

F-24  
C-2

27

NS

LUIS RODOLFO ARROYAVE CERNA



**Estudio de la Composición Química, Contenido de  
Aminoácidos Esenciales y Evaluación Proteica de la  
Semilla de Pepitoria**

INSTITUTO DE NUTRICION DE  
CENTRO AMERICA Y PANAMA  
GUATEMALA, C. A.

SET 11 1959

**BIBLIOTECA**

GUATEMALA, JULIO DE 1959

*UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA*

Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia  
República de Guatemala, C. A.

Estudio de la Composición Química, contenido de  
Aminoácidos Esenciales y Evaluación Proteica de la  
Semilla de Pepitoria

T E S I S

presentada a la Junta Directiva de la Facultad  
de Ciencias Químicas y Farmacia de la  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
por

Luis Rodolfo Arroyave Cerna

en el acto de su investidura de

**QUIMICO BIOLOGO**

Guatemala, Julio de 1959.

JUNTA DIRECTIVA  
DE LA  
FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS Y FARMACIA  
DE LA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

<i>Decano</i> .....	Lic. LUIS A. CARRILLO
<i>Vocal 1o.</i> .....	Lic. MARIO A. VILLANUEVA
<i>Vocal 2o.</i> .....	Ing. GUSTAVO R. MONZON
<i>Vocal 3o.</i> .....	Lic. RAFAEL CAZALI
<i>Vocal 4o.</i> .....	Br. ORLANDO IZAS F.
<i>Vocal 5o.</i> .....	Br. JAIME RODRIGUEZ
<i>Secretario</i> .....	Lic. RODRIGO HERRERA

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN  
GENERAL PRIVADO

<i>Decano</i> .....	Lic. LUIS A. CARRILLO
<i>Vocal 1o.</i> .....	Lic. MARIO A. VILLANUEVA
<i>Examinador</i> .....	Lic. RAUL BONILLA
<i>Examinador</i> .....	Lic. ARTURO MENDIZABAL
<i>Secretario</i> .....	Lic. RODRIGO HERRERA

D. S. Scrimham.  
Simone  
ejemplar de - libro como  
muestra de - libro como  
aprecio. de administracion y  
Guatemala, Agosto de 1913.

DEDICO ESTE ACTO:

*A mis padres*

*A mi esposa*

*A mis hijos*

*A mis hermanos*

*A mis padres políticos*

**DEDICO ESTA TESIS**

A la Universidad de San Carlos de Guatemala

A la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia

Al Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP),

en especial a los Doctores:

Ricardo Bressani

Guillermo Arroyave

José Méndez de la Vega

Miguel A. Guzmán.

Edgar J. Braham

*Honorable Tribunal Examinador:*

*Presento a vuestra consideración este trabajo de "Tesis", como último requisito para obtener el Título de Químico Biólogo.*

*Este trabajo se realizó en los Laboratorios del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP), Ciudad de Guatemala, bajo la dirección del Dr. Ricardo Bressani, Jefe de la División de Química Agrícola y de Alimentos.*

# PLAN DE TESIS

	Página
I. INTRODUCCION .....	9
II. REVISION DE LA LITERATURA .....	11
III. MATERIAL Y METODOS .....	13
A. Material .....	13
1. Muestras de Pepitoria .....	13
2. Preparados de la Almendra .....	13
a) Harina de Pepitoria .....	13
b) Harina desengrasada de Pepitoria .....	13
c) Harina semidesengrasada de Pepitoria .....	14
d) Aceite de Pepitoria .....	14
B. Métodos .....	14
1. Métodos Químicos .....	14
2. Métodos Microbiológicos .....	14
3. Métodos Biológicos .....	15
a) Ensayos con Pollos .....	15
b) Ensayos con Ratas .....	15
IV. RESULTADOS .....	21
A. Composición Química Proximal de 9 Muestras de Semilla de Pepitoria y su Contenido de Calcio, Fósforo, Hierro y Acido Nicotínico .....	21

B. Contenido de Aminoácidos Esenciales de 9 Muestras de Semilla de Pepitoria .....	21
C. Comparación del Contenido de Aminoácidos de la Semilla de Pepitoria con el de Otras Semillas Oleaginosas .....	22
D. Comparación del Contenido de Aminoácidos Esenciales de la Proteína en la Semilla de Pepitoria con el de Proteínas de Origen Animal y de la Proteína de Referencia de la FAO .....	27
E. Ensayos Biológicos con Pollos .....	29
F. Ensayos Biológicos con Ratas .....	31
G. Efecto de la Suplementación de la Proteína de la Pepitoria con Aminoácidos Esenciales .....	33
H. Crecimiento de Ratas Alimentadas con Raciones Elaboradas a Base de 5, 10 y 15% de Aceite de Pepitoria y de Maíz .....	35
V. DISCUSION .....	35
VI. RESUMEN .....	42
VII. RECONOCIMIENTOS .....	43
VIII. REFERENCIAS .....	45

# ESTUDIO DE LA COMPOSICION QUIMICA, CONTENIDO DE AMINOACIDOS ESENCIALES Y EVALUACION PROTEICA DE LA SEMILLA DE PEPITORIA

## I. INTRODUCCION

Es un hecho comprobado que en los países de la América Central existe escasez de proteínas de origen animal y de concentrados proteicos vegetales, a pesar de las grandes posibilidades que hay de aumentar la producción de ambos. Son muchos los factores responsables de esta situación, entre ellos la falta de información básica sobre varios de los recursos naturales, en especial de las plantas y semillas que existen en estos países y que podrían ser excelentes fuentes de proteína o de otros nutrientes.

Estos recursos naturales, después de estudiados cuidadosamente bajo diferentes aspectos podrían, en su mayoría, ser usados como componentes de raciones para la alimentación de aves de corral, de cerdos y de ganado. Más aún, si la calidad del producto lo permitiese, su uso se podría ampliar aplicándolo a las dietas destinadas al consumo humano.

Hoy más que nunca existe en el mundo una demanda cada vez mayor de proteínas que no sólo sean de buena calidad, sino de mayor aceptación. Esta demanda se basa en los aumentos constantes de la población que debe ser alimentada por medio de estos productos, ya sea en forma directa o a través de los alimentos obtenidos de los animales, cuya alimentación debe, a su vez, regirse por esos mismos principios.

Los productos vegetales que ofrecen no sólo mayor cantidad de proteínas, sino posiblemente también de mejor calidad, son las semillas oleaginosas. Debido a su alto contenido de aceite, estos productos vegetales tienen mejores posibilidades económicas que otros productos agrícolas. Ejemplos clásicos de la importancia que han adquirido las semillas oleaginosas son el frijol de soya (*Glycine max.*), la semilla de algodón (*Gossypium hirsutum*, Linn.), el ajonjolí (*Sesamum orientale*, Linn.), la semilla de girasol (*Helianthus annuus*) y muchas otras. De todos estos productos se ha obtenido, además del aceite, la torta que queda después de la extracción del mismo. Este subproducto ha sido usado

y se continúa usando en raciones para animales y en dietas para consumo humano. Sin embargo, esto no es sino el resultado de numerosas investigaciones llevadas a cabo con el fin de determinar la posible toxicidad del producto, su valor nutritivo, estabilidad, y características químicas, así como de obtener otros datos de importancia que permitan una utilización más eficiente de los mismos en la alimentación.

Los resultados de este tipo de investigación han demostrado que la harina de soya, por ejemplo, es un concentrado proteico de excelente calidad, aunque deficiente en el aminoácido metionina. Asimismo, se ha podido establecer que la torta de semilla de algodón tiene características proteico-nutricionales magníficas, aun cuando su uso en la alimentación de animales es limitado debido a que contiene un compuesto tóxico denominado gossipol.

A pesar de que hoy día ya se dispone de materiales de excelente calidad, desde el punto de vista de la nutrición, es muy deseable la utilización de nuevos productos agrícolas con propósitos nutricionales, sobre todo si se considera que la accesibilidad de la mayor parte de los productos existentes se encuentra limitada hasta cierto punto, principalmente en el área de Centro América. Su abundancia, por otra parte, también la determinan factores de orden económico, lo que en especial es cierto en el caso de productos cuyo valor se establece con base en la aceptación del material principal que de ellos se obtenga, como sucede en el caso del aceite del frijol de soya y otras oleaginosas, la fibra y el aceite del algodón.

Todo producto agrícola que la experimentación bioquímico-nutricional indique que tiene características deseables para la alimentación, y del cual se puedan obtener subproductos de utilidad práctica, merece el fomento de su producción, tanto en el campo agrícola como en el industrial y en el económico. La parte concerniente a la agricultura comprendería trabajos encaminados a la búsqueda de variedades de mayor rendimiento, y la determinación de sus aspectos nutricionales y de cultivo. En cuanto a los aspectos industriales y económicos, sería necesario llevar a cabo investigaciones tendientes a establecer métodos adecuados para procesar el material y distribuirlo a fin de que éste sea usado de la manera más eficiente.

Una de las semillas que podría satisfacer muchos de esos requisitos es la llamada "Pepitoria". Esta semilla, que contiene el fruto de la calabaza *Cucurbita farinosa* (38) es un producto de uso muy común, aun cuando en pequeña escala, en la elaboración de dulces, tamales y otros alimentos. Hasta el presente no se disponía sino de información bioquímico-nutricional muy limitada sobre este producto. Por este motivo y con el objeto de buscar nuevos concentrados protéicos de origen vegetal, se consideró de in-

terés llevar a cabo un estudio de la almendra de la semilla de pepitoria, evaluándola por medio de análisis químicos y pruebas biológicas en animales de experimentación, tanto de la almendra entera, como de la forma desengrasada de ésta y del aceite obtenido de la misma.

## II. REVISION DE LA LITERATURA

Hasta el presente se dispone de un número relativamente limitado de estudios sobre la composición química y evaluación proteico-nutricional de la semilla de pepitoria. Al parecer son muchas las variedades y especies de la familia Cucurbitaceae, por lo que la variedad conocida en Guatemala como pepitoria no está clasificada botánicamente con mucha exactitud. Rojas (38) aplicó el nombre científico de *Cucurbita farinosa* a la semilla de pepitoria. Calderón y Standley (6) describen esta semilla de la manera siguiente:

“*Cucurbita pepo* L. *Ayote*, *Pipián*. Sembrado en todas partes por sus frutos comestibles, como cultivo intercalar entre las milpas. Hay muchas variedades constituidas por variaciones de forma o de color del fruto: las dos principales, conocidas en el país con los nombres de *Ayote* y de *Pipián*, quedan englobadas bajo una misma especie, en la presente lista . . .  
. . . Las semillas de *Pipián* son vendidas abundantemente en los mercados con el nombre de *Pepitoria* y utilizadas para diversas preparaciones culinarias y cierta clase de mazapán. En algunas partes de Guatemala este dulce, que es hecho con las semillas tostadas y miel de azúcar, es llamado *Pepitorio*.”

La composición química de la pepitoria aparece descrita en la Tabla de Composición de Alimentos de Centro América y Panamá (18), en la que el contenido de grasa (extracto etéreo) y de proteínas figuran como de 48.4 y 32.1 g %, respectivamente. Berkner (3) informó sobre una variedad de calabaza cuya semilla carece de cáscara, y que consideró como una fuente excelente de aceite y de proteína. Cravioto y colaboradores (10), por otra parte, también han informado sobre la composición química de la semilla de dos selecciones de calabaza (*C. pepo*): la llamada “de Castilla” y la denominada “de la India”, en México. La primera acusó un contenido de 31.0% de proteína y la segunda, de 32.3%. Los autores no presentan datos sobre el contenido de grasa.

La proteína principal de la proteína cruda de la semilla de las calabazas en general, es la globulina. Diversos investigadores, entre ellos Smith y Greene (43,44,45) han determinado la composición de aminoácidos de la globulina de la semilla de calabaza, encontrando que su característica principal, al igual que la globulina de otras semillas, es su elevado contenido del aminoácido arginina. A esto se debe posiblemente que tales proteínas no sean muy solubles en agua ni en soluciones salinas. La composición de aminoácidos de la semilla de calabaza (sp.) también aparece descrita en una publicación de Orr y Watt (35).

