

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
INSTITUTO DE NUTRICION DE CENTRO AMERICA Y PANAMA



**EL USO DE FRIJOL CAUPI (VIGNA SINENSIS) Y
HARINA DE YUCA COMO FUENTE PROTEICO-ENERGETICO EN LA
ALIMENTACION HUMANA Y ANIMAL**

WALTER DA SILVA JORGE JOAO

*Centro de Estudios Superiores en Nutricion y
Ciencias de Alimentos*

(CESNA)

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

Guatemala, marzo de 1976

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
INSTITUTO DE NUTRICION DE CENTRO AMERICA Y PANAMA**

**EL USO DE FRIJOL CAUPI (VIGNA SINENSIS) Y
HARINA DE YUCA COMO FUENTE PROTEICO-ENERGETICO EN LA
ALIMENTACION HUMANA Y ANIMAL**

Tesis elaborada por

WALTER DA SILVA JORGE JOAO

Previa a optar el grado de

MAESTRO

(Magister Scientifcae)

*Centro de Estudios Superiores en Nutricion y
Ciencias de Alimentos*

(CESNA)

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

Guatemala, marzo de 1976

COMITE INTERINSTITUCIONAL DEL CESNA

Director del CESNA

Dr. Luis Octavio Angel

Decano de la Facultad de Ciencias Medicas

Dr. Carlos Armando Soto

*Decano de la Facultad de
Ciencias Químicas y Farmacia*

Lic. Leonel Carrillo R.

*Decano de la Facultad de
Medicina Veterinaria y Zootecnia*

Dr. Víctor Manuel Orellana

Director de la Escuela de Nutrición

Dra. Susana J. Icaza

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

Dr. Luis Octavio Angel

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

Dr. Oscar Pineda

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

Dr. J. Edgar Braham

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

Decano

Dr. Víctor Manuel Orellana

Vocal 1o.

Dr. Carlos Enrique Ruano

Vocal 2o.

Dr. Edgar Rolando Paiz

Vocal 3o.

Dr. Mario Motta

Vocal 4o.

Br. Eduardo Tercero

Vocal 5o.

Br. Félix Carranza

Secretario

Dr. Roberto Ponciano

DEDICO ESTA TESIS

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

A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

A LA FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

A LA UNIVERSIDAD FEDERAL DO PARA

A LA MEMORIA DE MI PADRE (Q.E.P.D.)

A MI MADRE

A MIS HERMANOS, EN ESPECIAL A XAFI S. J. JOAO

A MIS DEMAS FAMILIARES

A MIS PROFESORES

A MIS COMPAÑEROS

A MIS AMIGOS

A MI PATRIA, BRASIL

AL PUEBLO DE GUATEMALA POR LAS PERDIDAS HUMANAS SUFRIDAS EL 4 DE FEBRERO DE 1976

RECONOCIMIENTO

Agradezco sinceramente al Dr. Luis G Elias, por su incesante ayuda como maestro y como amigo.

Al Dr. Ricardo Bressani, por su interés en la realización de mis estudios.

Al Dr. Edgar Braham por sus estímulos y ayuda durante mis estudios

Al Dr. Miguel Guzmán por su colaboración en la realización de este trabajo.

Al personal de la división de Ciencias Agrícolas y de Alimentos por su colaboración durante mis estudios.

COMITE DE TESIS

Dr. Luis G. Elias

Ing. Roberto Jaquín

Dr. Marco Tulio Cabezas

Dr. Roberto Gomez Brenes

Dr. Mario R. Molina

Dr. Ricardo Bresciani

Dr. J. Edgar Braham

D. Miguel A. Guzman

CONTENIDO

I. Introducción

II. Revisión Bibliográfica

a) *Frijol de Costa o Caupí (Vigna sinensis)*

- * ***Composición Química***
- * ***Valor Nutritivo***
- * ***Factores Tóxicos***
- * ***Uso en Alimentación***

b) *Yuca (Manhilot esculenta)*

- * ***Composición Química***
- * ***Valor Nutritivo***
- * ***Factores Tóxicos***
- * ***Uso en Alimentación***

III. Propósitos de la Investigación

IV. Materiales y Métodos

V. Resultados

VI. Discusión

VII. Resumen

VIII. Bibliografía

IX. Apéndice

LISTA DE CUADROS

- CUADRO No. 1** *Análisis químico proximal de la harina de caupí y harina de yuca*
- CUADRO No. 2** *Composición de aminoácidos del frijol caupí y harina de yuca*
- CUADRO No. 3** *Composición de las dietas a base de soya-maíz y caupí-maíz utilizadas en experimentos con ratas.*
- CUADRO No. 4** *Composición de las dietas a base de soya-yuca y caupí-yuca utilizadas en experimentos con ratas*
- CUADRO No. 5** *Composición de las dietas elaboradas a base de caupí-maíz y caupí-yuca cocidas por el proceso de estrujamiento (Brady Crop Cooker) con y sin suplementación de metionina*
- CUADRO No. 6** *Composición de las dietas a base de soya-maíz caupí-maíz utilizadas en experimentos con cerdos.*
- CUADRO No. 7** *Composición de las dietas a base de soya-yuca y caupí-yuca utilizadas en experimentos con cerdos*
- CUADRO No. 8** *Tratamiento dietético aplicado a la harina de yuca y frijol caupí*
- CUADRO No. 9** *Composición de las dietas elaboradas a base de harina de yuca y frijol caupí en diferentes proporciones con y sin la adición de metionina.*
- CUADRO No. 10** *Calidad proteínica de las dietas elaboradas a base de soya-maíz y caupí-maíz*
- CUADRO No. 11** *Calidad proteínica de las dietas elaboradas a base de soya-yuca y caupí-yuca.*
- CUADRO No. 12** *Efecto del proceso de estrujamiento y de la suplementación de metionina sobre la calidad proteínica de dietas preparadas a base de caupí-maíz y caupí-yuca.*

- CUADRO No. 13** *Aumento en peso y eficiencia de conversión del alimento en cerdos jóvenes alimentados con dietas a base de soya-maíz y caupí-maíz.*
- CUADRO No. 14** *Aumento en peso y eficiencia de conversión del alimento en cerdos jóvenes alimentados con dietas a base de soya-yuca y caupí-yuca.*
- CUADRO No. 15** *El efecto de diferentes tratamientos dietéticos sobre el crecimiento y la utilización de la proteína por ratas alimentadas con dietas a base de harina de yuca y frijol caupí*
- CUADRO No. 16** *El efecto de diferentes tratamientos dietéticos sobre el crecimiento y la utilización de la proteína por ratas alimentadas con dietas a base de harina de yuca y frijol de soya.*
- CUADRO No. 17** *Calidad proteínica de dietas elaboradas con diferentes proporciones de harina de yuca y frijol caupí con y sin la adición de metionina.*

LISTA DE ILUSTRACIONES

- FIGURA No. 1** *Aumento en peso de cerdos jóvenes alimentados con dietas a base de soya-maíz, caupí-maíz y soya-yuca, caupí-yuca.*
- FIGURA No 2** *Efecto de diferentes tratamientos dietéticos sobre el crecimiento y la utilización de la proteína por ratas alimentadas con dietas a base de harina de yuca y frijol caupí.*
- FIGURA No. 3** *Efecto de diferentes tratamientos dietéticos sobre el crecimiento y la utilización de la proteína por ratas alimentadas con dietas a base de harina de yuca y frijol de soya.*
- FIGURA No. 4** *Calidad proteínica de dietas elaboradas con diferentes proporciones de harina de yuca y frijol caupí con y sin la adición de metionina.*

I. INTRODUCCION

Desde hace mucho tiempo se ha establecido que las leguminosas de grano constituyen la principal fuente de proteína en la dieta de numerosas poblaciones del mundo, principalmente en aquellas zonas donde la disponibilidad de proteínas de origen animal es bastante precaria. Ultimamente se ha identificado un gran número de géneros y especies de leguminosas de grano, pero muy pocas tienen importancia nutricional.

En los países de la America Latina, y más específicamente en países de la America Central, la especie más consumida es el *Phaseolus vulgaris*, que conjuntamente con los cereales constituyen la dieta básica de estas regiones. Sin embargo, actualmente se ha dado una gran importancia al uso del frijol caupí (*Vigna sinensis*), en dietas tanto para humanos como para animales. Esta importancia radica en el hecho de que el frijol caupí, a diferencia de las demás leguminosas de grano tienen un alto valor nutricional, bajo contenido de inhibidores enzimáticos y flatulentos, y es una leguminosa de grano de relativo bajo costo.

Por otro lado, para compensar la gran escasez de cereales, que se consumen como fuente energética, y también para reducir el alto costo que han alcanzado estos productos en los ultimos años, se ha estimulado intensamente el uso de los productos de la raíz de yuca en la alimentación.

En vista de estas consideraciones, el presente estudio trata de utilizar el frijol caupí y la harina de yuca como fuente proteico-energética tanto para humanos como animales.

II. REVISION BIBLIOGRAFICA

A. Frijol de Costa o Caupí (*Vigna sinensis*)

— Composición Química

Según Powrie y col. (44), la semilla de leguminosa de grano, está constituida de tres partes anatómicas: cáscara, cotiledones, y ejes embrionarios. La cáscara, corresponde al 7.7%, el cotiledón al 90.5% y el eje embrionario al 1.8% de los frijoles en base seca. Asimismo, estos autores han informado que los carbohidratos se encuentran en su mayor parte en los cotiledones.

Por otro lado, Singh y col (48), estudiando siete variedades de leguminosas, incluyendo el frijol caupí (*Vigna sinensis*), informaron que una gran proporción de proteínas, extracto etéreo, fibra cruda, nitrógeno libre, fósforo, calcio y hierro se encuentra en los cotiledones.

Elias y col. (17), llevaron a cabo estudios con ocho variedades de caupí y por análisis encontraron que la composición química de esta leguminosa era bastante similar a la del frijol común (*Phaseolus vulgaris*). Sin embargo, Jaffé (25), analizando diferentes tipos de leguminosas de grano, informa la siguiente composición química para el frijol caupí: humedad 13%, proteína 28%, fibra cruda 4.2%, extracto etéreo 1.5%, ceniza 4.0% y carbohidratos 49%.

El contenido de proteína cruda es bastante similar entre las diferentes especies de leguminosas de grano, alcanzando un rango de 18 a 25% de proteína cruda total (7). Sin embargo, se han encontrado especies que contienen hasta 30% de proteína (10).

Bressani y col. (8), encuentran que la variación en el contenido de aminoácidos del frijol caupí es menor que la variación encontrada para el frijol común. Otros investigadores (17), al estudiar la composición de aminoácidos esenciales en muestras de frijol caupí crudo, encontraron que esta leguminosa tiene más arginina, histidina, leucina, metionina, tirosina, valina y menos fenilalanina y treonina que el frijol común.

Con respecto al contenido de lípidos, Takayama y col. (49), informan que el contenido de triglicéridos en las leguminosas de grano varía de 0.89 a 1.54% y que el contenido de

fosfátidos era de aproximadamente 10%. Además, encontraron que los principales ácidos grasos de los triglicéridos eran el palmitico, el oleico y el linoleico.

Las leguminosas de grano son buenas fuentes de minerales (1), tales como calcio, fósforo, y hierro, y también son fuentes destacadas de vitaminas del complejo B (25), principalmente, tiamina, riboflavina y niacina.

— Valor Nutritivo

Elías y col. (17), han encontrado marcadas diferencias en cuanto al valor nutritivo de muestras de frijol caupí. En este estudio se encontró que los valores de índice de eficiencia proteínica alcanzaba rangos de 1.42 a 2.30. Estos mismos autores informan además, que el frijol caupí tiene una calidad proteínica superior al frijol común.

Chaves y col. (11), estudiando el valor nutritivo del frijol caupí, encontraron un índice de eficiencia proteínica de aproximadamente 83% del valor nutritivo de la caseína.

Otros autores (17), al comparar la proteína del frijol caupí, con la proteína de referencia de la FAO, informan que en la proteína de esta leguminosa el aminoácido más limitante es la metionina, y que aminoácidos como la lisina y el triptofano se encuentran en cantidades suficientes. Con base en estos estudios, Bressani. y col.(10), concluyen que la proteína del frijol caupí puede ser utilizada eficientemente para complementar la proteína del maíz.

Sherwood y col. (47), al estudiar el efecto de la cocción y suplementación con metionina, encontraron que al adicionar 0.3% de metionina a las dietas que contenían frijol caupí crudo, las ganancias de peso eran mucho mayores, que para las dietas que contenían frijol caupí crudo o cocido, sin suplementación con metionina. Por otro lado, Phanslkar (43), determinó el coeficiente de digestibilidad, valor biológico y razón de eficiencia de crecimiento en nueve leguminosas de grano comúnmente consumida en India, encontrando los siguientes valores: el coeficiente de digestibilidad presentó un rango de 70 a 90%, el valor biológico varió de 45 a 74% y la razón de eficiencia de crecimiento fue de 0.5 a 1.1.

— Factores Tóxicos

Jaffé (26), determinó un gran número de factores tóxicos tanto termolábiles como termoestables, existentes en semillas de leguminosas de grano, y de acuerdo a la toxicidad que presentan en el estado crudo, las leguminosas se han clasificado en tres grupos:

- 1) Las que permiten un crecimiento moderado de los animales de experimentación que, sin embargo, mejora si se consumen en forma cocida (soya).
- 2) Las que cuando se consumen crudas permiten un crecimiento moderado de los animales de experimentación, y que en ciertos casos pueden producir su muerte en 2 ó 3 semanas (semillas de frijoles y gallinazos).
- 3) Las que pueden ser consumidas por los animales de experimentación en forma cruda o cocida (caupí, garbanzo, lentejas).

Los posibles agentes termolábiles causantes de la toxicidad y el bajo valor nutritivo de las semillas de leguminosas de grano son los siguientes (26):

Inhibidores de Tripsina

Inhibidores de Amilasa

Hemaglutininas

Otros

Con respecto a los inhibidores enzimáticos, se ha encontrado que éstos son los responsables por el bajo crecimiento de los animales de experimentación, pero que no son la única causa del bajo valor nutritivo de las leguminosas.

Chernick y col. (12), informaron que los inhibidores enzimáticos son los responsables de la hipertrrofia pancreática, en animales de experimentación alimentados con dietas a base de leguminosas crudas, y que estos inhibidores pueden ser inactivados por procesos de cocción. Se ha informado también que las semillas de leguminosas contienen sustancias termolábiles, las fitohemaglutininas, que son capaces de aglutinar los glóbulos rojos de varios animales de experimentación.

