

EVALUACION PROTEICA Y CALORICA DEL GRANO
PROCESADO DE AMARANTO EN
RATAS Y CERDOS

BIBLIOTECA
DE LA
UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Te
264e
1987

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ciencias y Humanidades
Departamento de Ciencias Agrícolas

**EVALUACION PROTEICA Y CALORICA DEL GRANO
PROCESADO DE AMARANTO EN
RATAS Y CERDOS**

OSCAR ANTONIO ZELAYA ESTRADA

Tesis Presentada para optar al título de

INGENIERO AGRONOMO

En el grado académico de

LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS

Guatemala, Octubre de 1987
INCAP T-431

VISTO BUENO

(f) Ricardo Bressani
Dr. Ricardo Bressani
Asesor Principal

(f) Roberto Jarquín
Ing. Roberto Jarquín
Asesor

TRIBUNAL:

(f) Ricardo Bressani
Dr. Ricardo Bressani

(f) Juan de Dios Calle
Dr. Juan de Dios Calle

(f) Salvador Quintana
Lic. Salvador Quintana

TESIS QUE DEDICO

A MIS PADRES

Lic. Oscar Augusto Zelaya Coronado
María Teresa Estradé de Zelaya

A MIS HERMANOS

Luis Augusto
Aída Carolina
Mónica

A MIS ABUELAS

María Jesús de Zelaya
Aída de Estradé

A

Mónica Lucía Camacho Morales

AGRADECIMIENTO

- A1 Dr. Ricardo Bressani por su valiosa enseñanza, ayuda y orientación para la realización del presente trabajo.
- A1 Ing. Roberto Jarquín por toda la ayuda e interés para que este trabajo se llevara a cabo.
- A1 Personal de la División de Ciencias Agrícolas y Alimentos del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP) por toda su colaboración en la elaboración del presente estudio.
- A La Universidad del Valle de Guatemala.
- A1 Ing. Mario R. Vela D. por toda su enseñanza durante toda la carrera.
- A Todas aquellas personas, que de una u otra forma me brindaron su ayuda.

RESUMEN

La necesidad de más y mejor alimentos proteínicos para la creciente población en el mundo, corresponde a la necesidad de buscar alimentos de alta calidad nutricional como es el caso del AMARANTO.

El propósito de esta investigación fue evaluar la calidad proteínica y la biodisponibilidad de la energía del grano de amaranto extruido de color claro y oscuro en ensayos con ratas y realizar estudios preliminares sobre el potencial nutritivo del amaranto en cerdos en crecimiento. Se utilizó A. cruentus de color claro y color oscuro, el cual fue sometido a un proceso de extrusión.

Para evaluar la calidad de la proteína se determinó mediante el índice de eficiencia proteínica (PER) y se efectuó un balance de nitrógeno cuantificándose además la biodisponibilidad de la energía. Las dietas se formularon de modo que contuvieran niveles graduales de proteína.

En el ensayo de PER se utilizaron ratas destetadas (4 machos, 4 hembras) para cada dieta. El agua y las dietas experimentales fueron ofrecidas ad libitum; el cambio en peso e ingesta de alimento se registró semanalmente durante el estudio, cuya duración total fue de 28 días.

En el balance de nitrógeno y de energía se utilizaron sólo los machos empleados en el PER, los cuales fueron colocados en jaulas metabólicas individuales; durante cuatro días se les permitió adaptarse a las nuevas condiciones, luego se prosiguió con el estudio de recolección de heces y orina durante cuatro días. El nitrógeno ingerido, fecal y urinario se determinó por el método de macro Kjeldahl y la energía por medio de calorimetría (Bomba calorimétrica).

Con los resultados obtenidos se determinó que en el ensayo de PER, los máximos resultados para todas las dietas fue más o menos a un

nivel de 1.45% de nitrógeno. En el amaranto claro es difícil indicar cuál fue el nivel de nitrógeno que dio la máxima respuesta, esto sugiere que este grano tiene un alto valor proteínico. Respecto al balance de nitrógeno, se obtuvo que sus máximos resultados para todas las dietas fue a un nivel de 1.21% de nitrógeno.

Ambos ensayos indican que el amaranto claro se asemeja a la caseína y es definitivamente superior al grano de color oscuro.

En el estudio de energía nos indica que la energía derivada del grano de amaranto tanto del grano oscuro como del grano claro es utilizada en menor grado que la energía presente en las dietas de caseína y esto se debe a que las dietas de caseína contenían más almidón de maíz que en las dietas de amaranto.

Por lo tanto, se deduce que la energía del grano de amaranto, tanto claro como oscuro, es menos eficientemente utilizable que el almidón de maíz.

En el estudio en cerdos se efectuó con ocho cerdos criollos por dieta durante tres períodos de una semana cada uno. El agua y la dieta respectiva fue proporcionada ad libitum. Durante 4 días, se les permitió adaptarse a las nuevas condiciones. Posteriormente se inició el estudio registrándose diariamente el alimento consumido y el cambio de peso semanalmente.

Los resultados demuestran que el amaranto claro en otra especie animal también se comportan con resultados comparables a una proteína de alta calidad.

Los resultados demuestran que para el primer período el maíz-soya tuvo mejores resultados que el amaranto, pero para el segundo y tercer

período el amaranto tuvo resultados comparables al maíz-soya; esto indica que para un próximo estudio será necesario un mayor número de días de adaptación y un mayor tiempo experimental.

Por lo tanto, con el propósito de mejorar la situación alimentaria es importante la formulación, evaluación, producción y distribución de nuevos alimentos de alto valor nutritivo como es el caso del AMARANTO.

CONTENIDO .

	Páginas
RESUMEN	I
I. INTRODUCCION	1
II. REVISION BIBLIOGRAFICA	3
A. Proteínas	3
1. Importancia de las proteínas	3
2. Características generales de la digestibilidad proteínica.	3
3. Proteínas y aminoácidos en el crecimiento de ratas de laboratorio.	4
4. Funciones biológicas de las proteínas en una dieta.	4
5. Proteínas y otros compuestos nitrogenados de los alimentos.	5
B. Evaluación de la calidad de las proteínas	5
1. Características generales	5
2. Balance de nitrógeno	7
1.2 Requerimientos de proteína determinados por el balance de nitrógeno.	7
2.2 Energía ingerida y balance de nitrógeno	8
3. Determinación del valor biológico	8
4. La necesidad de animales para experimentos de digestibilidad.	9
4.1 Alimentación diaria regular	10
4.2 Separación de heces y orina	11
C. Animales experimentales	12
1. Selección y preparación de animales	12
2. Sexo	12
3. Salud	12
4. Edad	13
5. Número de animales	13
D. Características de la alimentación de cerdos	13
E. El Amaranto	17
1. Origen y usos antiguos del amaranto	17
2. Características del amaranto	18
2.1 Características botánicas	18
2.2 Características agronómicas	19
2.3 Composición química	19
2.4 Procesamiento del grano	24

	Páginas
III. JUSTIFICACIONES	26
IV. OBJETIVOS	27
V. MATERIALES Y METODOS	28
A. Preparación de las muestras	28
B. Ensayos Biológicos	28
1. Ratas	28
1.1 Índice de eficiencia proteínica (PER)	30
1.2 Balance de nitrógeno y biodisponibili- dad de energía.	31
2. Cerdos	33
C. Análisis Estadístico	34
VI. RESULTADOS Y DISCUSION	36
VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	44
VIII. CUADROS	45
IX. GRAFICAS	56
X. BIBLIOGRAFIA	65

CUADROS

		Páginas
Cuadro 1	Análisis Bromatológico de Amarantos	22
Cuadro 2	Composición de Harinas Integrales	23
Cuadro 3	Aminograma de las tres Especies Seleccionadas (Semillas)	24
Cuadro 4	Composición de las Dietas Gramos/100 Gramos (Ratas)	29
Cuadro 5	Composición de las Dietas para Cerdos Gramos/100 Gramos	34
Cuadro 6 y 8	Resumen de la Evaluación de la Calidad de la Proteína del Amaranto Oscuro en Ratas	45 y 47
Cuadro 7 y 9	Resumen de la Evaluación de la Calidad de la Proteína del Amaranto Claro en Ratas	46 y 48
Cuadro 10	Resumen General de la Evaluación de la Calidad Proteínica en Ratas	49
Cuadro 11	Resumen de la Biodisponibilidad de la Energía del Amaranto Oscuro en Ratas	50
Cuadro 12	Resumen de la Biodisponibilidad de la Energía del Amaranto Claro en Ratas	51
Cuadro 13	Resumen de la Calidad de la Proteína del Amaranto en Crecimiento de Cerdos "Estudio A"	52
Cuadro 14	Resumen de la calidad de la Proteína del Amaranto en Crecimiento de Cerdos "Estudio B"	53
Cuadro 15	Resumen de la Calidad de la Proteína del Amaranto en Crecimiento de Cerdos "Estudio A y B"	54
Cuadro 16	Resumen General de la Calidad de la Proteína del Amaranto en Cerdos en Crecimiento.	55

GRAFICAS

				Páginas
Gráfica 1a.	Proteína Ingerida	y	Alimento Ingerido	57
1b.	Proteína Ingerida	y	Aumento en Peso	
Gráfica 2a.	Proteína Ingerida	y	Eficiencia Alimenticia	
2b.	Proteína Ingerida	y	Indice de Eficiencia Proteínica (PER)	58
Gráfica 3.	Nitrógeno Ingerido	y	Nitrógeno Absorbido	59
Gráfica 4a.	Nitrógeno Ingerido	y	Balance de Nitrógeno	
4b.	Nitrógeno Absorbido	y	Balance de Nitrógeno	60
Gráfica 5.	Energía Bruta	y	Energía Digerible	61
Gráfica 6a.	Energía Bruta	y	Energía Dietaria Meta- bolizable	
6b.	Energía Digerible	y	Energía Dietaria Meta- bolizable	62
Gráfica 7a.	Nitrógeno Ingerido	y	Energía Digerible	
7b.	Nitrógeno Ingerido	y	Energía Dietaria Meta- bolizable	63
Gráfica 8	Histograma-aumento peso		períodos experimentales	64

I. INTRODUCCION

El crecimiento económico y social de nuestros países latinoamericanos depende fundamentalmente del adecuado desarrollo y progreso de la actividad agropecuaria, la cual no ha sido capaz, hasta ahora, de enfrentar exitosamente el crecimiento demográfico en nuestra América.

Año con año nos encontramos con una disminución en la disponibilidad de alimentos per cápita y gran parte de los habitantes en el continente consumen dietas nutricionalmente no adecuadas.

El manejo ineficiente, tanto de los animales como de los recursos alimenticios, constituye el factor técnico limitante de mayor importancia en la baja eficiencia de la producción ganadera en la América Latina. Este bajo rendimiento general está íntimamente relacionado con la escasa cantidad y baja calidad de los alimentos proporcionados a los animales, especialmente en ciertos períodos de su vida o desarrollo. Es por eso que varios centros de investigación alimentaria en el mundo están tratando de rescatar del olvido al AMARANTO, ya que éste constituye un importante componente en la dieta tradicional de algunos países.

Sobre estas bases se han iniciado una serie de estudios que cubren desde el cultivo de dichas plantas en diferentes condiciones climatológicas y edafológicas hasta investigaciones más específicas que incluyen las propiedades bromatológicas del tallo, hojas y semillas así como su empleo en la dieta humana y animal.

Se han realizado esfuerzos de diversas índoles con miras a mejorar los métodos tradicionales del cultivo, particularmente con relación a la cosecha y separación de la semilla mediante la introducción de equipo más adecuado para reducir los costos y lograr mejor producción.

Por último, se está tratando de diversificar los usos industriales

de estas plantas con el objeto de mejorar la situación económica que impera en las regiones marginales donde actualmente se cultivan.

II. REVISION BIBLIOGRAFICA

A. Proteínas:

1. Importancia de las proteínas: En 1816 Magendie reveló al mundo que el nitrógeno existente en el cuerpo animal proviene de los compuestos nitrogenados presentes en los alimentos ingeridos. Más tarde se verificó que no todas las proteínas digestibles tienen el mismo valor. En seguida se fijó el concepto de proteína digestible al comprobarse que no se aprovecha toda la proteína, pues parte de ella es excretada sin haber sido utilizada. Luego, las investigaciones demostraron que dos alimentos con la misma cantidad de proteínas digestible podrían producir efectos diferentes en la alimentación animal. Surgió así el concepto de valor biológico de las proteínas: Los alimentos valen más por la acción desempeñada por las proteínas que por el tenor protéico. Finalmente en 1930, Rose de Illinois en estudios con ratas, posteriormente extendidos a cerdos, estableció que estos animales necesitan recibir, a través de los alimentos, no solo las proteínas sino los aminoácidos ya elaborados. La digestión sería sólo el desdoblamiento de las proteínas que podrían los aminoácidos a disposición del organismo sin ninguna acción de síntesis por parte del animal. (15,21).

El valor de las proteínas en la alimentación de cerdos es consecuencia inmediata y directa del tipo de aminoácidos que ellas contienen. (1,15,21).

2. Características generales de la digestibilidad proteínica. La digestibilidad de una proteína dada depende de un número de factores que incluye:
- a) La naturaleza de la proteína en sí misma
 - b) La cantidad de proteína que se ha suministrado durante un período dado
 - c) Cualquier tratamiento por el calor o cualquier otra manipulación a la que haya sido sometida la proteína

- d) La naturaleza del resto de la ración y
- e) Factores biológicos, tales como la especie y edad del animal en cuestión. (10,11)

3. Proteínas y aminoácidos en el crecimiento de ratas de laboratorio:

Tres factores han sido considerados en el requerimiento de proteína para cada una de las funciones fisiológicas de las ratas:

- a) La concentración de energía en la dieta
- b) La composición de los aminoácidos de la proteína
- c) La digestibilidad de la proteína (18)

La ingesta de alimento está relacionada con el nivel de energía de la dieta y los requerimientos de proteína estarán basados como la razón calórica proteínica.

La proteína mínima neta que idealmente se requiere será la necesaria (18,39).

4. Funciones biológicas de las proteínas en una dieta: Las proteínas de la dieta, las necesita el animal joven para su ulterior desarrollo, el animal preñado tanto para el crecimiento del feto como de los órganos maternos de la reproducción y lactancia, las hembras en lactación para formar la proteína de la leche y las aves para satisfacer las necesidades de la producción de huevos.

Incluso el ganado que simplemente tiene que mantener su peso debe recibir proteína para compensar la constante pérdida de proteína orgánica debida a las continuas necesidades para la elaboración de enzimas, hormonas y otras funciones metabólicas, mientras que los animales convalecientes la necesitan para satisfacer la depresión producida por la enfermedad o la lesión. (9,15).

Como los diferentes órganos y tejidos del cuerpo animal no se desarrollan necesariamente a igual velocidad y la composición en

aminoácidos de tales sustancias difiere de unas a otras, incluso en un animal dado, los requerimientos del organismo en cuanto a aminoácidos varían cualitativa y cuantitativamente de un tiempo a otro. No puede aceptarse que las necesidades en aminoácidos para mantenimiento, crecimiento, preñez y lactación puedan ser idénticas o incluso que puedan permanecer constantes durante cualquiera de estas fases. El problema es intrínsecamente complejo y las necesidades proteicas dietéticas del ganado solamente pueden expresarse en los términos más generales hasta que sea adquirible una información precisa sobre la proteína alimenticia de que se trate y el animal que la consuma.