Se han llevado a cabo muy pocas investigaciones en lo que respecta al uso, como alimento, de la semilla de calabaza. Liebscher (26) estudió la digestibilidad del residuo de esta semilla después de extraído el aceite, e informó sobre el contenido de minerales del residuo. En estudios llevados a cabo en corderos, el autor encontró que el residuo era rico en proteínas y que éstas eran muy digeribles. La materia orgánica del producto acusó un índice de digestibilidad de 82.8%, y se observó que la fibra cruda del material tendía a disminuir el índice de digestibilidad. En lo que al contenido de minerales se refiere, Liebscher (26) presentó datos que demuestran que este residuo es rico en fósforo. Recientemente, Zucker y colaboradores (48) realizaron evaluaciones de la torta de semilla de calabaza como fuente de proteínas, usando para este propósito ratas y cerdos. La técnica experimental seguida en ambos estudios fue la de depauperación-repleción. Los resultados demostraron que la proteína de la semilla de calabaza era inferior a la del frijol de soya en los dos tipos de animales de experimentación, y los autores llegaron a la conclusión de que la torta de semilla de calabaza es de bajo valor biológico. Sin embargo, al combinar esa torta con maíz, los resultados obtenidos en ambos grupos fueron mejores. King (20) también estudió el valor biológico de las proteínas de las semillas de calabaza y de sandía, usando dietas que contenían 10% de proteína. En estos experimentos el índice de digestibilidad de ambas proteínas fue de 92%, y su valor biológico, determinado por medio de estudios de balance de nitrógeno, de 63 y 73%, respectivamente. Es posible que una de las razones por las cuales no se han realizado más estudios de la semilla de calabaza sea el hecho de que se ha creído que este producto es tóxico. Sin embargo, los estudios de Masurovsky (29) y de Adova y Panova (1), en cuyos jóvenes y en ratones, han demostrado que este concepto es erróneo, ya que en los trabajos de ambos investigadores no se encontraron pruebas de toxicidad.

Los trabajos de investigación relacionados con el aceite de la semilla de las cucurbitáceas son más abundantes. La composición química de los aceites ha sido objeto de estudio por parte

de Chaudhury y colaboradores (8,9), Duel (11) y Hilditch (15). Las constantes físico-químicas del aceite han sido, asimismo, descritas por varios investigadores (11,15,25). En estudios nutricionales efectuados con el aceite, Schmidt (42) encontró que la composición química de la grasa de cerdos alimentados con aceite de semilla de cucúrbita, se ve influenciada por la presencia del aceite de estas semillas en la dieta, en lo que respecta al punto de fusión, índice de yodo, proporción entre ácidos grasos sólidos y líquidos y apariencia de la grasa solidificada después de haber sometido ésta a calentamiento con el propósito de purificarla.

### III. MATERIAL Y METODOS

#### A. *Material*

##### 1. *Muestras de Pepitoria.*

Para las determinaciones químicas se usaron 9 muestras de semilla desprovista de cáscara, que se compraron en distintos sitios comerciales de la República. Se señalan como variedades diferentes las provenientes de Amatitlán, Zacapa, Mazatenango, Tiquisate y Antigua Guatemala, muestras éstas en las que el tamaño de la almendra fué la única diferencia macroscópica observada. Las diferentes muestras fueron almacenadas durante todo el período de este trabajo en un cuarto refrigerado a la temperatura de 4°C, obteniéndose de ellas las submuestras que se necesitaron para llevar a cabo los diversos experimentos.

##### 2. *Preparados de la Almendra.*

a) *Harina de pepitoria.* Las muestras se molieron en un Waring Blender por no haber permitido su naturaleza oleosa hacer esto en un molino. El grado de fineza obtenido en la licuadora fue suficiente para su manipulación, sin que esto causara separación entre el aceite y la semilla. Las muestras así procesadas se emplearon en los análisis químicos proximales.

b) *Harina desengrasada de pepitoria.* Las muestras molidas según el método anterior se colocaron en un desengrasador Soxhlet con capacidad de 2,000 ml., usando éter etílico para la extracción completa del aceite en la relación de 1,500 g de pepitoria molida para 2,500 ml. de éter etílico. Este proceso de extracción continua duró alrededor de 50 horas. La harina desengrasada se secó a la temperatura ambiente sobre papel filtro, hasta lograr la evaporación completa del disolvente. Una vez seca, la harina se molió en un molino Wiley a un grueso de 40 mallas.

c) *Harina semidesengrasada de pepitoria*. Para llevar a cabo los análisis de aminoácidos, las muestras se desengrasaron macerándolas 3 veces con éter etílico en frascos Erlenmeyers de 250 ml. Las agitaciones a que ocasionalmente se sometieron éstas, permitieron la extracción de la mayor parte del aceite y los residuos se secaron y analizaron para su contenido de nitrógeno.

d) *Aceite de pepitoria*. El extracto etéreo obtenido de la harina mediante extracción con éter etílico se trató con calor suave y succión hasta lograr eliminar la mayor parte del disolvente y luego se filtró al vacío a través de un filtro con celita<sup>1</sup> para eliminar las impurezas. Un calentamiento posterior del producto en una secadora de aire caliente, a 51°C y durante 2 horas, permitió eliminar el resto del éter.

## B. Métodos

### 1. Métodos Químicos.

Para los análisis químicos proximales se emplearon los métodos oficiales de la AOAC (2), lo que comprendió determinaciones de humedad, extracto etéreo, fibra cruda, nitrógeno, cenizas y calcio. Para la digestión de nitrógeno se usaron esos mismos métodos (2), y la destilación y titulación se llevaron a cabo según las recomendaciones de Hamilton y Simpson (13). El hierro se determinó por el método de Jackson (19) y Moss y Mellon (32), y para determinar la concentración de fósforo se utilizó el método de Fiske y Subbarow (12) modificado por Lowry y López (27).

### 2. Métodos Microbiológicos.

La niacina y los aminoácidos se determinaron por métodos microbiológicos empleando medios de la Casa Difco<sup>2</sup> y otros preparados en nuestros laboratorios según las indicaciones de Steele y colaboradores (47). Para la inoculación se emplearon microorganismos *Leuconostoc mesenteroides* P-60 en todos los aminoácidos determinados, a excepción del triptofano en cuyo caso se usó *Lactobacillus arabinosus* 17-5 lo mismo que para niacina, y para la determinación de treonina, se empleó *Streptococcus faecalis*.

---

1. Celite Analytical Filter-Aid, Johns-Manville.

2. Difco Laboratories Detroit, Michigan, Estados Unidos.

### 3. *Métodos Biológicos.*

Los ensayos biológicos se llevaron a cabo en pollos de la raza New Hampshire y en ratas albinas. El primero de estos estudios comprendió dos experimentos de 35 días cada uno, usando pollos en proceso de crecimiento; el segundo, con ratas, incluyó experimentos con animales en crecimiento y estudios de recuperación proteica.

#### a) *Ensayos con pollos.*

*Experimento No. 1.* Se utilizaron 36 pollos New Hampshire de 2 días de edad y de ambos sexos, los que se distribuyeron en tres grupos de 12 animales cada uno y cuyo peso promedio por grupo era el mismo. La proteína se evaluó tomando como base la proteína de la harina de torta de semilla de algodón. La composición de las dietas usadas en este estudio se presenta en la Tabla 1.

Los diversos grupos de pollitos se alojaron en jaulas de alambre con temperatura controlada según el requerimiento de los animales, los que se pesaron cada 7 días, administrándoles el alimento y el agua *ad libitum*. Se obtuvieron datos del aumento de peso y del consumo de alimento, así como de la eficiencia proteica y de la utilización del alimento.

*Experimento No. 2.* Para este estudio se utilizaron 60 pollos machos de 3 días de edad de la raza New Hampshire, los que fueron distribuidos en cinco grupos de 12 pollos cada uno y cuyo peso promedio por grupo era igual. La proteína de la pepitoria se evaluó substituyendo ésta por la proteína de la harina de torta de semilla de algodón. Las dietas se elaboraron según se describe en la Tabla 2.

En este caso los grupos de pollos también se alojaron en jaulas de alambre con control de temperatura según el requerimiento de los animales, los que se pesaron cada 7 días, administrándoles la comida y el agua *ad libitum*. Durante las últimas 2 semanas del ensayo los animales recibieron cantidades extras de vitaminas del complejo B y vitaminas A, D y E, además de las cantidades agregadas a la ración. Se obtuvieron datos sobre el aumento de peso y del consumo del alimento, así como de la eficiencia proteica y de la utilización del alimento.

b) *Ensayos con ratas.* En estas pruebas biológicas se usaron ratas hembras albinas importadas, de la cepa Charles River<sup>1</sup>, y

---

1. Charles River Breeding Laboratories, Brookline, Massachusetts, Estados Unidos.

Tabla 1

COMPOSICION DE LAS DIETAS ADMINISTRADAS A POLLOS  
EN EL CURSO DEL EXPERIMENTO No. 1

Ingredientes	DIETAS		
	1	2	3
Harina de pepitoria desengrasada <sup>1</sup>	—	10.2	20.4
Harina de torta de semilla de algodón de elaboración local <sup>2</sup>	30.0	15.0	—
Harina de sangre de elaboración local	4.0	4.0	4.0
Harina de grama kikuyú	5.0	5.0	5.0
Maíz amarillo molido	57.7	57.7	57.7
Mezcla de minerales <sup>3</sup>	3.0	3.0	3.0
Aceite de semilla de algodón	—	0.9	1.8
Celulosa	—	1.6	3.2
Almidón de maíz	—	2.3	4.6
Aceite de hígado de bacalao <sup>4</sup>	0.3	0.3	0.3
TOTAL	100.0	100.0	100.0
Solución de vitaminas (ml/100 g) <sup>5</sup>	1.0	1.0	1.0
Proteína calculada, %	20.9	20.9	20.9
Grasa calculada, %	7.8	7.8	7.8
Fibra cruda calculada, %	6.4	6.4	6.4

1. 57.9% de proteína.
2. 40.2% de proteína.
3. Mezcla de minerales con un contenido de 33% de harina de huesos; 33% de CaCO<sub>3</sub>; 33% de sal yodizada y 1% de elementos menores.
4. Cortesía de Mead Johnson and Company, Evansville, Indiana, Estados Unidos; 1 ml. contiene no menos de 1,800 unidades de vitamina A y 175 unidades de vitamina D.
5. La solución de vitaminas empleada contiene, por cada ml.: inositol 0.01 g; vitamina K (menadiona) 0.005 g; colina Cl 0.16 g; ácido p-amino-benzoico 0.001 g; niacina 0.01 g; riboflavina 0.002 g; piridoxina HCl 0.002 g; tiamina HCl 0.002 g; pantotenato de calcio 0.006 g; biotina 0.00004 g; ácido fólico 0.0002 g; vitamina B12 0.000003 g.

ratas albinas tipo Wistar, de ambos sexos, de la colonia del Hospital Roosevelt<sup>1</sup>. La proteína de la pepitoria se evaluó comparándola con la proteína de la leche descremada en polvo, que sirvió como patrón de referencia.

*Experimento No. 1.* Este experimento se efectuó con ratas hembras en proceso de crecimiento, de la cepa Charles River, con

1. Proporcionadas libre de costo por la Sección de Investigación del Hospital Roosevelt, Guatemala.

Tabla 2.