Jaffé (27), demostró, a través de la acción hemaglutinante detectable en heces de animales alimentados con leguminosas crudas, que las aglutininas son resistentes a la actividad digestiva del tracto gastro-intestinal. Este mismo autor explica que la actividad hemaglutinante se manifiesta por una reacción entre las aglutininas con ciertos grupos receptores situados en la superficie de las membranas de los eritrocitos, y que puede suponerse que la aglutinina se combina con varios grupos receptores de la mucosa gástrica de forma semejante a como se combina con los eritrocitos.

— **Uso en la Alimentación**

— **Animales**

Heitman y col. (22), realizaron estudios con cerdos, los cuales fueron alimentados con dietas que contenían 20% y 50% de frijol caupí. En este estudio encontraron que al aumentar el porcentaje de frijol caupí en la dieta, las ganancias de pesos disminuían, demostrando así que la reducción en la utilización del alimento era debido a la presencia del frijol caupí, no encontrando evidencias de toxicidad. Sin embargo, *Maner y col.* (31), informan que la utilización del frijol caupí para cerdos en crecimiento mejora notablemente al cocinarlo y al suplementarlo con metionina.

Braham y col. (5), verificaron la posibilidad de utilizar el frijol caupí como fuente de proteínas para pollos de carne, encontrando que es posible utilizar hasta el 60% de frijol caupí en dietas a base de soya y algodón, aunque a estos niveles las ganancias en peso y eficiencia de conversión son menores.

— **Humanos**

Bressani y col. (6), han demostrado que es bastante factible la sustitución de harinas precocidas de frijol negro por harina de caupí destinadas al consumo humano. Estos autores encontraron que esta sustitución no altera la calidad proteínica del producto, y que, desde el punto de vista organoléptico, el frijol caupí puede reemplazar hasta el 50% de la proteína del frijol negro. Otros investigadores (23), también han desarrollado mezclas de frijol caupí con frijol negro, utilizando diferentes niveles de sustitución del frijol negro, 0, 50, y 100%, por frijol caupí, elaborados bajo diferentes procesos. Señalan que las muestras obtenidas por el proceso de estrujamiento era de mejor valor nutritivo y que, asimismo, la harina preparada a base de solo caupí, resultó ser de mejor valor nutritivo que cualquiera de las combinaciones.

B. Yuca (*Manhiot esculenta*)

— **Composición Química**

La yuca es un arbusto herbáceo de la familia de las euforbiáceas, subfamilia crotonoideas, cuya raíz contiene importantes reservas de almidón.

*Botánicamente, la yuca presenta dos especies del género *Manhiot*: la yuca brava (*M. esculenta* o *M. utilisima*); y la yuca mansa, también denominada Aipim (*M. dulcis* o *M. aipi*).*

De acuerdo con Teixeira Mendes (50), la raíz de la yuca está constituida por tres partes: una película fina, que corresponde al 1.40% de la raíz; una membrana gruesa donde se encuentra el glucosido tóxico, que corresponde al 13.8% y un cilindro central, rico en almidón que corresponde al 84.8% de la raíz.

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

Maner (32), encontró los siguientes valores promedios para quince variedades de yuca colombiana: humedad 65.03%; proteína 1.25%; fibra cruda 1.45%; extracto etéreo 0.29%; ceniza 1.43%; carbohidratos 30.84%. Autores como French (18), informan que el almidón está constituido por moléculas de glucosa, siendo los dos principales componentes del almidón de yuca la amilosa y la amilopectina, constituyendo el 20% y 70% respectivamente.

El contenido de proteína cruda de la mayoría de las variedades de yuca no excede al 3% cuando se expresa en base seca (32). Sin embargo, López y col. (29), encontraron una especie, *Manihot carthagenensis*, que contiene cerca de 15.4% de proteína cuando se expresa en base seca. Se ha demostrado también que el nitrógeno total existente en la yuca no se encuentra en forma de proteína, siendo el 50% ó 60% del nitrógeno total nitrógeno no proteico (32).

Toselo (51), informa la siguiente composición de aminoácidos esenciales para la harina de yuca expresadas en mg/100 gr. de muestra: lisina 62, treonina 41, valina 40, metionina 8, isoleucina 29, leucina 38, feanilalanina 36, triptofano 23, demostrando así que el aminoácido más limitante en la harina de yuca es la metionina.

Con respecto al contenido de ácido cianhídrico, Echandi (15), informa que la raíz de yuca contiene grandes cantidades de ácido cianhídrico. Oyenuga y col. encontraron una gran variación en el contenido de ácido cianhídrico en la yuca siendo de 29 a 213 mg/kg en raíces frescas. Estos mismos autores indican que la cáscara corresponde al 18% del peso total de la raíz y contiene 5 a 10 veces más ácido cianhídrico que la pulpa. Nemoto (38), cita como valores normales de ácido cianhídrico 27 a 37 mg/kg, y asevera que las cantidades residuales de ácido cianhídrico se destruyen por los procesos de cocción.

Se ha determinado (32), que el contenido de ceniza en la yuca es de aproximadamente 1.50%. El contenido de los minerales calcio, fósforo, sodio, y magnesio es bajo: 0.12%, 0.16%, 0.06% y 0.37%, respectivamente, y el contenido de potasio es relativamente alto, 0.86%.

La yuca fresca y cocida contiene cantidades suficientes de vitamina B₁ (tiamina), B₂ (riboflavina) y B₆ (piridoxina). Sin embargo, en la harina de yuca no se constató la presencia de los factores vitamínicos B₂ y B₆ (36).

— Valor Nutritivo

Un estudio hecho (4) con ocho variedades de yuca indica que la yuca completa es pobre en proteína, pero rica en carbohidratos, sobre todo en almidón, considerándola por lo tanto, como una excelente fuente energética. Otros autores (37) han demostrado que el valor calórico de la harina y la digestibilidad del almidón de la yuca son relativamente elevados, cuando se comparan con el valor calórico y digestibilidad de los cereales, y que el contenido proteico, vitamínico y mineral de los productos de la raíz es insignificante, desde el punto de vista de su valor nutritivo. Por otro lado, se estudiaron también el metabolismo del nitrógeno y calcio en ratas, utilizando dietas a base de arroz y arroz con yuca. Estos autores encontraron que la retención de nitrógeno fue igual en los animales que consumieron ambas dietas ad libitum. Sin embargo, cuando estos animales fueron alimentados, en forma pareada, la retención de nitrógeno fue menor para los grupos que recibieron las dietas a base de arroz con yuca. Las retenciones promedios semanales en calcio con las dietas a base de arroz con yuca fueron mayores que las observadas con las dietas a base de solo arroz.

— Factores Tóxicos

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

Oke y col.(39), han indicado que el factor tóxico existente en la raíz de yuca es ácido cianídrico o ácido prúsico. Sin embargo, se han atribuido otras denominaciones para esta sustancia tóxica como: 2 - insobutiro nitrilo; B-d glucosido, y Phaseolunatina (3). Los dos B-glucosido que contiene la raíz de yuca son la linamarina y la lotaustralina, que están constituidos de una molécula de glucosa y ácido cianídrico.

Muller y col. (37), informan que el ácido cianhídrico sólo se libera del glucosido por la acción de la enzima linamarasa que existe naturalmente en la planta. Aunque para que eso suceda es condición necesaria que la planta sea cortada, o que la raíz de yuca sea dañada durante su procesamiento.

Maner y col.(32) y Muller y col. (37). han demostrado que la metionina tiene una gran importancia como moderador de los efectos tóxicos de los productos de yuca en animales como cerdos, pollos, ratas. Asimismo, existen varios métodos de procesamiento a través de los cuales se puede eliminar la toxicidad del ácido cianhídrico; dentro de ellos se pueden mencionar:

Secamiento en horno con aire

Cocción con agua

Secamiento al sol

— Uso en la Alimentación

— Animales

Maust y col. (34), al sustituir el maíz por un 36% de harina de yuca, observó, que los cerdos perdían el apetito, y las ganancias de peso disminuían rápidamente. Sin embargo, Maner y col. (33), al suministrar yuca fresca ad libitum, con diferentes suplementos proteicos encontró una mayor ingesta de alimento, y una ganancia de peso. En otro estudio, estos mismos autores, demostraron que cuando el número de cerdos es grande, la yuca puede sustituir por completo a los cereales sin ningún efecto negativo, siempre que el régimen esté equilibrado adecuadamente. Por otro lado, se ha utilizado la harina de yuca en la alimentación de pollos, y autores como Olson y col. (40), informan que la harina de yuca puede ser incorporada en dietas para pollos a niveles superiores a 30% sin sacrificar las ganancias, si la ración es balanceada con respecto a energía y proteína.

— Humanos

Dutra de Oliveira y col. (14), informan que la harina de yuca puede ser utilizada eficientemente como un vehículo de metionina para suplementar dietas a base de frijol, mejorando así el valor nutritivo de la mezcla yuca-frijol destinada al consumo humano. Además, se han realizado estudios con el fin de mejorar la calidad proteínica de la harina de yuca, adicionando a ésta proteína aislada de soya, encontrando que el contenido proteico de la yuca así suplementada aumentaba de 16% a 6.6%, constituyendo así un alimento realmente nutritivo.

III. PROPOSITOS DE LA INVESTIGACION

La importancia primordial de la presente investigación reside en evaluar la eficiencia de las mezclas caupí-maíz y caupí-yuca, como fuente proteíco-energética en dietas para humanos y animales. Además se estudiará el efecto de un procesamiento tecnológico sobre el valor nutritivo de estas mezclas.

Por lo tanto, los objetivos de la presente investigación son:

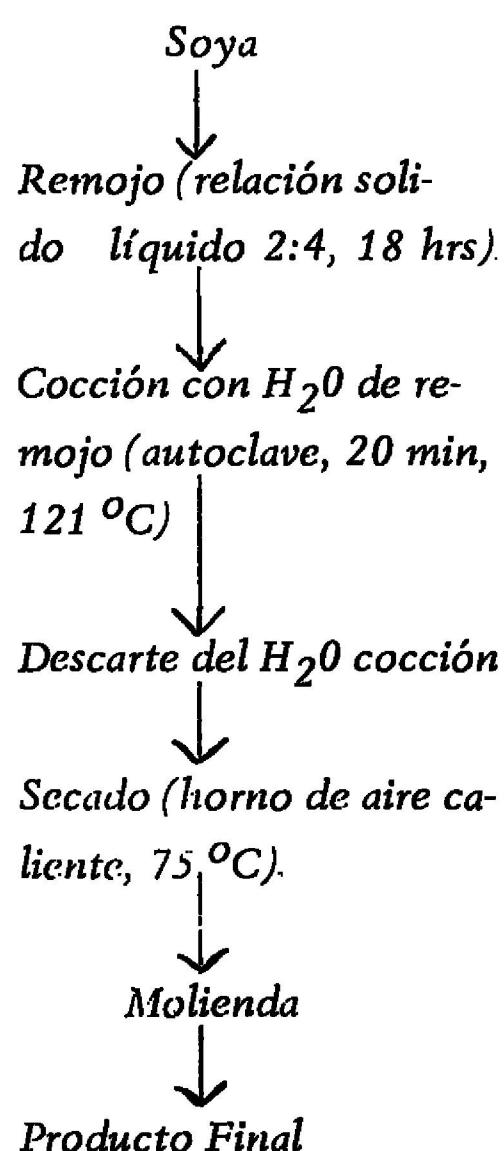
1. *Efectuar estudios en ratas para evaluar el efecto nutricional de sustituir la mezcla soya-maíz por caupí-maíz y la mezcla soya-yuca por caupí-yuca.*
2. *Estudiar el efecto del proceso de estrujamiento (Brady Crop Cooker) sobre el valor nutritivo de mezclas a base de caupí-maíz y caupí-yuca.*
3. *Evaluar, a través de crecimiento de cerdos, la sustitución de las mezclas soya-maíz por caupí-maíz y soya-yuca por caupí-yuca.*
4. *Tratar de encontrar cual sería la mejor razón en términos de valor proteínico de mezclas a base de yuca-caupí y el efecto de la adición de nutrientes sobre esta razón.*
5. *Determinar el valor nutritivo de mezclas a base de yuca-caupí consumidas en tres proporciones diferentes.*

IV. MATERIALES Y METODOS

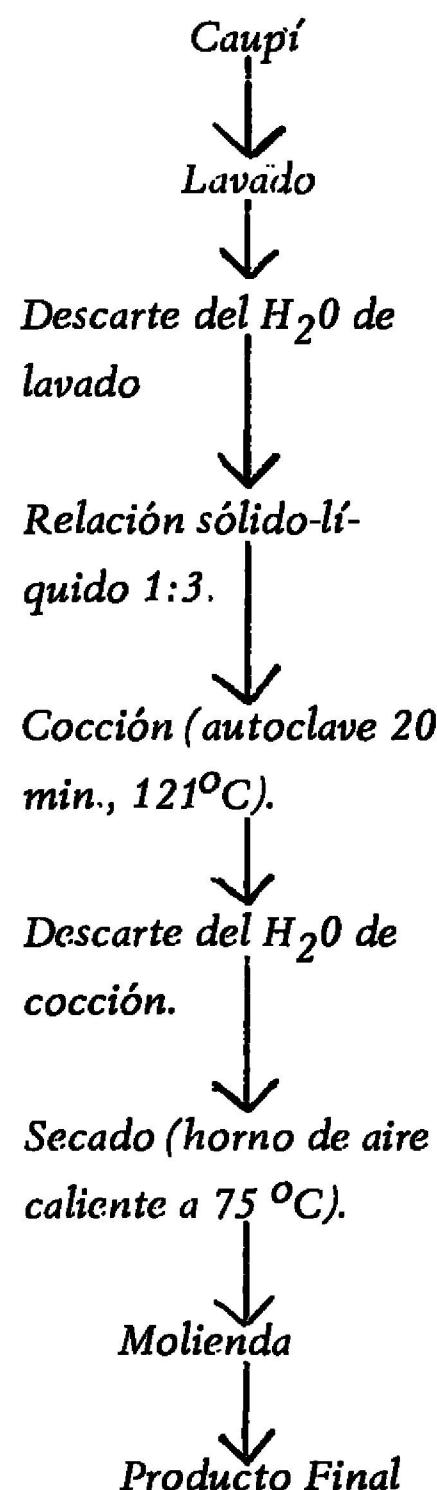
A. Materiales

Para la realización de este estudio se utilizaron las siguientes materias primas: harina de maíz, harina de yuca, harina de soya desgrasada La primera fue obtenida de la finca experimental del INCAP, las otras dos fueron obtenidas de casas comerciales situadas en la ciudad de Guatemala. Las harinas de soya entera y de frijol caupí, fueron obtenidas de acuerdo a los siguientes esquemas de preparación:

HARINA DE SOYA ENTERA



HARINA DE FRIJOL CAUPI



B. Métodos

1. Químicos

1.1 Análisis Químico Proximal

Se usaron los métodos descritos por la AOAC (2), para la determinación de humedad, extracto etéreo, fibra cruda, proteína y ceniza; los carbohidratos se calcularon por diferencia. Se determinó además el contenido de fósforo, calcio y hierro. Estos análisis se efectuaron tanto en la harina de frijol caupí cocida, como en la harina de yuca.