5. Proteínas y otros compuestos nitrogenados de los alimentos. El nitrógeno de los alimentos proviene no solamente de los aminoácidos que forman las proteínas sino también de otros compuestos que pueden ser usados total o parcialmente en la economía de nitrógeno total en humano y animales. (25).

El contenido de nitrógeno proteínico de los alimentos puede variar entre 150 y 180 g/Kg (15-18%), dependiendo de los aminoácidos que éstos contengan. Asimismo, las purinas, pirimidinas, aminoácidos libres, vitaminas, creatina, creatinina y los azúcares aminados también forman parte del Nitrógeno total de los alimentos. (25).

B. Evaluación de la Calidad de las Proteínas:

1. Características Generales. Se han propuesto muchos métodos que en general incluyen métodos químicos tales como Puntaje Químico o "Score" (mg. de aminoácidos esenciales en una proteína de ensayo/mg. de aminoácidos por g N en el patrón de referencia de la FAO), índice de aminoácidos esenciales, IAAE (promedio geométrico de las razones entre el contenido de aminoácidos esenciales de una proteína de ensayo y la proteína de un estándar, usualmente la proteína de huevo.), Métodos biológicos tales como -PER- (índice de eficiencia proteínica,

ganancia de peso por peso de proteína consumida), NPU (utilización neta proteínica, fracción del Nitrógeno ingerido que es retenido en el organismo), NPR (razón neta proteínica ganancia de peso de un animal de ensayo más la pérdida de peso de un control animal por gramo de proteína consumida). (21,25,27).

En la práctica la mayoría de los métodos biológicos para evaluar la calidad proteínica de los alimentos son en realidad evaluaciones de nitrógeno pero se expresan como proteína cruda ($N \times 6.25$). Esto también es cierto para el puntaje de aminoácidos donde éstos se expresan como mg/g N. Cuando los resultados se expresan en términos de proteína, por ejemplo en el caso del índice de eficiencia proteínica (PER), y cuando los puntajes de aminoácidos se expresan por 16 g N, de nuevo se usa el factor promedio de conversión 6.25 y se define el producto como proteína cruda. Además podemos citar los métodos Bioquímicos Funcionales (Urea plasmática, excreción urinaria de creatinina).

Para la evaluación de las proteínas en los animales se pueden distinguir dos usos principales:

- a) La observación de la calidad y
- b) Evaluación de la proteína de los alimentos tales como se consume.

La proteína que es utilizada en la síntesis y mantenimiento tisular depende de su calidad, cantidad y disponibilidad de aminoácidos esenciales. (1,9,11).

El propósito fundamental de los ensayos biológicos de calidad proteínica es encontrar un valor para la aplicación humana.

Debido a las múltiples dificultades en ensayos en humanos, las evaluaciones en animales revisten esencial importancia aún cuando siempre deben de ser correlacionados con las respuestas en humanos.

Los métodos más usados por su simplicidad son los ensayos de nivel único. Estos se refieren a la respuesta obtenida en crecimiento utilizando un sólo nivel de proteína con o sin referencia a un grupo control con dieta libre de proteína.

Un ensayo de este tipo es el índice de eficiencia proteínica (PER). El método PER puede aplicarse a cualquier animal en crecimiento pero se basa generalmente en ensayos de cuatro semanas de duración, con la rata como sujeto experimental.

2. Balance de Nitrógeno. Se obtiene midiendo el nitrógeno de la dieta consumida y la excreción urinaria y fecal por análisis directo. (25).

2.1 Requerimientos de proteína determinados por el balance de Nitrógeno.

El método del balance de nitrógeno representa una determinación bastante exacta de los requerimientos reales de una acción específica mediante la cuantificación de la ingesta mínima que puede proveer el máximo de retención. De esta manera los animales deben presentar la tasa de crecimiento esperada durante la investigación. Esta cuantificación se debe hacer por lo menos dos o tres veces durante el período de crecimiento para obtener las cantidades que sean adecuadas en un principio, pero que no sean excedentes al final. (16,26).

Las recomendaciones prácticas deben ser mayores que las cifras promedio así obtenidas para cubrir las necesidades de todos los individuos y dar un margen a la probabilidad de que la proteína incluida en algunas raciones prácticas sean de un valor biológico inferior al de las probadas. Sin embargo, el término de balance de nitrógeno usualmente subestima el valor de la proteína y está limitado por no ser posible determinar la utilidad relativa de cierta fuente de proteína

En muchas pruebas reportadas en la literatura, los balances no

parecen razonables comparando con los reportes de ganancia. Parte de esta disparidad es probablemente debida por cambios en peso del contenido del tracto digestivo. (1,8,9,21)

2.2 Energía ingerida y balance de nitrógeno. La ingesta de energía influye sobre las necesidades de proteína y viceversa. Además los requerimientos proteicos están basados en el balance de nitrógeno; también está reconocido que el metabolismo proteico está influenciado por los niveles de la energía ingerida. Los mayores efectos de esto está en el cambio de la excreción del nitrógeno urinario y su influencia en el balance de nitrógeno. (13).

Si la dieta ofrece cantidades suficientes de energía para cumplir con todas las necesidades fisiológicas, la ingesta de proteína determina el balance de nitrógeno. Al contrario si la dieta ofrece suficiente nitrógeno y aminoácidos esenciales, la ingesta de energía determinará el balance de nitrógeno. Generalmente esto es aceptado hasta un cierto límite, ya que si la dieta no ofrece adecuadas cantidades de proteína o energía, ingestas adicionales de cualquiera de los dos nutrientes no permitirá que mejore el balance de nitrógeno más allá de un cierto valor.

3. Determinación del valor biológico. El valor biológico engloba las dos propiedades que determina el valor nutritivo de una proteína que son en primer lugar su digestibilidad y en segundo lugar su utilización a nivel metabólico.

Por lo tanto, el término valor biológico de la proteína es una medida de la calidad de ésta y se determina en un estudio con animales en el cual se mide el porcentaje de la ingesta total que es retenido. En este caso se toman en cuenta las pérdidas por digestión así como por metabolismo.

Hablando con propiedad, el valor biológico toma en consideración sólo las pérdidas metabólicas y, por lo tanto, se debe calcular con base en la proteína digerida.

Este procedimiento mide la eficiencia que tiene la proteína absorbida para proveer los aminoácidos necesarios para la síntesis de la proteína corporal, llegándose así a una cifra en términos de valor biológico que constituye una forma más exacta y preferible de empleo del término. Este cálculo se puede hacer en forma más simple como se indica a continuación:

$$\frac{N \text{ ingerido} - (N \text{ fecal} + \text{urinario})}{N \text{ ingerido} - N \text{ fecal}} \times 100 = \text{valor biológico}$$

Es evidente que los datos para este cálculo se pueden obtener por experimentos de balance de nitrógeno. El nivel de proteína que se administre debe ser lo suficientemente alto como para que el crecimiento resultante sea tan marcado como lo indica el balance positivo; pero, no debe exceder la cantidad necesaria para generar un máximo desarrollo, pues una ingesta exagerada sería catabolizada y excretada, dando un valor biológico menor al verdadero. Debe haber una ingesta suficiente de alimento no nitrogenado para que la proteína no se utilice como fuente de energía. (11,21,37).

También se deben suministrar en cantidades adecuadas los demás nutrientes.

4. La necesidad de animales para experimentos de digestibilidad:

El análisis químico es el punto de partida para determinar el valor nutritivo del alimento, pero el valor del material alimenticio no depende enteramente de las diferentes cantidades de nutrientes que contengan. El valor de un alimento depende de las cantidades de estos nutrientes que el animal puede digerir y utilizar.

La composición química separada de cualquier material alimenticio es una estándar bastante imperfecto para juzgar su valor nutritivo.

La primera consideración que se lleva a cabo, es la digestibilidad, por supuesto, únicamente la porción digestible del alimento es la que sirve para mantener las funciones vitales y es de gran valor para la formación de energía y de productos animales. Se entiende que la composición sola no determina el valor del alimento, depende del valor de la digestibilidad y otros factores; consecuentemente, ciertos alimentos poseen un índice de digestibilidad mayor que otros. (13,43).

Es importante enfatizar que la composición química y el porcentaje de digestibilidad no son del todo lo que determinan el valor del alimento. Dos alimentos pueden ser iguales en su composición e igualmente digestibles, pero uno puede ser de mayor valor que el otro porque su materia digestible va a ser utilizada para mejores fines por el cuerpo.

De dos alimentos de composición similar, aquel que es más digestible tiene el mayor valor nutritivo, siempre y cuando se asuma que ambos requieren las mismas condiciones de gasto de energía en la digestión y el metabolismo. Por lo tanto, el siguiente paso después de los análisis químicos será determinar tan exacto como sea posible el porcentaje que cada nutriente es digestible.

4.1 Alimentación diaria regular. Los animales deben ser alimentados de una a cuatro veces diarias, dependiendo de las condiciones establecidas en el plan experimental, usualmente lo mejor son dos veces al día. Si la alimentación es de dos veces diarias, lo mejor es que los animales sean alimentados a intervalos de ocho horas y siempre a la misma hora cada día. La exactitud con respecto al horario de alimentación hace que la defecación sea más regular.

La cantidad de alimento que se le asigne a cada animal debe ser la misma durante el período preliminar y el período de recolección de heces. Por lo tanto, las personas que se encarguen de tal experimento deben ser capaces y responsables. (1,34).

4.2 Separación de heces y orina. Una prueba de digestibilidad requiere de una recolección cuantitativa de heces no contaminadas por orina.

Las jaulas metabólicas para la recolección de heces y orina constan de un piso de alambre fuerte en forma de malla, en donde con un espacio reducido pero suficiente el animal puede moverse perfectamente.

Abajo del piso de la jaula, existe una malla fina removible, en donde quedan atrapadas las heces, permitiendo a la orina pasar y caer en un embudo que se encuentra abajo de la malla fina (recolector de las heces). La orina al pasar por el embudo va a caer a un frasco que es donde se va recolectando la orina. La contaminación de heces con orina es la mayor desventaja encontrada en una jaula de este tipo, ya que las heces que no pasan a través del piso de alambre de malla son pisoteadas y las pequeñas partículas de heces pasan hasta el embudo de orina, pudiendo quedarse obstruidas en el mismo y si pasan contaminan toda la orina recolectada en el recipiente. Al quedar la orina contaminada, causa evaporación y descomposición, disminuyendo la exactitud de las recolecciones lo suficiente para obtener a la larga grandes errores. (34)

Por ejemplo, en pruebas de balance de nitrógeno con ovejas, siendo la excreción de nitrógeno de 10g, y la retención de más o menos 1 g por día, un error de 5% en la recolección de excreciones podría causar un error del 50% en los valores obtenidos del nitrógeno retenido.

Una gran cantidad de pruebas de digestibilidad han sido realizadas con novillos o carneros por su facilidad en separar la orina de las heces. Además, la orina que sirve para determinar valores de balance de nitrógeno, es utilizada para determinar la energía metabolizada y algunas veces para estudiar lo que ingresa y se excreta de varios minerales tales como calcio y fósforo. (9,34)

C. Animales Experimentales:

1. Selección y preparación de animales: El proceso más común para determinar la digestibilidad de un alimento en cualquier tipo de ganado es el de seleccionar diversos animales de las especies particulares para el uso de pruebas de digestibilidad, además deben ser animales tan parecidos como sea posible y éstos deben ser seleccionados con suficiente anticipación a la fecha en que van a ser usados.

El criterio para seleccionar animales experimentales es el siguiente: Generalmente deben ser animales con las mismas condiciones de tamaño, peso, edad y preferiblemente que sean del mismo sexo. (34,38)

2. Sexo: Es aconsejable que los animales usados en experimentos de digestibilidad, excepto los involucrados en producción de leche u otras funciones femeninas, sean castrados debido a la gran facilidad con la cual las heces pueden ser recolectadas sin contaminación.

Ahora, si se desean obtener datos de digestibilidad altos en planos de nutrición y de producción, vacas lecheras son las que han servido mejor que cualquier otro animal. Sin embargo, no existe ninguna duda que los animales castrados son los más fáciles para trabajar.(34)

3. Salud. Deben escogerse animales con un vigoroso desarrollo, de buen apetito y que sus ancestros hayan sido conocidos como buenos animales experimentales; asimismo, los animales jóvenes que estén creciendo hacen los mejores elementos y si son híbridos F1 van a ser excelentes para estos fines, ya que estarán mejor adaptados al medio ambiente. Es muy importante tomar en cuenta que cualquier animal que parezca anormal deberá ser eliminado para este tipo de estudios. Un animal que frecuentemente rechaza alimento y/o agua significa que es un mal sujeto experimental y por lo tanto deberá ser descartado. (34)

Tanto como sea posible, los animales escogidos deberán de estar libres de enfermedades y parásitos. Los animales sanos generalmente no presentarán problemas en cuanto a consumo de alimento.

4. Edad. Es recomendable usar animales adultos jóvenes o animales que estén en crecimiento, acercándose a la madurez, ya que son los que tendrán mejor apetito y aprovecharán más su alimento en comparación con animales de otras edades anteriormente referidas. (34)

5. Número de animales. Grindley et. al. (1917) recomienda que en cada lote deben usarse por lo menos tres animales.

Si la práctica lo permite, se usan cinco o más, ya que los resultados obtenidos con cuatro, cinco, seis o más animales son mucho más confiables que aquellos obtenidos con uno o dos animales.

Si se van a seleccionar animales de diferentes hatos, es aconsejable que sean sometidos a un período previo de alimentación, el cual debe de ser de considerable duración y va a depender de la naturaleza de la investigación.

En este período todos deben ser alimentados de la misma manera y estar bajo las mismas condiciones. Las investigaciones hechas en esta forma, hacen que los datos tengan la menor variación posible. (34)

D. Características de la Alimentación de Cerdos:

La alimentación puede alcanzar hasta el 80% del costo en la producción de porcinos, siendo necesario, por tal motivo, el suministro de raciones balanceadas para poder lograr una eficiente producción.

Las necesidades alimentarias de los porcinos varían según el propó-

sito con que se mantienen estos animales. (13)

Las raciones para la terminación de los cerdos deben ser muy distintas de las que se suministran a los reproductores, y la ración para las cerdas en gestación debe diferir de las anteriores. No obstante, existen ciertos requisitos nutritivos básicos para todas las clases de porcinos. (13,22,38)

Estos requerimientos son:

1. Una provisión suficiente de proteína de buena calidad para el mantenimiento y la formación del tejido muscular.
2. Cierta cantidad de alimento energético para su mantenimiento y terminación.
3. Los minerales necesarios para la estructura corporal y los procesos fisiológicos normales del cuerpo.
4. Las vitaminas esenciales para el crecimiento y bienestar del animal.
5. Agua

El nivel correcto de proteína en la ración se determina por la capacidad de la misma para suministrar suficientes aminoácidos esenciales y el nitrógeno necesario para la síntesis de aminoácidos no esenciales.

En el cerdo, se ha comprobado que el citrato y el fosfato diamonio son fuentes eficaces de nitrógeno no proteínico para la síntesis de aminoácidos no esenciales. (10)

El rendimiento óptimo requiere del suministro de aminoácidos esenciales en sus proporciones adecuadas y en el momento apropiado, junto con los otros aminoácidos no esenciales o fuente de nitrógeno.

Si se satisfacen estas condiciones, el animal rendirá satisfactoriamente, aunque los niveles de proteína de la ración no sean siempre

los mismos.

El intervalo máximo entre dos comidas de eficiente nutrición proteínica es de 24 horas. No obstante ello, es conveniente que los cerdos reciban por lo menos dos comidas diarias.

