevos en lo que a coloración se refiere, estaba alterada, y concluyeron que no era aconsejable usar este material en las raciones ya mencionadas.-

Morgan y Willimon (12), estudiaron el efecto de la adición de 2 % de Soapstock de aceite de algodón acidulado y de otras grasas vegetales, encontrando que todas las fuentes de grasa producían un aumento en la utilización de alimento al compararla respuesta con la del grupo control en el cual no se había agregado grasa. Por otro lado Rice et al (16), informaron que el aceite de algodón y el aceite de soya hidrolizados eran utilizados eficientemente cuando eran agregados a las dietas en estudio.-

Recientemente Bornstein y Lipstein (4) informaron de sus

estudios sobre varias muestras de Soapstock de aceite de algodón acidulado con el objeto de determinar los niveles de tolerancia de gosipol en la dieta de pollos de crecimiento. Los resultados indicaron que el nivel de 0.10 % de gosipol proveniente del Soapstock era la cantidad máxima tolerada por los pollos. Cantidades superiores a este nivel producían una depresión en crecimiento debido a la reducción de la ingesta de alimento, sin embargo la eficiencia de utilización fué afectada en menor grado. Niveles de 0.20 % de gosipol, produjeron una alta tasa de mortandad, la cual no pudo ser contrarrestada con la adición del aminoácido Lisina. Sin embargo con niveles considerados inofensivos no había ninguna diferencia entre el Soapstock de aceite de algodón y el Soapstock de aceite de soya, en el comportamiento de los pollos.-

En estudios posteriores estos mismos autores (5) trataron de reducir el contenido de gosipol de Soapstock acidulado de aceite de algodón. Según los datos obtenidos por ellos el contenido de gosipol de este material puede ser influenciado por el método de extracción del aceite, por el tiempo de almacenamiento y por el método de producción.-

De interés, bajo el punto de vista práctico, fué el hallazgo de estos últimos autores, de un proceso por el cual se puede disminuir el contenido de gosipol en el Soapstock. Este método consiste en someter el material a un tratamiento con una solución caliente de álcali concentrado, antes de acidular el material.- Este proceso puede bajar el contenido de

gosipol hasta menos de 0.10 % en comparación con 150 % al no emplearse este tratamiento. Consecuentemente con tan bajo contenido de gosipol en el Soapstock este puede ser utilizado en mayores cantidades en las raciones.

En lo que al efecto de pH sobre el contenido de gosipol y valor nutritivo de la harina de algodón se refiere, estudios anteriores realizados por el INCAP (8b) han demostrado que el cambio de pH afecta la cantidad de gosipol presente en la harina de algodón. Los resultados encontrados han indicado que el pH ácido tiende a aumentar el gosipol libre mientras que el pH alcalino disminuye esta cantidad.

En el presente estudio se trató de averiguar con pruebas biológicas el efecto del aumento o disminución de gosipol con respecto a pH observado anteriormente en pruebas de laboratorio.-

### III - MATERIALES Y METODOS

#### A) SUBPRODUCTOS GRASOS DERIVADOS DEL ACEITE DE SEMILLA DE ALGODON (SOAPSTOCK)

El Soapstock utilizado en la mayor parte de este estudio fué obtenido de la producción diaria de una fábrica de extracción de aceite de semilla de algodón de Guatemala<sup>1</sup> y otra de El Salvador<sup>2</sup>.-

- 
- 1.- Gentilmente donado al INCAP por la Compañía AGSA, Escuintla, Guatemala.-
  - 2.- Gentilmente donado al INCAP por la Compañía De Sola Hnos., El Salvador.-

Experimento 1

a) Animales: Este estudio se llevó a cabo con pollos de la estirpe Vantress Cross de cuatro días de edad, los cuales fueron propiamente identificados por medio de anillos metálicos numerados. Los pollos se distribuyeron en ocho grupos de quince pollos cada uno, con un peso promedio inicial de 59 gramos. Los animales se alojaron en jaulas metálicas equipadas con termostatos para el conveniente control de la temperatura. El período experimental fué de 35 días durante los cuales se les proporcionó agua y alimento ad-libitum. Los cambios de peso y consumo de alimento se computaron cada 7 días para establecer: el incremento de peso, la eficiencia alimenticia y la eficiencia proteica.

b) Elaboración de dietas experimentales: Las raciones utilizadas se detallan en el cuadro 1, en las cuales se usó como ingredientes: harina de semilla de algodón, maíz molido, harina de alfalfa, caseína, salmina, solución de vitaminas del complejo B (5a), aceite de bacalao y Soapstock, cuyo valor nutritivo como fuente de caloría se trató de evaluar en ese estudio.