1.2 Análisis de aminoácidos

La determinación de aminoácidos esenciales y no esenciales en la harina de yuca se realizó por medio de una hidrólisis ácida, y subseciente análisis en un autoanalizador (Technicon).

1.3 Determinación de acido cianhídrico

La determinación de acido cianhídrico (20), se realizó en la harina de yuca y en la raíz de yuca fresca sin cáscara.

1.4 Inhibidores de Tripsina

Los inhibidores de tripsina se midieron en la harina de frijol caupí crudo y cocido, siguiendo el método descrito por Kakade y col. (28), utilizando BAPA como sustrato.

1.5 Lisina Disponible

Se determinó lisina disponible en la harina de frijol caupí crudo y cocido, por el método de Conkerton y Frampton (13).

2. Biológicos

2.1 Preparación de dietas

Para la realización de los estudios en ratas (Objetivo 1) se prepararon dietas a base de soya-maíz 25/65, caupí maíz 65/25 y soya yuca 36/54, y caupí-yuca 72/18, que fueron mezclados

en estas proporciones para obtener un nivel de 18% de proteína. Sin embargo, para cumplir el Objetivo No. 1, se diluyó el contenido de proteína hasta un 10%. Los niveles en que la mezcla caupí-maíz y caupí-yuca sustituyeron las mezclas soya-maíz y soya-yuca, fueron de 0, 20, 40, 60, 80 y 100% respectivamente. En los Cuadros 3 y 4 se da a conocer la composición completa de las dietas.

Con el propósito de estudiar el efecto del proceso de estrujamiento y de la suplementación con metionina (Objetivo 2), se prepararon dietas a base de caupí-maíz 65/25 y caupí-yuca 72/18. Al igual que en el caso anterior estas mezclas contenían 18% de proteínas, pero este contenido se diluyó a un 10%. Parte de estas mezclas se sometió al proceso de estrujamiento y suplementación con metionina. En el Cuadro 5 se puede observar la composición de las dietas utilizadas en este experimento.

Para la realización de los estudios en cerdos (Objetivo 3) se utilizaron las mismas mezclas usadas en los estudios con ratas en el Objetivo 1, sin embargo, en este caso, la mezcla soya-maíz, se sustituyó por la mezcla caupí-maíz tanto en la forma estrujada como cruda y la mezcla soya-yuca fue sustituida por la mezcla caupí-yuca, únicamente en la forma estrujada. Todas las dietas fueron elaboradas para contener 18% de proteína. En los Cuadros 6 y 7 se muestra la composición de las dietas experimentales.

Para estudiar el efecto de varios tratamientos dietéticos (Objetivo 4), se prepararon dietas a base de harina de yuca y harina de caupí, utilizando una técnica de alimentación que consistió en ofrecer a ratas la oportunidad de escoger el alimento en dos comederos separados, colocados en una misma jaula. Un ejemplo de los tratamientos utilizados se muestra en el Cuadro 8. Las cantidades de los nutrientes agregados fueron, 5% de aceite de algodón, 4% de minerales (21), 1% de aceite de bacalao, y 5% de solución de vitaminas (30). La cantidad de DL-metionina agregada tanto a la harina de yuca como a la de caupí fue de 0.21g%.

Para estudiar las diferentes proporciones de harina de yuca y harina de caupí con y sin la adición de DL-metionina (Objetivo 5), se prepararon dietas a base de estos materiales en tres diferentes proporciones. Las proporciones de harina de yuca y harina de caupí utilizadas fueron de 87/13, 70/30 y 50/50, respectivamente. En el Cuadro 9 se puede observar la composición de las dietas respectivas.

2.2 Indice de Eficiencia Proteínica (PER) y porcentaje de Proteína Utilizable (PU).

Se utilizaron ratas jóvenes recién destetadas de 21 días de edad, de la raza Wistar, de la colonia animal del INCAP. Los animales se colocaron en jaulas individuales, y se suministró agua

y alimento ad libitum. Se empleó un número de 8 ratas por cada grupo experimental, integrado por cuatro machos y cuatro hembras.

La duración del cultivo experimento fue de 28 días, durante los cuales se anotó la ganancia en peso y el consumo de alimento. Al final de este experimento se calculó el Índice de Eficiencia Proteínica, dividiendo la ganancia de peso entre la proteína consumida.

Para la determinación de proteína utilizable, se emplearon también ratas jóvenes, y la duración del experimento fue de 28 días. Semanalmente, se anotó el consumo de cada uno de los alimentos por separa lo y se calculó la razón de consumo entre la harina de yuca y la harina de caupí. Para el cálculo de la proteína utilizable se determinó la razón entre ingesta proteica y la ganancia en peso. Considerando que la razón obtenida para la caseína es de 2.5 que equivale a un valor biológico de 75, las razones obtenidas se rifieron al valor encontrado para la caseína para encontrar el valor nutritivo relativo. Este valor multiplicado por el contenido de proteína en la dieta es igual al valor de proteína utilizable.

FORMULA:

$$\text{Proteína utilizable} = \frac{\text{Valor Nutritivo Relativo} \times \text{Contenido de Proteína en la Dieta}}{100}$$

2.3 Índice de Conversión Alimenticia

Se utilizó un total de 40 cerdos de la raza Landrace, 20 machos y 20 hembras, que fueron distribuidos de acuerdo a peso y sexo, en cinco grupos experimentales. Cada grupo se subdividió en dos grupos de cuatro animales cada uno que se alojaron en corrales donde recibieron agua y alimento ad libitum.

La duración del experimento fue de 60 días. Semanalmente, se llevaron records de los aumentos en peso y el consumo de alimento. Al final del experimento se calculó el Índice de Conversión Alimenticia.

V. RESULTADOS

Químicos.

Los datos del análisis proximal encontrados para la harina de frijol caupí cocido y para la harina de yuca, se sumarizan en el Cuadro 1. Como se puede observar, para el caupí cocido el contenido de humedad fue de 6.90%, el extracto etéreo de 0.01%, la fibra cruda 5.10%, la proteína de 25.30%, las cenizas de 2.60% y el contenido de calcio, fósforo, y hierro, presentó valores de 322, 185, 8.9 mg%, 0.0, respectivamente

Para la harina de yuca el contenido de humedad encontrado fue de 12.40%, el extracto etéreo 0.40%, la fibra cruda 1.70%, y la ceniza 1.40%. El contenido de proteína arrojó valores de 1.50%, y los valores para calcio, fósforo, y hierro, fueron de 1.6, 1.9, y 5.8 mg%, respectivamente.

En el Cuadro 2, se exponen los resultados de los análisis de aminoácidos realizados en la harina de yuca comparados con los de frijol caupí. Como se puede observar, el contenido de lisina para el caupí fue de 7.412 gAA/16 gN y el contenido de metionina presentó un valor de 1.105 gAA/16 gN. Para la yuca el contenido de lisina y metionina fue de 17.16% y 1.094 gAA/16 gN respectivamente.

La determinación de ácido cianhídrico realizada en la raíz de yuca fresca sin cáscara, reveló un contenido de 247 mg/Kg, mientras que el contenido de ácido cianhídrico encontrado en la harina de yuca fue de 181 mg/Kg

El análisis de inhibidores de tripsina se realizó tanto en la harina de caupí crudo como cocido, encontrándose que la harina de caupí crudo contenía 4.54 unidades de tripsina inhibida (UTI/ml), mientras que la harina cocida presentó 3.04 unidades de tripsina inhibida (UTI/ml).

El contenido de lisina disponible encontrado en el frijol caupí crudo fue de 5.74 g/16 gN, mientras que en el frijol caupí cocido fue de 4.66 g/16 gN.

Biológicos

En los Cuadros 10 y 11, se presenta la calidad proteínica de dietas elaboradas a base de soya-maíz, caupí-maíz y soya-yuca, caupí-yuca. Como se puede observar en el Cuadro 10, al sustituir la mezcla soya-maíz por caupí-maíz, los índices de eficiencia proteínica fueron bastante similares entre sí, no encontrándose diferencia significativa entre los diferentes niveles de sustitución utilizados. Por otro lado, cuando se sustituyó la mezcla soya-yuca por la mezcla caupí-yuca (Cuadro 11), los índices de eficiencia proteínica fueron también bastante similares entre sí, no encontrándose diferencias significativas entre los diferentes niveles de sustitución. Sin embargo, en este caso los índices de eficiencia proteínica resultaron ser ligeramente inferiores a los observados para las mezclas soya-maíz y caupí-maíz, aun cuando esta diferencia no resultó ser estadísticamente diferente.

En el Cuadro 12 se muestra el efecto del proceso por estrujamiento y de la suplementación de metionina sobre la calidad proteínica dietas elaboradas a base de caupí-maíz y caupí-yuca. Se puede observar que los índices de eficiencia proteínica resultaron ser mejores para las mezclas caupí-maíz y caupí-yuca que fueron sometidas al proceso de estrujamiento, al comparar con las mezclas que no fueron procesadas, encontrándose diferencias altamente significativas ($P < 0.05$) entre ambos casos. Además, independientemente del proceso de estrujamiento, se encontró que la suplementación de metionina resultó en índices de eficiencia proteínica superiores al comparar con las mezclas no suplementadas con este aminoácido, notándose diferencias significativas ($P < 0.05$) entre estos tratamientos. Asimismo, al comparar las mezclas caupí-maíz y caupí-yuca que fueron estrujadas y suplementadas con metionina, no se encontró diferencia significativa. Sin embargo, se puede observar que las mezclas caupí-maíz estrujadas y no suplementadas con metionina fueron significativamente superiores ($P < 0.05$) a la mezcla de caupí-yuca tratada bajo las mismas condiciones. Por otro lado, se observa además que estas mismas mezclas crudas con y sin suplementación de metionina, no revelaron diferencia significativa entre sí.

En los Cuadros 13 y 14 y Figura 1, se presentan los resultados en cuanto al aumento en peso de los cerdos y eficiencia de conversión del alimento con dietas a base de soya-maíz, caupí-maíz y soya-yuca, caupí-yuca. Como se puede ver en el Cuadro 13, los aumentos de peso fueron de 33.1, 20.5, 11.0 Kg, para los cerdos que recibieron las dietas a base de soya-maíz, caupí-maíz estrujado y caupí-maíz crudo, respectivamente. Los análisis estadísticos a que fueron sometidos estos resultados revelaron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los tratamientos, indicando que la dieta a base de soya-maíz es mejor que la de caupí-maíz estrujado, y ésta a su vez es mejor que la dieta a base de caupí-maíz crudo.

El consumo de alimento de los cerdos con las dietas a base de caupí-maíz estrujado y caupí-maíz crudo, difiere mucho de la dieta a base de soya-maíz, notándose para ésta un consumo mucho mayor.

Para el caso de las dietas a base de soya-yuca y caupí-yuca estrujada (Cuadro 14), se puede observar que los aumentos en peso fueron de 28.3 y 22.8 kg respectivamente, encontrándose diferencias significativas ($P < 0.05$) entre ambas dietas. También, en este caso, el consumo de alimento de los cerdos con la dieta a base de caupí-yuca estrujada, difiere mucho de la dieta a base de soya-yuca, siendo esta última la que presentó mayor consumo. Al comparar la eficiencia de conversión alimenticia de las mezclas que se muestran en los Cuadros 13 y 14 se puede observar que son muy similares, excepto en el caso de la dieta a base de caupí-maíz crudo que resultó ser inferior.

En la Figura 1 se muestran los aumentos de peso semanales de los animales alimentados con las dietas descritas en los Cuadros 13 y 14. Estas curvas muestran nuevamente la superioridad de las dietas a base de soya-maíz y soya-yuca, al compararlas con aquéllas a base de caupí-maíz y caupí-yuca. Asimismo, muestran el efecto benéfico del proceso de estrujamiento sobre la dieta a base de caupí-maíz.

En el Cuadro 15 y Figura 2, se presenta el efecto de diferentes tratamientos dietéticos sobre el crecimiento y la utilización de la proteína en ratas alimentadas con dietas a base de harina de yuca y frijol caupí. Como se observa en el Cuadro, al no adicionar ningún nutriente la razón de consumo fue de 1.21 con una proteína utilizable de 3.35. Los análisis estadísticos a que fueron sometidos estos resultados mostraron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los tratamientos, indicando que el mejor porcentaje de proteína utilizable (9.47) se obtiene cuando a la harina de yuca se le adiciona vitaminas, minerales, y calorías, y al frijol caupí además de estos nutrientes, se adiciona el aminoácido metionina. En este Cuadro se observa además que el consumo de frijol caupí es favorecido por la adición de los nutrientes, mientras que la adición de metionina sólo favorece el consumo cuando se agrega en presencia de los demás nutrientes. Por otro lado, la harina de yuca es favorecida principalmente por el agregado de metionina. Además, como se puede notar en la Figura 2, las ganancias de peso y la proteína utilizable son mayores cuando aumenta el consumo de frijol caupí.

En el Cuadro 16 y Figura 3, se muestran los resultados obtenidos cuando se utilizó harina de yuca y frijol de soya, en este caso se observa que al no adicionar ningún nutriente, la razón de consumo fue de 1.44 con una proteína utilizable de 6.25, encontrándose diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los tratamientos. Sin embargo, se observa que el mejor porcentaje

de proteína utilizable (11.89), se obtiene cuando a la harina de yuca se le agrega vitaminas, minerales y calorías, y al frijol de soya además de estos nutrientes se agrega metionina. Asimismo, se puede observar también que el consumo de frijol de soya es favorecido por la adición de los nutrientes en cuestión mientras que la metionina sólo favorece el consumo cuando se agrega en presencia de los demás nutrientes. Por otro lado, la harina de yuca es favorecida principalmente por el agregado de metionina.