COMPOSICION DE LAS DIETAS ADMINISTRADAS A POLLOS  
EN EL CURSO DEL EXPERIMENTO No. 2

Ingredientes	D I E T A S				
	1	2	3	4	5
Harina de pepitoria desengrasada <sup>1</sup>	—	10.2	20.4	—	—
Harina de pepitoria completa <sup>2</sup>	—	—	—	—	39.4
Harina de torta de semilla de algodón de elaboración local <sup>3</sup>	25.2	12.6	—	27.4	—
Harina de sangre de elaboración local	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
Harina de grama kikuyú	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Maíz amarillo molido	57.7	57.7	57.7	43.3	43.3
Mezcla de minerales <sup>4</sup>	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Aceite de semilla de algodón	—	0.6	1.2	16.4	—
Celulosa	—	0.6	1.1	—	1.2
Almidón de maíz	4.8	6.0	7.3	0.6	3.8
Aceite de hígado de bacalao <sup>4</sup>	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
<b>TOTAL</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>
Solución de vitaminas (ml/100 g) <sup>4</sup>	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Solución de vitamina E (ml/100 g) <sup>5</sup>	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Proteína calculada, %	21.0	21.0	21.0	20.8	20.8
Grasa calculada, %	4.5	4.5	4.5	20.3	20.3
Fibra cruda calculada, %	3.7	3.7	3.7	3.6	3.6

1. 57.9% de proteína.
2. 32.9% de proteína.
3. 46.7% de proteína.
4. La mezcla de minerales, el aceite de hígado de bacalao y la solución de vitaminas empleadas en este experimento fueron las mismas que se usaron en el experimento No. 1 (Véase Tabla 1).
5. La solución de vitamina E se preparó disolviendo tocoferol alfa en aceite de oliva: 0.3 ml. de la solución contienen 0.03 mg. de vitamina E.

un peso promedio inicial de 66 gramos. Se formaron cuatro grupos de 6 ratas cada uno. Los animales se alojaron en jaulas individuales de alambre con pisos de tela metálica levantados. Las dietas se elaboraron de acuerdo con las fórmulas detalladas en la Tabla 3.

Los animales se pesaron cada 4 días durante el período de 28 días del experimento; la comida y el agua se les proporcionó *ad libitum*. Se obtuvieron datos del aumento de peso y del consumo alimenticio, así como de la eficiencia proteica y de la utilización del alimento.

Tabla 3.

COMPOSICION DE LAS DIETAS ADMINISTRADAS A RATAS JOVENES EN PROCESO DE CRECIMIENTO Y A RATAS ADULTAS DEPAUPERADAS DE PROTEINA

Ingredientes	D I E T A S			
	1	2	3	4
Harina de pepitoria desengrasada <sup>1</sup>	17.3	26.0	—	—
Leche descremada en polvo <sup>2</sup>	—	—	30.0	45.1
Mezcla de minerales <sup>3</sup>	4.0	4.0	4.0	4.0
Celulosa	1.6	1.4	2.0	2.0
Aceite de semilla de algodón	5.0	5.0	5.0	5.0
Aceite de hígado de bacalao <sup>4</sup>	2.0	2.0	2.0	2.0
Almidón de maíz	70.1	61.6	57.0	26.9
Sucrosa	—	—	—	15.0
<b>TOTAL</b>	100.0	100.0	100.0	100.0
Solución de vitaminas (ml/100 g) <sup>5</sup>	5.0	5.0	5.0	5.0
Proteína calculada, %	10.0	15.0	10.0	15.0
Grasa calculada, %	7.0	7.0	7.0	7.0
Fibra calculada, %	2.0	2.0	2.0	2.0

1. 57.9% de proteína.
2. 33.25% de proteína.
3. Mezcla de minerales Hegsted preparada por la firma comercial "Nutritional Biochemicals Corporation", Cleveland, Ohio, Estados Unidos.
4. Cortesía de Mead Johnson and Company, Evansville, Indiana, Estados Unidos; 1 ml. contiene no menos de 1,800 unidades de vitamina A y 175 unidades de vitamina D.
5. Solución de vitaminas de Manna y Hauge (28).

*Experimento No. 2.* Para efectuar este experimento se usaron 20 ratas hembras depauperadas de proteína, de la cepa Charles River, y se utilizó el método de depauperación-repleción de Cannon (7). Los animales de nuevo se colocaron en jaulas de alambre individuales con fondos de tela metálica levantados. Las ratas cuyo peso promedio era de 204 gramos fueron alimentadas con una dieta libre de nitrógeno hasta que perdieron 25% de su peso inicial. Esta dieta estaba compuesta de:

	%
Sucrosa .....	20
Dextrosa .....	20
Almidón de maíz .....	48
Minerales .....	4
Aceite de semilla de algodón .....	5
Aceite de hígado de bacalao <sup>2</sup> .....	1
Celulosa .....	2
TOTAL .....	100
<hr/>	
Solución de vitaminas (28) .....	5 ml.

En este caso, la mezcla de minerales<sup>1</sup>, el aceite de hígado de bacalao<sup>2</sup> y la solución de vitaminas (28) fueron los mismos que se emplearon en el experimento No. 1. A los animales se les administró *ad libitum* tanto la comida como el agua, hasta que perdieron el 25% de su peso original.

Una vez depletadas de sus reservas proteicas, las ratas se distribuyeron en cuatro grupos cuyo peso promedio de 156 gramos era igual para los cuatro grupos, y de nuevo se alojaron en jaulas de alambre individuales con fondos levantados de tela metálica. También se usaron dietas iguales a las que los animales recibieron en el experimento No. 1. Las ratas se pesaron cada 2 días durante los 14 días del período de recuperación. Se obtuvieron datos del aumento de peso y del consumo alimenticio, así como de la eficiencia proteica y de la utilización del alimento.

*Experimento No. 3.* En este caso la proteína de la pepitoria se suplementó con los aminoácidos limitantes, tomando como patrón de referencia la leche descremada en polvo. Para el caso se usaron 30 ratas hembras de la cepa Charles River, que fueron distribuidas en seis grupos con un peso promedio igual. La suplementación de las dietas (Véase Tabla 4) se hizo con base en los resultados de las determinaciones microbiológicas de los aminoácidos de la pepitoria, estudios que se presentan en otra sección de este trabajo, comparando sus concentraciones con las de los aminoácidos de la leche descremada en polvo.

Los animales se alojaron en jaulas de alambre individuales con fondos de tela metálica levantados, y se pesaron cada 7 días durante los 28 que duró el ensayo. La comida se les administró

- 
1. Mezcla de minerales Hegsted preparada por la firma comercial "Nutritional Biochemicals Corporation", Cleveland, Ohio, Estados Unidos.
  2. Cortesía de Mead Johnson and Company, Evansville, Indiana, Estados Unidos; 1 ml. contiene no menos de 1,800 unidades de vitamina A y 175 unidades de vitamina D.

Tabla 4.

EFFECTO DE LA SUPLEMENTACION DE LA HARINA DE PEPITORIA, CON AMINOACIDOS, EN EL CRECIMIENTO DE RATAS JOVENES

Ingredientes	D I E T A S					
	1	2	3	4	5	6
Harina de pepitoria						
Desengrasada <sup>1</sup>	175.00	175.00	175.00	175.00	175.00	—
DL-treonina <sup>2</sup>	—	2.42	—	2.42	2.42	—
L-leucina	—	—	—	—	2.17	—
DL-isoleucina <sup>2</sup>	—	—	—	—	3.06	—
L-lisina	—	—	—	—	0.29	—
DL-metionina	—	—	0.45	0.45	0.45	—
DL-fenilalanina <sup>2</sup>	—	—	—	—	0.63	—
L-histidina	—	—	—	—	0.44	—
Leche descremada en polvo <sup>3</sup>	—	—	—	—	—	301.00
Mezcla de minerales <sup>4</sup>	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00
Celulosa	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	20.00
Aceite de semilla de algodón	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00
Aceite de hígado de bacalao <sup>4</sup>	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
Almidón de maíz	699.00	696.58	698.55	696.13	689.54	569.00
<b>TOTAL</b>	<b>1000.00</b>	<b>1000.00</b>	<b>1000.00</b>	<b>1000.00</b>	<b>1000.00</b>	<b>1000.00</b>
Solución de vitaminas (ml/1000 g) <sup>4</sup>	50	50	50	50	50	50
Proteína calculada, %	10	10	10	10	10	10

1. 57.9% de proteína.
2. Debido a que en la mayoría de los aminoácidos sólo la forma L es activa, se usó doble cantidad de DL-treonina, DL-isoleucina y DL-fenilalanina.
3. 33.25% de proteína.
4. La mezcla de minerales Hegsted, el aceite de hígado de bacalao y la solución de vitaminas son los mismos compuestos que se usaron en los dos experimentos anteriores de este mismo tipo. (Véase Tabla 3).

después de pesada y el agua se les dió *ad libitum*. Se obtuvieron datos del aumento del peso y del consumo del alimento, así como de la eficiencia proteica y de la utilización del alimento.

*Experimento No. 4.* Se hizo un ensayo piloto con el aceite extraído de la semilla, en 36 ratas albinas de ambos sexos de la cepa Wistar, de la colonia del Hospital Roosevelt. Los animales se distribuyeron en seis grupos de 3 machos y 3 hembras cada uno, con un peso promedio igual para todos los grupos. En este

caso el manejo de los animales se hizo en forma igual al descrito anteriormente. En las dietas se usaron niveles de 5, 10 y 15% de aceite de pepitoria y los mismos niveles de aceite de maíz, en 3 dietas que se usaron como patrón de referencia. Las dietas empleadas se detallan en la Tabla 5.

#### IV. RESULTADOS

##### A.—*Composición Química Proximal de 9 Muestras de Semilla de Pepitoria y su Contenido de Calcio, Fósforo, Hierro y Acido Nicotínico.*

La composición química proximal de las 9 muestras de semilla de pepitoria analizadas en el curso de este estudio se presenta en la Tabla 6. Las 9 selecciones promediaron 7.72 g% en su contenido de humedad, y presentaron valores que variaron entre 6.45 y 9.55 g%. El contenido de extracto etéreo fluctuó entre 41.7 y 46.8 g % con un promedio de 44.9 g %, lo que representa una cantidad apreciable de grasa. El contenido máximo y mínimo de proteína de las 9 muestras estudiadas fue de 35.00 g % y 29.75 g %, con un promedio de 32.93 g %. Como en el caso de la grasa, la concentración proteica de la semilla de pepitoria es significativa. El contenido de cenizas y fibra cruda promedió 5.06 y 2.41 g %, respectivamente, con una variación de 4.90 a 5.21 g % en el caso de las cenizas, y de 2.11 a 2.88 para la fibra cruda. El contenido de carbohidratos solubles obtenidos por diferencia promedió 6.98 g % con un valor máximo de 10.35 y uno mínimo de 4.04 g %. El contenido de calcio, fósforo y hierro también se presenta en esta misma Tabla. Los resultados indican que la semilla de pepitoria es una buena fuente de fósforo y que contiene, asimismo, cantidades apreciables de calcio y hierro. El promedio de las 9 muestras fue de 1,205, 42.5 y 16.1 mg %, respectivamente. En la Tabla 6 se presentan, además, los resultados del contenido de ácido nicotínico de 8 muestras de semilla de pepitoria, el que promedió 2.29 mg %, desde un valor máximo de 2.65 a uno mínimo de 2.00 mg %.