Es conveniente hacer constar que el Soapstock por su consistencia grasa presenta cierto problema en cuanto a su incorporación en las dietas, razón por la cual se hizo necesario su calentamiento a 80 grados centígrados y su acidulación, con lo que se pone en mejores condiciones para mezclarlo con el maíz molido. Esta mezcla fué tamizada para luego incorporarla

al resto de la dieta.-

Experimento 2

a) Animales: El primer experimento se replicó posteriormente usando en esa oportunidad cuatro grupos de 15 pollos cada uno, con un promedio inicial de 64 gramos de peso por grupo. Los pollos se alojaron en las mismas instalaciones y se siguieron las mismas técnicas usadas en el experimento anterior.-

b) Dietas: Las únicas modificaciones de este experimento fueron las de preparar las raciones a excepción del control con un 14 % de Soapstock el cual fué ajustado a los pH 1, 7 y 9. La composición de las raciones utilizadas en este segundo estudio se detallan en el cuadro 3.

B) TRATAMIENTO DE LA HARINA DE ALGODON A DIFERENTE pH

Experimento 3

a) Preparación de harinas: Para evaluar el efecto del pH se hizo necesaria la variación del mismo en harinas de algodón procediéndose de la manera siguiente: se pesaron 1800 gramos de semilla de algodón, que se colocaron dentro de un cilindro de vidrio. Luego se agregó 6000 mililitros de agua destilada formando así una mezcla homogénea con apariencia de atole. Para ajustar el pH se agregó ácido clorhídrico y solución de hidróxido de sodio hasta alcanzar el pH deseado, medido convenientemente por un potenciómetro eléctrico. Luego la mezcla se colocó en bandejas metálicas y en un aparato liofilizador para la extracción del agua por vacío durante

36 horas.-

b) Animales: El objeto de este experimento fué el de estudiar el efecto del tratamiento de la harina de algodón a diferente pH. Se llevó a cabo con 35 pollos de la extirpe Van-tress Cross de 4 días de edad, con un promedio inicial de peso de 63 gramos por grupo. El experimento se replicó dos veces. Los animales se alojaron en las instalaciones específicas y el período experimental fué de 28 días, durante los cuales se les proporcionó agua y alimento ad-libitum. Semanalmente se registró los cambios de peso y consumo de alimento para establecer: el incremento de peso, la eficiencia alimenticia y la eficiencia proteica.

c) Elaboración de dietas experimentales: Las raciones utilizadas en estos dos experimentos se detallan en el cuadro 5 y se usaron como ingredientes: harina de semilla de algodón, harina de alfalfa, almidón de maíz, salmina, solución de vitamina del complejo B y aceite de bacalao.

#### Experimento 4

a) Animales: El efecto del pH sobre la harina de algodón también fué estudiado en ratas. Para este fin se usaron ratas Wistar, recién destetadas de la colonia animal de los laboratorios de Química Agrícola y de Alimentos del INCAP. Los animales se distribuyeron en grupos de 8 ratas cada uno, 4 hembras y 4 machos, con un promedio inicial de 49 gramos. Se les alojó en jaulas individuales de tela metálica con pisos levantados, suministrándoles agua y alimento ad libitum por espacio

de cuatro semanas. Semanalmente se registró el aumento de peso y el consumo de alimento para establecer: la eficiencia alimenticia y la eficiencia proteica.-

b) Elaboración de dietas experimentales: Las raciones utilizadas en este experimento se detallan en el cuadro 8. En ellas se usó como ingredientes: harina de semilla de algodón, aceite de algodón, aceite de bacalao, almidón de maíz, minerales (8a), y solución de vitaminas del complejo B (11a). Para la variación del pH en la harina de algodón se empleó el mismo procedimiento descrito anteriormente.-

c) ANALISIS QUIMICO

Las raciones empleadas en todos los experimentos de que consta el presente estudio, se analizaron en duplicado para determinar su contenido de nitrógeno usando para el efecto los métodos de Hamilton y Simpson (3).