Los cerdos, como animales monogástricos, no pueden sintetizar todos los aminoácidos en las cantidades necesarias para satisfacer sus propios requerimientos. Por esta razón, todos los aminoácidos esenciales deben ser administrados en la ración por lo menos en sus cantidades mínimas y proporciones adecuadas, pues la asimilación de los aminoácidos se rige por la ley del mínimo; es decir, su máxima utilización está subordinada al porcentaje del aminoácidos presente en menor cantidad en la ración. (1)

Es decir cuando cualquiera de los aminoácidos esenciales se encuentra en menor proporción de la debida, la utilización de los otros aminoácidos de la ración es limitada y la deficiencia severa de uno sólo de los aminoácidos en la ración la hace inadecuada en su totalidad. (9)

Así, por ejemplo, si la exigencia es de 0.5% de metionina y la ración contiene sólo 0.4%, considerada también la posibilidad de lo aportado por la cistina, la asimilación de todos los aminoácidos esenciales de la ración estará dentro del límite máximo de 80% que es el porcentaje de metionina existente con relación al nivel exigido. De modo que la falta o insuficiencia de un aminoácido esencial determina el desperdicio de todos los demás. Como consecuencia de este hecho, se puede enunciar en relación con el metabolismo proteínico de los cerdos que cuando existe carencia de uno o más aminoácidos esenciales, todos los demás transforman en grasa la cantidad que excede el porcenta-

je del aminoácido carente. Es indispensable también que la ración tenga el porcentaje mínimo de proteína cruda. Si los cerdos se alimentan a discreción es posible proporcionarles los suplementos proteínicos a voluntad. Afortunadamente, los porcinos muestran una notable capacidad para balancear sus raciones cuando se les permite elegir entre diversos alimentos. Por lo tanto, cuando los alimentos aportan los diversos aminoácidos esenciales en la cantidad y proporción adecuados se dice que tiene proteína de buena calidad. A los que proporcionan cualquiera de los aminoácidos esenciales en cantidad insuficiente se dice que tiene una proteína de baja calidad.

Los lechones jóvenes, en la ración requieren una proporción mucho mayor de proteínas que los que se aproximan al peso de destace. A pesar de la comprobación ocasional de intoxicaciones por proteínas en los cerdos y otros animales, no existen pruebas que indiquen que las raciones con alto contenido proteínico sean peligrosas, siempre que se mantenga el equilibrio de todos los otros principios nutritivos y no existan lesiones renales. (9,13)

Cuando las raciones son ricas en proteínas los aminoácidos excedentes después de haberse satisfecho son desaminadas (el nitrógeno pasa a formar urea y amoníaco), lo que sobrecarga innecesariamente el trabajo de los riñones y desde luego dicho exceso de proteínas encarece el costo de la alimentación. La parte energética de la molécula, formada por C-H-O, es utilizada por el organismo como fuente de energía o almacenada como grasa. Por ello, la proteína en exceso no se desperdicia totalmente, sin embargo tampoco se justifica como fuente de energía, pues existen otras más baratas. (1,9,13)

La atención de los requerimientos energéticos en el metabolismo animal constituye un proceso fundamental: el individuo debe sobrevivir para luego poder nutrirse. De acuerdo con esta ley, es indispensable que la ración contenga suficiente energía, a fin de que la proteína,

que es más cara que los hidratos de carbono, pueda ser enteramente utilizada. Si hay deficiencia de energía en la ración, el organismo animal usa parte de la proteína para su metabolismo energético en detrimento de la formación de músculos, huesos, sangre y leche; también se perjudican la reproducción y otros procesos vitales que necesitan proteínas.

E. El Amaranto:

1. Origen y usos antiguos del Amaranto. El amaranto tuvo gran importancia en la economía de los primeros habitantes del continente americano. Las especies silvestres se empleaban como hortalizas o legumbres, en sopas, atoles, estofados y otras formas, llegando a constituir una apreciable fuente de energía, proteína, minerales y vitaminas. Asimismo, tuvo gran uso como parte integral de sus ritos religiosos. Los aztecas fabricaban sus ídolos compuestos de tierra, semilla de amaranto tostado y a esto le agregaban la sangre de las personas que sacrifican. (20,29)

En la América precolombina fueron domesticadas las especies:

Amaranthus caudatus en los Andes, Amaranthus cruentus en Centro América y Amaranthus hypochondriacus en México.

En épocas posteriores se logró integrar un alimento más balanceado y racional, lo que indudablemente fue un gran adelanto respecto a la dieta de las tribus primitivas. El amaranto llegó a constituir, según Safford, el origen de la agricultura en el Nuevo Mundo y lo considera "un cereal olvidado de la América Antigua". (29)

El amaranto fue desplazado por otros cultivos debido a que los conquistadores españoles decidieron suprimirlo para de esta manera evitar ceremonias paganas de los aztecas, llevando esto consigo a la eliminación casi total del amaranto como cultivo. Hoy en día, el

amaranto es cultivado en pocas áreas. (20)

En la actualidad las especies Amaranthus son cultivadas en áreas tropicales y subtropicales de Asia, Africa y América. En la India y México el amaranto es una fuente importante de alimento debido a su potencial agrícola e industrial se están realizando investigaciones para promover y hacer más rentable su cultivo.

2. Características del Amaranto:

2.1 Características botánicas. El género Amaranthus es una hierba anual, erecta, que alcanza dos metros de altura; por lo común, tiene un solo eje central, con pocas ramificaciones laterales y su raíz pivotante es corta pero robusta, estando provista de numerosas raicillas secundarias.

El tallo es estriado con aristas fuertes y es hueco en su parte central en su etapa de madurez. Tiene hojas simples, alternas, enteras y largamente pecioladas, la nervadura central es gruesa y prominente. (29)

Son plantas generalmente matizadas con un pigmento rojizo llamado amarantina; algunas son intensamente coloreadas. La inflorescencia es una panícula laxa o compacta y de diversos colores, desde blanco amarillento, verde, rosado, rojo hasta el púrpura. Los grupos de flores que forman los "glomérulos" son variados, habiendo por lo general una flor estimada y varias otras pistiladas, algunas de las cuales no se fecundan ni producen semillas.

El fruto es un pixidio que contiene una sola semilla de 1.0 a 1.5 mm de diámetro y de colores variados: blanco, amarillo, rosado pardo, rojizo y negro. La mayor parte de la semilla es ocupada por el embrión que se enrolla en círculo (29,30)

La semilla es rica en proteína de alta calidad y contiene cantidades apreciables de amilopectina, constituyente del grano de almidón y con ella se preparan productos de buen sabor, ya sea con la semilla molida o reventada.

La semilla de amaranto tiene un gran potencial como alimento ya que tiene un crecimiento rápido típico de las plantas fotosintéticas C_4 y además por su capacidad de crecer en áreas donde otros no lo logran.

2.2 Características Agronómicas. El amaranto es una planta extraordinariamente resistente. Este crece en cualquier lugar donde goce de plena luz solar y suficiente humedad. Asimismo, algunas especies pueden cultivarse bajo condiciones salinas. (29,30)

Tipo de Suelo. Aparentemente, el amaranto crece bien en una variedad de tipos de suelos; desde muy ácidos y de alto contenido de aluminio hasta suelos alcalinos y salinos.

Altitud. Muchos genotipos están bien adaptados a los trópicos, otros crecen bien a alturas que llegan a los límites agrícolas superiores.

Requerimientos de temperatura. Por ser una planta C_4 , el amaranto presenta su mejor comportamiento a temperaturas cálidas:

Algunos genotipos parecen tener considerable tolerancia al frío, en especial los cultivos a grandes altitudes. Por lo tanto, el amaranto crece en climas, suelos y sistemas de cultivo muy diferentes, cada uno de los cuales requiere prácticas de cultivo claramente diferentes. (29,30)

2.3 Composición química: Las semillas de las especies mexicanas de amaranto así como las sudamericanas de quinua, presentan las

siguientes características bromatológicas: proteína 13-15%, grasa 6-7%, fibra cruda 4-7%, carbohidratos 61-65%, cenizas 3.3 - 3.6%. Más adelante en el cuadro 1, se describe el análisis bromatológico de amarantos más detallado. ya

Otro componente del amaranto que confiere cierta importancia bromatológica pero a nivel foliar es el caroteno: 14-90 mg por ciento en A. Cruentus y 3550 - 5520 mg por ciento en otras especies. Además es muy rica en minerales: 510 mg de calcio, 397 mg de fósforo y 11 mg de hierro, tienen además proporciones discretas de tiamina, riboflavina, niacina y vitamina C. El contenido vitamínico es similar en el amaranto y la quinua con excepción del ácido ascórbido, que el primero contiene en mayor proporción. (29,30) ya

Desde el punto de vista bromatológico según se aprecia en el cuadro 2, la harina integral del amaranto es muy buena al compararla con otros granos.

El aminograma de las tres especies seleccionadas A. hypochondriacus, A. cruentus y Ch. quinua (según el cuadro 3) revela lo extraordinario de la proteína del amaranto en cuanto a su riqueza en aminoácidos esenciales incluyendo la lisina y la metionina los cuales, como es bien sabido, tienen una proporción que limita el valor biológico de los cereales. ya

Cabe señalar que las semillas de amaranto y quinua revelan una regular digestibilidad: 53 - 65% y la semilla tostada o reventada: 68 - 74%

El valor biológico es alrededor de 73% y la eficiencia proteínica es semejante a la de la caseína.

En estudios realizados, se analizaron las semillas de amaranto

para determinar su composición química proximal, contenido de amino-ácidos, presencia de ciertos factores antinutricionales y digestibilidad in vitro. Los análisis de composición proximal rindieron resultados similares a los notificados en la literatura. Los niveles de inhibidores de la tripsina, polifenoles y actividad de hemólisis fueron relativamente bajos. (29,30)

CUADRO No. 1
ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE AMARANTOS
(Expresado en términos de porcentaje)

Muestra	Humedad	Cenizas	Proteína	Extracto etéreo	Fibra cruda	Extracto de Nitrógeno
<u>A. cruentus</u> (Hojas)	29.77	7.17	4.62	0.47	3.59	54.38
<u>A. cruentus</u> (Semillas)	20.28	2.50	12.31	3.12	9.19	52.60
<u>A. cruentus</u> (Tallo)	21.94	1.67	0.56	1.82	8.50	66.51
<u>A. cruentus</u> (Panicula)	34.52	2.52	4.62	0.45	8.77	49.12
<u>A. hypochondriacus</u> (Hojas)	29.85	6.05	4.37	2.63	3.80	53.30
<u>A. hypochondriacus</u> (Panicula)	37.99	3.00	5.31	1.76	8.46	43.48
<u>A. hybridus</u> (Hojas)	23.18	3.99	5.62	0.31	2.39	64.51

(30)

0/0

CUADRO No. 2

COMPOSICION DE HARINAS INTEGRALES
Expresado en %

Componentes	Amaranto	Triticale	Cebada	Maíz	Trigo	Quinua
Humedad	10.00	11.00	11.00	11.72	10.12	10.3
Cenizas	2.50	2.06	2.07	1.56	2.3	2.3
Proteína	15.74	12.46	14.19	8.51	12.00	14.6
Fibra Cruda	4.94	2.38	2.18	1.75	1.20	3.4
Grasa Cruda	7.03	1.46	4.18	5.51	1.80	6.8
Carbohidratos	60.82	70.60	66.37	70.95	76.60	64.3

(30)

0/0

0/0

CUADRO No. 3
 AMINOFRAMA DE LAS TRES ESPECIES SELECCIONADAS
 (SEMILLAS)
 g/100gP

Aminoácidos	<u>A. hypochondriacus</u>	<u>A. cruentus</u>	<u>Ch. quinos</u>	Patrón FAO
Lisina	5.6	5.4	5.6	5.5
Metionina	2.3	2.1	2.2	2.2
Treonina	3.4	3.2	3.3	4.0
Cisteína	2.2	2.1	2.2	-
Valina	4.2	4.3	4.4	5.0
Tirosina	3.4	3.3	3.3	2.8
Leucina	5.6	5.5	5.4	7.0
Fenilalanina	3.8	3.4	3.7	2.8

(30)

2.4 Procesamiento del grano. El grano de **AMARANTO**, después de cosecharlo se somete a distintos sistemas de procesamiento que incluyen secado, molienda y diferentes métodos de procesamiento térmico para obtener productos de diferentes propiedades funcionales.

Ultimamente se ha dado gran importancia al proceso de cocción extrusión debido a las múltiples ventajas que presenta. Entre éstas se incluyen versatilidad, alta productividad, bajo costo y capacidad para producir alimentos de alta calidad.

De acuerdo a Smith el proceso de extrusión puede definirse como: El proceso por el cual materiales como el almidón y/o la proteína, humedecidos y factibles de expanderse son plasticizados en tubo mediante la combinación de presión, calor y roce mecánico. Esto se traduce en temperaturas elevadas del producto dentro del tubo, gelatinización

de los componentes de los almidones, desnaturalización de las proteínas alargamiento o reestructuración de los componentes tráciles y expansión exotérmica del material extrudable.

En realidad el proceso de coción-extrusión se ha utilizado en el campo de la industria de alimentos desde 1935, particularmente en procedimientos de elaboración que requieren coción o gelatinización al mismo tiempo, así como en la preparación de cereales, alimentos pastosos, productos de confitería y suplementos proteínicos. (17,22)

III. JUSTIFICACION

Un tema de gran interés actual es la evaluación de nuevos alimentos de alto valor nutritivo con el objeto de mejorar la situación alimentaria de poblaciones de escasos recursos económicos. Ya que lo que actualmente se usa en la mayoría de veces es el maíz, siendo éste de una composición química y de una calidad nutricional mucho menor que el grano de amranto. Lo dicho queda más que claro en la siguiente comparación:

El maíz tiene 9% de proteína, 4% de grasa y 360 Kcal por 100 g en comparación con el grano de amaranto que contiene 15% de proteína, 7% de grasa y 390 Kcal por 100 g. Además hay más demanda por el consumo de maíz, ya que éste se utiliza como satisfactor final. El amaranto es menos conocido, por esa razón, su uso es más limitado y su forma de producción casi desconocida.

Difundiendo los beneficios alimenticios del amaranto podríamos lograr un mayor consumo, desplazar en gran parte al maíz y también lograr la difusión de subproductos, con lo cual lograríamos una mejor alimentación humana y también una alimentación animal superior, que nos beneficiaría en el costo y en la calidad de éste tipo de alimento que consumimos.

Por lo tanto, se necesita tomar muy en cuenta la posibilidad de hacer un mayor uso de las semillas de buen valor nutritivo, como es el caso del amaranto, que en la actualidad es de un empleo muy limitado.

IV. OBJETIVOS

1. Evaluar la calidad proteínica del grano de amaranto extruido, de color claro y obscuro.
2. Evaluar la biodisponibilidad de la energía del grano de amaranto extruido, de color claro y obscuro.
3. Realizar estudios preliminares sobre el potencial nutritivo del amaranto en cerdos en crecimiento.

V. MATERIALES Y METODOS

Amaranto claro	-	extruido
Amaranto obscuro	-	extruido
Caseína	-	control
Maíz - Soya	-	control

A. Preparación de las muestras:

1. Se utilizó A. cruentus (selección GUA 17) de color claro y en lote de grano obscuro que corresponde a una variedad de A. cruentus no identificada.
2. Se sometió a un proceso de extrusión de 320°F con el cono cerrado. El extrusor (Brady Crop Cooker) se acondicionó a la temperatura indicada con frijol soya.