En la Figura 3 se puede observar una tendencia similar a la observada en la Figura 2, es decir, que las mejores ganancias en peso y proteína utilizable corresponden a aquellos grupos experimentales que consumieron una mayor cantidad de frijol de soya.

La calidad proteínica de las dietas elaboradas con diferentes proporciones de harina de yuca y frijol caupí, con y sin la adición de metionina, se presenta en el Cuadro 17 y en la Figura 4. Como se puede observar, al comparar las diferentes proporciones utilizadas se encontró que los mayores valores de proteína utilizable se obtienen con la dieta constituida por harina de yuca y frijol caupí 50/50, encontrándose diferencias significativas ($P < 0.05$) entre las tres diferentes proporciones. Además, al verificar el efecto de la suplementación con metionina, no se encontró diferencia significativa alguna al adicionar este aminoácido a la mezcla de harina de yuca y frijol caupí en la proporción de 87/13. Sin embargo, para las proporciones 70/30 y 50/50, se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$) debidas a la adición de metionina. Los valores más altos de proteína utilizable se obtuvieron cuando a ambas se adicionó metionina. Por otro lado, se puede ver en la Figura 4, que los valores de proteína utilizable aumentan a medida que aumentan las proporciones de frijol caupí en la dieta.

VI. DISCUSION

— Composición Química y Factores Tóxicos presentes en las materias primas utilizadas.

*El análisis químico proximal y el contenido de minerales del frijol caupí (*Vigna sinensis*) y de la harina de yuca, corroboran los datos informados en la literatura (22-3) para estos dos materiales. De acuerdo a estos resultados se puede decir que las leguminosas representan una buena fuente de proteínas, mientras que la yuca es una fuente potencial de calorías.*

Con respecto al análisis de aminoácidos se encontró que el frijol caupí es una buena fuente de lisina, sin embargo, resultó ser deficiente en metionina, corroborando los datos reportados en la literatura (17). Por otra parte, la yuca resultó ser más deficiente en los aminoácidos azufrados, corroborando con los datos reportados por otros investigadores (46).

Los resultados obtenidos con respecto al contenido de ácido cianhídrico en la yuca fresca sin cáscara (247 mg/Kg), indican que esta variedad puede ser clasificada en el grupo de la yuca brava, ya que los datos encontrados en la literatura (45) indican que la variedad de yuca mansa no debe contener más de 50 mg HCN/Kg de yuca fresca. Por otro lado, el contenido de ácido cianhídrico encontrado en la harina de yuca fue de 181 mg/Kg, valor éste que se compara con los informados en la literatura (42), para este material. Es difícil poder establecer si esta cantidad de ácido cianhídrico pudiera tener un efecto adverso en la alimentación animal, ya que los valores considerados tóxicos no han sido bien establecidos (45). Por otro lado, se ha prestado muy poca atención a la determinación de ácido cianhídrico en productos a base de yuca para la alimentación animal. En las normas de calidad, con respecto al nivel de ácido cianhídrico, se ha establecido un límite tan alto como 300 mg HCN/Kg (24). Sin lugar a duda éste es un campo que merece mayor atención e investigaciones con el propósito de establecer niveles adecuados de esta sustancia tóxica en concentrados para animales.

Con respecto al bajo contenido de inhibidores de tripsina en la harina de caupí crudo y cocido, los resultados obtenidos también están de acuerdo con los valores encontrados por otros investigadores (16) para esta leguminosa de grano. Es de interés también mencionar que el tratamiento térmico tuvo poco efecto sobre el contenido de inhibidores de tripsina de esta leguminosa, indicando así, que este factor tóxico por sí solo no podría influenciar negativamente la utilización de este material al estado crudo.

En cuanto al contenido de lisina disponible en la muestra de caupí crudo y cocido, se puede decir que este valor es relativamente más bajo que los informados por otros investigadores (17). Sin embargo, esto puede deberse a variaciones que pueden existir en diferentes muestras, como también ha sido demostrado por estos investigadores.

- **Calidad Proteínica de mezclas a base de soya-maíz, caupí-maíz y soya-yuca, caupí-yuca suplementadas con metionina.**

Los datos biológicos obtenidos de las diferentes mezclas a base de soya-maíz, caupí-maíz y soya-yuca, caupí-yuca eran de esperarse ya que las proteínas de las leguminosas y de las oleaginosas son consideradas como buenas fuentes de lisina y triptofano (9), aminoácidos éstos que a su vez son deficientes en los cereales (9). Por otro lado, las leguminosas y las oleaginosas son limitantes en los aminoácidos azufrados (9) por lo que se esperaría que la combinación de cereales con leguminosas en las proporciones usadas resultara en una mezcla de buena calidad proteínica. En el caso de los tubérculos, su deficiencia principal son los aminoácidos azufrados (46). Sin embargo, como se pudo observar por los resultados obtenidos, la adición de 0.3% del aminoácido metionina a todas las dietas fue suficiente para complementar el patrón de aminoácidos esenciales de las mismas. La calidad proteínica relativamente más baja de las mezclas de soya-yuca y caupí-yuca al comparar con las dietas a base de soya-maíz y caupí-maíz puede deberse a una deficiencia relativa de metionina en las primeras, ya que, como se mencionó anteriormente, este aminoácido es limitante en el caso de los tubérculos, no así en el caso de los cereales. No se descarta también la posibilidad de que las proporciones que constituyen el patrón global de los aminoácidos esenciales se encuentre en mayor cantidad en las mezclas de leguminosas-cereales que en las de leguminosas-tuberculos, ya que, como se puede apreciar en los resultados, hubo un mayor consumo de alimento para las dietas a base de leguminosas-tubérculos, reflejando así una mayor necesidad de consumo para llenar los requerimientos.

- **Efecto del proceso de estrujamiento sobre la calidad proteínica de dietas a base de caupí-maíz y caupí-yuca.**

Con los resultados obtenidos en el presente estudio, no se puede explicar la mejor calidad proteínica de las mezclas a base de caupí-maíz y caupí-yuca estrujadas al compararlas con las mismas mezclas crudas. Como se mencionara en la discusión de los resultados químicos, el bajo contenido de inhibidores de tripsina de esta leguminosa en estado crudo y cocido no explica la mejor utilización de las mezclas estrujadas. Estudios recientes llevados a cabo por Elias y col.(16), han mostrado también un aumento en la utilización de las proteínas del caupí

estrujado al compararlo con el frijol caupí crudo. Es posible que el tratamiento térmico ocurrido durante el proceso de estrujamiento haya producido cambios en la fracción de los carbohidratos de esta leguminosa, favoreciendo así una mejor utilización de sus proteínas. Existen datos en la literatura (19), que indican un efecto del tipo de carbohidrato sobre el valor nutritivo de ciertas proteínas. Es indudable que este aspecto es de suma importancia y debe ser objeto de futuras investigaciones para esclarecerlo, ya que el proceso de estrujamiento presenta muchas ventajas desde el punto de vista práctico, y puede constituir en el futuro un gran recurso tecnológico para nuestros países. Es también importante continuar estos estudios con el fin de caracterizar el tipo de carbohidrato del frijol caupí, antes o después del tratamiento térmico. El efecto beneficioso de la adición de metionina, tanto en las mezclas crudas como estrujadas, era de esperarse, ya que este aminoácido es el deficiente en primer lugar en las dos mezclas estudiadas.

Puede aducirse que la superioridad de las mezclas caupí-maíz estrujada y no suplementada con metionina, comparadas con la mezcla de caupí-yuca tratadas en las mismas condiciones, se deba a las mejores proporciones que constituyen el patrón de aminoácidos esenciales de las primeras como se mencionara anteriormente.

— **Calidad Proteínica de mezclas a base de soya-maíz, caupí-maíz y soya-yuca, caupí yuca evaluadas en cerdos.**

Como pudo observarse en la descripción de los resultados, los datos obtenidos con cerdos fueron diferentes a los obtenidos con ratas, con respecto a la calidad proteínica de las mezclas de soya-maíz y caupí-maíz. No existe ninguna razón lógica para suponer que la calidad proteínica fuera diferente en las dos especies de animales estudiados. Se podía pensar que los niveles de ácido cianhídrico encontrado en la harina de yuca pudiera afectar el crecimiento de los cerdos alimentados con dietas que contenían este material. Sin embargo, es conveniente recordar que la mezcla de caupí-yuca fue sometida al proceso de estrujamiento previo a la preparación de las dietas. Esto resultaría en la eliminación de esta substancia. Por otro lado, en la dieta de soya-yuca, la yuca no fue estrujada y sin embargo esta dieta resultó en un mayor crecimiento al comparar con la dieta de caupí. Es posible que una de las causas de la menor respuesta en el caso de los cerdos sea la palatabilidad del caupí, ya que, la única diferencia entre las dietas usadas fue el nivel de proteína utilizado, lo que significa que había una mayor concentración de esta leguminosa en las dietas ofrecidas a los cerdos. Existen datos en la literatura (22), que indican que una mayor concentración de caupí en la dieta, resulta en menores ganancias de peso por los cerdos, y también una mayor reducción en el consumo y utilización del alimento. Hay que hacer notar, sin embargo, que en este estudio los autores utilizaron el frijol caupí en estado crudo.

Con respecto a la mejor respuesta observada para la dieta a base de la mezcla caupí-maíz estrujada: al compararla con la dieta a base de caupí-maíz crudo, se puede aducir el mismo argumento mencionado en el caso del ensayo con ratas. A este respecto, hay otros estudios en la literatura (34), los cuales también indican un efecto benéfico del tratamiento térmico sobre la utilización de esta leguminosa en dietas para pollos y cerdos. Es de interés mencionar que en dicho estudio se observó además, que el contenido de energía metabolizable era superior para las dietas elaboradas a base de caupí autoclaveado que para las dietas que contenían caupí crudo; este hallazgo hace suponer nuevamente que el proceso térmico puede resultar en un cambio en los carbohidratos de esta leguminosa aumentando así su utilización desde el punto de vista energético y protéico, estos mismos autores (34), indican también la posibilidad de que la mejor respuesta obtenida con la dieta a base de caupí autoclaveado se deba a la presencia de alguna substancia inhibidora presente en el caupí crudo.

La mejor respuesta observada con las dietas de soya yuca al compararlas con las de caupí yuca, puede ser debida a las mejores proporciones que constituyen el patrón de aminoácidos esenciales en la soya, que en el caupí. Consideramos de sumo interés que investigaciones posteriores traten de esclarecer si en realidad el caupí ofrece problemas de palatabilidad para esta especie animal, lo cual se podría lograr alimentando previamente las ratas con niveles crecientes de esta leguminosa, o disminuyendo la concentración de la misma en dietas para cerdos.

— **Efecto de diferentes tratamientos dietéticos sobre el consumo y la utilización de la proteína en ratas alimentadas con dietas a base de leguminosas y tubérculos.**

Con respecto a los resultados obtenidos en el estudio de libre escogencia con caupí yuca y soya yuca, los mayores índices de proteína utilizable, obtenidos con las dietas a base de soya yuca se deben nuevamente a la mejor calidad proteinica de la soya al comparar con el caupí.

De una manera general, en un sistema de libre escogencia, como el utilizado en el presente estudio, se esperaría que el animal seleccionaría el alimento en base a sus necesidades de proteína y calorías, con la finalidad de consumir una dieta nutricionalmente balanceada. En el presente caso, se puede considerar que el tubérculo constituye la fuente calórica, mientras que las leguminosas son la fuente proteíca, a pesar de que en el caso del frijol de soya, debido a su alto contenido de aceite, se puede considerar como una fuente simultánea de proteínas y calorías. Esto se observa con toda claridad en los resultados obtenidos, ya que, en el caso de las

dietas de soya-yuca, hubo un menor consumo de estos dos alimentos al comparar con el estudio de caupí-yuca, lo que se traduce en una mayor proporción en el caso de la soya-yuca, que en el caso del caupí-yuca.

Con respecto al efecto de la adición de los demás nutrientes a estos dos alimentos, sobre la ingestión por parte del animal, los resultados parecen indicar que la selección está gobernada principalmente por la corrección de la deficiencia de aminoácidos de la fuente proteínica. Sin embargo, hay que hacer énfasis en el hecho de que este efecto sólo es benéfico cuando la suplementación se lleva a cabo en presencia de los demás nutrientes. Esto puede apreciarse claramente en los resultados obtenidos, ya que, en ambos casos, la mejor utilización proteínica se obtuvo, cuando se llenaron los requisitos previamente indicados. Asimismo, se puede también observar que la adición del aminoacido limitante únicamente, en ausencia de otros nutrientes, resultó en índices de proteína utilizable similares o inferiores, al comparar con el grupo al cual no se adicionó ningún nutriente.

Otro punto de interés que emerge de los resultados es el aumento significativo en el consumo de frijol cuando éste es suplementado con otros nutrientes, sugiriendo que se podría lograr una mayor ingesta de estas leguminosas a través de este mecanismo. Este aspecto es de suma importancia desde el punto de vista práctico, ya que, un mayor consumo de las leguminosas de grano redundaría en un beneficio para las poblaciones que subsisten de tubérculos y leguminosas. Aunque los resultados en general, no son tan fáciles de interpretar debido a las múltiples variables presentes, ellos sugieren que en situaciones prácticas sería más aconsejable suplementar la leguminosa en vez de utilizar el tubérculo como un vehículo de los nutrientes limitantes en este tipo de dieta, como ha sido sugerido por otros autores (14). Los datos obtenidos en el último experimento, parecen confirmar esta hipótesis, en la cual se suplementó con metionina dietas a base de yuca y caupí, encontrándose que la adición de este aminoácido sólo fue efectiva cuando se utilizaron las proporciones de 70/30 y 50/50 de yuca y caupí respectivamente.