Se hizo al igual determinación del pigmento gosipol libre y total en las raciones empleadas y las harinas de algodón tratadas a diferente pH, según los métodos oficiales de la AOCS (2).-

IV - RESULTADOS

A) Soapstock

1.- Pollos: Los resultados del ensayo 1 en pollos, están expresados en el cuadro 2. En este experimento se trató de averiguar el nivel óptimo del Soapstock acidulado en el crecimiento y utilización de las dietas por los pollos. Como se puede apreciar, el agregado de 4 % de Soapstock acidulado re-

sultó en una ganancia de peso de 490 gramos con una eficiencia proteica de 1.74, comparado con 309 y 1.44 de aumento de peso y eficiencia proteica en el grupo control donde no se había agregado Soapstock respectivamente. Los índices de eficiencia del alimento también indican que el 4% de Soapstock es la cantidad óptima de agregar para la mejor utilización del alimento por los pollos. Los niveles más altos de Soapstock agregados no mejoraron los parámetros medidos, indicando así que el nivel del 4% parece ser el punto óptimo.-

En el cuadro 4 están detallados los datos obtenidos con los pollos suministrándoles un nivel constante de Soapstock tratado a diferente pH.- Los resultados parecen indicar que el Soapstock con pH natural y el pH neutro resultaron en un crecimiento similar al compararse con el control. El grupo alimentado con la dieta del Soapstock acidulado (pH 1-2), resultó en una depresión de crecimiento. La ganancia en peso para este grupo fué de 332.8 comparado con 407.1 en el grupo control.-

#### B) pH de harina de algodón

1.- Pollos: Los resultados obtenidos al suministrar harina de algodón con diferente pH a los pollos, están descritos en el cuadro 6. Como se puede apreciar, el grupo experimental que consumió la dieta con harina de algodón ácida (pH 1-2), resultó en un menor crecimiento y en una eficiencia proteica baja, al comparar con el control en base seca.- El control en cuestión resultó en un crecimiento en peso de 224.8

gramos y una eficiencia proteica de 2.14 comparándolos con 95.8 y 1.56 con la elaborada con harina de algodón tratada a pH ácido respectivamente.-

Por otra parte, la ración 4, a base de harina de algodón con pH 7, se acercó bastante al control, en lo que a ganancia en peso y eficiencia proteica se refiere. En síntesis los resultados parecen indicar que los extremos tanto ácido como alcalino, la ganancia en peso y utilización de la proteína parece disminuir, siendo este efecto mucho más accentuado en el lado ácido. Los índices de utilización del alimento correlacionan con el aumento en peso y el índice de utilización proteica.-

Los datos que se refieren a la réplica de este experimento están expresados en el cuadro 7. Los resultados obtenidos confirman en general los datos del experimento anterior en lo que al efecto de pH sobre la harina de algodón se refiere.-

2.- Ratas: Con el objeto de estudiar en otro animal de experimentación el efecto del pH en la harina de algodón, se usaron también ratas, con el mismo diseño experimental usado anteriormente en pollos. Los resultados de este experimento están descritos en el cuadro 9. Como puede apreciarse los resultados obtenidos indican que en el caso de las ratas, el efecto de pH en la harina de algodón parece no tener un efecto tan marcado como en el caso de los pollos, aunque se puede apreciar una ligera depresión en crecimiento con la dieta con la harina tratada a pH ácido (pH 1-2).