##### B. *Contenido de Aminoácidos Esenciales de 9 Muestras de Semilla de Pepitoria.*

Los resultados de los análisis de aminoácidos de las 9 muestras de semilla de pepitoria investigadas figuran en la Tabla 7, expresados como porcentajes, mientras que en la Tabla 8 éstos se presentan sobre la base de gramos de aminoácido por gramo

Tabla 5

EFFECTO DE LA ADMINISTRACION DE ACEITE DE PEPITORIA Y DE ACEITE DE MAÍZ A DIVERSOS NIVELES DE CONCENTRACION, A RATAS JOVENES EN PROCESO DE CRECIMIENTO

Ingredientes	D I E T A S					
	1	2	3	4	5	6
Aceite de pepitoria	—	—	—	5	10	15
Aceite de maíz	5	10	15	—	—	—
Caseína <sup>1</sup>	25	25	25	25	25	25
Mezcla de minerales <sup>2</sup>	4	4	4	4	4	4
Aceite de hígado de bacalao <sup>2</sup>	2	2	2	2	2	2
L-cistina	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Celulosa	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
Almidón de maíz	62	57	52	62	57	52
TOTAL	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Solución de vitaminas (ml/100 g) <sup>2</sup>	5	5	5	5	5	5

1. Caseína libre de vitaminas preparada por la "Nutritional Biochemicals Corporation", Cleveland, Ohio, Estados Unidos.
2. La mezcla de minerales Hegsted, el aceite de hígado de bacalao y la solución de vitaminas empleadas en este experimento son las mismas que se usaron en los experimentos anteriores.

de nitrógeno. La proteína de la semilla de pepitoria acusó cantidades significativas de los aminoácidos esenciales, aun cuando al parecer ésta tiene concentraciones bajas del aminoácido sulfurado metionina. La mayor parte de los aminoácidos estudiados presentaron variaciones relativamente altas entre las diversas muestras, habiéndose encontrado las menores variaciones en el contenido de metionina, tirosina, triptofano e histidina.

C. *Comparación del Contenido de Aminoácidos de la Semilla de Pepitoria con el de Otras Semillas Oleaginosas*

En la Tabla 9 se comparan los resultados promedio del análisis de aminoácidos de la pepitoria, con las concentraciones de los mismos aminoácidos en la calabaza (*sp.*), semillas de *Cucurbita pepo*, ajonjolí, harina de algodón y frijol de soya. Estos últimos datos fueron obtenidos de Orr y Watt (35). Al comparar las columnas donde los aminoácidos se expresan en gramos de aminoácido por gramo de nitrógeno, se observa que el contenido de lisina de la proteína de la semilla de pepitoria es más alto que

Tabla 6

COMPOSICION QUIMICA PROXIMAL Y CONTENIDO DE CALCIO, FOSFORO, HIERRO Y ACIDO NICOTINICO DE LAS MUESTRAS DE SEMILLA DE PEPITORIA ANALIZADAS

No.	Humedad g/100g	Extracto etéreo g/100g	Proteína (N x 6.25) g/100g	Cenizas g/100g	Fibra cruda g/100g	Carbohidra- tos solubles g/100g	Calcio mg/100g	Fósforo mg/100g	Hierro mg/100g	Acido nicotínico mg/100g
1	6.70	44.4	33.88	5.21	2.88	6.93	43.2	1222	20.3	2.37
2	7.45	45.3	29.75	4.90	2.25	10.35	42.7	1152	15.5	2.15
3	7.90	46.2	31.00	5.11	2.16	7.63	42.3	1183	14.9	2.35
4	7.70	43.9	35.00	4.91	2.81	5.18	41.0	1197	17.3	2.65
5	6.60	46.8	33.44	5.25	2.40	5.51	43.7	1285	18.0	2.00
6	6.45	45.9	34.38	5.14	2.30	5.83	41.2	1212	15.4	—
7	9.55	44.2	34.50	5.06	2.65	4.04	40.8	1183	16.9	2.30
8	8.90	41.7	33.31	4.95	2.17	8.97	44.1	1176	14.5	2.20
9	8.25	45.6	30.62	5.05	2.11	8.37	43.5	1234	12.3	2.30
Pro-										
medio	7.72+1.06	44.9+3.84	32.93+1.99	5.06+0.40	2.41+0.94	6.98+4.0	42.5+3.5	1205+38	16.1+2.3	2.29+0.19

Tabla 7.

CONTENIDO DE AMINOACIDOS ESENCIALES DE LAS MUESTRAS DE SEMILLA DE  
PEPITORIA ANALIZADAS<sup>1</sup>

(g / 100 g)

No.	Treonina	Valina	Lisina	Leucina	Isoleucina	Fenilalanina	Tirosina	Metionina	Triptofano	Arginina	Histidina	Nitrógeno
1	1.135	2.441	2.809	2.607	1.584	1.347	1.088	0.691	0.548	4.924	0.902	5.42
2	0.971	2.553	2.139	2.203	1.443	1.056	0.954	0.583	0.443	4.128	0.679	4.76
3	1.267	2.732	2.468	2.553	1.696	1.443	1.021	0.662	0.571	4.891	0.889	4.96
4	1.292	3.051	2.917	2.919	1.905	1.662 <sup>2</sup>	0.988	0.748	0.612	5.266	0.783	5.68
5	1.187	2.833	2.657	2.735	1.672	1.582	1.081	0.675	0.479	4.764	0.824	5.35
6	1.172	2.662	2.376	2.476	1.551	1.376	0.972	0.639	0.435	4.349	0.834	5.50
7	1.250	3.237	2.882	2.980	2.049	1.667	1.130	0.754	0.518	5.398	0.847	5.52
8	1.189	2.771	2.513	2.615	1.582	1.400	0.882	0.720	0.497	4.721	0.692	5.33
9	0.925	2.163	3.170	2.291	1.405	1.293	0.743	0.582	0.356	4.058	0.645	4.90
Pro- medio	1.154	2.716	2.547	2.598	1.654	1.425	0.984	0.672	0.495	4.722	0.788	5.27
	+0.13 <sup>2</sup>	+0.32	+0.29	+0.26	+0.28	+0.19	+0.12	+0.06	+0.08	+0.46	+0.09	+0.46

1. La cistina se determinó en cuadruplicado en una muestra de harina totalmente desengrasada y dió un resultado de 0.324 g %.
2. Desviación estándar.

Tabla 8.

CONTENIDO DE AMINOACIDOS ESENCIALES DE LAS MUESTRAS DE SEMILLA DE  
PEPITORIA ANALIZADAS<sup>1</sup>

(g/g N)

No.	Treonina	Valina	Lisina	Leucina	Isoleucina	Fenilalanina	Tirosina	Metionina	Triptofano	Arginina	Histidina
1	0.209	0.450	0.518	0.481	0.292	0.248	0.201	0.127	0.101	0.942	0.166
2	0.204	0.536	0.449	0.463	0.303	0.222	0.200	0.122	0.093	0.867	0.143
3	0.255	0.551	0.498	0.515	0.342	0.291	0.206	0.133	0.115	0.986	0.179
4	0.227	0.537	0.513	0.514	0.335	0.292	0.174	0.132	0.108	0.927	0.138
5	0.222	0.529	0.496	0.511	0.312	0.297	0.202	0.126	0.089	0.890	0.154
6	0.213	0.484	0.432	0.450	0.282	0.250	0.177	0.116	0.079	0.791	0.152
7	0.226	0.586	0.522	0.540	0.371	0.302	0.205	0.136	0.094	0.978	0.153
8	0.223	0.520	0.471	0.491	0.297	0.263	0.165	0.135	0.093	0.886	0.130
9	0.189	0.441	0.443	0.468	0.287	0.264	0.151	0.119	0.073	0.828	0.132
Pro- medio	0.219	0.515	0.482	0.492	0.313	0.270	0.187	0.127	0.094	0.899	0.150
	+0.02 <sup>2</sup>	+0.05	+0.03	+0.03	+0.03	+0.03	+0.02	+0.01	+0.01	+0.06	+0.02

1. La cistina se determinó en cuadruplicado en una muestra de harina totalmente desengrasada y dió un resultado de 0.061 g/g N.

2. Desviación estándar.



la concentración de este aminoácido en cualquiera otra de las semillas que figuran en esa Tabla. La metionina se encuentra en concentraciones ligeramente más altas que la de las otras semillas, con excepción del ajonjolí. En lo que respecta al aminoácido triptofano, los niveles en la semilla de pepitoria son similares a los que este aminoácido presenta en las otras semillas. En general, las cantidades de aminoácidos esenciales de la proteína de la semilla de pepitoria fueron mejores o iguales que los de la proteína de las otras semillas oleaginosas con las cuales se compara en la Tabla 9.

D. *Comparación del Contenido de Aminoácidos Esenciales de la Proteína de la Semilla de Pepitoria con el de Proteínas de Origen Animal y de la Proteína de Referencia de la FAO*

En la Tabla 10 se presentan de nuevo las concentraciones de los aminoácidos de la proteína de la semilla de pepitoria, expresados en gramos de aminoácido por gramo de nitrógeno, comparadas con los niveles de estos aminoácidos en las proteínas de origen animal, leche y huevo, expresados sobre las mismas bases. Como una comparación, en la Tabla 10 se incluyen también las cantidades de aminoácidos requeridas por la rata y por el pollo, así como las de la Proteína de Referencia de la FAO, y se comparan estas cantidades con el porcentaje de aminoácidos esenciales de la pepitoria.

Al hacer una comparación de los aminoácidos de la semilla de la pepitoria con los de la leche, se observa que la pepitoria contiene sólo 74% de la cantidad de treonina que hay en la leche, 78% del total de leucina, 77% de isoleucina, 82% de metionina, 57% de tirosina (aminoácido semiesencial), y 81% de fenilalanina. Los otros aminoácidos se encuentran en cantidades similares en las dos proteínas. Por otra parte, en comparación con los aminoácidos de la proteína del huevo, la proteína de la pepitoria contiene menores cantidades de treonina, isoleucina, metionina, triptofano, leucina, fenilalanina y tirosina; sin embargo, al parecer contiene cantidades un poco mayores de valina y lisina y el doble de arginina.

La comparación entre los aminoácidos de la semilla de pepitoria y los requerimientos de éstos para la rata y el pollo, al parecer indica que esta proteína es capaz de proveer cantidades adecuadas de los aminoácidos esenciales para ambos animales. Al comparar los aminoácidos de la pepitoria con los niveles que establece la Proteína de Referencia de la FAO, la metionina parece ser el aminoácido más limitante.

Tabla 10.

COMPARACION DE LOS AMINOACIDOS DE LA PEPITORIA CON LOS DE LA LECHE, EL HUEVO, LA PROTEINA DE REFERENCIA DE LA FAO Y LOS REQUERIMIENTOS DE AMINOACIDOS DE LA RATA Y DEL POLLO

Nombre	Treonina	Valina	Lisina	Leucina	Isoleucina	Fenilalanina	Tirosina	Metionina	Cistina	Triptofano	Arginina	Histidina	Nitrógeno, %
Pepitoria, g%	1.154	2.716	2.547	2.598	1.654	1.425	0.984	0.672	0.324	0.495	4.722	0.788	5.27
Leche descremada, g% <sup>1</sup>	1.641	2.444	2.768	3.493	2.271	1.724	1.814	0.870	0.318	0.502	1.300	0.937	5.70
Huevo entero desecado, g% <sup>1</sup>	2.329	3.474	2.995	4.118	3.108	2.703	2.014	1.468	1.093	0.771	3.070	1.123	7.49
Pepitoria, g AA/g N	0.219	0.514	0.481	0.491	0.312	0.270	0.186	0.128	0.061	0.093	0.896	0.150	1
Leche descremada, g AA/g N <sup>1</sup>	0.294	0.438	0.496	0.626	0.407	0.309	0.325	0.156	0.057	0.090	0.233	0.168	1
Huevo entero desecado, g AA/g N <sup>1</sup>	0.311	0.464	0.400	0.550	0.415	0.361	0.269	0.196	0.146	0.103	0.410	0.150	1
Proteína de Referencia de la FAO, g/g N <sup>2</sup>	0.180	0.270	0.270	0.306	0.270	0.180	0.180	0.270		0.090			
Requerimientos de AA de la rata, g% <sup>3</sup>	0.5	0.7	1.0	0.8	0.5	0.9		0.8		0.2	0.2	0.4	3.2
Requerimientos de AA del pollo, g% <sup>3</sup>	0.6	0.8	0.9	1.4	0.6	0.9		0.5		0.2	1.2	0.15	3.2

1. Las cifras de composición de la leche descremada y del huevo entero desecado se obtuvieron de "Amino Acid Content of Foods". Home Economics Research Report No. 4. United States Department of Agriculture, 1957.
2. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación: Necesidades en Proteínas. FAO, Estudios sobre Nutrición No. 16. Roma, Italia, 1958.
3. Block, R. J.: The Protein Requirements of Animals Including Man. Borden's Review of Nutrition Research, 17:75-96, 1956.