VII RESUMEN

*El propósito del presente estudio fue el de utilizar el frijol caupí (*Vigna sinensis*) y la harina de yuca como fuente protéica energética en la alimentación humana y animal. A partir de estas materias primas se realizaron diversas pruebas químicas y biológicas.*

El análisis químico proximal, contenido de aminoácidos, contenido de ácido cianhídrico, y de inhibidores de tripsina, presentaron valores normales y bastante comparables con los informados en la literatura. El contenido de lisina disponible para la harina de caupí crudo y cocido resultó ser más bajo que los informados en la literatura, posiblemente debido a variaciones que pueden existir entre diferentes muestras.

Los datos biológicos obtenidos con ratas cuando se utilizaron mezclas a base de soya maíz, caupí-maíz y soya yuca, caupí yuca, presentaron índices de eficiencia proteínica satisfactorios. Sin embargo, se observó una calidad proteínica relativamente más baja para las mezclas a base de soya yuca y caupí-yuca, posiblemente debido a que en estas mezclas hay una deficiencia relativa del aminoácido metionina; así también las proporciones que constituyen su patrón de aminoácidos esenciales están en menor cantidad que en las mezclas a base de soya maíz y caupí-maíz.

Con respecto a los resultados obtenidos con las mezclas de caupí-maíz y caupí-yuca procesadas por el estrujador, se encontró, que la mejor calidad proteínica se obtuvo cuando estas mezclas fueron estrujadas al comparar con estas mismas mezclas crudas. Es posible que el tratamiento térmico ocurrido durante el proceso de estrujamiento haya producido cambios en la fracción de carbohidratos de esta leguminosa favoreciendo así una mejor utilización de sus proteínas. Se considera de mucha importancia que investigaciones posteriores traten de esclarecer este punto, ya que desde el punto de vista práctico el proceso de estrujamiento presenta muchas ventajas y puede constituir un gran recurso tecnológico para nuestros países. Es también importante continuar estos estudios con el fin de caracterizar el tipo de carbohidratos del frijol caupí antes y después del tratamiento térmico. Asimismo, se observó el efecto benéfico de la adición de metionina tanto en las mezclas crudas como estrujadas, efecto éste que se debe a que este aminoácido es el deficiente en primer lugar en las dos mezclas estudiadas. Por otro lado, se encontró una mejor calidad proteínica para las mezclas caupí-maíz estrujadas y no suplementadas con metionina al comparar con las mezclas de caupí-yuca tratadas en las mismas condiciones. Es posible que eso se deba al mejor patrón de aminoácidos esenciales de la mezcla a base de caupí-maíz.

En cuanto a los estudios realizados en cerdos con las mezclas a base de soya-maíz, caupí-maíz y soya-yuca, caupí-yuca, se encontró una menor respuesta para los cerdos al comparar con los resultados obtenidos con las ratas en lo que respecta a calidad proteínica. Es posible que eso se deba a la palatabilidad del caupí, ya que había una mayor concentración de esta leguminosa en las dietas ofrecidas a los cerdos. Es de sumo interés que investigaciones posteriores traten de esclarecer si en realidad el caupí ofrece problemas de palatabilidad para esta especie animal, lo cual se podría lograr alimentando previamente ratas con niveles crecientes de esta leguminosa, o disminuyendo la concentración de la misma en dietas para cerdos. Además, se observó también una mejor respuesta para las dietas a base de caupí-maíz estrujado al comparar con la misma dieta al estado crudo. Por otro lado, la dieta de soya-yuca presentó una mejor respuesta al compararla con la de caupí-yuca, posiblemente debido a que el patrón de aminoácidos esenciales es mejor en la soya que en el caupí.

Los resultados obtenidos con las pruebas biológicas realizadas en el estudio de libre escogencia con caupí-yuca, indicaron que sin la adición de los nutrientes, la razón de consumo de yuca a caupí era de 1.21, con una proteína utilizable de 3.15. Se encontró además que la adición de los nutrientes aumentaba el consumo de leguminosa, el cual se traducía en un aumento en proteína utilizable y ganancia de peso. El consumo de leguminosa es favorecido por la adición de los nutrientes, mientras que la metionina sólo favorece el consumo cuando se agrega en presencia de los demás nutrientes. Por otro lado, el consumo de harina de yuca es favorecido principalmente por el agregado de metionina. Estos resultados son de mucha importancia ya que indican que la adición de los nutrientes aumenta significativamente el consumo de leguminosas resultando en un beneficio para las poblaciones que subsisten a base tubérculos-leguminosas. Asimismo, estos resultados indican también que es mejor suplementar la leguminosa en vez de utilizar el tubérculo como un vehículo de los nutrientes limitantes en este tipo de dieta.

Cuando se utilizó la mezcla soya-yuca, se observó una tendencia similar a la de caupí-yuca. Sin embargo, la calidad de la primera fue superior a la de la última.

Los resultados obtenidos cuando se estudiaron diferentes proporciones de yuca-caupí, indicaron que la mejor calidad proteínica se obtiene cuando la dieta estaba constituida de harina de yuca y frijol caupí en la proporción de 50/50. Con respecto a la adición de metionina, se observó que la adición de este aminoácido sólo fue efectiva cuando se utilizaron las proporciones 70/30 y 50/50 de harina de yuca y frijol caupí.

VIII BIBLIOGRAFIA

1. *Altschul, A. M. Processed plant protein foodstuffs. New York, Academic Press, 1958. Pp. 717-735.*
2. *Association Official Agricultural Chemists, Washington, D.C. Official methods of analysis of the Association of Official Agricultural Chemists. 11 th ed. Washington, 1970.*
3. *Ayres, J. C. "Manioc; the potencial exist for increased use of this tropical plant and its products". Food Technol.; 26: 128-137. 1972.*
4. *Barrios, E. A. y R. Bressani. "Composición química de la raíz y de la hoja de algunas variedades de yuca". Turrialba, 17: 314-320. 1967.*
5. *Braham, J. E.; L. G. Elias, R. Jarquin y R. Bressani. "Uso del frijol de costa (*Vigna sinensis*) como fuente de proteínas en dietas para pollos de carne". Subproyecto C. [del] Programa de Alimentos Básicos [del INCAP] En: Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá. Informe anual, 1o. de enero - 31 de diciembre de 1974. Guatemala 1975. Pp. 24-25. (INCAP, documento Incap 26/2).*
6. *Bressani, R. "Uso de leguminosas de grano en la alimentación humana". [del] Programa de investigaciones [del INCAP] En: Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá. Informe anual, 1o. de enero-31 de diciembre de 1972. Guatemala 1973. pp.39-40. (INCAP, documento Incap 24/2).*
7. -----; *Elena Marcucci, C. E. Robles y M. S. Scrimshaw. "Nutritive value of Central American beans. I. Variation in the nitrogen, tryptophan, and niacin content of ten Guatemala black beans (*Phaseolus vulgaris*) and retention of the niacin after cooking". Food Res., 19: 263-268. 1954.*
8. -----; *L. G. Elias y Delia Navarrete. "Nutritive value of Central American beans. IV. the essential amino acid content of samples of black beans, rice beans, red beans, and cowpea of Guatemala". J. Food Sci., 26: 525-528. 1961.*

9. -----; y L. G. Elias. "Processed vegetable protein mixture for human consumption in developing countries". *Adv. Food Res.* 16. 1-103. 1968.
10. -----; y N. S. Scrimshaw. "The development of Incap vegetable mixture. I. Basic animal studies". In: *Progress in meeting protein needs of infants and pre school children. Washington, D.C., Natl. Acad. of Sci. Natl. Research Council, 1961.* 35-48. (NRC, Publication 843).
11. Chaves, N.; N. R. Teodosio, A. Gomes de Matos Jr., C. A. Lima y J. L. de Almeida. "As proteinas do feijao macassa (*Vigna sinensis*), na nutricao". *Rev. Bras. Med.* 11; 603-607. 1952.
12. Chernick, S. S.; Lepkousky, S. y Chaykoff, I. L. "A dietary factor regulating the enzima content of the pancreas; Changes induced in size and proteolytic activity of the chick pancreas by the ingestion of raw soybean meal. *Am. J. Physiol.*, 155: 33. 1968.
13. Conkerton, E. J. y Frampton, V. L. "Reaction of gossypol with free E-amino groups of lysine in proteins". *Arch. Biochm. Bioph.* 81: 130-134. 1959.
14. Dutra de Oliveira, J. E.; E. B. Z. M. Zalata, y J. Campos Jr. "Manioc flour as a methionine carrier to balance common bean-based diets". *J. Food Sci.* 38: 116-118. 1973.
15. Echandi, M. O. "Valor de la harina de hojas y tallos deshidratadas de la yuca en la producción de leche". *Turrialba*, 2: 166. 1952.
16. Elías, L. G.; M. Hernández y R. Bressani. "The nutritive value of precooked legume flour processed by different methods". Presented at the 35th meeting of the Institute of Food Technologists. Chicago-Illinois, U.S.A. Junio 8-12. 1975.
17. -----; R. Colindres y R. Bressani. "The nutritive value of eigth varieties, of cowpea (*Vigna sinensis*)", *J. Food Sci.* 29: 118-122. 1964.
18. French, D.; "Chemical and physical properties of starchs". *J. Animal Sci.*, 37: 1048-1061. 1973.
19. Harper, A. E. y M. C. Katayama. "The influence of various carbohidrates on the utilization of low protein rations by the white rat. 1. Comparison of sucrose and cornstarch in 9 per cent. casein rations". *J. Nutr.*, 49: 261-275. 1953.

20. Harris, L. E. *Compilación de datos analíticos y biológicos en la preparación de cuadros de composición de alimentos para uso en los trópicos de América Latina. L. Procedimiento para la descripción y análisis de las muestras y el registro de los datos en el formato de composición de alimentos.* Universidad de Florida, Centro para la Agricultura Tropical, 1970.
21. Hegsted, D. M.; R. C. Mills, C. A. Elvehjem y E. B. Harth. "Choline in the nutrition of chicks". *J. Biol. Chem.*, 202: 91-98. 1953.
22. Heitmann, H. Jr. y J. A. Howarth. "Black-eyed peas as swine feed". *J. Animal Sci.* 19: 164-166. 1960.
23. Hueso, M. T.; L. G. Elías y R. Bressani. "Preparación industrial de mezclas de frijol de costa o caupí (*Vigna sinensis*) y frijol negro (*Phaseolus vulgaris*)". Proyecto 3. [del] Programa de tecnología de alimentos [del INCAP] En: Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá. Informe anual, 1o. de enero-31 de diciembre de 1974. Guatemala 1975. pp.31. (INCAP, documento Incap 26/2).
24. Indian Standards Institution, New Delhi. Specification for tapioca flour for animal feed, IS: 1510-1959; specification for tapioca chips for animal feed, IS: 1509-1959. New Delhi, 1959. In: Coursey, D. G. "Cassava as food; toxicity and technology". Chronic cassava toxicity. january 1973. Ottawa, Canadá, International Development Research Centre, 1973. 27-36.
25. Jaffé, W. G. "El valor biológico comparativo de algunas leguminosas de importancia en la alimentación Venezolana". *Ach. Venez. Nutr.* 1: 107-126 1950.
26. -----; *Las semillas de leguminosas como fuente de proteínas en América Latina.* En: *Recursos proteínicos en América Latina; memorias de una conferencia de nivel latinoamericano celebrada en el Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá -INCAP-, ciudad de Guatemala 24-27 febrero, 1970.* Editores: Moises Behar y Ricardo Bressani. (Guatemala, INCAP, 1971) pp.228-241 (Publicación INCAP L-1)
27. -----; "Factores tóxicos en leguminosas". *Arch. Latinoam. Nutr.*, 18: 205-218. 1968
28. Kakade, M. L.; N. Simons y I. E. Liener. "An evaluations of natural vs syntetic substrates for measuring the antitryptc activity of soybean samples". *Cereal Chem.*, 46: 518-526. 1969.

29. Lopez, L. y H. Herrera. "Manhioct carthagensis; una yuca silvestre con alto contenido proteico". VIII Reunión de Fitotecnia. Bogotá, Colombia, Nov. 22-28, 1970. En Maner, J. H. "La yuca en la alimentación de cerdos". Seminario sobre Sistemas de Producción de Porcinos en América Latina. Cali, Colombia, Sept. 18-21, 1972. 1 v., paginación irregular.
30. Manna, L. y S. M. Hauge. "A possible relationship of vitamin B₁₃ to orotic acid". J. Biol. Chem., 202: 91-98. 1953.
31. Manner, J. H. "Swine Production Systems". CIAT. Annual Report, Cali-Colombia, 1971.
32. -----; "La yuca en la alimentación de cerdos". Seminario sobre sistemas de producción de porcinos en América Latina. Centro Internacional de Agricultura Tropical-CIAT, Cali-Colombia. Septiembre 18-21. 1972.
33. -----; Buitrago, J. y Callo, J. T. "Protein sources for supplementation of fresh cassava (Manhioct esculenta) rations for growing finishing swine". J. Animal Sci., 31 (1): 208. 1970. Abstr. 203.
34. Maust, L. E.; M. L. Scott y W. G. Pond. "The metabolizable energy of rice brans, cassava flour, and black eye cowpeas for growing chickens". Poultry Sci., 51: 1397-1401. 1972.
35. -----; W. G. y Scott, M. L. "Energy value of cassava rice bean diet with and without supplemental zinc for growing pigs". J. Animal Sci., 35: 953-957. 1972.
36. Moura Campos, F. A. "O complexo de mandioca como traco da influencia amerindia". En: Guernelli, O. "Estudo sobre as possibilidades de enriquecimento de farinha de mandioca". Arq. Brasil. Nutr. 9: 205-240. 1953.
37. Muller, Z.; K. C. Chou y K. C. Nah. "La yuca como sustituto total de los cereales en las raciones del ganado y de las aves de corral". Rev. Mund. Zoot. 1974 (11): 19-24. 1974.