La dieta control, resultó en una ganancia en peso de 150 gramos y en una eficiencia proteica de 1.85, comparándola con un aumento en peso de 126 gramos y una eficiencia proteica de 1.94 para el grupo alimentado con la dieta preparada con la harina de algodón de pH ácido (pH 1-2). El análisis estadístico en los diversos grupos experimentales indicó que las diferencias en crecimiento o en eficiencia proteica no eran significativas.-

#### V - DISCUSION

Los resultados de los experimentos con Soapstock de aceite de algodón indicaron que el nivel del 4% en la dieta resultó el punto óptimo en lo que a eficiencia de alimentación y ganancia en peso se refiere. Los resultados están de acuerdo con los datos reportados por Curtin y Rapper (8) ya que dichos investigadores encontraron que el nivel entre 3 y 4 % de Soapstock dió la mejor utilización de energía. La cantidad de gosipol presente en las diversas raciones están expresadas en el cuadro 10. Como se puede apreciar la mayor cantidad de gosipol libre fué de 0.07 gramos por ciento, contenido éste que está muy por abajo de los niveles considerados tóxicos para el pollo, como ha sido comprobado por Curtin y Rapper (8) y Bornestein y Epstein (4) cuando el gosipol es proveniente del Soapstock.-

Es de interés hacer constar el bajo contenido de gosipol utilizado en los experimentos aquí reportados. La razón de este bajo contenido en gosipol puede ser debido a uno de los

tres factores mencionados por Bornestein y Lipstein (5), principalmente aquel que se refiere al efecto del tiempo de almacenamiento sobre el contenido de gosipol libre en el Soapstock de aceite de algodón. Según resultados de éstos investigadores la cantidad de gosipol tiende a disminuir a medida que aumenta el tiempo de almacenamiento. La mayor parte del material usado en el presente estudio estuvo en almacenamiento por un período de doce meses, lo que explica el bajo contenido de gosipol en el Soapstock empleado. Por otro lado, ésto posibilitó el uso de niveles más altos de Soapstock sin ningún efecto depresor en crecimiento. Según Lyman et al (11) el contenido de gosipol en el Soapstock acidulado depende del tiempo en que permanece en el estado alcalino. Este otro factor también pudo haber influido en el material utilizado en el presente trabajo de investigación.-

En lo que se refiere a los datos obtenidos en el segundo ensayo de Soapstock en pollos, en el cual se trató de estudiar el efecto de los diferentes pH cuando el nivel de Soapstock era constante, los resultados indican una depresión en crecimiento cuando el pH es de (1-2). Esta depresión en crecimiento no puede ser explicada en base de un aumento de la cantidad de gosipol libre, ya que el contenido de esta dieta (cuadro 11) no es superior al encontrado en las demás. Posiblemente la palatibilidad de la dieta haya influido en este resultado, como ha sucedido con otras dietas preparadas con el material a este pH. Por otro lado, el agregado de Soapstock

de 14 % a pH 7 mejoró la eficiencia de alimentación indicando el aprovechamiento de esta fuente de grasa en la ración.-

Los resultados obtenidos en las pruebas biológicas en pollos y ratas sobre el efecto del pH sobre la harina de algodón siguen el linea general la misma tendencia; es decir, un pH ácido tiende a disminuir la ganancia en peso, mientras que el pH alcalino no representa prácticamente ninguna diferencia con el grupo control. La razón por la cual el pH ácido (pH 1-2) haya resultado en una diferencia estadísticamente significativa al comparar con el control puede ser debido a que este animal de experimentación es más sensible a la toxicidad del gosipol que las ratas. Actualmente el INCAP (5b); está llevando a cabo estudios de esta naturaleza con el objeto de esclarecer el problema. Los resultados obtenidos con ratas, parecen indicar que además del efecto del gosipol, la palatibilidad de la dieta puede jugar un papel importante en los datos encontrados, ya que la menor ganancia en peso que se obtuvo pudo haber sido debido a una menor ingesta de alimentos verificada en este grupo en particular. Evidencia a esta posibilidad ha sido obtenida en estudios posteriores realizados por el INCAP, donde se trató de eliminar esta variable; en dichos experimentos se ofreció a las ratas una cantidad de alimento controlado, usando el mismo diseño experimental descrito en el presente trabajo. Los resultados indicaron que con la misma ingesta de alimento para todos los grupos a diferente pH el efecto de éste desaparecía.- Por otro

lado en otro experimento, se agregó a las demás dietas, la misma cantidad de gosipol presente en la ración preparada con la harina de algodón ácida (pH 1-2), y los resultados indicaron que la depresión en crecimiento solo era observada con la dieta de pH ácido. De estos datos se puede concluir dos hechos importantes:

1.- Que la palatibilidad de la dieta sea la causa de la depresión en crecimiento.-

2.- Que definitivamente la cantidad de gosipol presente en la dieta no está en un nivel tóxico para las ratas.-

En el caso de los ensayos con pollos, se necesitaría llevar a cabo otros estudios semejantes a los ya descritos con ratas para tratar de solucionar este problema.-

La explicación por la cual el pH ácido aumenta la cantidad de gosipol libre y el pH alcalino la disminuye, es otro punto de gran interés que también necesita más investigación. Es posible que este mecanismo sea de diferente naturaleza para los dos materiales aquí estudiados, o sea el Soapstock y la harina de algodón.- La razón de esta diferencia puede ser debida al estado químico en que se encuentra el gosipol en estos dos materiales, ya que como se ha dicho en el Soapstock el pigmento gosipol se encuentra solo en forma libre, mientras que en la harina de algodón lo está también en forma ligada (10a).-

#### VI - CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los resultados del presente trabajo de investigación in-

dican que si es factible el uso del Soapstock acidulado de aceite de algodón, como fuente de grasa en las raciones para pollos en crecimiento. De los resultados presentados se puede recomendar el uso al 4 % de Soapstock en raciones para pollos. Para mejores resultados es necesario sin embargo, que este material sea controlado químicamente, en particular en lo que se refiere a la cantidad de gosipol presente, esta medida evitaría cualquier problema de toxicidad.-

Desde el punto de vista económico la utilización de este material favorecería al agricultor ya que podría obtener una fuente de energía más barata para sus raciones. Por otro lado este material encontraría una aplicación práctica a un problema económico y nutricional. Sería interesante seguir estos estudios en lo que concierne al efecto de procesamiento sobre el contenido de gosipol de este material; el presente trabajo sugiere que el proceso industrial usado en Guatemala resulta un Soapstock de bajo contenido de gosipol, lo que facilitaría e incrementaría su utilización.-

En lo que se refiere al estudio del efecto de pH sobre el valor nutritivo de la harina de semilla de algodón, se debe llevar a cabo más experimentación, ya que los resultados reportados en el presente trabajo son preliminares.-

VII APPENDIX

Cuadro No. 1

Composición de las dietas experimentales  
de Soapstock  
 (gr/100 grs)

Ingredientes	Ración							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Harina de algodón	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00
Caseína	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Minerales <sup>1</sup>	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Aceite de bacalao	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Harina de alfalfa	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
Maíz molido	52.70	50.70	48.70	46.70	44.70	42.70	40.70	38.70
Soapstock acidulado	—	2.00	4.00	6.00	8.00	10.00	12.00	14.00
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Solución de vitaminas (ml)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
% de proteína ( N x 6.25 )	25.25	25.50	21.81	23.00	24.71	25.84	24.40	23.90

1- Salmina, productos Riverside, Guatemala

Cuadro No. 2

Efecto de diferentes niveles de  
Soapstock en raciones para pollos

Ración No.	gramos de Soapstock	peso inicial gramos	peso final gramos	ganancia peso, gramos	eficiencia alimentación	eficiencia proteica
1	0	59	408	309	2.55	1.44
2-	2	59	427	368	2.57	1.53
3-	4	59	549	490	2.24	1.74
4-	6	59	531	472	2.25	1.93
5-	8	59	443	384	2.59	1.56
6	10	59	483	424	2.39	1.62
7-	12	59	538	479	2.21	1.85
8-	14	59	522	463	2.42	1.72

Cuadro No. 3

Composición de las dietas experimentales  
 de Soapstock (segundo ensayo)  
 (gr/100 grs)