## E. *Ensayos Biológicos con Pollos*

Los resultados de los dos experimentos llevados a cabo con polluelos New Hampshire se presentan en la Tabla 11. En el primero de éstos, los pollos alimentados con proteínas de semilla de algodón (torta) alcanzaron en 35 días un peso promedio de 382 gramos y un índice de eficiencia alimenticia de 2.18 gramos de alimento por gramo de aumento de peso corporal. En la dieta No. 2 en la que la harina de torta de algodón y la harina de semilla de pepitoria se incluyeron en la ración en la misma proporción, el peso promedio final a los 35 días fué de 394 gramos, con un índice de eficiencia del alimento de 2.05. El último grupo de pollos que formó parte del primer experimento, en el que toda la proteína de la dieta la suministraba la semilla de pepitoria, alcanzó un peso promedio final de 347 gramos y presentó un índice de eficiencia del alimento de 2.31. Se pudo observar que la mortandad aumentaba conforme la cantidad de pepitoria de la ración se incrementaba. En este ensayo los polluelos del grupo 3, que recibían 20% de pepitoria en su ración, a los 3 días de iniciada la prueba dieron muestras de irritabilidad, falta de equilibrio y tendencia a doblar el cuello hacia los lados, llegando a reclinar la cabeza en el suelo. A los 7 días se manifestó perosis en un 60% de los pollos, acompañada de "dedos cruzados" uno sobre otro y torcidos hacia afuera. Al terminar el experimento, el grupo 3 se mantuvo 2 semanas más en observación con una dieta elaborada a base de concentrado comercial. Los síntomas descritos desaparecieron gradualmente casi en su totalidad, a excepción de la perosis y de los dedos torcidos. El grupo 2 cuya ración incluía 10% de pepitoria presentó perosis en un 90% y en el grupo 1 (testigo) este síntoma se observó en el 25% de los animales.

Los resultados del segundo experimento se detallan también en la Tabla 11. En este ensayo la dieta a base de proteína de pepitoria dió a los 35 días un promedio de peso final de 270 gramos, con un índice de eficiencia alimenticia de 2.33 gramos de alimento consumido por gramo de aumento de peso. El peso final de los animales que recibieron la dieta elaborada a base de proteína de pepitoria sola, fue menor en el segundo ensayo que en el primero. Con la ración cuya proporción de harina de torta de semilla de algodón y de pepitoria era 1:1, los pollos alcanzaron 399 gramos en 35 días, cifra ésta muy parecida a la que se obtuvo en el primer ensayo. La dieta elaborada a base de harina de torta de semilla de algodón solamente indujo un peso promedio final de 358 gramos, cifra que es ligeramente más baja que la obtenida en el primer ensayo con la misma ración. La ración No. 4, cuya proteína, lo mismo que el aceite, provenía de la semilla de

Tabla 11.

AUMENTO DE PESO CORPORAL DE POLLUELOS NEW HAMPSHIRE ALIMENTADOS CON DI-  
FERENTES CONCENTRACIONES DE PEPITORIA, E INDICES DE EFICIENCIA DEL ALIMENTO  
DE UTILIZACION PROTEICA

Dieta	No. de pollos		Peso promedio		D.E.1	Aumento de peso por grupo g	Alimento consumido por grupo g	Indices de eficiencia	
	Inicial	Final	Inicial g	Final g				Alimento <sup>2</sup>	Proteína <sup>3</sup>
EXPERIMENTO No. 1									
Pepitoria desengrasada, 100%	12	8	38	347	+ 79	2569	5947	2.31	2.07
Pepitoria desengrasada, 50% y harina de torta de algodón, 50%	12	10	38	394	+ 78	3593	7401	2.06	2.46
Harina de torta de algodón, 100%	12	12	38	382	+ 54	4125	8979	2.18	2.47
EXPERIMENTO No. 2									
Pepitoria desengrasada, 100%	12	11	42	270	+ 55	2500	5813	2.33	2.03
Pepitoria desengrasada, 50% y harina de torta de algodón, 50%	12	12	42	399	+ 71	4287	8708	2.03	2.35
Harina de torta de algodón, 100%	12	12	42	358	+ 46	3794	8106	2.14	2.22
Harina de torta de algodón, 100% + 16.4% de aceite de semilla de algodón	12	12	42	265	+ 50	2669	5565	2.09	2.32
Pepitoria completa, 100%	12	11	42	327	+ 96	3216	5972	1.86	2.61

1. Desviación estándar.
2. Índice de eficiencia del alimento: promedio en gramos del alimento consumido / promedio en gramos del aumento de peso.
3. Índice de eficiencia de utilización proteica: promedio en gramos del aumento de peso / promedio en gramos de la proteína total consumida.

algodón, dió un promedio de crecimiento de 265 gramos y una eficiencia del alimento de 2.09; en cambio la ración No. 5 en la que la proteína y el aceite provenían de la pepitoria, siendo los niveles de estos dos nutrimentos iguales a los del grupo No. 4 alimentados con algodón y aceite de algodón, el crecimiento obtenido fue de 327 gramos en 35 días, con un índice de utilización del alimento de 1.86.

En este experimento se observó que los pollos alimentados con la ración No. 2 compuesta de partes iguales de proteína proveniente de harina de semilla de algodón y de pepitoria, presentaron, en un 25%, cuellos torcidos; a semejanza de los animales que recibieron la misma ración en el primer ensayo, la perosis ocurrió en un 75% de los animales. En el grupo No. 3 que recibió una ración cuya proteína únicamente provenía de la pepitoria, el 70% de los pollos mostraron perosis y el 50%, trastornos nerviosos. En el grupo de animales alimentados con pepitoria completa (dieta No. 5) con grasa, la perosis ocurrió en un 95%, los trastornos nerviosos en un 80% y el 10% presentó dedos torcidos hacia afuera. Los pollos de los grupos Nos. 3 y 5 fueron tratados durante las últimas 2 semanas del ensayo con cantidades adicionales de vitaminas del complejo B y vitaminas A y E, sin que se observara ninguna mejora.

#### F. *Ensayos Biológicos con Ratas.*

En esta parte del estudio se llevaron a cabo dos tipos de ensayos: con ratas jóvenes en proceso de crecimiento y con ratas adultas depauperadas de sus reservas proteicas en una cantidad equivalente al 25% de pérdida de peso. Los resultados del experimento realizado con ratas jóvenes en proceso de crecimiento se detallan en la Tabla 12. Los animales alimentados a base de 10% de proteína de pepitoria obtuvieron un aumento de peso promedio de 98 gramos en el término de 28 días. Los animales que recibían la ración con un contenido de 15% de proteína contribuida por la pepitoria, mostraron un aumento de peso de 122 gramos. En el primer grupo la eficiencia proteica fue de 2.28 y en el segundo, de 1.80. Ambos grupos testigos alimentados a base de leche descremada en polvo, con niveles de 10 y 15% de proteína, promediaron 106 y 113 gramos de aumento de peso, respectivamente. Los índices de eficiencia proteica fueron de 2.87 en el caso de los animales alimentados con la dieta que contenía 10% de proteína, y de 1.64 en el de las ratas que recibieron la dieta con 15% de proteína. Con base en estas cifras y en las obtenidas con las dietas a base de pepitoria, se estimó que el valor

Tabla 12.

**AUMENTO DE PESO CORPORAL DE RATAS JOVENES Y DE RATAS ADULTAS DEPAUPERADAS DE PROTEINA ALIMENTADAS CON HARINA DE SEMILLA DE PEPITORIA**

Dieta	Peso promedio		D.E. <sup>2</sup>	Aumento de peso promedio g	Alimento consumido promedio g	Indices de eficiencia	
	Inicial <sup>1</sup> g	Final g				Alimentos <sup>3</sup>	Proteína <sup>4</sup>
EXPERIMENTO No. 1							
Pepitoria desengrasada (10% de proteína)	66	164	+ 12	98	409	4.52	2.28
Pepitoria desengrasada (15% de proteína)	66	188	+ 12	122	432	3.66	1.80
Leche (10% de proteína)	66	172	+ 16	106	380	4.02	2.87
Leche (15% de proteína)	66	179	+ 14	113	380	3.40	1.64
EXPERIMENTO No. 2							
Pepitoria desengrasada (10% de proteína)	156	240	+ 33	84	254	3.05	3.02
Pepitoria desengrasada (15% de proteína)	156	245	+ 19	89	232	2.62	2.36
Leche (10% de proteína)	156	235	+ 12	78	226	2.88	3.16
Leche (15% de proteína)	156	217	+ 15	61	179	2.93	1.91

1. El peso inicial de los animales incluidos en el experimento No. 2 antes de ser depauperados fue de 204 gramos
2. Desviación estándar.
3. Índice de eficiencia del alimento: promedio en gramos del alimento consumido / promedio en gramos del aumento de peso.
4. Índice de eficiencia de utilización proteica: promedio en gramos del aumento de peso / promedio en gramos de la proteína total consumida.

proteico de esta semilla era aproximadamente el 80% del valor de la leche descremada en polvo.

Los resultados del experimento de depauperación-repleción también se detallan en la Tabla 12. Las ratas alimentadas con la dieta a base de pepitoria que contenía 10% de proteína, aumentaron 84 gramos en 14 días, y 89 los que recibieron la dieta de 15% de proteína aportada por la pepitoria. Los animales testigo alimentados con leche aumentaron 61 y 78 gramos con las dietas que incluían 10 y 15% de proteína, respectivamente. Los índices de eficiencia proteica de las ratas sujetas a la dieta de 10% de proteína de pepitoria y de la dieta a base de 10% de proteína de leche fueron de 3.02 y 3.16, respectivamente; en los grupos alimentados con 15% de proteína, los valores fueron de 2.36 en el caso de los animales cuya dieta era a base de pepitoria, y de 1.91 para los animales alimentados con la dieta de leche.

#### G. *Efecto de la Suplementación de la Proteína de la Pepitoria con Aminoácidos Esenciales.*

De acuerdo con los datos presentados en la Tabla 10, es evidente que la proteína de la pepitoria, en comparación con la proteína de la leche, es deficiente en ciertos aminoácidos esenciales. Con el propósito de determinar si era posible mejorar el valor de la proteína de la pepitoria, se llevó a cabo otro ensayo con ratas jóvenes en proceso de crecimiento alimentadas con dietas a base de esa proteína, con y sin el agregado de los aminoácidos esenciales. Los resultados de este experimento se detallan en la Tabla 13. Las ratas alimentadas con la dieta basal de pepitoria que aportaba 10% de proteína, aumentaron 79 gramos de peso en 28 días; la adición de treonina a la dieta basal no se manifestó en una mejora de crecimiento, ya que los animales aumentaron un promedio de 76 gramos. Cuando la dieta basal se suplementó con metionina, el peso promedio fue únicamente de 75 gramos. Sin embargo, al suplementar la dieta elaborada a base de pepitoria con treonina y metionina, se obtuvo un aumento promedio de peso de 84 gramos, y al suplementar tal dieta con treonina, metionina, lisina, leucina, isoleucina, fenilalanina e histidina, el aumento de peso obtenido fué de 86 gramos, aumento muy semejante al que se logró con el agregado de metionina y treonina. El grupo testigo alimentado con una ración que incluía 10% de proteína de leche acusó un aumento de peso de 96 gramos durante el período de 28 días. Los índices de eficiencia del alimento y de utilización proteica están de acuerdo con los aumentos de peso observados. En este experimento, al igual que en los descritos en la Tabla 12, el valor biológico de la harina de pepitoria fue alrededor del 80% del valor de la leche.