38. Nemoto, Y. "Toxicity of bread prepared with grated manioc flour containing hidrocyanic acid". *Rev. Aliment. Chim. Indust.*, 4(33): 5-7. 1940. In: Nestel B. y R. MacIntyre. eds. **Chronic cassava toxicity. Proceedings of an interdisciplinary workshop. London, England, 29-30 january 1973. Ottawa, Canadá, International Development Research Centre, 1973.** pp.27-36.
39. Oke, O. L.; "The role of hydrocyanic acid in nutrition "World Review of Nutrition and Dietetics". 11: 170. 1969.
40. Olson, D. W.; M. L. Sunde y H. R. Bird. "The metabolizable energy content and feeding value of mandioca meal in diets for chicks". *Poultry Sci.* 48: 1445-1452. 1969.
41. Oyenuga, V. A. y Amazigo, E. O. "A note on the hidrocyanic acid content of cassava". *West African Journal of biological Chemistry.* En: Barrios, E. A. y R. Bressani. "Composición química de la raíz y de la hoja de algunas variedades de yuca". Turrialba. 17: 314-320. 1967.
42. Paula, R. D. de G. y Rangel. "HCN or the poison of bitter or sweet manioc". *Rev. Alimentar (Río de Janeiro)*, 3 (29): 215-217. 1939.
43. Phansalkar, S. V.; "Nutritive evaluation of vegetable proteins". *The proceedings of the symposium on protein. Published by the C.F.T.R.I. Mysore.* 1-9. 1967.
44. Powrie, W. D.; M. W. Adams, y J. Pflug. "Chemical anatomical and histochemical studies on the navy bean seed". *Agron. J.* 52: 163-167. 1960.
45. Seerley, R. W. "Utilization of cassava as a livestock feed". In: University of Georgia. s,A literature review and research recommendation on cassava AID contract No. csd/2497. (Atlanta, Georgia) 1972. 157-182.
46. -----; "Biochemical properties and nutritive value of cassava". In: University of Georgia. A literature review and research recommendation on cassava; AID contract No. csd/2497. (Atlanta, Georgia) 1972. 97-130.

47. Sherwood, F. W.; y V. Weldon. "Effect of cooking and of methionine supplementation on the growth-promoting property of cowpea (*Vigna sinensis*) protein". *J. Nutr.* 52: 199-208. 1954.
48. Singh, S.; H. L. Singh y D. C. Sikka. "Distribution of nutrients in the anatomical parts of common indian pulses". *Cereal Chem.* 45: 13-18. 1968.
49. Takayama, K. K.; Paul Muneta y A. C. Wiese. "Lipid composition of dry beans and its correlation with cooking time". *J. Agric. Food Chem.* 13: 269-272. 1965.
50. Teixeira Mendes, C. "Contribuicao para o estudo da mandioca, edicao de chacaras e quintais". En: Guernelli, O. "Estudo sobre as possibilidades de enriquecimento da farinha de mandioca". *Arq. Bras. Nutr.* 9: 205-240. 1953.
51. Toselo, A. "Consideracoes nutricionais na formulacao da farinha de trigo com outras farinhas". En: Recursos proteicos en America Latina; memoria de una conferencia de nivel latinoamericano celebrada en el Instituto de Nutricion de Centro America y Panamá -INCAP-, ciudad de Guatemala 24-27 febrero, 1970. Editores: Moisés Behar y Ricardo Bressani (Guatemala, INCAP, 1971) pp. 388-395. (Publicación INCAP L-1).

IX APENDICE

CUADRO No.1

Análisis Químico Proximal del Frijol Caupí (*Vigna sinensis*) y Harina de Yuca (*Manihot esculenta*).

	HARINA DE CAUPI	HARINA DE YUCA
<i>Humedad o/o</i>	6.9	12.2
<i>Extracto Etéreo o/o</i>	0.2	0.4
<i>Fibra Cruda o/o</i>	5.1	1.7
<i>Nitrógeno o/o</i>	4.042	0.234
<i>Proteína (N X 6.25) o/o</i>	25.3	1.5
<i>Ceniza o/o</i>	2.6	1.4
<i>Cálcio mg o/o</i>	322	136
<i>Fósforo mg o/o</i>	385	59
<i>Hierro mg o/o</i>	8.9	9.8

CUADRO N°2

Composición de Aminoácidos de Frijol Caupí (*Vigna sinensis*) y Harina de Yuca (*Manihot esculenta*).

Amino- ácido	FRIJOL CAUPI *		HARINA DE YUCA **	
	gAA/100g	gAA/16g de N	gAA/100g	gAA/16g de N
Fenil- alanina	1.498	6.539	0.130	8.888
Isoleu- cina	1.146	5.003	0.146	9.982
Leucina	1.936	8.451	0.186	12.581
Lisina	1.698	7.412	0.251	17.162
Metionina	0.299	1.305	0.016	1.094
Treonina	0.677	2.955	0.108	7.384
Valina	1.381	6.028	0.099	6.769
Histidina	0.801	3.496	0.114	7.794
Arginina	1.711	7.469	0.105	7.179
Tirosina	0.711	3.103	0.056	3.829
Alanina	1.057	4.614	0.278	19.008
Glicina	1.084	4.732	0.157	10.735
Serina	0.616	2.689	0.066	4.512
Acido as- pártico	3.000	13.096	0.332	22.700
Acido Glutámico	4.247	18.540	1.079	73.777
Cisteína	—	—	—	—
Prolamina	—	—	—	—
Amoníaco	0.364	1.589	0.020	1.367

* Tomado de: Infante, M. H. "Efecto de las condiciones de cocción sobre la actividad tóxica residual, disponibilidad de aminoácidos y valor proteínico de algunas leguminosas". Tesis (Magister Scientifcae) Univ. San Carlos Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. INCAP y CESNA. Guatemala. 1975.

** 0.234 o/o N.

CUADRO No.3

Composición de las Dietas a Base de Soya - Maíz y Caupí - Maíz Utilizadas en Experimentos con Ratas.

Gramos/100 Gramos

INGREDIENTES	DIETA No. **					
	1	2	3	4	5	6
Soya - Maíz 25/65*	50.0	40.0	30.0	20.0	10.0	0.0
Caupí - Maíz 65/25*	0.0	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0
Almidón	39.7	39.7	39.7	39.7	39.7	39.7
Metionina	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Minerales***	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
Aceite de algodón	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Aceite de bacalao	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
TOTAL	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Solución Vitaminas****	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
o/o Proteína en Dieta	9.8	9.9	9.8	10.2	10.3	10.4

* Mezclas basales elaboradas a base de soya-maíz y caupí-maíz en las proporciones indicadas, y con un contenido de 18o/o de proteína.

** Las dietas experimentales 1 y 6 fueron elaboradas diluyendo las respectivas dietas basales a un contenido de 10o/o de proteína. Las dietas 2, 3, 4 y 5 fueron elaboradas en las proporciones indicadas para contener también 10o/o de proteína.

*** Ver referencia No.21

**** Ver referencia No.30.

CUADRO No.4

Composición de las Dietas a Base de Soya-Yuca y Caupí-Yuca Utilizadas en Experimentos con Ratas.

Gramos/100 Gramos

INGREDIENTES	DIETA No. **					
	1	2	3	4	5	6
Soya - Yuca 36/54*	50.0	40.0	30.0	20.0	10.0	0.0
Caupí - Yuca 72/18*	0.0	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0
Almidón	39.7	39.7	39.7	39.7	39.7	39.7
Metionina	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Minerales***	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
Aceite de algodón	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Aceite de bacalao	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
TOTAL	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Solución Vitaminas****	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
o/o Proteína en Dieta	10.4	10.5	10.3	10.2	10.4	10.7

* Mezclas basales elaboradas a base de soya-yuca y caupí-yuca en las proporciones indicadas, y con un contenido de 18o/o de proteína.

** Ver cuadro No.3

*** Ver referencia No.21

**** Ver referencia No.30.

CUADRO No.5

Composición de las Dietas Elaboradas a Base de Caupí-Maíz y Caupí-Yuca Cocidas por el Proceso de Estrujamiento (Brady Crop Cooker) con y sin Suplementación de metionina.

INGREDIENTES	Gramos/100 Gramos									
	Caupí - Maíz 65/25*		Caupí - Maíz 65/25*		Caupí - Yuca 72/18**		Caupí - Yuca 72/18**		Caseína	
	Estrujado		Crudo		Estrujado		Crudo			
	Con Met.	Sin Met.	Con Met.	Sin Met.	Con Met.	Sin Met.	Con Met.	Sin Met.	Control	
Mezcla	46.0	46.0	48.6	48.6	46.1	46.1	50.5	50.1	11.2	
Almidón	43.7	44.0	41.1	41.4	43.6	43.9	39.2	39.5	78.8	
Metionina	0.3	---	0.3	---	0.3	---	0.3	---	---	
Minerales***	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	
Aceite de algodón	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	
Aceite de bacalao	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
TOTAL	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
Solución Vit.****	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	
o/o Prot. Dieta	9.0	9.0	9.2	9.2	9.1	9.0	9.6	9.3	10.0	

* Ver cuadro No.3

** Ver cuadro No.4

*** Ver referencia No.21

**** Ver referencia No.30

CUADRO No.6

Composición de las Dietas a Base de Soya-Maíz y Caupí-Maíz Utilizadas en Experimentos con Cerdos.

Gramos/100 Gramos

INGREDIENTES	<i>Dieta 1 **</i>	<i>Dieta 2 ***</i>	<i>Dieta 3 ****</i>
<i>Soya-Maíz 25/65*</i>	90.0	0.0	0.0
<i>Caupí-Maíz 65/25*</i>	0.0	90.0	90.0
<i>Almidón</i>	3.2	0.9	0.9
<i>Aceite de algodón</i>	3.3	5.6	5.6
<i>Metionina</i>	0.3	0.3	0.3
<i>Minerales</i>	3.0	3.0	3.0
<i>Vit. y elementos Menores</i>	0.2	0.2	0.2
TOTAL	100.0	100.0	100.0
<i>o/o Prot. en Dieta</i>	17.2	17.1	17.8

* Mezclas basales elaboradas a base de soya-maíz y caupí-maíz en las proporciones indicadas para contener 18o/o de proteína.

** La mezcla soya-maíz 25/65 fue elaborada con harina de soya extraída por solvente y harina de maíz crudo.

*** La mezcla caupí-maíz 65/25 sufrió un proceso de estrujamiento (Brady Crop Cooker).

**** La mezcla caupí-maíz 65/25 fue ofrecida en forma cruda.

CUADRO No.7

Composición de las dietas a base de Soya-Yuca y Caupí-Yuca utilizadas en experimentos con cerdos.

Gramos/100 Gramos

INGREDIENTES	<i>Dieteta 1**</i>	<i>Dieteta 2***</i>
<i>Soya - Yuca 36/54*</i>	90.0	0.0
<i>Caupí - Yuca 72/18*</i>	0.0	90.0
<i>Almidón</i>	3.2	0.8
<i>Aceite de algodón</i>	3.3	5.7
<i>Metionina</i>	0.3	0.3
<i>Minerales</i>	3.0	3.0
<i>Vit. y elementos Menores</i>	0.2	0.2
TOTAL	100.0	100.0
<i>o/o Proteína en Dieta</i>	17.4	17.0

* Mezclas basales elaboradas a base de soya-yuca y caupí-yuca en las proporciones indicadas para contener 18o/o de proteína.

** La mezcla soya-yuca 36/54 fue elaborada con harina de soya extraída por solvente y harina de yuca.

*** La mezcla caupí-yuca 72/18 sufrió un proceso de estrujamiento (Brady Crop Cooker).

CUADRO No.8

Tratamiento Dietético Aplicado a la Harina de Yuca y Frijol Caupí.

GRUPO	ALIMENTO	TRATAMIENTO DIETETICO
1	<i>Yuca</i>	—
	<i>Frijol</i>	—
2	<i>Yuca</i>	<i>Vit.¹ Min.² Cal.³</i>
	<i>Frijol</i>	<i>Vit. Min. Cal.</i>
3	<i>Yuca</i>	—
	<i>Frijol</i>	<i>Vit. Min. Cal.</i>
4	<i>Yuca</i>	<i>Vit. Min. Cal.</i>
	<i>Frijol</i>	—
5	<i>Yuca</i>	<i>Metionina⁴</i>
	<i>Frijol</i>	<i>Metionina</i>
6	<i>Yuca</i>	<i>Metionina Vit. Min. Cal.</i>
	<i>Frijol</i>	<i>Metionina Vit. Min. Cal.</i>
7	<i>Yuca</i>	<i>Metionina Vit. Min. Cal.</i>
	<i>Frijol</i>	— <i>Vit. Min. Cal.</i>
8	<i>Yuca</i>	— <i>Vit. Min. Cal.</i>
	<i>Frijol</i>	<i>Metionina Vit. Min. Cal.</i>

Obs: Tratamiento dietético semejante fue aplicado a la harina de Yuca y de Frijol de Soya.

1. *50/o solución de vitaminas (30)*
2. *40/o de minerales (21)*
3. *50/o de aceite de algodón*
4. *0.21g o/o de DL-Metionina.*

CUADRO No.9

Composición de las Dietas Elaboradas a Base de Harina de Yuca y Frijol Caupí en Diferentes Proporciones con y Sin la adición de Metionina.

Gramos/100 Gramos

INGREDIENTES	<i>Yuca - Frijol 87/13</i>		<i>Yuca - Frijol 70/30</i>		<i>Yuca - Frijol 50/50</i>	
	<i>con</i> <i>Met.</i>	<i>sin</i> <i>Met.</i>	<i>con</i> <i>Met.</i>	<i>sin</i> <i>Met.</i>	<i>con</i> <i>Met.</i>	<i>sin</i> <i>Met.</i>
<i>Mezcla</i>	89.79	90.0	89.79	90.0	89.79	90.0
<i>Metionina</i>	0.21	—.—	0.21	—.—	0.21	—.—
<i>Minerales*</i>	4.00	4.0	4.00	4.0	4.00	4.0
<i>Aceite de algodón</i>	5.00	5.0	5.00	5.0	5.00	5.0
<i>Aceite de bacalao</i>	1.00	1.0	1.00	1.0	1.00	1.0
TOTAL	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
<i>Solución de Vit.**</i>	5.00	5.0	5.00	5.0	5.00	5.0
<i>%o Prot. Dieta</i>	4.8	4.6	8.3	8.0	13.1	12.4

* Ver referencia No.21

** Ver referencia No.30

CUADRO No.10

Calidad Proteínica de las dietas elaboradas a base de Soya-Maíz y Caupí-Maíz.