Ingredientes	Ración			
	1	2	3	4
Harina de algodón	35.00	35.00	35.00	35.00
Caseína	4.00	4.00	4.00	4.00
Minerales <sup>1</sup>	3.00	3.00	3.00	3.00
Harina de alfalfa	5.00	5.00	5.00	5.00
Aceite de bacalao	0.30	0.30	0.30	0.30
Maíz molido	52.70	38.70	38.70	38.70
Soapstock acidulado	—	14.00	14.00	14.00
Total	100.00	100.00	100.00	100.00
Solución de vitaminas (ml)	1.00	1.00	1.00	1.00
% de proteína (N x 6.25)	23.75	23.50	21.06	23.90

Cuadro No. 4

Efecto del Soapstocka diferente pH

Ración No.	peso inicial gramos	peso final gramos	ganancia peso, gramos	eficiencia alimentación	eficiencia proteica
1- Control	64.4	467.5	403.1	2.04	2.06.
2- 14 % de Soapstock agregado, pH 7	64.4	449.0	384.6	2.27	1.87
3- 14 % de Soapstock agregado, pH natural	64.4	467.5	403.1	1.99	2.38
4- 14 % de Soapstock agregado, pH 1-2	64.4	397.2	332.8	2.16	1.93

Nota, el pH natural del Soapstock varia entre 8 y 9.-

Cuadro No. 5

Composición de dietas experimentales para  
evaluar el efecto del pH sobre la harina de  
algodón, en la toxicidad del gosipol en pollos  
(gr/100 grs )

Ingredientes	Ración						
	1	2	3	4	5	6	7
Harina de algodón	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00
Minerales	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Accite de bacalao	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Harina de alfalfa	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
Almidón de maiz	41.70	41.70	41.70	41.70	41.70	41.70	41.70
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Solución de vitaminas (ml)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
% de proteína (N x 6.25 )	25.78	22.50	25.50	24.93	24.37	25.12	25.93

Cuadro No. 6

Efecto del pH sobre la toxicidad  
del gosipol en pollos

Ración No.	Trata- miento	peso inicial gramos	peso final gramos	ganancia peso, gramos	eficiencia alimentación	eficiencia proteica
1- Control seca <sup>1</sup>		63,6	288,4	224,8	1,80	2,14
2- pH 1-2		63,6	159,4	95,8	2,83	1,56
3- pH 5		63,6	239,0	175,4	2,14	1,83
4- pH 7		63,6	293,0	229,4	2,00	2,00
5- pH 9		63,6	237,0	173,4	2,66	1,53
6- pH 11-12		63,6	225,0	161,4	2,32	1,71
7- Control humeda <sup>2</sup>		63,6	218,0	154,4	2,48	1,55

1- Harina sin ningun tratamiento

2- Harina humedecida y luego secada

Cuadro No. 7

Efecto del pH sobre la toxicidad  
gosipol en pollos

Ración No.	trata- miento	peso inicial gramos	peso final gramos	ganancia peso, gramos	eficiencia alimentación	eficiencia proteica
1- Control seca <sup>1</sup>		63.6	295.6	232	1.83	2.11
2- pH 1-2		63.6	143.6	80	2.54	1.75
3- pH 5		63.6	252.8	189.2	2.03	1.93
4- pH 7		63.6	301.0	237.4	1.87	2.14
5- pH 9		63.6	288.6	225.0	2.19	1.88
6- pH 11-12		63.6	255.7	192.1	2.41	1.65
7- control humeda <sup>2</sup>		63.6	261.4	197.8	2.23	1.73

1- Harina sin ningun tratamiento

2- Harina humedecida y luego secada

Cuadro No. 8

Composición de dietas experimentales para  
evaluar el efecto del pH en la toxicidad  
del gosipol, ensayos en ratas  
 (grs/ 100 grs)

Ingredientes	Ración						
	1	2	3	4	5	6	7
Harina de algodón	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00
Minerales	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Aceite de algodón	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
Aceite de bacalao	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Almidón de maiz	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Solución de vitaminas (ml)	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
% de proteína ( N x 6.25 )	17.09	18.30	15.84	16.75	16.21	16.84	17.31