Al introducir el grano entero de amaranto, se dejó correr por dos minutos (equivalentes a 15 lbs. de amaranto) para limpiar el equipo de la soya remanente en el tronillo del extrusor así como el aceite de soya.

La hojuela extruida fue recolectada por aparte y se dejó enfriar. Luego se quebrantó en una mezcladora en "V" (Patterson Kelly), y posteriormente se molió en un molino de martillo.

3. Las muestras en duplicado fueron analizadas por su contenido de nitrógeno por el método macro Kjeldahl y por calorías por calorimetría (Bomba calorimétrica "Gallenkamp Ballistic").

B. Ensayos Biológicos:

1. Ratas. Las dietas se formularon de modo que contuvieran niveles graduales de proteína. Además de la fuente de proteína, las dietas contenían una mezcla de minerales, vitaminas y de aceite, así como se muestra en el cuadro de formulación de dietas. (Cuadro #4).

Todas las dietas se analizaron para determinar su contenido de nitrógeno.

Para evaluar la calidad de la proteína del grano de amaranto claro y obscuro utilizando la caseína como control se realizó con un ensayo de múltiples puntos utilizando los siguientes ensayos biológicos:

1. Índice de eficiencia proteínica (PER) que es la ganancia de peso de proteína consumida.
2. Balance de nitrógeno que es la retención aparente de nitrógeno.

CUADRO No. 4
COMPOSICION DE LAS DIETAS GRAMOS/100 GRAMOS

DIETA										
AMARANTO OBSCURO	90.0	75.0	60.0	45.0		-	-	-	-	
CASEINA	-	-	-	-		15.1	12.6	10.1	7.6	
% PROTEINA CALCULADA	13.4	11.2	8.9	6.7		13.4	11.2	8.9	6.7	
% PROTEINA DETERMINADA	13.3	11.5	8.9	7.0		13.1	11.5	9.0	7.1	
AMARANTO CLARO	90.0	75.0	60.0	45.0	35.0	-	-	-	-	
CASEINA	-	-	-	-	-	15.1	12.6	10.1	7.6	6.8
% PROTEINA CALCULADA	15.1	12.6	10.1	7.6	5.9	13.4	11.2	8.9	6.7	6.0
% PROTEINA	14.3	12.6	10.2	7.6	6.2	14.1	11.7	9.4	7.4	6.3

A cada una de las dietas se les añadió lo siguiente:

- 4 minerales
- 5 de aceite de algodón
- 1 de aceite de bacalao

Y la cantidad suficiente de almidón de maíz para ajustar a 100.
Asimismo, se le adicionó a cada dieta 5 mililitros de solución de vitaminas del complejo B.

NOTA:

Porcentaje de Proteína de la materia prima utilizada para la composición de las dietas .

Amaranto obscuro extruido	14.9
Amaranto claro extruido	16.8
Caseína	88.6

1.A Indice de eficiencia proteínica (PER)

Dietas Amaranto obscuro:	2.12, 1.84, 1.43, 1.12% N
Caseína:	2.10, 1.84, 1.45, 1.13% N
Amaranto claro:	2.29, 2.01, 1.64, 1.21, 0.98% N
Caseína:	2.25, 1.87, 1.50, 1.19, 1.00% N

Se utilizaron ratas de la raza Wistar de 21 - 23 días de edad provenientes de la colonia animal del INCAP. Se distribuyeron entre los grupos experimentales asignando 8 ratas (4 machos y 4 hembras) para cada dieta, que fueron alojadas en jaulas individuales de tela metálica. El agua y las dietas experimentales fueron ofrecidas ad libitum; el cambio en peso e ingesta de alimento se registró semanalmente durante el estudio, cuya duración total fue de 28 días.

Al final del estudio se calculó el índice de eficiencia proteínica (PER) y la eficiencia alimenticia de la siguiente manera:

$$\text{PER} = \frac{\text{Ganancia de peso del animal experimental, g}}{\text{Proteína consumida, g}}$$

Donde proteína consumida = alimento ingerido x contenido de proteína de la dieta.

$$\text{Eficiencia Alimenticia} = \frac{\text{Ganancia total de peso (g)}}{\text{consumo total de alimento (g)}} \times 100$$

1.B Balance de nitrógeno y bioidisponibilidad de la energía.

Dietas Amaranto obscuro:	2.17, 1.88, 1.36, 1.10% N
Caseína:	2.16, 1.85, 1.54, 1.21% N
Amaranto claro:	2.29, 2.01, 1.64, 1.21, 0.98% N
Caseína:	2.25, 1.87, 1.50, 1.19, 1.00% N

Se utilizaron las mismas ratas macho del ensayo de índice de eficiencia proteínica para realizar el presente estudio.

Se colocaron las cuatro ratas macho de cada dieta en jaulas metabólicas individuales; durante cuatro días, se les permitió adaptarse a las nuevas condiciones, luego se prosiguió con el estudio de recolección de heces y orina durante cuatro días. Diariamente recibieron cada rata 15 gramos de la dieta experimental, agua ad libitum, se pesó el alimento sobrante y se recolectaron las heces y orina de cada una colocándolas en frascos rotulados individuales. A la orina se le preservó con ácido clorhídrico 1 N y bajo refrigeración. Al final del estudio las heces fueron secadas en un horno a 60' C, se pesaron y se molieron, valorándose luego el contenido de nitrógeno por el método de macro Kjeldahl y el calor de combustión con los mismos métodos, pero para determinar el contenido energético de la orina se secaron 15 ml de orina y luego se le determinó el calor de combustión. Al final del estudio se efectuaron los siguientes cálculos:

a) mg de nitrógeno ingerido por gramo de peso del animal =

$$\frac{\text{Alimento ingerido x \% de nitrógeno de la dieta}}{\text{Peso promedio del animal}} \quad \times 1000$$

b) mg de nitrógeno fecal por gramo de peso del animal =

$$\frac{\text{Peso en heces x \% de nitrógeno en heces}}{\text{Peso promedio del animal}} \quad \times 1000$$

c) mg de nitrógeno urinario por gramo de peso del animal =

$$\frac{\text{Volumen de orina x \% de nitrógeno en orina}}{\text{Peso promedio del animal}} \quad \times 1000$$

1) Nitrógeno Absorbido:

$$= \frac{\text{mg de nitrógeno ingerido}}{\text{gramo de peso del animal}} - \frac{\text{mg de nitrógeno fecal}}{\text{gramo de peso del animal}}$$

2) Balance de Nitrógeno o Nitrógeno Retenido:

$$= \text{Nitrógeno Absorbido} - \frac{\text{mg de nitrógeno urinario}}{\text{gramo de peso del animal}}$$

3) Digestibilidad Aparente de Nitrógeno:

Es la proporción de nitrógeno del alimento que es absorbida.

$$= \frac{\text{Nitrógeno Absorbido}}{\text{Nitrógeno Ingerido}}$$

4) Valor Biológico Aparente de Nitrógeno:

Es la proporción de nitrógeno absorbido que es retenido para mantenimiento y/o crecimiento.

$$= \frac{\text{Balance de Nitrógeno o Nitrógeno Retenido}}{\text{Nitrógeno Absorbido}}$$

a) Energía Bruta en Kcal por gramo de peso del animal, o sea la energía ingerida.

$$= \frac{\text{Calor de combustión de la dieta en Kcal/g x alimento ingerido}}{\text{peso promedio del animal}}$$

b) Kcal fecal por gramo de peso del animal

$$= \frac{\text{Calor de combustión de heces de Kcal/g x peso de heces}}{\text{peso promedio del animal}}$$

c) Kcal urinarias por gramo de peso del animal

$$= \frac{\text{Calor de combustión de orina en Kcal/ml x volumen de orina}}{\text{peso promedio del animal}}$$

1) Energía Digerible:

$$= \text{Energía Bruta} - \text{Kcal fecal por gramo de peso del animal}$$

2) Digestibilidad de la Energía:

$$= \frac{\text{Energía Digerible}}{\text{Energía Bruta}}$$

3) Energía Dietaria Metabolizable

$$= \text{Energía Digerible} - \text{Kcal urinarias por gramo de peso del animal}$$

2. Cerdos. Para este estudio sólo se utilizó amaranto claro, ya que no había suficiente material de amaranto oscuro. Se efectuó un estudio preliminar con caseína como control, pero ésta no tuvo mayor aceptabilidad, por lo que se trabajó con maíz-soya como control. El estudio se llevó a cabo a un nivel de proteína con dietas a base de amaranto extruido y soya-maíz como control (ver cuadro #5) durante 3 semanas divididas en tres períodos de una semana cada una. Se utilizaron 4 cerdos criollos (machos castrados) en cada grupo. El estudio se repitió con 4 cerdos criollos adicionales, manejados como se indicó anteriormente. Cada cerdo fue colocado individualmente en una jaula de madera y malla, proporcionándoles el agua y la dieta respectiva ad libitum. Durante cuatro días, se les permitió adaptarse a las nuevas condiciones. Posteriormente se inició el estudio registrándose diariamente el alimento consumido y el cambio de peso semanalmente. Al final del estudio se calculó el índice de eficiencia proteínica (PER) y la eficiencia alimenticia de la misma manera que el efectuado en el ensayo con ratas.

CUADRO No. 5
COMPOSICION DE LAS DIETAS PARA CERDOS GRAMOS/100 GRAMOS

		% Proteína en dieta	Kcal en dieta
Amaranto claro	95.50	14.90	343.80
Vitaminas	0.50		
Minerales	4.00		
Total	100.00	14.90	343.80
Maíz	49.60	4.59	179.06
Soya	21.30	9.98	72.42
Vitaminas	0.50		
DL-Metionina	0.20		
Minerales	4.00		
Almidón de maíz	24.40		88.33
	100.00	14.57	339.81

C. Análisis estadístico

Ratas: En todos los resultados realizados se obtuvo para cada caso las medias con sus desviaciones estándar de cada dieta. En las distintas dietas, el análisis de regresión fue el siguiente:

<u>VARIABLE INDEPENDIENTE</u>	<u>VARIABLE DEPENDIENTE</u>
Proteína ingerida	alimento ingerido, aumento de peso, eficiencia alimenticia, PER.
Nitrógeno ingerido	nitrógeno absorbido, balance de nitrógeno, energía digerible, energía dietaria metabolizable.
Nitrógeno absorbido	balance de nitrógeno.
Energía bruta	energía digerible, energía dietaria metabolizable.

Energía digerible

energía dietaria metabolizable.

Cerdos. De la misma manera que en las ratas se obtuvo todas las medias con sus desviaciones estándar y se compararon ambos tratamientos mediante una prueba de "t".

VI. RESULTADOS Y DISCUSION

Se ha hablado constantemente en los últimos años del problema de proporcionar alimentos de alta calidad nutritiva y en las cantidades adecuadas, a una población mundial que crece cada vez más. Siguiendo lo anteriormente expuesto, la presente investigación tuvo como uno de sus objetivos caracterizar química y biológicamente el AMARANTO.

RATAS:

A) Indice de eficiencia proteínico (PER). Los resultados del alimento ingerido, aumentó de peso, índice de eficiencia proteínica (PER) y eficiencia alimenticia realizados con amaranto obscuro, claro y caseína se resumen en los cuadros 6, 7 y en las gráficas 1. 2.

Es importante enfatizar lo siguiente:

Conforme disminuyó el porcentaje de nitrógeno en las dietas, así también disminuyó el porcentaje de eficiencia alimenticia. Respecto al índice de eficiencia proteínica (PER), los máximos resultados para todas las dietas fue más o menos a un nivel de 1.45% de nitrógeno. Es decir, para amaranto obscuro se obtuvo un PER máximo de 2.32 a un nivel de 1.43% de nitrógeno, para caseína el PER máximo de 2.97 se obtuvo a un nivel de nitrógeno de 1.45%.

Respecto al amaranto de color claro, es difícil indicar cuál fue el nivel de nitrógeno que dio respuesta máxima en PER, ya que entre 0.98 a 2.01% de nitrógeno los valores de PER fueron esencialmente los mismos, lo que sugiere que este grano tiene un alto valor proteínico. La caseína control en este ensayo a un nivel de 1.45% de nitrógeno dio un valor de PER de 2.81.

Esto concuerda con la literatura en donde nos dice que el PER tiene su punto óptimo a 9.09% de proteína o sea 1.45% de nitrógeno.

Los resultados indican que en valor proteínico, el amaranto claro

se asemeja mucho a la caseína y se puede decir que tanto el amaranto claro como la caseína tiene el mismo porcentaje de eficiencia alimenticia para cada nivel estudiado.

El amaranto oscuro tanto en lo que se refiere a eficiencia alimenticia como a calidad de proteína medida por el método de PER es un poco inferior al amaranto de grano claro. Sin embargo, se puede decir que a 1.45% de nitrógeno en todas las dietas fue el nivel mínimo que produjo la máxima tasa de calidad nutricional.

Los resultados de esta parte del estudio confirman resultados previos en estudios de evaluación de la calidad de la proteína del amaranto, en el sentido que el grano de color claro tiene una calidad similar a la caseína y es definitivamente superior al grano de color oscuro. Estas diferencias en calidad del amaranto claro y oscuro se ven con bastante claridad al observar las ecuaciones de regresión de la Gráfica 1. El coeficiente de regresión para el oscuro fue de 2.04 o el 80.3% del valor de caseína y para el amaranto claro el valor fue de 2.53 o 101.2% del valor de caseína.

B) Balance de Nitrógeno. Los resultados de nitrógeno ingerido, nitrógeno absorbido, digestibilidad aparente de nitrógeno, balance de nitrógeno y valor biológico aparente efectuadas con amaranto oscuro, claro y caseína como control se resumen en los cuadros 8,9 y las principales gráficas (3,4) con sus respectivas ecuaciones de regresión.

Conforme disminuyó el porcentaje de nitrógeno en las dietas, así también disminuyó de la misma forma el nitrógeno absorbido. Respecto a la digestibilidad aparente de nitrógeno, los máximos resultados se obtuvo en amaranto oscuro con 63.49% a un nivel de 1.36% de nitrógeno; en amaranto claro 76.55% a un nivel de 1.21 de nitrógeno.

Para los grupos control caseína, la digestibilidad aparente disminuyó conforme descendió el nitrógeno en la dieta, obteniendo a 1.19% de nitrógeno una digestibilidad de 87.93%. Respecto al balance de nitrógeno y valor biológico no se obtuvo para ambos un mismo nivel máximo. Para todas las dietas en balance de nitrógeno se obtuvo un máximo nivel entre 1.5 y 1.88% de nitrógeno y para el valor biológico más o menos a 1.20% de nitrógeno.

Es decir en amaranto obscuro a:

1.88% de nitrógeno	2.29mg N/g peso de balance de nitrógeno
1.10% de nitrógeno	63.57% de valor biológico

Caseína:

1.85% de nitrógeno	2.56 mg N/g peso de balance de nitrógeno
1.21% de nitrógeno	64.47% de valor biológico

Amaranto claro:

1.64% de nitrógeno	2.71 mg N/g peso de balance de nitrógeno
1.21% de nitrógeno	67.83% de valor biológico

Caseína:

1.50% de nitrógeno	2.98 mg N/g peso de balance de nitrógeno
1.19% de nitrógeno	67.21% de valor biológico.