Tabla 13.

## EFECTOS DE LA SUPLEMENTACION DE LA PROTEINA DE LA PEPITORIA, CON AMINOACIDOS ESENCIALES

Dieta	Peso promedio		D.E.1	Aumento de peso promedio g	Alimento consumido promedio g	Indices de eficiencia		
	Inicial g	Final g				Alimento <sup>2</sup>	Proteínas	
EXPERIMENTO No. 3								
Basal (10% de proteína)	57	136	+ 11.5	79	340	4.28	2.13	
Basal (10% de proteína) + 0.242 g % de DL-treonina	56	132	+ 15	76	355	4.84	1.87	
Basal (10% de proteína) + 0.045 g % de DL-metionina	57	132	+ 14.7	75	327	4.30	1.90	
Basal (10% de proteína) + 0.242 g % de DL-treonina + 0.045 g % de DL-metionina	57	141	+ 11.7	84	339	4.08	2.24	
Basal (10% de proteína) + suplementación completa <sup>4</sup>	57	143	+ 20	86	333	3.90	2.37	
Leche (10% de proteína)	57	153	+ 18.8	96	310	3.32	2.71	

1. Desviación estándar.
2. Índice de eficiencia del alimento: promedio en gramos del alimento consumido / promedio en gramos del aumento de peso.
3. Índice de eficiencia de utilización proteica: promedio en gramos del aumento de peso / promedio en gramos de la proteína total consumida.
4. Suplementación completa: DL-treonina 0.242 g%; L-leucina 0.217 g%; DL-isoleucina 0.306 g%; L-lisina 0.029 g%; DL-metionina 0.045 g%; DL-fenilalanina 0.063 g% y L-histidina HCl 0.044 g%.

#### H. *Crecimiento de Ratas Alimentadas con Raciones Elaboradas a Base de 5, 10 y 15% de Aceite de Semilla de Pepitoria y de Maíz.*

Con el fin de determinar el valor nutritivo del aceite de la semilla de pepitoria, se realizó un experimento con ratas, las que fueron alimentadas con diversas concentraciones de aceite de pepitoria. Como grupos testigo se usaron 3 lotes de ratas que recibieron raciones a las que se agregó 5, 10 y 15% de aceite de maíz. Los resultados de este experimento se presentan en la Tabla 14. Los animales alimentados con las dietas que contenían 5, 10 y 15% del aceite de semilla de pepitoria aumentaron 125, 128 y 129 gramos de peso, respectivamente, en 28 días. Los grupos testigo que recibieron las raciones con aceite de maíz aumentaron 127, 131 y 131 gramos, respectivamente, correspondiendo estos aumentos a las concentraciones de 5, 10 y 15% del aceite. Como se puede ver, las cifras son similares entre los grupos testigo y los experimentales.

### V. DISCUSION

Los resultados obtenidos en estos estudios, tanto química como biológicamente, indican que la pepitoria es un producto agrícola de grandes potencialidades en el futuro. Los análisis químicos proximales corroboraron los resultados obtenidos en otros trabajos (18) y demostraron una vez más que la semilla de pepitoria contiene cantidades significativas tanto de proteína como de aceite. Los análisis de aminoácidos indican que en comparación con los requerimientos de la rata y del pollo y con las concentraciones de aminoácidos de otras semillas oleaginosas, la proteína de la pepitoria contiene cantidades adecuadas de los aminoácidos esenciales. Sin embargo, las comparaciones hechas entre ésta y las proteínas de origen animal destacaron ciertas deficiencias de los aminoácidos esenciales de la proteína de la semilla de pepitoria.

Los resultados de los estudios de crecimiento hechos con polluelos fueron bastante aceptables, sobre todo en lo que se refiere al aumento de peso. Sin embargo, las observaciones sobre el comportamiento y apariencia de los pollos alimentados con dietas elaboradas parcial o totalmente a base de la semilla de pepitoria, con y sin grasa, indicaron que este producto contiene un factor tóxico para los pollos, cuyo efecto dió como resultado cuellos torcidos, perosis y dedos cruzados, además de irritabilidad y demostraciones de trastornos nerviosos. Aun cuando estos síntomas son indicativos de deficiencias vitamínicas, principalmente de tiamina y de vitamina E, no se logró mejorar el estado de los pollos administrándoles cantidades adicionales de estas vitami-

Tabla 14.

AUMENTO DE PESO CORPORAL DE RATAS ALIMENTADAS CON DIFERENTES CONCENTRACIONES DE ACEITE DE PEPITORIA Y DE MAIZ

Dieta	Peso promedio		Aumento de peso promedio g	D.E. 1	Alimento consumido promedio g	Indice de eficiencia del alimento <sup>2</sup>
	Inicial g	Final g				
EXPERIMENTO No. 4						
Aceite de pepitoria, 5%	51	176	125	<u>+ 25</u>	312	2.50
Aceite de pepitoria, 10%	51	179	128	<u>+ 32</u>	296	2.31
Aceite de pepitoria, 15%	51	180	129	<u>+ 21</u>	295	2.29
Aceite de maíz, 5%	46	177	131	<u>+ 23</u>	333	2.54
Aceite de maíz, 10%	40	171	131	<u>+ 21</u>	307	2.34
Aceite de maíz, 15%	51	178	127	<u>+ 34</u>	285	2.24

1. Desviación estándar.

2. Indice de eficiencia del alimento: promedio en gramos del alimento consumido / promedio en gramos del aumento de peso.

nas. Se han observado resultados similares con la administración, a pollos, de otros concentrados proteicos (22,23,24,30). No fue posible determinar, con base en los resultados obtenidos, cuál fué el factor causante de los síntomas descritos en los pollos: sin embargo, se pueden deducir varias posibilidades, y los resultados permiten también presentar varias conclusiones al respecto. En primer lugar, los síntomas descritos sólo se observaron en los pollos y no en las ratas. Esto posiblemente se debió a que los pollos en proceso de crecimiento son más sensitivos y tienen requerimientos nutricionales absolutos mayores que las ratas en el mismo estado fisiológico. Es posible que el factor responsable esté presente en la proteína, ya que los síntomas se observaron en los animales que recibían dietas de pepitoria con grasa o totalmente desprovista de ésta. Aun cuando en los pollos no se hicieron pruebas biológicas con el aceite, estas observaciones parecen corroborar la suposición de que el factor determinante de los trastornos se encuentra en la proteína. Este factor existe en la semilla y no es un producto resultante del proceso de extracción del aceite, conclusión que también es aplicable a los estudios efectuados con pollos en proceso de crecimiento.

Como se mencionó en un párrafo anterior, los síntomas observados eran indicativos de deficiencias de vitamina E y de tiamina, pero los tratamientos con estos nutrientes no mejoraron el estado de los pollos. Otra posibilidad es que los requerimientos de piridoxina de estos animales sean elevados cuando se alimentan con dietas a base de pepitoria, pero no se trató de comprobar esta hipótesis. También es probable que en la pepitoria existan "antivitaminas", circunstancia que vendría a aumentar los requerimientos de las vitaminas de la ración. Puesto que la incidencia de perosis en los pollos fue considerable, es posible que los resultados observados hayan sido ocasionados por interacciones entre la colina y el inositol. No se debe descartar la posibilidad de que la proteína de la pepitoria contenga excesos de aminoácidos que produzcan desbalances responsables de los síntomas observados. La pepitoria demostró contener altas concentraciones de arginina, hecho que corrobora los resultados obtenidos por Smith y colaboradores (43,44,45) en sus estudios llevados a cabo con globulinas de semillas de cucurbitáceas.

Los resultados de los estudios efectuados con ratas jóvenes en proceso de crecimiento, cuyo propósito era obtener un índice del valor de la proteína de la pepitoria, indicaron que este material tiene un valor biológico de no menos del 80% del valor biológico de la leche. Esta cifra se considera alta para una proteína de origen vegetal, y sólo en dos casos previos, en los que se experimentó con trigo sarraceno (*Fagopyrum tartaricum*) (46) y con semilla de quinúa (*Chenopodium quinoa*) (37) se han obte-

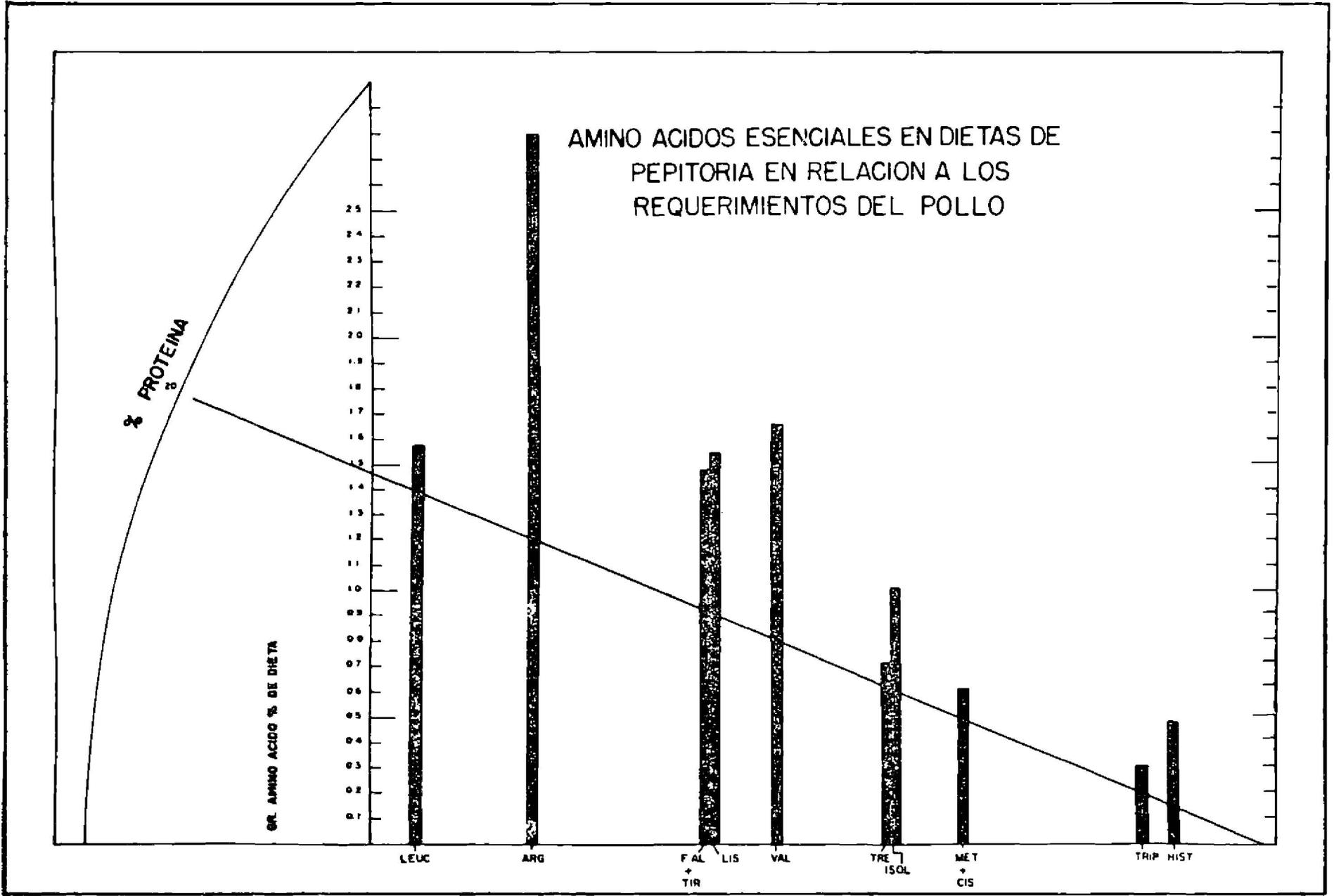
nido valores de 80% para proteínas de origen vegetal. Este resultado confirma los obtenidos en los análisis de aminoácidos, realizados como parte de este trabajo. Los resultados que se obtuvieron en los experimentos con ratas depauperadas permiten llegar a las mismas conclusiones.