Cuadro No. 9

Efecto del pH sobre la toxicidad del gosipol  
ensayos biológicos en ratas

Ración No.	trata- miento	peso inicial gramos	peso final gramos	ganancia peso, gramos	eficiencia alimentación	eficiencia proteica
1- Control seca <sup>1</sup>		49	199	150	3.13	1.85
2- Control humeda <sup>2</sup>		49	201	152	3.01	1.80
3- pH 1-2		49	175	126	3.22	1.94
4- pH 3		49	189	140	3.16	1.88
5- pH 5		49	202	153	3.01	2.04
6- pH 7		49	193	144	3.23	1.83
7- pH 11-12		49	182	133	3.55	1.62

1- Harina sin ningun tratamiento

2- Harina humedecida y luego secada

Cuadro No. 10

Niveles de gosipol total y libre  
en dietas con Soapstock

Ración Nº.	Nivel de Soapstock en la dieta %	gosipol total mg %	gosipol libre mg %
1-	0	267.5	18.0
2-	2	270.9	25.9
3-	4	257.7	27.6
4-	6	256.3	33.1
5-	8	317.0	65.5
6-	10	349.3	66.0
7-	12	330.5	73.0
8-	14	399.3	71.4

Cuadro No. 11

Niveles de gosipol total y libre  
en dietas con Soapstock  
(segundo ensayo)

Ración	tratamiento	gosipol total mg %	gosipol libre mg %
1-	Control, sin Soapstock	280.6	27.4
2-	14 % de Soapstock agregado, pH 7	341.1	39.8
3-	14 % de Soapstock 1 agregado, pH natural	326.2	33.6
4-	14 % de Soapstock agregado, pH 1-2	340.5	26.4

1- pH natural es de 8-9

Cuadro 12

Niveles de gosipol total y libre  
en dietas para pollos, efecto pH

Ración No.	tratamiento	gosipol total mg %	gosipol libre mg %
1- Control seca		461.9	39.4
2- pH 1-2		432.9	59.3
3- pH 5		518.0	19.3
4- pH 7		519.5	29.7
5- pH 9		424.3	26.2
6- pH 11-12		321.6	22.1
7- Control humeda		541.3	28.2

Cuadro No. 13

Niveles de gosipol total y libre  
en dietas para ratas, efecto pH

Ración No.	tratamiento	gosipol total mg %	gosipol libre mg %
1-	Control seca	305.3	19.9
2-	Control humeda	306.9	20.4
3-	pH 1-2	301.0	44.1
4-	pH 3	302.0	29.7
5-	pH 5	313.1	13.9
6-	pH 7	325.1	18.1
7-	pH 11-12	176.2	05.6

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Alarcón, A.  
Alimentación de las aves de corral.  
Ediciones Truco, México 1, 1962.-
- 2.- American Oil Chemists' Society.  
Official and tentative methods of analysis.  
2 nd. ed., Chicago 1945-1950.
- 3.- Assoc. Office Agr. Chemists.  
Official methods of analysis,  
Washington, D. C., 9 th ed., 1960.
- 4.- Blanca Lipstein and S. Bornstein.  
Studies with acidulated corronseed oil soapstock. II  
It's uses as a fat supplement in practical broiler ra-  
tions.  
Poultry Sci. 43, No. 3, p. 687-693, 1964.-
- 5.- Blanka Lipstein and S . Bornstein.  
Studies with acidulated cottonseed oil soapstock. II.  
Attempts to reduce its gossypol content.  
Poultry Sci. 43, No. 3, p. 694-701, 1964.-
- 5a.- Bressani, R., A. Aguirre and N. J. S. Scrimshaw.  
All vegetable protein mixtures for human feeding. A.  
The nutritive value of corn, sorghum, rice and buckwheat su-  
substituted for lime treated corn in INCAP Vegetable mix-  
ture Eight.-  
J. Nutrition, 69:351-1959.-
- 5b. Bressani, R., L. G. Elias and. J. E. Braham.  
Effect of pH on the free gossypol level and nutritive  
value of cottonseed protein concentrate.  
Fed. Proc., Vol: 24, No. 2 p. 626, 1963.
- 6.- Couch, J. R.,  
The use of waste fast in poultry feeds.  
Proc. 3rd. Conf. on Processing cottonseed meal U.S.D.A.,  
A.R.S., South Util. Res. Branch, p. 38-40, 1953.-
- 7.- Combs, G. F.  
Maryland broiler nutrition studies.  
Proc. Maryland Nutrition Conference 51-65, 1961.-
- 8.- Curtin, L. V. and J. T. Rapper.  
Feeding value of hydrolyzed vegetable fats in broiler  
rations.  
Poultry Sci. 35:273-278, 1956.-