Esto nos indica que para el balance de nitrógeno, el amaranto obscuro equivale al 89.45% del valor de la caseína y el amaranto claro al 90.94% del valor de la caseína. Por lo tanto, nos indicaría que tanto el amaranto claro como obscuro son de la misma calidad, pero no es así ya que para obtener dicho balance de nitrógeno, el amaranto obscuro necesitó de una dieta de 1.88% de nitrógeno y el amaranto claro a 1.64% de nitrógeno. Por lo tanto, el amaranto claro con un nivel

mínimo que el amaranto obscuro produjo todavía así un mejor balance de nitrógeno, siendo por lo tanto el amaranto claro de una mejor calidad que el obscuro. Respecto al valor biológico, se obtuvo que a un mismo nivel el amaranto claro tuvo una calidad igual a la caseína y superior al grano de color obscuro.

Es importante tomar en cuenta que a pesar que se aprecia en el balance de nitrógeno un máximo nivel entre 1.5 y 1.88% de nitrógeno se recomienda que el mejor nivel para todas las dietas sea a 1.20% de nitrógeno, ya que existe una diferencia mínima a este nivel, respecto al máximo encontrado y además los resultados de digestibilidad aparente y valor biológico a 1.20% de nitrógeno o poseen una diferencia mínima o son superiores que al nivel entre 1.5 y 1.88% de nitrógeno. Por lo tanto, se deduce que el mejor nivel en cuanto a calidad proteínica evaluándolo mediante el método de balance de nitrógeno es a 1.20% de nitrógeno.

En el cuadro 10, se presenta el resumen general de la evaluación de dicha calidad proteínica. Al evaluar la calidad nutricional del amaranto se prefiere tomar en cuenta los resultados obtenidos en el balance de nitrógeno, por ser éste un método más preciso que el PER.

Un gran defecto que tiene el índice de eficiencia proteínica (PER), es que no da ningún margen de tolerancia en lo referente a la proteína para mantenimiento y en consecuencia, los valores obtenidos no son proporcionales; es decir, un valor de PER de 2, no es dos veces mejor que un valor de PER de uno. Por lo tanto, el PER no es apropiado para estimar la calidad de la proteína en un sistema de clasificación, donde el múltiplo de calidad por cantidad de proteína se considera como una proteína utilizable.

Se sabe además que el resultado es dependiente de la dosis, pero no se puede aplicar ninguna corrección porque es un método que utiliza

un solo nivel, y no se puede usar ninguna prueba interna para rectificar su validez. El método del balance de nitrógeno representa una determinación exacta de los requerimientos reales de una ración específica, mediante la cuantificación de la ingesta mínima que puede proveer el máximo de retención. Ninguno de los métodos está libre de limitaciones. Cada uno tiene su utilidad, siempre y cuando se utilice con propiedad.

No existe un procedimiento para determinar la eficiencia proteínica o el valor biológico, que sea el mejor para todos los propósitos. Algún método podría proveer una información básica más segura y específica, pero no sería el más adecuado para resolver un problema práctico de alimentación animal. El valor de cualquier método que en particular se use, depende en gran medida del éxito en garantizar que dentro de las condiciones experimentales empleadas, la proteína sea el único factor limitante en la respuesta a medir.

Con base en los resultados de los estudios en ratas podrá predecirse con bastante aproximación la calidad de la proteína del grano de amaranto, para luego poder utilizarlo en otras especies, siempre y cuando se tome en cuenta que cada especie y condición fisiológica impone ciertas peculiaridades en cuanto a capacidad digestiva y requerimientos de nitrógeno y aminoácidos.

C) Energía. Los resultados de energía bruta, energía digerible, digestibilidad de la energía y energía dietaria metabolizable se resumen en los cuadros 9 y 10 con sus principales gráficas (5 y 6) y sus respectivas ecuaciones de regresión.

Tanto en amaranto obscuro, claro, como caseína a medida que disminuye el porcentaje de nitrógeno en la dieta aumenta la energía digerible y la energía dietaria metabolizable. La digestibilidad de la energía sólo aumentó al disminuir el porcentaje de nitrógeno para

el amaranto claro y obscuro no así para la caseína que se mantuvo más o menos constante. Por lo tanto, lo máximo para cada dieta fue su nivel más bajo. Los resultados son los siguientes:

Amaranto obscuro a 1.10% de N = 1.25 Kcal/g peso de energía digerible 87.56% de digestibilidad.

1.52 Kcal/g peso de energía dietaria metabolizable.

Amaranto claro a 0.98% de N = 1.62% Kcal/g peso de energía digerible. 93.64% de digestibilidad.

1.54 Kcal/g peso de energía dietaria metabolizable.

Caseína a 1.00% de N = 1.76 Kcal/g peso de energía digerible 98.78% de digestibilidad.

1.74 Kcal/g peso de energía dietaria metabolizable.

Los resultados de esta parte del estudio indican que la energía derivada del grano de amaranto tanto del grano obscuro como del grano claro es aparentemente utilizada en menor grado que la energía presente en las dietas de caseína. En este caso había más almidón de maíz que en las dietas preparadas de amaranto. Debido a que los valores más bajos de energía digerible, digestibilidad de la energía y energía dietaria metabolizable en el amaranto en comparación con la de caseína sugiere que las fuentes de energía en el amaranto no son tan eficientemente utilizadas como la energía del almidón de maíz.

En estudios realizados con aceite de amaranto se encontró que éste tenía una menor digestibilidad que el aceite de algodón. (García Vela & Bressani).

Así mismo (López) encontró que la energía metabolizable del grano de amaranto obscuro en pollos fue menor que la energía metabolizable

del grano claro, ambos procesados por extrusión.

Los resultados de este estudio indican lo mismo al comparar las dietas de amaranto claro y obscuro al 90% de amaranto en la dieta, en los cuales la energía digerible, la digestibilidad de la energía y la energía dietaria metabolizable fueron superiores en el amaranto claro que el obscuro.

De los resultados de este estudio también se puede inferir que la energía del grano de amaranto tanto claro como obscuro es menos eficientemente utilizable que el almidón de maíz, comparando las dietas con mayor cantidad de amaranto en comparación a las dietas con la menor cantidad de caseína o sea con el mayor contenido de almidón de maíz.

CERDOS:

El resumen de los datos de los dos experimentos se presentan en los cuadros 13 y 14.

Esto demuestra que el amaranto claro en otra especie animal también se comporta con resultados comparables, aunque en un grado inferior a una proteína de alta calidad, como es en este caso el maíz-soya. Sin embargo, se puede observar que el comportamiento del amaranto fue más homogéneo que el del maíz-soya a juzgar por las desviaciones estándar.

En el cuadro 15, se presentan los resultados de ambos estudios obteniéndose una diferencia marcada del amaranto claro con el control para el primer período, pero resultados bastante parecidos en el segundo y tercer período. Esto indica que logrando una mejor adaptación de ambos grupos se logran resultados comparables como los obtenidos en el ensayo con ratas.

En el cuadro 16, se establece el resumen de los tres períodos con las ocho repeticiones para cada dieta y en la gráfica 8 un histograma del aumento de peso en contra de los tres períodos con ambas dietas. Se puede observar que para el primer período existe una diferencia bastante inferior del amaranto en comparación con el maíz-soya, lo cual fue diferente a la respuesta esperada. En cambio para el período 2 y 3 se puede observar que el amaranto se compara al grupo control maíz-soya. Esta diferencia se atribuyó a una más rápida adaptación de los animales a la dieta de maíz-soya que a la dieta de amaranto. Esta última fue preparada con amaranto extruido, habiendo el proceso gelatinizado los almidones. Estos al ser humedecidos dan una sensación de pegagocidad a la cual el animal tiene que ajustarse.

Es importante hacer notar que la marcada desviación estándar entre cada período indica que para un próximo estudio sería conveniente asegurarse de una mejor pureza genética en los animales a ser sometidos a experimentación y a un mayor tiempo experimental.

VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Comparando las dos variedades de amaranto estudiadas, se concluye que el amaranto claro es de mejor valor nutricional que el oscuro, llegando el primero mencionado a ser comparable con el de la caseína.
2. El valor nutritivo de la proteína del amaranto es uno de los más altos del reino vegetal.
3. Aparentemente la energía del grano de amaranto tanto claro como oscuro es menos eficiente que la del almidón de maíz.
4. Por lo tanto el principal mérito del amaranto es su alta calidad de proteína.
5. Los sorprendentes datos químicos y biológicos explican ahora el porqué las semillas de amaranto fueron tan apreciadas en otros tiempos y porqué se siguen estudiando con tanto interés en todo el mundo.
6. Con base a los resultados de esta investigación, se recomienda ampliar estudios en cerdos, efectuar ensayos con otras especies animales y proyectarlos al ser humano, para ver la posibilidad de utilizar el amaranto como un alimento específico o como un agregado o suplemento de otros alimentos procesados.
7. Se recomienda llevar a cabo estudios sobre los costos del amaranto para considerar la conveniencia de su inclusión en la dieta animal y humana.

CUADRO 6

RESUMEN DE LA EVALUACION DE LA CALIDAD DE LA PROTEINA DEL AMARANTO OSCURO EN RATAS

	% DE NITROGENO EN DIETA	ALIMENTO* INGERIDO EN GR.	AUMENTO* DE PESO EN GR.	INDICE DE* EFICIENCIA PROTEINICA	EFICIENCIA* ALIMENTICIA %
AMARANTO	2.12	511 +/- 58.6	135 +/- 23.3	1.99 +/- 0.15	26.31 +/- 2.02
OSCURO	1.84	523 +/- 37.8	126 +/- 12.2	2.09 +/- 0.12	23.99 +/- 1.36
	1.43	461 +/- 45.6	96 +/- 12.0	2.32 +/- 0.15	20.75 +/- 1.30
	1.12	357 +/- 61.1	49 +/- 14.3	1.93 +/- 0.29	13.57 +/- 2.06
CASEINA	2.01	457 +/- 56.7	152 +/- 28.8	2.54 +/- 0.41	33.29 +/- 5.31
	1.84	434 +/- 31.6	131 +/- 21.7	2.63 +/- 0.32	30.18 +/- 3.68
	1.45	446 +/- 37.8	121 +/- 19.3	2.97 +/- 0.97	26.93 +/- 2.48
	1.13	366 +/- 49.3	67 +/- 13.6	2.58 +/- 0.25	18.27 +/- 1.79

*Media +/- Desviación Estándard

CUADRO 7

RESUMEN DE LA EVALUACION DE LA CALIDAD DE LA PROTEINA DEL AMARANTO CLARO EN RATAS

	% DE NITROGENO EN DIETA	ALIMENTO * INGERIDO EN GR.	AUMENTO* DE PESO EN GR.	INDICE DE* EFICIENCIA PROTEINICA	EFICIENCIA* ALIMENTICIA %
AMARANTO	2.29	395 +/- 49.2	137 +/- 30.9	2.39 +/- 0.30	34.23 +/- 4.15
CLARO	2.01	416 +/- 33.9	135 +/- 18.6	2.57 +/- 0.16	32.29 +/- 2.04
	1.64	394 +/- 41.6	104 +/- 15.8	2.58 +/- 0.23	26.38 +/- 2.36
	1.21	365 +/- 46.2	73 +/- 12.0	2.63 +/- 0.22	19.86 +/- 1.65
	0.98	257 +/- 33.7	40 +/- 6.9	2.56 +/- 0.27	15.71 +/- 1.68
CASEINA	2.25	416 +/- 56.5	142 +/- 29.5	2.41 +/- 0.21	33.83 +/- 2.92
	1.87	418 +/- 67.1	130 +/- 35.5	2.62 +/- 0.33	30.65 +/- 3.77
	1.50	389 +/- 43.5	103 +/- 16.4	2.81 +/- 0.22	26.31 +/- 2.06
	1.19	370 +/- 38.4	70 +/- 16.4	2.56 +/- 0.45	18.94 +/- 3.36
	1.00	321 +/- 60.9	58 +/- 14.2	2.88 +/- 0.28	18.01 +/- 1.73

*Media +/- Desviación Estándard

CUADRO 8

RESUMEN DE LA EVALUACION DE LA CALIDAD DE LA PROTEINA DEL AMARANTO OSCURO EN RATAS

	% DE NITROGENO EN DIETA	NITROGENO* INGERIDO mgN/gPeso	NITROGENO * ABSORBIDO mgN/gPeso	DIGESTIBILIDAD* APARENTE %	BALANCE* DE NITROGENO mgN/gPeso	VALOR* BIOLOGICO APARENTE %
AMARANTO	2.17	5.90 +/-0.34	3.94 +/- 0.28	66.71 +/- 2.06	1.85 +/- 0.31	47.02 +/- 7.40
OBSCURO	1.88	5.60 +/-0.30	3.86 +/- 0.23	69.00 +/- 0.71	2.29 +/- 0.17	59.44 +/- 2.68
	1.36	5.01 +/-0.52	3.19 +/- 0.37	63.49 +/- 1.43	1.43 +/- 0.09	45.49 +/- 8.85
	1.10	3.95 +/-1.07	2.43 +/- 0.84	60.43 +/- 6.71	1.49 +/- 0.48	63.57 +/-14.40
CASEINA	2.16	6.27 +/-1.05	5.91 +/- 0.97	94.25 +/- 0.68	3.50 +/- 0.79	58.88 +/- 5.35
	1.85	5.05 +/-0.23	4.67 +/- 0.26	92.39 +/- 0.89	2.56 +/- 0.11	55.51 +/- 0.50
	1.54	4.46 +/-0.35	3.98 +/- 0.32	89.51 +/- 1.64	2.46 +/- 0.31	61.62 +/- 3.71
	1.21	4.58 +/-0.10	3.93 +/- 0.10	85.70 +/- 3.05	2.53 +/- 0.18	64.47 +/- 2.92

*Medias +/- Desviación Estándard

CUADRO 9

RESUMEN DE LA EVALUACION DE LA CALIDAD DE LA PROTEINA DEL AMARANTO CLARO EN RATAS

	% DE NITROGENO EN DIETA		NITROGENO INGERIDO		NITROGENO ABSORBIDO		DIGESTIBILIDAD APARENTE		BALANCE DENITROGENO		VALOR BIOLOGICO APARENTE	
			mgN/gPeso		mgN/gPeso		%	mgN/gPeso		mgN/gPeso	%	
AMARANTO	2.29		6.16 +/-0.14		4.72 +/-0.14		76.64 +/- 1.89		2.45 +/- 0.34		51.77 +/- 5.91	
CLARO	2.01		5.91 +/-0.50		4.41 +/-0.29		74.69 +/- 1.96		2.23 +/- 1.37		49.65 +/-30.37	
	1.64		5.53 +/-0.25		4.14 +/-0.16		74.91 +/- 1.43		2.71 +/- 0.10		65.50 +/- 4.62	
	1.21		4.77 +/-0.34		3.65 +/-0.25		76.55 +/- 1.05		2.49 +/- 0.40		67.83 +/- 7.05	
	0.98		4.19 +/-0.49		3.00 +/-0.37		71.58 +/- 0.66		1.61 +/- 0.32		53.89 +/- 9.28	
CASEINA	2.25		5.93 +/-0.20		5.44 +/-0.29		91.64 +/- 1.73		2.81 +/- 0.41		51.98 +/-10.50	
	1.87		5.31 +/-0.98		4.80 +/-0.95		90.29 +/- 2.67		2.53 +/- 0.74		52.19 +/- 5.32	
	1.50		5.17 +/-0.32		4.69 +/-0.30		90.07 +/- 0.04		2.98 +/- 0.75		63.49 +/-12.32	
	1.19		4.04 +/-0.97		3.54 +/-0.80		87.93 +/- 1.84		2.42 +/- 0.77		67.21 +/- 9.08	
	1.00		4.68 +/-0.03		3.90 +/-0.12		83.38 +/- 2.80		2.56 +/- 0.21		65.57 +/- 4.49	