Los estudios de suplementación hechos con los aminoácidos limitantes se consideran como preliminares en vista de los resultados obtenidos. La comparación de los aminoácidos de la semilla de pepitoria con los de la leche y de la Proteína de Referencia de la FAO (34) indicó que las deficiencias más importantes eran las de metionina y treonina. Sin embargo, ninguno de los dos aminoácidos mejoró el crecimiento de los animales al agregar metionina y treonina por sí solos, pero sí tuvieron efecto benéfico al agregarse juntos, aunque el crecimiento obtenido fue solamente el 88% del que se logró con la administración de leche. La dieta de pepitoria suplementada con treonina, metionina, lisina, fenilalanina, leucina, isoleucina e histidina produjo el 90% del crecimiento observado con la leche. A pesar de las deficiencias que se hicieron aparentes al comparar la composición de las dos proteínas, los estudios biológicos de suplementación en ratas jóvenes no confirmaron esas deficiencias, ya que ni la dieta de pepitoria suplementada con metionina y treonina, ni la dieta adicionada con todos los aminoácidos, dieron la tasa de crecimiento que se obtuvo con la leche. Estos resultados se podrían explicar con base en las siguientes hipótesis: a pesar de que tanto la treonina como la metionina son limitantes, la adición individual de cada uno de ellos no dió como resultado una mejora del crecimiento de los animales, lo que sí se logró al agregar estos aminoácidos simultáneamente. Es posible que esto se haya debido a que los aminoácidos son limitantes en el mismo grado y, por consiguiente, el agregado de sólo uno de ellos no podría traducirse en ninguna mejora de crecimiento. Se han observado casos similares con otros productos, entre ellos el arroz; usando este cereal, varios investigadores (14,17,36,40) han demostrado que la treonina y la lisina son los dos aminoácidos limitantes y que sólo se obtienen mejoras en el crecimiento cuando ambos se agregan a la vez. Según se ha demostrado en experimentos con ratas (16,21,39,41), en cierto sentido esto mismo también ocurre con el maíz. Sin embargo, si esto fuese así, sería de esperar que el agregado de los dos aminoácidos treonina y metionina, igualaría el crecimiento de las ratas al de los animales alimentados con la dieta de leche, hecho que no confirman los resultados. Es posible, por lo tanto que otro u otros sean los aminoácidos limitantes que no son asimilables o disponibles al organismo, ya que los resultados de los análisis de aminoácidos indican que la proteína de la semilla de pepitoria contiene cantidades muy sa-

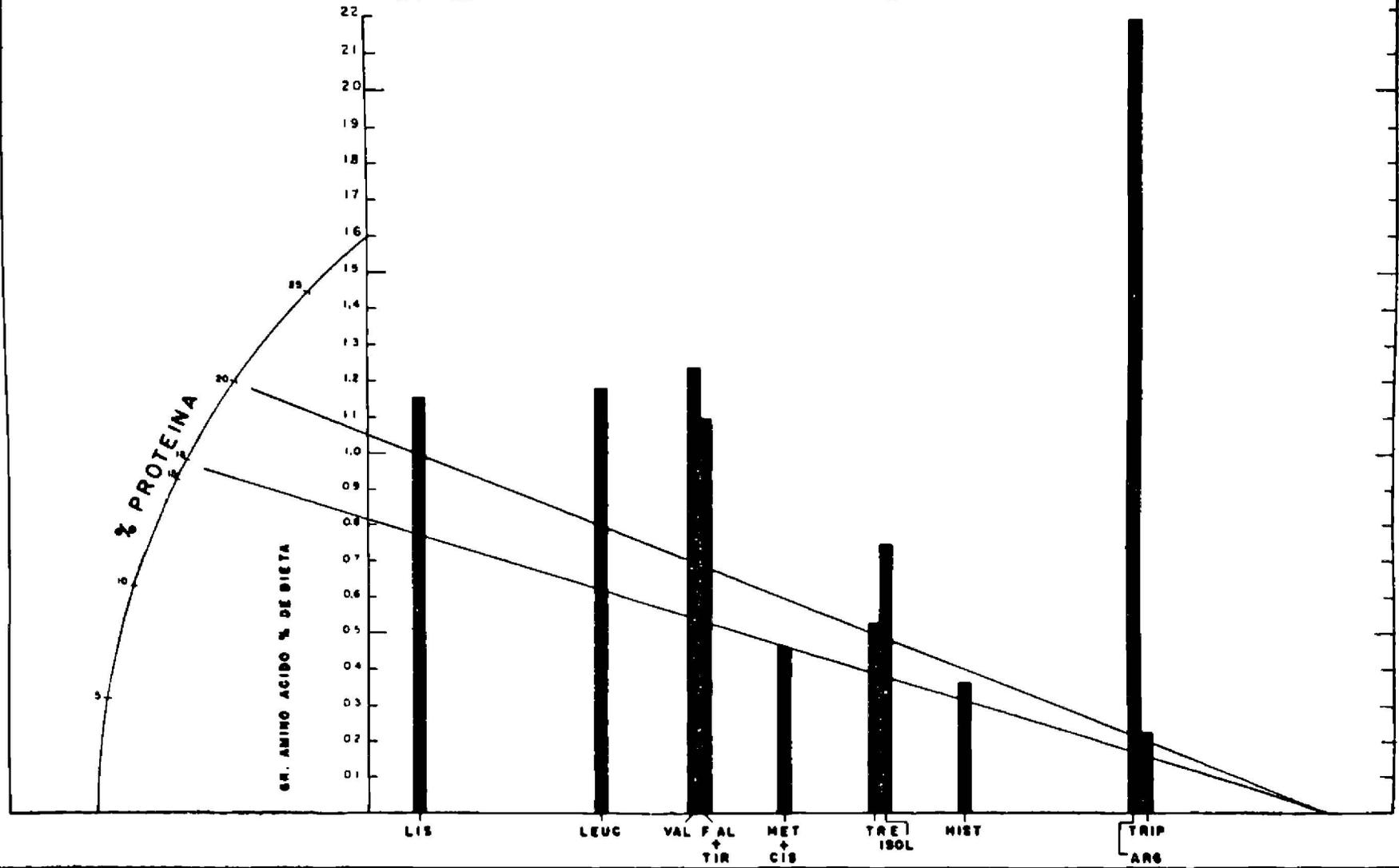
tisfactorias de estos nutrientes. Por consiguiente, se debe tratar de determinar, por medio de la experimentación animal, cuál es ese aminoácido. Otra posible explicación podría ser que la cantidad de aminoácidos que se ha agregado exceda la que se necesita para mejorar el valor proteico de la pepitoria, y que el exceso de estas cantidades pueda ser causa de desequilibrios que inducen así un menor crecimiento. Recientemente se ha demostrado (41) que para obtener respuesta máxima a la suplementación de aminoácidos, es indispensable agregar solamente la cantidad del aminoácido más limitante que se necesita para alcanzar el nivel del segundo aminoácido limitante. Rosenberg (39,41) ha explicado gráficamente lo expuesto, comparando los niveles de las proteínas con los requerimientos de las ratas (4) y de los pollos (33).

Según Rosenberg (39,41), la manera de determinar los aminoácidos limitantes de una proteína, una vez se conoce su contenido de aminoácidos esenciales, es por medio de comparaciones gráficas, tales como las que ilustran las Figuras No. 1 (en ratas) y No. 2 (en pollos) de este trabajo. La línea diagonal indica el requerimiento de la rata o del pollo para los aminoácidos esenciales. Esta línea termina en el círculo cuya escala indica el nivel de proteína de la dieta, ya que el nivel proteico y los requerimientos de aminoácidos se relacionan entre sí (5). La diagonal aparece trazada al 20% de proteína en la gráfica correspondiente a los requerimientos del pollo, y al 20% de proteína en la correspondiente a los requerimientos de la rata. La composición de aminoácidos de la proteína bajo prueba se traza debajo de la línea diagonal en la posición correspondiente. Así, al rotar la línea diagonal desde el requerimiento proteico del animal hasta los valores más bajos, es posible determinar: primero, a qué nivel de proteína ya no presenta deficiencias el material de prueba; segundo, cuál o cuáles son los aminoácidos más limitantes, en el orden correspondiente; y tercero, qué cantidad del aminoácido más limitante es necesario agregar para llevar su nivel al del segundo aminoácido limitante. Al poner a prueba esta técnica se pudo observar que la semilla de pepitoria es deficiente en histidina y metionina.

Los resultados obtenidos en los ensayos llevados a cabo con aceite de pepitoria indican, por el momento, que el aceite además de ser comestible tiene un valor nutritivo comparable al del aceite de maíz. El hecho de que las tasas de crecimiento logradas con las diferentes concentraciones de aceite de pepitoria fueron iguales a las obtenidas usando esos mismos niveles de aceite de maíz, indica que el aceite de pepitoria no tiene efectos tóxicos. Como en el caso de la proteína, el aceite de pepitoria tam-



AMINO ACIDOS ESENCIALES EN DIETAS DE PEPITORIA  
EN RELACION A LOS REQUERIMIENTOS DE LA RATA.



bién se debe estudiar más a fondo desde el punto de vista químico y biológico, a fin de obtener su más eficiente utilización.

En general, la semilla de pepitoria demostró ser buena fuente de proteína y de aceite, a pesar de los efectos tóxicos que se observaron en los experimentos realizados con pollos, efectos éstos cuya causa se debe estudiar también más a fondo. Una vez se hayan determinado estas propiedades, se debe tratar de dar mayor uso a estos productos y asimismo de impulsar la investigación agrícola en lo que al producto de donde se obtiene la semilla pepitoria se refiere, a fin de que la producción y uso de esta semilla se incremente y amplíe de la manera más económica posible. Según Morrison (31), la calabaza que se siembra en los campos de maíz es un alimento muy apetecido por los caballos, el ganado vacuno y los cerdos. Estos animales se podrían alimentar con calabazas ya desprovistas de semillas, con el entendido de que deben recibir además otros productos tales como concentrados proteicos. La calabaza, por consiguiente, puede servir para varios propósitos y llegar a convertirse en un producto agrícola de mucho porvenir. Considerando el contenido y la calidad de su proteína, y una vez se hallan estudiado más detenidamente ciertos aspectos de ésta, no cabe ninguna duda de que la proteína de la semilla de pepitoria podría ser usada en formas muy diversas en la alimentación humana y animal.

## VI. RESUMEN

Se analizaron 9 muestras de semilla de *Cucurbita* sp. para determinar su composición química y de aminoácidos esenciales, así como su valor biológico. Los análisis químicos demostraron que la semilla contenía 32.9% de proteína y 44.9% de extracto etéreo, y que la torta de semilla desengrasada acusaba un contenido de 57.9% de proteína.

La determinación de aminoácidos por métodos microbiológicos puso de manifiesto que en relación con los requerimientos de aminoácidos esenciales de la rata y del pollo, esta semilla tenía altas concentraciones de arginina y cantidades adecuadas de otros aminoácidos, a excepción, posiblemente, de metionina. La comparación de las concentraciones de aminoácidos con las de otras semillas oleaginosas hizo evidente que la semilla de pepitoria era superior a estas semillas en cuanto a su contenido de lisina, siendo los otros aminoácidos esenciales semejantes o superiores en concentración. La comparación de la proteína de la pepitoria con la Proteína de Referencia de la FAO indicó una posible deficiencia de metionina, mientras que al compararla con la proteína del huevo, se observó que la mayor parte de los amino-

ácidos se encontraban en concentraciones menores, lo que no sucedió con la leche; en este último caso, las concentraciones, a excepción de la arginina, fueron muy semejantes.