- 8a. Hegsted, D. M., Mills, R. C., Elvehjem, C. A. y Hart, E.B. Choline in the nutrition of chicks. J. Biol. Chem., 138:459, 1941.-
- 8b. INCAP A. Datos inéditos.-
- 9.- Keit, F. W., Jr., F. E. Blackly and F. S. Sadler.- Impurities in vegetable oil refinining soapstock. J. Amer. Oil Chem. Soc. 31:298:302, 1954.-
- 10c.- Lillie, R. J., J. R. Sicemore, J. L. Milligan and H. R. Bird.- Poultry Sci. 31:1037-1042, 1952.-
- 10a. Lyman, C. M. B. P. Baliga, and M. N. Slay. Reactions of protein with gossypol. Arch. Biochem. and Biophys. 84: 486-496, 1959.-
- 11.- Lyman, M. C. Discussion - paper by Couch 1953. Citado por Blanka Lipstein y S. Bornstein. studies with acidulated cottonseed oil soapstock. II. Attempts to reduce its gossypol content. Poultry Sci. 43, No. 3, p. 694-701, 1964.-
- 11a. Manna, L. Hanks, S. M. A possible relationship of vitamin B 13 to orotic acid. J. Biol., Chem., 202:91, 1953.-
- 12.- Morgan, C. L. and. C. P. Willimon. Some results from the addition of fats to the broiler ration. Proc. of. Assoc. So. Agr. Workers. 51st. Ann. Conv. 164, 1954.-
- 13.- Naber, E. C. and. C. L. Morgan. Fat supplementation of chick starting rations containing cotton seed meal.- Poultry Sci. 36:721-732, 1957.-
- 14.- Pepper, W. F., S. J. Slinger, and E. S. Snyader. Value of levels of soybean oil in broiler diets containing a high percentage of wheat. Poultry Sci. 32: 1084-1085., 1953.-
- 15.- Pepper, W F., E. S. Snyader, I. R. Sibbald, and. S. J. Slinger. The effects of cottonseed oil and cottonseed oil derivatives on the quality of eggs stored at 30° and 60° F. for varying period of time.- Poultry Sci. 41: 1943-1946, 1962.-

- 16.- Rice, H. E., P. E. More, R. E. Gray, R. G. Holleman, Jr. and J. F. Beuk.  
The value of fat as a feedstuff.  
J. Amer. Oil Chem. Soc. 31:56-59, 1954.-
- 17.- Scott, H. M., L. D. Matterson and. E. P. Singsen.-  
Nutrition factors influencing growth and efficiency of  
feed utilization. 1. The effect of the source of carbo-  
hydrates.  
Poultry Sci. 26: 554, 1947.-
- 18.- Siedler, A. J. and B. S. Schweigert.  
Effect of feeding graded levels of fat with and without  
choline and antibiotic B12 suplements to chicks.  
Poultry Sci. 32:449-454, 1953.-
- 19.- Stansbury, M. F., V. O. Cirino, and H. P. Pastor.  
Composition of acidulated cottonseed scapstocks as in-  
fluenced by commercial methods of processing seed and  
oil of Am. Chem.  
Soc. 34: 359-544, 1957.-
- 20.- Whittecar, W. C.  
J. Am. Oil. Chem. Soc. 32, 564, 1955.-
- 21.- Wurster, O. H. , W. J. Govan, Jr. and. G. J. Stockmann.  
Non soluble cottonseed oil products; Chap. XX.  
Cottonseed products ed. by A. E. Bailey Intersci. Publi-  
shers Inc.,  
New York, 1948.-