*Medias +/- Desviación Estándard

CUADRO 10

RESUMEN GENERAL DE LA EVALUACION DE LA CALIDAD PROTEINICA EN RATAS

NIVEL DE PROTEINA (%)	AMARANTO CLARO				AMARANTO OSCURO				CASEINA			
	PER	DIG.	BN	VB	PER	DIG.	BN	VB	PER	DIG.	BN	VB
13.8 +/- 0.48*	2.39	76.6	2.45	51.8	1.99	66.7	1.85	47.0	2.41	91.6	2.81	52.0
11.9 +/- 0.47*	2.57	74.7	2.23	49.6	2.09	69.0	2.29	59.4	2.62	90.3	2.53	52.2
9.3 +/- 0.75*	2.58	74.9	2.71	65.5	2.32	63.5	1.43	45.5	2.81	90.1	2.98	63.5
7.2 +/- 0.33*	2.63	76.5	2.49	67.8	1.93	60.4	1.49	63.6	2.56	87.9	2.42	67.2
6.2 +/- 0.08*	2.56	71.6	1.61	53.9					2.88	83.4	2.56	65.6

*Media +/- Desviación Estándard

PER = Índice de eficiencia proteínica

DIG. = Digestibilidad aparente de nitrógeno (%)

BN = Balance de nitrógeno (mg N/g peso)

VB = Valor biológico aparente de nitrógeno (%)

CUADRO 11

RESUMEN DE LA BIODISPONIBILIDAD DE LA ENERGIA DEL AMARANTO OSCURO EN RATAS

	% DE NITROGENO EN DIETA	ENERGIA* BRUTA Kcal/g Peso	ENERGIA* DIGERIBLE Kcal/g Peso	DIGESTIBILIDAD* DE LA ENERGIA %	ENERGIA DIETARIA* METABOLICA Kcal/g Peso
AMARANTO	2.17	1.15 +/- 0.07	0.90 +/- 0.06	78.36 +/- 0.58	0.90 +/- 0.06
OBSCURO	1.88	1.18 +/- 0.06	0.97 +/- 0.05	82.55 +/- 1.23	0.94 +/- 0.04
	1.36	1.36 +/- 0.14	1.15 +/- 0.12	84.42 +/- 1.35	1.17 +/- 0.04
	1.10	1.42 +/- 0.38	1.25 +/- 0.35	87.46 +/- 1.34	1.52 +/- 0.05
CASEINA	2.16	0.90 +/- 0.02	0.88 +/- 0.02	98.03 +/- 0.31	No se reportaron
	1.85	1.04 +/- 0.02	1.01 +/- 0.03	97.71 +/- 0.64	datos por falta
	1.54	1.09 +/- 0.09	1.06 +/- 0.09	97.82 +/- 0.36	de muestra para
	1.21	1.53 +/- 0.03	1.49 +/- 0.03	97.56 +/- 0.75	análisis.

*Medias +/- Desviación Estandard

CUADRO 12

RESUMEN DE LA BIODISPONIBILIDAD DE LA ENERGIA DEL AMARANTO CLARO EN RATAS

	% DE NITROGENO EN DIETA	ENERGIA*	ENERGIA*	ENERGIA*	DIGESTIBILIDAD*	ENERGIA DIETARIA*
		BRUTA	DIGERIBLE	DE LA ENERGIA	METABOLICA	
		Kcal/g Peso	Kcal/g Peso	%	Kcal/g Peso	Kcal/g Peso
AMARANTO	2.29	1.17 +/- 0.03	1.02 +/- 0.03	87.15 +/- 0.63	1.00 +/- 0.03	
CLARO	2.01	1.23 +/- 0.08	1.06 +/- 0.06	86.81 +/- 1.60	1.05 +/- 0.05	
	1.64	1.43 +/- 0.06	1.28 +/- 0.05	90.01 +/- 0.60	1.26 +/- 0.06	
	1.21	1.56 +/- 0.11	1.44 +/- 0.11	92.30 +/- 0.33	1.43 +/- 0.11	
	0.98	1.73 +/- 0.20	1.62 +/- 0.18	93.64 +/- 0.37	1.54 +/- 0.25	
CASEINA	2.25	1.02 +/- 0.04	1.00 +/- 0.04	97.35 +/- 0.62	0.99 +/- 0.04	
	1.87	1.09 +/- 0.20	1.06 +/- 0.19	97.54 +/- 0.35	1.05 +/- 0.19	
	1.50	1.36 +/- 0.09	1.33 +/- 0.09	97.84 +/- 0.04	1.32 +/- 0.09	
	1.19	1.34 +/- 0.32	1.32 +/- 0.31	98.01 +/- 0.15	1.30 +/- 0.31	
	1.00	1.80 +/- 0.01	1.76 +/- 0.01	97.78 +/- 0.45	1.74 +/- 0.01	

*Medias +/- Desviación Estándard

CUADRO 13
RESUMEN DE LA CALIDAD DE LA PROTEÍNA DEL AMARANTO EN CRECIMIENTO DE CERDOS
"ESTUDIO A"

	AMARANTO CLARO		MAIZ - SOYA			
	PERIODOS		PERIODOS			
Peso Inicial \bar{X} +/- DS (Kg)	5.44+/-1.13	5.79+/-1.08	6.70+/-1.28	5.46+/-1.54	6.41+/-1.74	7.28+/-2.33
Peso Final \bar{X} +/- DS(Kg)	5.79+/-1.08	6.70+/-1.28	7.63+/-1.71	6.41+/-1.74	7.28+/-2.33	8.60+/-2.95
Aumento-Peso \bar{X} +/- DS (g)	350+/-268	913+/-281	925+/-481	950+/-829	863+/-641	1325+/-929
Aumento-Peso/ Día \bar{X} +/- DS (g)	50.00+/-38.00	130.0+/-40.0	132.00+/-69.0	136.00+/-118.00	123.0+/-92.00	189.0+/-133.0
Proteína-Dieta \bar{X} (g)	15.06	15.06	16.19	14.88	15.19	14.75
Alimento Ingerido \bar{X} +/- DS (g)	2503+/-561.0	3895.0+/-1093	4476+/-1693	2166+/-576.00	3287+/-1226	4748+/-1062
Proteína Ingerida \bar{X} +/- DS (g)	3770+/-84.46	586.6+/-164.3	724.6+/-274.1	332.3+/-85.77	499.3+/-186.3	700.3+/-156.7
Eficiencia Ali- menticia \bar{X} +/- DS (%)	13.49+/-10.39	23.3+/-2.39	19.86+/-6.67	45.1+/-30.50	23.4+/-10.88	27.65+/-17.11
PER \bar{X} +/- DS	0.90+/-0.69	1.55+/-0.16	1.23+/-0.41	3.03+/-2.05	1.61+/-0.72	1.88+/-1.16
\bar{X} +/- DS = Medias +/- Desviación Estandard (4 repeticiones)				Periodo = 7 días		

CUADRO 14

RESUMEN DE LA CALIDAD DE LA PROTEINA DEL AMARANTO EN CRECIMIENTO DE CERDOS "ESTUDIO B"

	AMARANTO CLARO PERIODOS		MAIZ - SOYA PERIODOS			
Peso Inicial \bar{X} +/- DS (Kg)	5.14+/-0.35	5.36+/-0.58	5.90+/-0.80	5.13+/-0.97	5.94+/-1.35	6.60+/-2.02
Peso Final \bar{X} +/- DS (Kg)	5.36+/-0.58	5.90+/-0.80	6.88+/-0.88	5.94+/-1.35	6.60+/-2.02	6.89+/-3.04
Aumento-Peso \bar{X} +/- DS (g)	225+/-287	538+/-293	775+/-119	813+/-413	663+/-730	288+/-1249
Aumento-Peso/ Día \bar{X} +/- DS (g)	32+/-41	77+/-42	111+/-17	116+/-59	95+/-104	41+/-178
Proteína-Dieta \bar{X} (g)	15.06	16.19	15.44	15.19	14.75	14.75
Alimento Inge- rido \bar{X} +/-DS (g)	2186+/-257	3398+/-956	3729+/-335	2427+/-811	4131+/-1148	3658+/-1653
Proteína Inge- rida \bar{X} +/-DS (g)	32.14+/-38.65	549.81+/-155.09	575.71+/-51.64	367.67+/-123.23	609.32+/-169.31	539.60+/-243.85
Eficiencia Ali- menticia \bar{X} +/-DS (%)	11.56+/-15.97	15.07+/-5.45	20.92+/-3.43	31.93+/-8.17	15.23+/-13.94	14.39+/-16.79
PER \bar{X} +/- DS	0.77+/-1.06	0.93+/-0.34	1.36+/-0.24	2.10+/-0.54	1.04+/-0.95	0.98+/-1.14
\bar{X} +/- DS = Medias +/- Desviación Estándar (4 repeticiones)	Período = 7 días					

CUADRO 15

RESUMEN DE LA CALIDAD DE LA PROTEINA DEL AMARANTO EN CRECIMIENTO DE CERDOS
"ESTUDIOS A Y B"

	AMARANTO CLARO PERIODOS		MAIZ - SOYA PERIODOS			
Peso Inicial \bar{X} +/- DS (Kg)	5.29+/-0.79	5.58+/-0.84	6.3+/-1.07	5.29+/-1.21	5.77+/-1.48	6.94+/-2.05
Peso Final \bar{X} +/- DS(Kg)	5.58+/-0.84	6.30+/-1.07	7.15+/-1.36	6.20+/-1.46	6.94+/-2.05	7.74+/-2.92
AumentoPeso \bar{X} +/- DS (g)	288+/-266	725+/-333	850+/-334	881+/-611	763+/-645	806+/-1160
Aumento-Peso/ Día \bar{X} +/- DS (g)	41+/-38	104+/-48	121+/-48	126+/-87	109+/-92	115+/-166
Proteína-Dieta \bar{X} (g)	15.06+/-0	15.63+/-0.8	15.82+/-0.53	15.04+/-0.22	14.97+/-0.31	14.75+/-0
Alimento Ingeri- do \bar{X} +/- DS (g)	2344+/-438	3646+/-987	4102+/-1198	2293+/-666	37.09+/-1188	4203+/-1412
Proteína Ingeri- da \bar{X} +/- DS (g)	353.06+/-65.97	768.2+/-149.34	650.14+/-199.15	344.99+/-101.24	554.33+/-174.96	619.95+/-208.28
Eficiencia Ali- menticia \bar{X} +/- DS (%)	12.52+/-12.52	19.2+/-5.89	20.39+/-5.03	38.52+/-21.84	19.83+/-12.58	21.02+/-17.22
PER \bar{X} +/- DS	0.83+/-0.83	1.24+/-0.41	1.29+/-0.32	2.57+/-1.47	1.32+/-0.84	1.43+/-1.17
\bar{X} +/- DS = Medias +/- Desviación Estándar (4 repeticiones)						Período = 7 días

CUADRO 16

RESUMEN GENERAL DE LA CALIDAD DE LA PROTEINA DEL AMARANTO EN
CERDOS EN CRECIMIENTO

		<u>AMARANTO</u>	<u>MAIZ - SOYA</u>
PESO INICIAL KG	$\bar{X}+/-DS$	5.72 +/- 0.97	6.14 +/- 1.69
PESO FINAL KG	$\bar{X}+/-DS$	6.34 +/- 1.25	6.95 +/- 2.22
AUMENTO EN PESO G	$\bar{X}+/-DS$	621 +/- 387	817 +/- 808
AUMENTO/DIA		89 +/- 55	117 +/- 115
% PROTEINA EN DIETA	$\bar{X}+/-DS$	15.50 +/- 0.55	14.90 +/- 0.22
ALIMENTO INGERIDO G	$\bar{X}+/-DS$	3364 +/- 1171	3402 +/- 1362
PROTEINA INGERIDA	$\bar{X}+/-DS$	523.80 +/-191.20	506.40 +/-200.00
EFICIENCIA ALIMEN- TICIA %	$\bar{X}+/-DS$	17.40 +/- 8.90	26.50 +/- 19.00
INDICE DE EFICIEN- CIA PROTEINICA (PER)	$\bar{X}+/-DS$	1.12 +/- 0.58	1.77 +/- 1.27

$\bar{X}+/-DS$ = Medias +/- Desviaciones estándar de los tres períodos (cada uno de una semana) con ocho repeticiones.

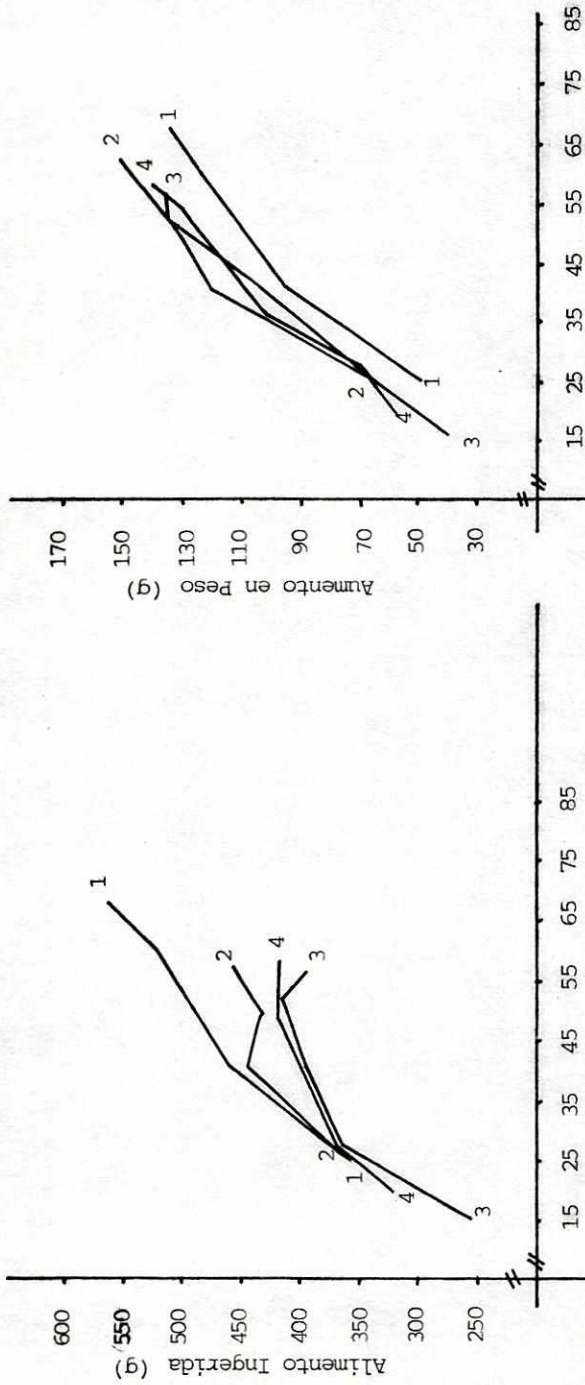
* No hubo diferencia estadísticamente significativa mediante la prueba de "T" de Student para ninguno de los casos.