Los ensayos hechos con ratas para determinar la eficiencia de utilización proteica de la semilla de pepitoria demostraron que el valor biológico de su proteína era el 80% del valor proteico de la leche, la que se usó como control en los experimentos de este tipo. En los ensayos con pollos New Hampshire se demostró la presencia de un factor tóxico que se manifestó en los animales por irritabilidad, falta de equilibrio y trastornos nerviosos. En el caso en que la proteína de la pepitoria substituyó la mitad de la proteína de la harina de torta de semilla de algodón de una de las raciones sujetas a prueba, se logró un aumento significativo del peso promedio de los animales incluidos en ese grupo de experimentación con el que acusó el grupo testigo alimentado con algodón. En el experimento realizado con ratas, en el curso del cual se estudió el valor nutritivo del aceite de pepitoria, se compararon varios niveles de este aceite con concentraciones iguales de aceite de maíz, lográndose obtener resultados similares tanto en los grupos testigo como en los de experimentación.

Los resultados de este estudio en general demuestran que la semilla de calabaza, conocida en Guatemala con el nombre de pepitoria, es un producto de buena calidad, tanto en lo que concierne a la proteína, como al aceite extraído de la misma.

## VII RECONOCIMIENTOS

Este Trabajo de Tesis lo llevé a cabo como miembro del personal de la Sección de Nutrición Animal del Servicio Cooperativo Interamericano de Agricultura (SCIDA), Organismo que con la colaboración del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP), desarrolla un programa de Nutrición Animal en los laboratorios de esta última Institución.

Expreso el testimonio de mi agradecimiento al personal del INCAP, Organización que puso a mi alcance todas las facilidades de laboratorio y de biblioteca necesarias para el desempeño de mi trabajo, en especial a su Director, Dr. Nevin S. Scrimshaw. Al Dr. Ricardo Bressani, Jefe de la División de Química Agrícola y de Alimentos del INCAP, por haberme sugerido la realización de este estudio y proporcionado la oportunidad de llevarlo a cabo en los laboratorios a su cargo, así como por la acertada guía y dirección que en todo momento tuvo a bien dispensarme en el desarrollo de esta investigación.

Deseo, asimismo, manifestar mi reconocimiento al Señor Alvaro Aguirre, Jefe de la Sección de Nutrición Animal del SCIDA, por su interés en el desarrollo de esta investigación y al personal de la misma, por su desinteresada colaboración. Finalmente, agradezco al Comité de Publicaciones y al Comité Editorial del INCAP las sugerencias que tuvieron a bien hacer en cuanto a la elaboración del informe correspondiente.

## VIII. REFERENCIAS

1. Adova, A. M. y M. I. Panova: Tolerance of Mice and Guinea Pigs Against Extracts of Cucurbita pepo. *Russ. Jour. Trop. Med., Med., and Vet. Parasitol*, 7 (5): 326-329, 1929.
2. Association of Official Agricultural Chemists: *Official Methods of Analysis*, 7a. ed. Washington, D. C. Association of Official Agricultural Chemists, 1950.
3. Berkner, F.: The Shell-less Squash, a Fat and Protein Producer. *Züchter* 12: 123-126, 1940.
4. Block, R. J.: The Protein Requirements of Animals Including Man. *Borden's Review of Nutrition Research*, 17: 75-96, 1956.
5. Bressari, R. y E. T. Mertz: Relationship of Protein to the Minimum Lysine Requirement of the Rat. *J. Nutrition* 65(3): 481-492, 1958.
6. Calderón, S. y C. Standley: *Lista Preliminar de Plantas de El Salvador*, 2a. ed. San Salvador, El Salvador, Imprenta Nacional, p. 270, 1941.
7. Cannon, P. R., E. M. Humphreys, R. W. Wisler y L. E. Frazier: Chemical, Clinical and Immunological Studies on the Products of Human Plasma Fractionation. XXIII. The Effects of Feeding Possible Blood Substitutes on Serum Protein Regeneration and Weight Recovery in the Hypoproteinemic Rat. *J. Clin. Invest.* 23: 601-606, 1944.
8. Chowdhury, D.K., M. M. Chakrabarty y B. K. Mukherji: Seed Fats of Cucurbits. *Science and Culture (India)* 19: 163-164, 1953.
9. Chowdhury, D. K., M. M. Chakrabarty y B. K. Mukherji: Some Seed Fats of Cucurbitaceae. *J. Am. Oil Chemist's Soc.* 32: 384-386, 1955.
10. Cravioto, R., E. Lockhart, R. K. Anderson, F. de P. Miranda, S. Harris, E. Aguilar, W. Tapia, H. S. Lockhart, M. K. Nutter y L. P. Guild: Composition of Typical Mexican Foods. *J. Nutrition* 29: 317-329, 1945.
11. Duel Jr., H. J.: *The Lipids*: Interscience Publishers, Inc., New York, 1951.
12. Fiske, C. A. y Y. Subbarow: The Colorimetric Determination of Phosphorus. *J. Biol. Chem.* 66: 375-400, 1925.
13. Hamilton, L. F. y S. G. Simpson: *Talbot's Quantitative Chemical Analysis*, 9th ed. The McMillan Company, New York, 1947.
14. Harper, A. E., M. E. Winje, D. A. Benton y C. A. Elvehjem: Effect of Amino Acid Supplements on Growth and Fat Deposition in the Livers of Rats Fed Polished Rice. *J. Nutrition* 56: 187-196, 1955.
15. Hilditch, T. P.: *The Chemical Constitution of Natural Fats*. Wiley, New York, 2d. Ed. 1947.
16. Hogan, A. G., G. T. Gillespie, O. N. Koctürk, B. L. O'Dell y L. M. Flynn: The Percentage of Protein in Corn and its Nutritional Properties. *J. Nutrition*, 57: 225-239, 1953.

17. Hundley, J. M., H. R. Sandstead, G. Sampson y D. Whedon: Lysine, Threonine and other Amino Acids as Supplements to Rice Diets in Man: Amino Acid Imbalance. *Amer. J. Clin. Nutr.* 5: 316-326, 1957.
18. Tercera Edición de la Tabla de Composición de Alimentos de Centro América y Panamá. *Suplemento No. 1 del Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana*. "Publicaciones Científicas del INCAP", p. 129-149, 1953.
19. Jackson, S. H.: Determination of Iron in Biological Material. *Industrial & Engineering Chemistry Analytical Ed.* 10: 302-304, 1938.
20. King, T. E.: Biological Values of Proteins in Watermelon and Pumpkin Seed. *Chinese J. Physiol.* 16(1): 31-35, 1941.
21. Koctürk, O. N., A. G. Hogan, B. L. O'Dell y L. M. Flynn: Nicotinic Acid, Lysine And Tryptophane as Supplements to Low-protein corn. *Missouri Agricultural Experimental Station Research Bulletin*, 678, 1958.
22. Kratzer, F. H.: The Treatment of Linseed Meal to Improve its Feeding Value for Chicks. *Poultry Science* 25: 541-542, 1946.
23. Kratzer, F. H.: Effect of Duration of Water Treatment on the Nutritive Value of Linseed Meal. *Poultry Science* 26: 90-91, 1947.
24. Kratzer, F. H., D. E. Williams, B. Marshall y P. N. Davis: Some Properties of the Chick Growth Inhibitor in Linseed Oil Meal. Dept. of Poultry Husbandry, University of California, Davis. *J. Nutrition* 52: 555-563, 1954.
25. Langeld, F.: Oil Content in the Seeds of Truck and Garden Crops and of the soya Bean. *J. Agr. Sci. S.E.U.S.S.R.* 8(2): 355-365, 1930.
26. Liebscher, W.: The Digestibility and Mineral Content of the Residue from Pumpkin-oil Manufacture. *Z. Tierernahr. Futtermittelk* 6: 97-106, 1942.
27. Lowry, O. H. y J. A. López: The Determination of Inorganic Phosphate in the Presence of Labile Phosphate Esters. *J. Biol. Chem.*, 162: 421-428, 1946.
28. Manna, L. y S. M. Hauge: A Possible Relationship of Vitamin B13 to Orotic Acid. *J. Biol. Chem.* 202: 91-96, 1953.
29. Masurovsky, B.: Effects of Some Cucurbita Seeds on Animal Metabolism. I. Influence of Pumpkin and Squash Seeds upon Kidney Excretion. II. Effect of Pumpkin Seeds on the Metabolism of Young Pigs. *J. Agric. Res.* 21: 523-539, 1921.
30. McGregor, H. I. and J. McGinnis: Toxicity of Linseed Meal for Chicks. *Poultry Science*, 27: 141-145, 1948.
31. Morrison, F. B.: *Feeds and Feeding, 21st Ed.* The Morrison Publishing Company, N. Y. 457, 1949.
32. Moss, M. L. y M. G. Mellon: Colorimetric Determination of Iron with 2,2'Bipyridil and with 2,2'2" Terpyridil. *Industrial & Engineering Chemistry Analytical Ed.* 14: 862-865, 1942.
33. National Research Council. Committee on Animal Nutrition. Nutrient Requirements for Domestic Animals. *No. 1 Nutrient Requirements for Poultry*. Rev. Jan. 54 Washington, D. C. 1954.
34. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Necesidades en Proteínas. *FAO Estudios Sobre Nutrición No. 16*, Roma, Italia, 1958.
35. Orr, M. L. y B. K. Watt: Amino Acid Content of Foods. *Home Economic Research Report No. 4*. U. S. Department of Agriculture, Washington, D. C. 1957.
36. Pecora, L. J. y J. M. Hundley: Nutritional Improvement of White Polished Rice by the Addition of Lysine and Threonine. *J. Nutrition* 44: 101-112, 1951.

37. Quirós-Pérez, F. y C. A. Elvehjem: Nutritive Value of Quinoa Proteins. *J. Agri. and Food Chem.* 5: 538-541, 1957.
38. Rojas, U.: *Elementos de Botánica General*. Guatemala, Tipografía Nacional, Vol. 3, 942; 1268, 1936.
39. Rosenberg, H. R.: Methionine and Lysine Supplementation of Animal Feeds. *J. Agr. and Food Chem.* 5: 694-700, 1957.
40. Rosenberg, H. R. y R. Culik: The Improvement of the Protein Quality of White Rice with Lysine Supplementation. *J. Nutrition* 63: 477-487, 1957.
41. Rosenberg, H. R.: Supplementation of Foods with Amino Acids. *J. Agr. and Food Chem.* 7(5): 316-321, 1959.
42. Schmidt, A.: Beitrag zur Begutachtung von Rumanischen Schweinefett. *Zeitschr. Untersuch. Lebensmittel.* 77(6): 571-577, 1939.
43. Smith, E. L., R. D. Greene y E. Bartner: Amino Acid Composition of Seed Globulins. *J. Biol. Chem.* 164: 159-163, 1946.
44. Smith, E. L. y R. D. Greene: Further Studies on the Amino Acid Composition of Seed Globulins. *J. Biol. Chem.* 167: 833-842, 1947.
45. Smith, E. L. y R. D. Greene: The Isoleucine Content of Seed Globulins and Beta Lactoglobulin. *J. Biol. Chem.* 172(1): 111-112, 1948.
46. Sure, B.: Nutritive Value of Proteins in Buckwheat and Their Role as Supplements to Proteins in Cereal Grains. *J. Agr. and Food Chem.* 3: 793-795, 1955.
47. Steele, B. F., H. E. Sauberlich, M. S. Reynolds y C. Baumann: Media for *Leuconostoc Mesenteroides* P-60 and *Leuconostoc Citrovorum* 8081. *J. Biol. Chem.* 177: 533-544, 1949.
48. Zucker, H., V. W. Hays, V. C. Speer y D. V. Catron: Evaluation of Pumpkin Seed Meal as a Source of Protein for Swine using a Depletion-Repletion Technique. *J. Nutrition* 65: 327-334, 1958.

L. RODOLFO ARROYAVE C.

Vo. Bo.

*Dr. José Méndez de la Vega.*

Imprimase

*Lic. Luis A. Carrillo.*  
Decano.