DIETA No.	Niveles de Sustitución		\bar{X}	\bar{X}	\bar{X}	PER *
	Soya-Maíz 25/65 y Caupí-Maíz 65/25	g	Ganancia Peso	Consumo Alimento	Proteína Consumida	
1	50.0	0.0	119 ⁺ 7.4**	438 ⁺ 13.7	43 ⁺ 1.3	2.7
2	40.0	10.0	114 ⁺ 13.1	420 ⁺ 27.0	41 ⁺ 2.6	2.7
3	30.0	20.0	117 ⁺ 8.7	436 ⁺ 21.4	43 ⁺ 2.0	2.7
4	20.0	30.0	131 ⁺ 9.8	468 ⁺ 22.8	48 ⁺ 2.3	2.7
5	10.0	40.0	112 ⁺ 4.4	429 ⁺ 10.5	44 ⁺ 1.0	2.5
6	0.0	50.0	127 ⁺ 8.6	453 ⁺ 17.8	47 ⁺ 1.8	2.6
7	Caseina		113 ⁺ 7.6	461 ⁺ 19.0	46 ⁺ 1.5	2.5

* Indice de eficiencia proteínica.

** Error estandar.

CUADRO No.11

Calidad Proteínica de las Dietas Elaboradas a Base de Soya-Yuca y Caupí-Yuca.

No.	Niveles de Sustitución		X	X	X	PER *
	Soya-Yuca 36/54 y Caupí-Yuca 72/18	Ganancia Peso	Consumo Alimento	Proteína Consumida		
		g	g	g		
1	50.0	0.0	108+12.2**	466+26.0	48+2.7	2.1
2	40.0	10.0	127+11.4	504+19.2	53+2.0	2.3
3	30.0	20.0	119+11.1	513+21.1	53+2.2	2.2
4	20.0	30.0	114+ 9.1	509+24.8	51+2.5	2.1
5	10.0	40.0	125+10.4	537+14.7	56+1.5	2.2
6	0.0	50.0	111+ 9.2	494+18.2	52+1.2	2.1
7	Caseina		113+ 7.6	461+19.0	46+1.5	2.5

* Indice de eficiencia proteínica.

** Error estandar.

CUADRO No.12

Efecto del proceso de estrujamiento y de la Suplementación de metionina sobre la calidad proteínica de Dietas preparadas a base de Caupí-Maíz y Caupí-Yuca.

DIETA No.	TRATAMIENTOS	\bar{X} GANANCIA PESO g	\bar{X} CONSUMO ALIMENTOS g	\bar{X} PROTEINA CONSUMIDA g	INDICE EFICIENCIA PROTEINKO (PER)
1	<i>Caupí-maíz 65/25 estrujado, con me- tionina.</i>	$98 \pm 3.5^*$	407 ± 9.5	36 ± 0.8	2.6
2	<i>Caupí-maíz 65/25 estrujado, sin me- tionina.</i>	61 ± 4.1	352 ± 20.8	31 ± 1.8	1.9
3	<i>Caupí-maíz 65/25 crudo con metio- nina.</i>	61 ± 3.5	345 ± 14.8	32 ± 1.4	1.8
4	<i>Caupí-maíz 65/25 crudo sin metio- nina.</i>	30 ± 2.5	282 ± 10.0	26 ± 0.9	1.1
5	<i>Caupí-yuca 72/18 estrujado, con me- tionina</i>	92 ± 2.8	397 ± 7.2	35 ± 0.6	2.6
6	<i>Caupí-yuca 72/18 estrujado sin me- tionina.</i>	50 ± 3.7	339 ± 15.7	31 ± 1.4	1.6
7	<i>Caupí-yuca 72/18 crudo con metio- nina.</i>	64 ± 4.8	353 ± 17.3	33 ± 1.6	1.9
8	<i>Caupí-yuca 72/18 crudo sin metio- nina</i>	27 ± 2.3	262 ± 11.4	25 ± 1.0	1.0
9	<i>Control Caseina</i>	110 ± 7.7	408 ± 15.5	42 ± 1.6	2.5

* Error estandar.

CUADRO No.13

Aumento en Peso, y Eficiencia de Conversión del Alimento en Cerdos Jóvenes Alimentados con Dietas a Base de Soya-Maíz y Caupí-Maíz.

	<i>Soya-Maíz 25/65*</i>	<i>Caupí-Maíz 65/25**</i>	<i>Caupí-Maíz 65/25***</i>
<i>Peso Promedio Inicial por Cerdo (Kg)</i>	10.1	10.0	10.0
<i>Peso Promedio Final por Cerdo (Kg)</i>	43.2	30.5	21.0
<i>Consumo de Alimento por Cerdo (Kg)</i>	90.5	47.0	36.0
<i>Aumento de Peso por Cerdo (Kg)</i>	33.1	20.5	11.0
<i>Aumento Diario de Peso por Cerdo (Kg)</i>	0.59	0.36	0.19
<i>Eficiencia de Conversión del Alimento (Kg)</i>	2.7	2.4	3.3
<i>Número de Animales</i>	7	8	8
<i>Mortalidad</i>	1	0	0

* *Dieta elaborada con harina de soya extraída por solvente y harina de maíz.*

** *Dieta estrujada.*

*** *Dieta cruda.*

CUADRO No.14

Aumento en Peso, y Eficiencia de Conversión del Alimento en Cerdos Jóvenes Alimentados con Dietas a Base de Soya-Yuca y Caupí-Yuca.

	<i>Soya-Yuca 36/54*</i>	<i>Caupí-Yuca 72/18**</i>
<i>Peso Promedio Inicial por Cerdo (Kg)</i>	10.0	10.0
<i>Peso Promedio Final por Cerdo (Kg)</i>	38.3	32.8
<i>Consumo de Alimento por Cerdo (Kg)</i>	75.0	59.0
<i>Aumento de Peso por Cerdo (Kg)</i>	28.3	22.8
<i>Aumento Diario de Peso por Cerdo (Kg)</i>	0.50	0.40
<i>Eficiencia de Conversión del Alimento (Kg)</i>	2.6	2.6
<i>Número de Animales</i>	8	8
<i>Mortalidad</i>	0	0

* *Dieta elaborada con harina de soya extraída por solvente y harina de yuca.*

** *Dieta estrujada.*

CUADRO No.15

El efecto de diferentes tratamientos dietéticos sobre el Crecimiento y la utilización de la Proteína por Ratas alimentadas con dietas a Base de Harina de Yuca y Frijol-Caupí.

Dietas	Tratamiento	\bar{X} Consumo de Alimento g	Razón	Calorías Consumidas Kcal	Proteína Consumida g	Calorías de Proteína Kcal	Calorías de Proteína		\bar{X} Ganancia de Peso g	P. U. o/o
							Calorías de Proteína Calorías Totales			
Yuca	—	161 ± 9.9*		603.8	0.8	139.6		13.6	34 ± 5.6	3.35 d/****
Caupí	—	133 ± 17.8	1.21	424.2	34.1					
Yuca	Vit. Min. Cal. **	60 ± 9.1		252.0	0.3	233.2		19.1	85 ± 7.9	7.68 b/
Caupí	Vit. Min. Cal.	267 ± 19.6	0.22	975.8	58.0					
Yuca	—	75 ± 10.8		281.2	0.3	229.6		18.9	91 ± 7.5	8.24 b/
Caupí	Vit. Min. Cal.	256 ± 27.9	0.29	531.8	57.1					
Yuca	Vit. Min. Cal.	136 ± 8.2		571.2	0.7	225.6		17.7	87 ± 6.3	7.20 b/
Caupí	—	221 ± 15.1	0.62	705.0	55.7					
Yuca	Metionina	176 ± 11.1	1.21	660.0	1.0	149.6		13.3	60 ± 4.2	5.56 c/
Caupí	Metionina	145 ± 12.8		462.5	36.4					
Yuca	Met. Vit. Min. Cal.	129 ± 8.6		541.8	0.9	250.4		16.1	119 ± 10.4	8.44 a/
Caupí	Met. Vit. Min. Cal.	278 ± 18.7	0.46	1011.9	61.7					
Yuca	Met. Vit. Min. Cal.	130 ± 9.5		546.0	0.8	240.0		15.9	103 ± 7.0	7.81 b/
Caupí	— Vit. Min. Cal.	265 ± 17.1	0.49	964.6	59.2					
Yuca	— Vit. Min. Cal.	102 ± 14.3		428.4	0.6	266.8		17.8	128 ± 13.9	9.47 a/
Caupí	Met. Vit. Min. Cal.	295 ± 31.3	0.35	1073.8	66.1					

* Error estandar.

** Vitaminas, Minerales y Calorías.

*** Proteína utilizable.

**** Cifras con letras diferentes son estadísticamente diferente entre si' ($P < 0.05$).

CUADRO No.16

El efecto de diferentes tratamientos Dietéticos sobre el Crecimiento y la Utilización de la Proteína por Ratas alimentadas con dietas a base de Harina de Yuca y Frijol de Soya.

Dietas	Tratamientos	\bar{X} Consumo de Alimento g	Razón	Calorías Consumida Kcal	Proteína Consumida g	Calorías de Proteína Kcal	Calorías de Proteína Calorías Totales	\bar{X} Ganancia de Peso g	P.U. *** %
Yuca	—	141 + 23.2*		528.7	0.6	166.4	18.3	49 + 5.2	
Soya	—	98 + 15.8	1.44	380.2	41.0				6.25 <u>b</u> ***
Yuca	Vit. Min. Cal. **	99 + 15.2		415.8	0.6	317.2	23.3	125 + 9.7	
Soya	Vit. Min. Cal.	219 + 6.9	0.45	948.2	78.7				11.68 <u>a</u>
Yuca	—	124 + 14.1		465.0	0.8	324.4	22.1	131 + 9.4	
Soya	Vit. Min. Cal.	231 + 16.4	0.54	1000.2	80.3				10.94 <u>a</u>
Yuca	Vit. Min. Cal.	138 + 11.7	0.73	579.6	0.6	350.8	26.8	120 + 6.8	
Soya	—	188 + 15.1		729.4	87.1				11.02 <u>a</u>
Yuca	Metionina	197 + 10.8		738.7	1.1	106.8	10.7	45 + 2.3	
Soya	Metionina	68 + 6.9	2.90	264.0	25.6				5.06 <u>c</u>
Yuca	Met. Vit. Min. Cal.	115 + 22.0		483.0	0.8	343.2	23.5	136 + 9.9	
Soya	Met. Vit. Min. Cal.	226 + 16.5	0.51	978.5	85.0				11.82 <u>a</u>
Yuca	Met. Vit. Min. Cal.	104 + 16.8		436.8	0.7	339.2	24.2	129 + 10.3	
Soya	— Vit. Min. Cal.	223 + 15.5	0.47	965.5	84.1				11.63 <u>a</u>
Yuca	— Vit. Min. Cal.	86 + 21.0		361.2	0.5	387.6	26.9	134 + 8.4	
Soya	Met. Vit. Min. Cal.	249 + 19.0	0.35	1078.1	96.4				11.89 <u>a</u>

* Error estandar.

** Vitaminas, Minerales y Calorías.

*** Proteína utilizable.

**** Cifras con letras diferentes son estadísticamente diferentes entre sí (P < 0.05).

CUADRO No.17

Calidad Proteínica de Dietas Elaboradas con Diferentes Proporciones de Harina de Yuca y Frijol Caupí, Con y Sin la Adición de Metionina.

DIETA	CONSUMO ALIMENTO	GANANCIA PESO	PROTEINA DIETA	PROTEINA UTILIZABLE
	\bar{X} g	\bar{X} g	\bar{X} g	%
<i>Yuca-Frijol 87/13</i>				
<i>con metionina.</i>	$166^+24.9^*$	$-1^+1.2$	4.8	- 0.20
<i>Yuca-Frijol 87/13</i>				
<i>sin metionina.</i>	$158^+5.5$	$-3^+1.4$	4.6	- 0.70
<i>Yuca-Frijol 70/30</i>				
<i>con metionina.</i>	$272^+14.2$	$45^+3.5$	8.3	4.93
<i>Yuca-Frijol 70/30</i>				
<i>sin metionina.</i>	$246^+12.4$	$14^+1.6$	8.0	1.65
<i>Yuca-Frijol 50/50</i>				
<i>con metionina.</i>	$428^+12.4$	$127^+6.3$	13.1	8.83
<i>Yuca-Frijol 50/50</i>				
<i>sin metionina.</i>	$280^+12.6$	$50^+3.6$	12.4	5.38

* Error estándar.

FIGURA No. 1

Aumento en Peso de Cerdos Jóvenes Alimentados con Dietas a Base de Soya-Maíz, Caupí-Maíz y Soya-Yuca, Caupí-Yuca.

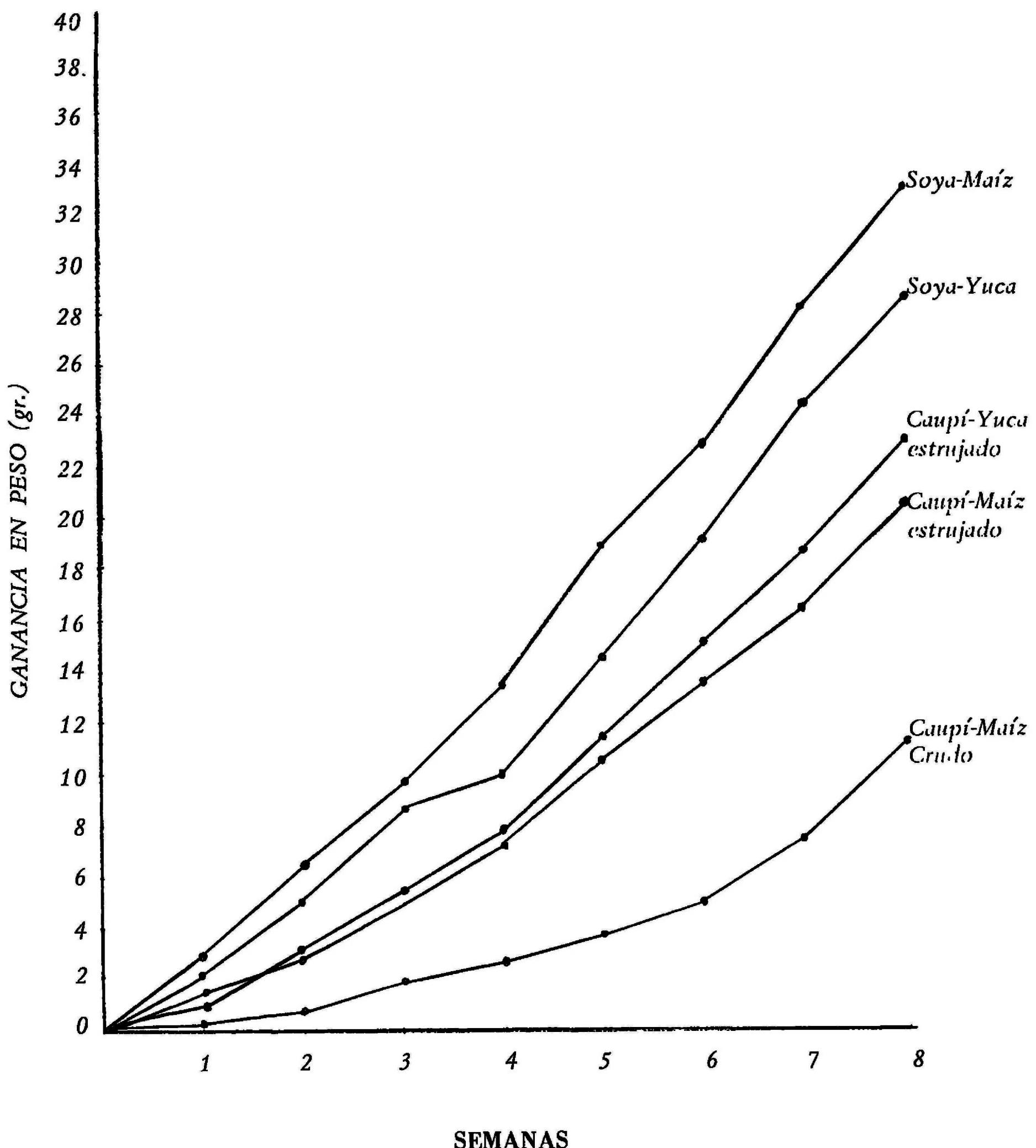


FIGURA No.2

Efecto de Diferentes Tratamientos Dietéticos sobre el Crecimiento y la Utilización de la Proteína por Ratas Alimentadas con Dietas a Base de Harina de Yuca y Frijol Caupí.