IX. GRAFICAS

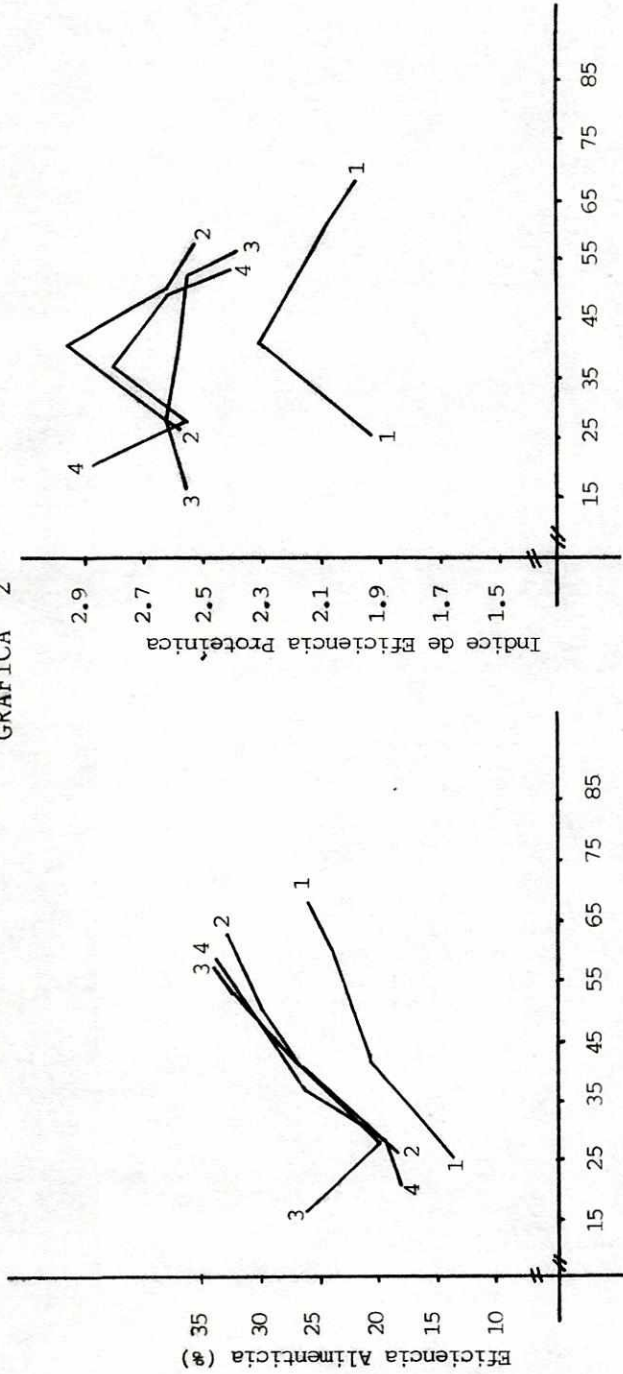
Nota 1: La elaboración de las gráficas se efectuó de acuerdo a los promedios de los resultados del experimento.

Nota 2: Las ecuaciones de regresión se obtuvieron utilizando todos los resultados del experimento con el objeto que éstas fueran más exactas.

GRAFICA 1



GRAFICA 2



PROTEINA INGERIDA (g)

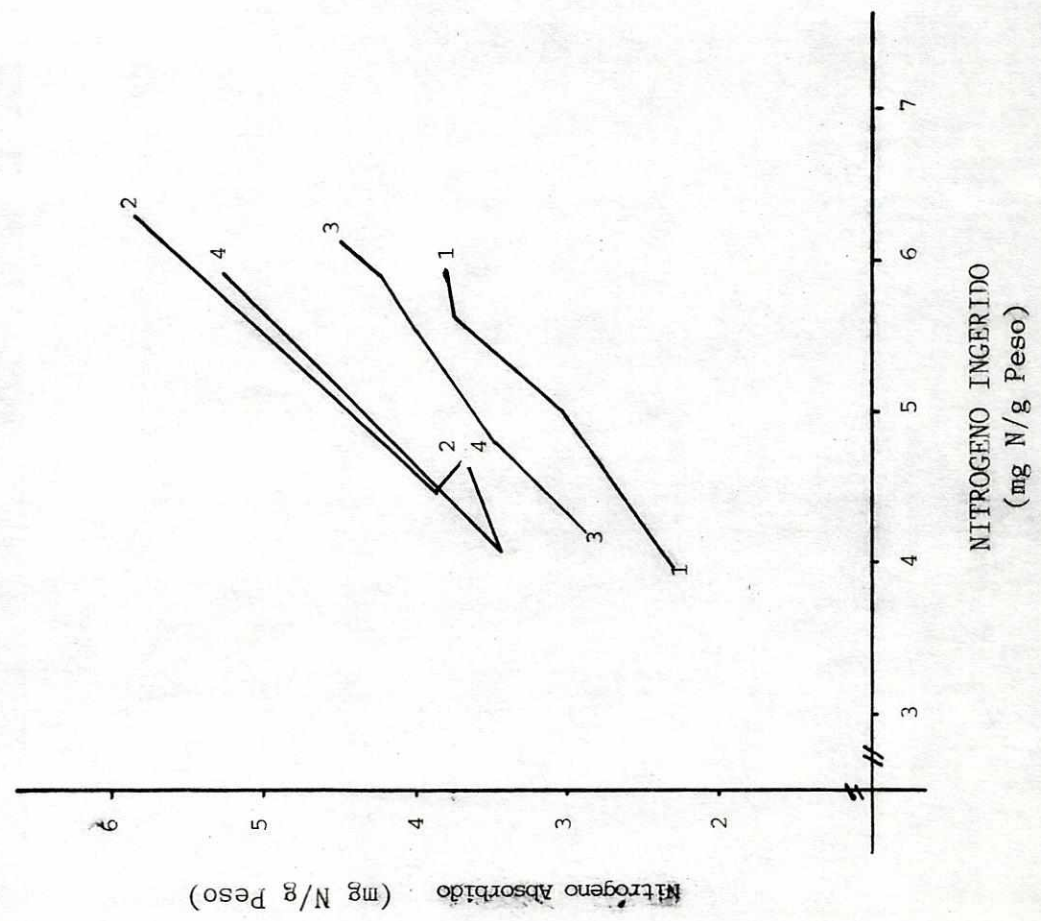
1. Amaranto Oscuro
 $y = 7.94 + 0.27 (x)^*$
2. Caseína
 $y = 8.82 + 0.42 (x)^*$
3. Amaranto Claro
 $y = 17.41 + 0.27 (x)^*$
4. Caseína
 $y = 9.34 + 0.42 (x)^*$

PROTEINA INGERIDA (g)

1. Amaranto Oscuro
 $y = 2.02 + 0.001 (x)$
2. Caseína
 $y = 2.71 - 0.001 (x)$
3. Amaranto Claro
 $y = 2.59 - 0.001 (x)$
4. Caseína
 $y = 2.82 - 0.004 (x)$

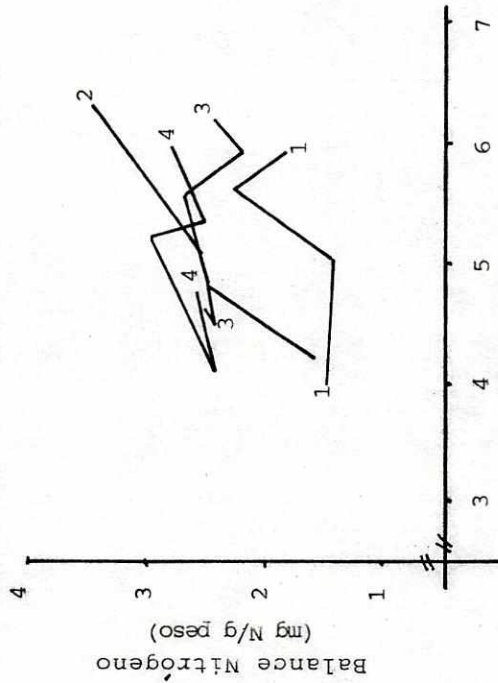
Estadísticamente Significantes a $P < 0.05$

GRAFICA 3



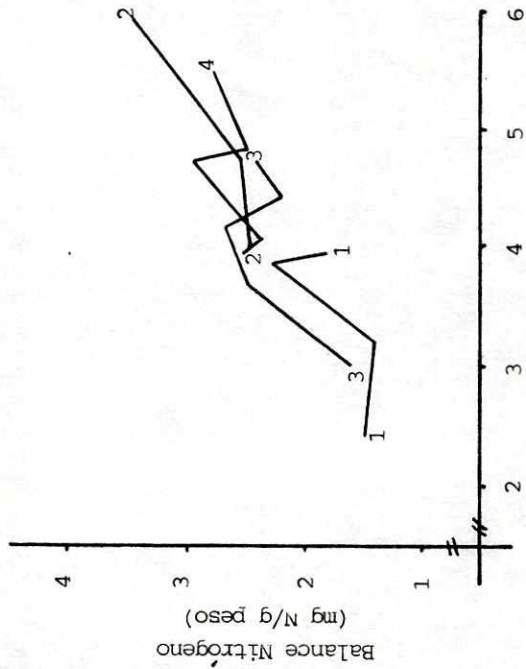
*Estadísticamente Significativas $P < 0.05$

GRAFICA 4



NITROGENO INGERIDO (mg N/g peso)

1. Amaranto Oscuro
 $y = 0.39 + 0.27 (x) *$
2. Caseína
 $y = 0.37 + 0.61 (x) *$
3. Amaranto Claro
 $y = 0.22 + 0.39 (x) *$
4. Caseína y =
 $y = 0.49 + 0.43 (x) *$

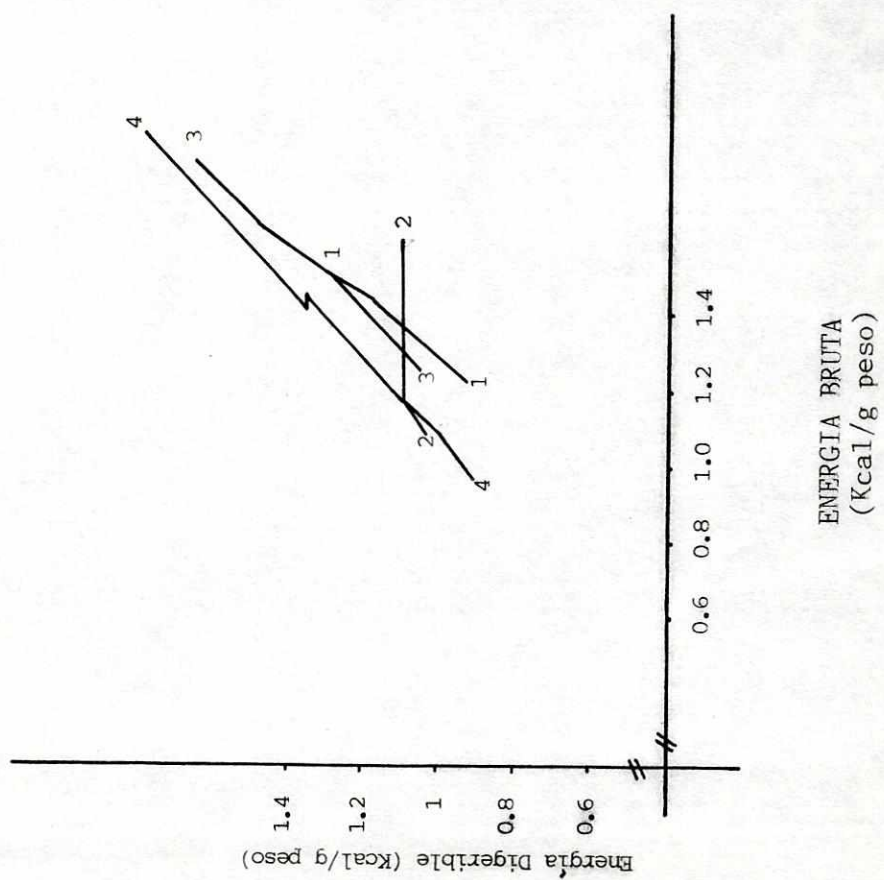


NITROGENO ABSORBIDO (mg N/g peso)

1. Amaranto Oscuro
 $y = 0.43 + 0.40 (x) *$
2. Caseína
 $y = 0.16 + 0.56 (x) *$
3. Amaranto Claro
 $y = 0.20 + 0.53 (x) *$
4. Caseína
 $y = 0.88 + 0.40 (x) *$

Estadísticamente Significantes $P < 0.05$

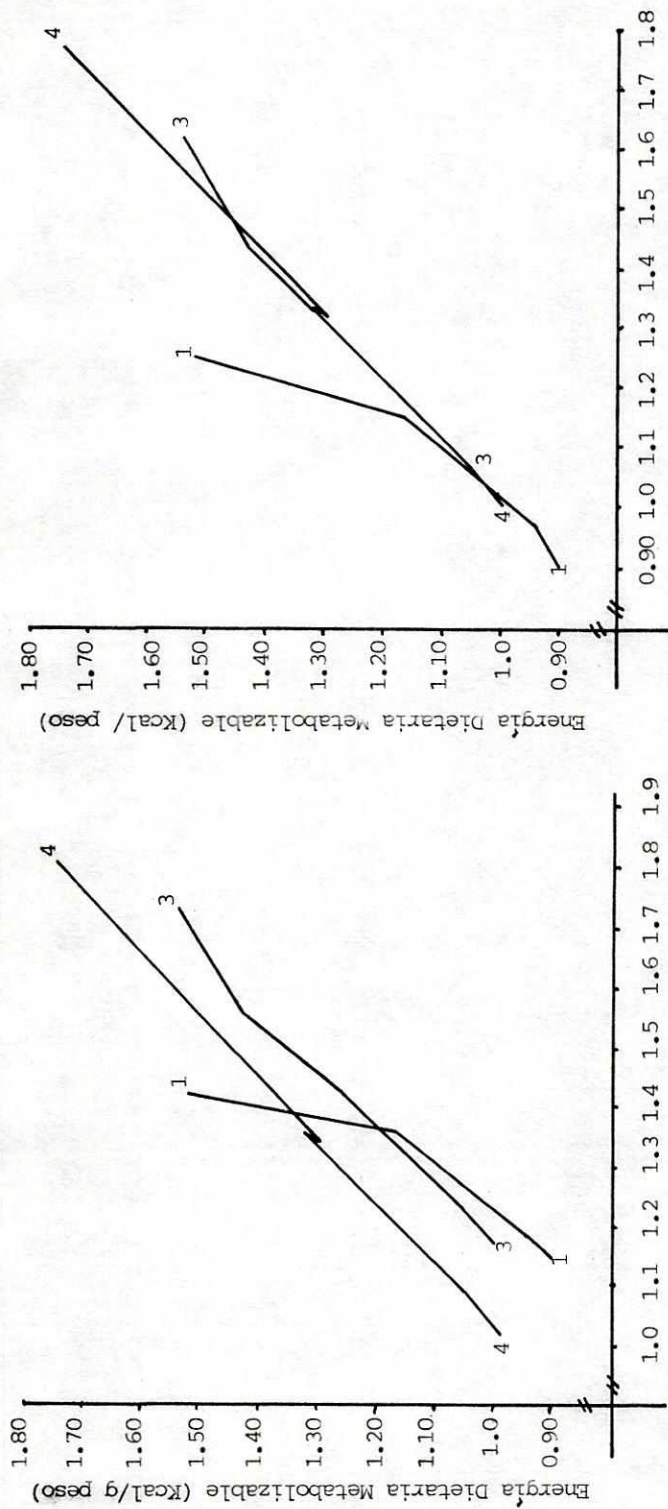
GRAFICA 5



- 1. Amaranto Oscuro
 $y = -0.18 + 0.98 (x)^*$
- 2. Caseína
 $y = 0.0014 + 0.97 (x)^*$
- 3. Amaranto Claro
 $y = -2.12 + 1.05 (x)^*$
- 4. Caseína
 $y = -0.004 + 0.98 (x)^*$