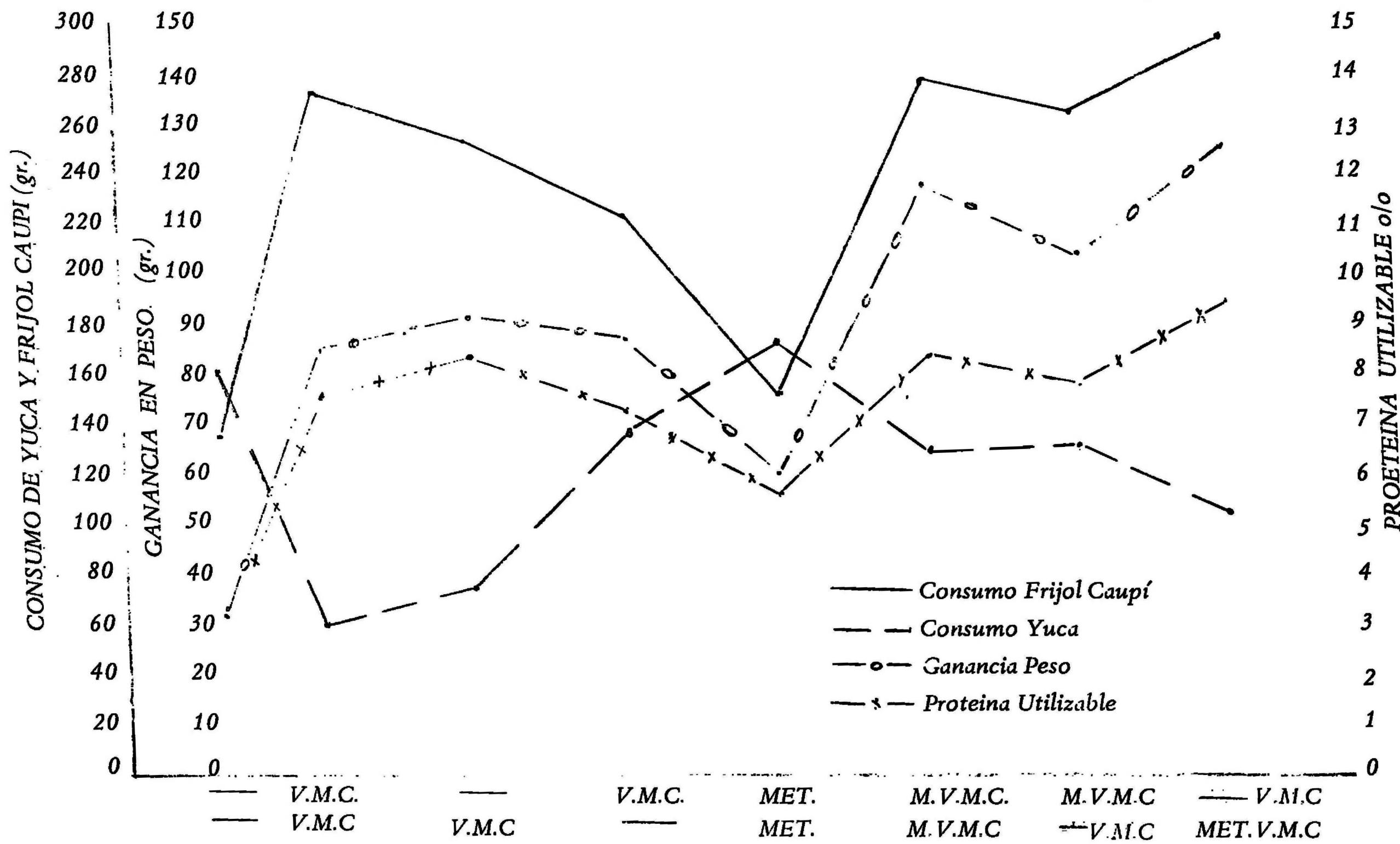


FIGURA No.3

Efecto de Diferentes Tratamientos Dietéticos sobre el Crecimiento y la Utilización de la Proteína por Ratas Alimentadas con Dietas a Base de Harina de Yuca-Frijol de Soya.

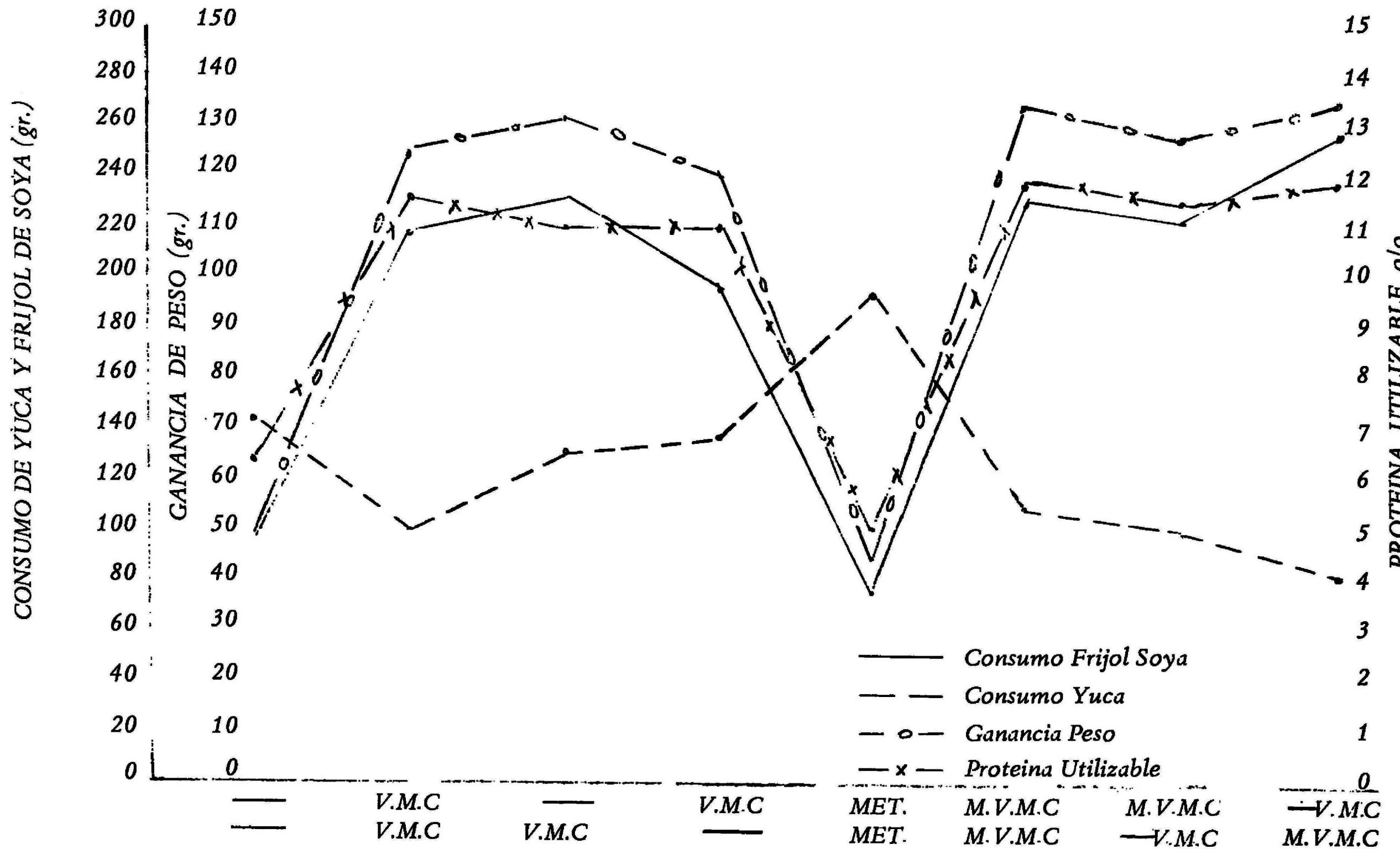
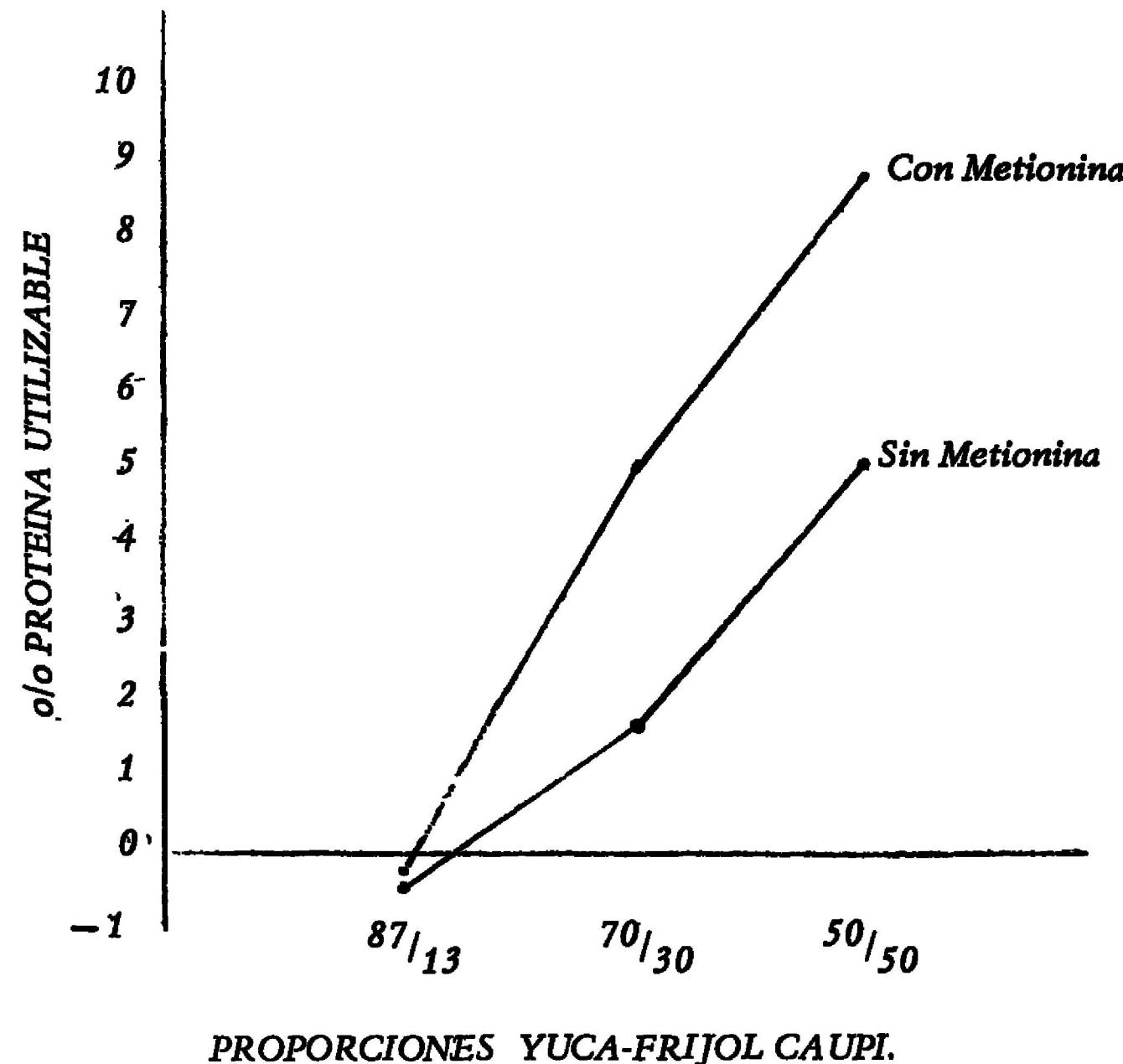


FIGURA No.4

Calidad Proteínica de Dietas Elaboradas con Diferentes Proporciones de Harina de Yuca-Frijol Caupí Con y Sin la Adición de Metionina.



Vo.Bo. Comité de Tesis

W-M-J-S-J
Walter Da Silva Jorge Joao

Luis Gómez Elías

Dr. Luis G. Elias
Asesor

R. Jayquín
Ing. Roberto Jayquín
Asesor

M.T. Cabezas
Dr. Marco Túlio Cabezas
Asesor

R. Gómez Brenes
Dr. Roberto Gómez Brenes
Asesor

M. Molina
Dr. Mario R. Molina
Asesor

Ricardo Bressani
Dr. Ricardo Bressani
Asesor

J. Edgar Braham
Dr. J. Edgar Braham
Asesor

Miguel A. Guzmán
Dr. Miguel A. Guzmán
Asesor

Imprimase:

Dr. Victor Manuel Orellana
Facultad de
Medicina Veterinaria y Zootecnia