Estadísticamente Significantes
 $P < 0.05$

GRAFICA 6



ENERGIA BRUTA (Kcal/g peso)

1. Amaranto Oscuro
 $y = - 1.22 + 1.49 (x) *$

2. Caseína
 No se reportaron datos por falta de muestra para análisis

3. Amaranto Claro
 $y = 1.34 - 0.17 (x)$

4. Caseína
 $y = -0.005 + 0.97 (x) *$

ENERGIA DIGERIBLE (Kcal/g peso)

1. Amaranto Oscuro
 $y = -0.82 + 1.41 (x) *$

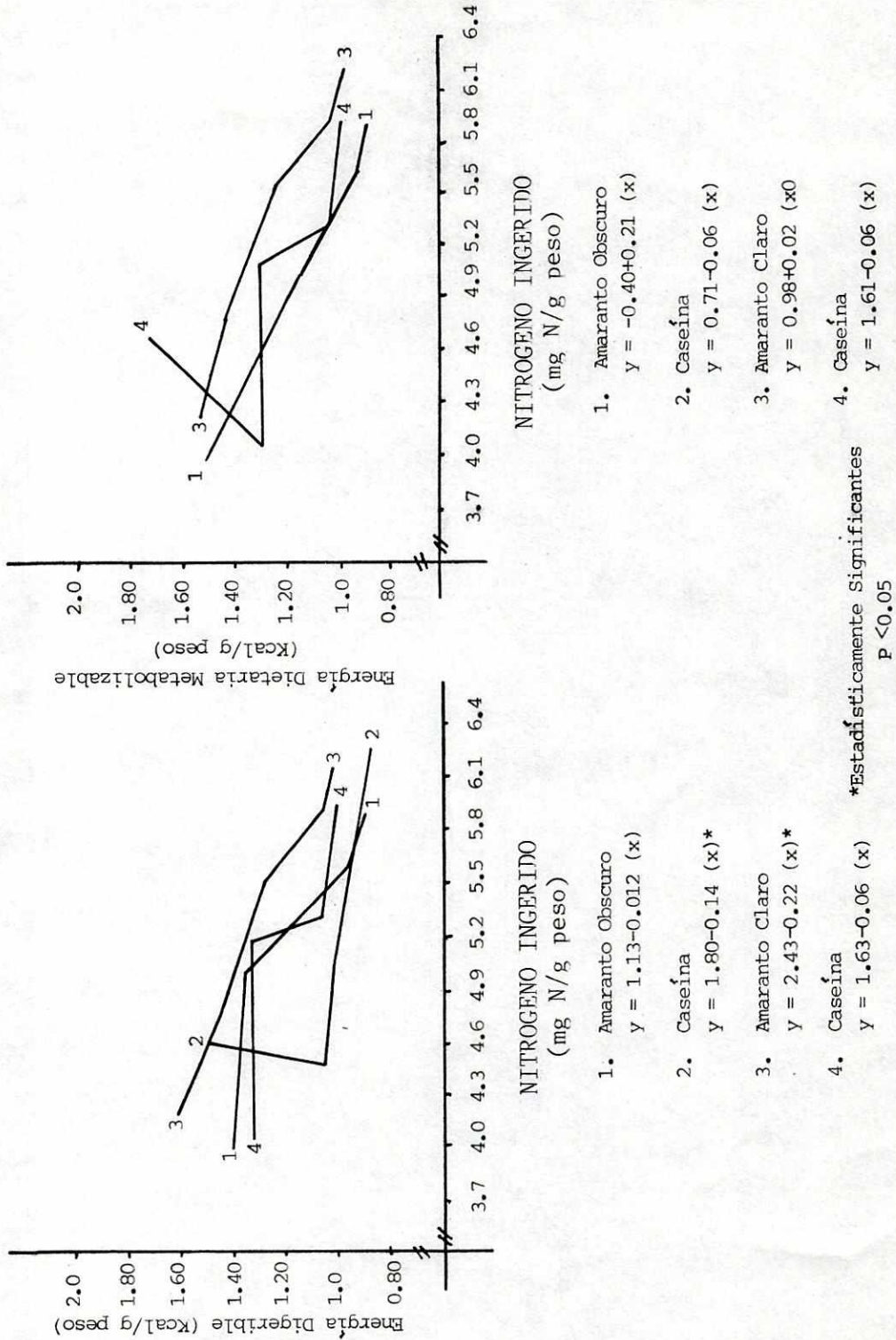
2. Caseína
 no se reportaron datos por falta de muestra para análisis.

3. Amaranto Claro
 $y = 1.28 - 0.14 (x)$

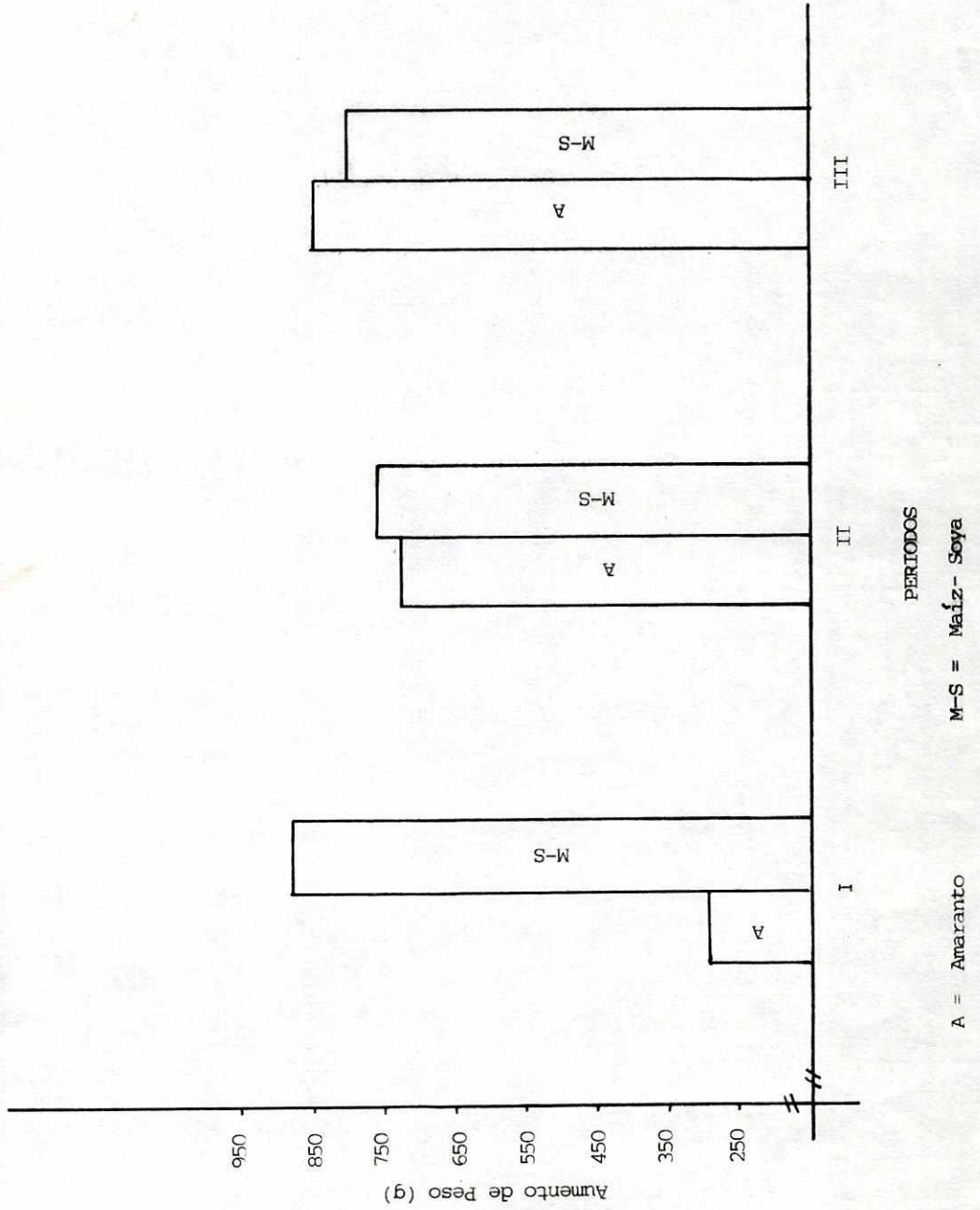
4. Caseína
 $y = -0.002 + 0.99 (x) *$

Estadísticamente Significantes
 $P < 0.05$

GRAFICA 7



GRAFICA 8



X. BIBLIOGRAFIA

1. Abrahms, J.T. Nutrición Animal y Dietética Veterinaria. Editorial Acribia, Zaragoza. 139-183 pp. 1965
2. Alfaro V., M.A. Evaluación de diferentes niveles de harina de amaranto (Amaranthus Hypochondriacus L.) en sustitución de harina de alfalfa para conejos en crecimiento. Tesis Médico Veterinario, Guatemala, Universidad de San Carlos Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, 31 p. 1985
3. Arroyave, G. Consideraciones sobre requerimientos de proteínas y de aminoácidos. Libro conferencia sobre Recursos Proteínicos en la América Latina. 3-21 pp. 1971
4. Berducido P., L.A. Efecto de niveles proteicos y pulpa de café en cerdos criollos. Tesis Ing. Agr., Universidad de San Carlos Facultad de Agronomía, Guatemala. 39p. 1975
5. Betschard, A.D., et. al. Amaranthus: morphology, nutritional value and food potential. Cereal Foods World. 24 (9): 457 (125), 1979
6. Betschard, A.D., D.W. Irwing, A.D. Shepherd y R.M. Sanders. Amaranthus cruentus Milling characteristics within seed components, and the effects of temperature on nutritional quality. J. Food Science. 46 (4):1181-1187. 1981
7. Bressani, R., J. M. Gonzalez, J. Zuñiga, M. Breuner y L.G. Elias. Yield, selected chemical composition and nutritive value of 14 selections of amarantho grain representing four species. J.Sci. Food Agric. 38: 347-356. 1987
8. Busto L., J.A. Desarrollo y aplicación de un método para la evaluación proteínica de alimentos; índice de nitrógeno a crecimiento. Tesis (Maestro-Magister Scientifica) Universidad de San Carlos Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, INCAP, 55p. 1973
9. Cunga, T.J. Alimentación del Cerdo. Editorial Acribia, España. 1-20, 1-20, 32-35, 195-250 pp. 1960
10. Centro Regional de Ayuda Técnica. Agencia para el desarrollo Internacional (AID). Necesidades Nutritivas del cerdo, AID. México. 9-14 pp. 1973
11. Dreyer, J.J. & W.H. Van der Walt. Laboratory Manual for Data Processing in Assessments of Dietary Protein Quality by an Updated Version of the Nitrogen Metabolism Method. National Food Research Institute, Rep. of South Africa, 136 p. 1985
12. Elias, J. Food Value of Amaranth Greens and Grains. I Proceedings of the Frist Amaranth Seminar. Rodale Press. Pennsylvania. 17-31 pp. 1973
13. Ensminger, M.E. Producción Porcina. AID. Argentina. 603-619 pp. 1973
14. García, L.A., M.A. Alfaro & R. Bressani. Digestibility and nutritional value of crude oil from three amaranth species. Journal of the American Oil Chemists Society 64 (3:371-375). 1987

15. Hafez, E.S. & I.A. Dyer. Animal Growth and Nutrition. Lea & Febiger. 1961 Philadelphia. 291-312 pp.
16. Huang, Z., G. Thorbek, A. Chwalibo & B. Eggum. Digestibility nitrogen balances and energy metabolism in piglets raised on soya protein concentrate. National Institute of Animal Science. Hamburg. 102-111 pp.
17. Joao, W., L.G. Elias & R. Bressani. Efecto del proceso de cocción extrusion (Brady Crop Cooker) sobre el valor nutritivo de mezclas elaboradas a base de frijol caupi (Vigna sinensis) Maíz y de Frijol Caupi-Yuca. INCAP. Guatemala.
18. Lacera, R., R. Bressani, A. Blanco de Araya, M.S. Jimenez, L. Lareo & M. Paredes. Evaluación en ratas de la digestibilidad aparente eficiencia alimenticia e índice de eficiencia proteínica de dietas a base de maíz. Ciencia y Tecnología de Alimentos. 4 (3). Bogotá. 47-58 pp.
19. López, M.G. Determinación de energía metabolizable verdadera valor nutritivo de la semilla de amaranto (Amaranthus cruentus L. syst. Veg) en pollos de engorde. Tesis Médico Veterinario. Universidad de San Carlos. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Guatemala. 38 p.
20. Marx, J.L. Amaranth; A comeback for the food of the Aztecs. Science. 198:40.
21. Maynard, L.M., J.K. Loosli, H.F. Hintz & R.G. Warner. Nutrición Animal 1981 Mc. Graw Hill. México. 23-48, 141-232 pp.
22. Molina M.R. & R. Bressani. Aceptabilidad y caracterización nutricional de mezclas soya/arroz y soya/maíz preparadas por extrusión. INCAP. Guatemala.
23. Ortiz C., C. Efecto de tres niveles de proteína y dos de energía sobre el crecimiento y la finalización del cerdo criollo chino de El Salvador. Tesis Lic. Zootecnia. Universidad de San Carlos Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Guatemala 38 pp.
24. Owsley, W., D. E. Orr Jr & L.S. Tribble. Effect of nitrogen and energy source of nutrient digestibility in the young pigs. Journal Animal. Vol. 63. 2.
25. Pellet, P. & V.R. Young. Evaluación Nutricional de Alimentos Proteínicos. Universidad de las Naciones Unidas. Japón. 10-12, 30-92 pp.
26. Pinheiro, L.C. Los Cerdos. Centro Regional de Ayuda Técnica AID. Editorial Hemisferio Sur. Argentina. 389-463 pp.
27. Pidgen, W.J., C.C. Balch & M. Graham. Standardization of Analytical Methodology for Feeds. International Union of Nutritional Sciences. Canadá. 128 p.

28. Romero R., J.A. Evaluación de las características físicas, químicas y biológicas de ocho variedades de quinua-Chenopodium quinoa, Willd. Tesis (Magister-Scientificae). Universidad de San Carlos Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. INCAP. Guatemala. 108 p.
29. Sánchez Marroquín, A. Potencialidad Agroindustrial del Amaranto. Centro de Estudios Económicos y Sociales del Tercer Mundo. México. 1980 328 p.
30. Sánchez Marroquín, A. Dos Cultivos olvidados de importancia agroindustrial: El amaranto y la quinua. Arch. Latin. Nutri. 33 (1): 11-32. 1983
31. Sánchez Marroquín, A., S. Maya y M.V. Domingo. Effect of heat treatment and milling on the seed flour, rheology and baking quality of some amaranth ecotypes. Instituto de Investigaciones Agrícolas. Archivos Lat. Nutr. 35 (4): 603-619.
32. Sánchez Marroquín, A., S. Maya y M.V. Domingo. Milling procedures and air classification of amaranth flours. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. 35 (4): 620-630. 1985
33. Sánchez, J.E., J.A. Barreir & O. Brito. Utilización de la semilla del chigo (Campsandra comosa Benth) en la alimentación humana: III. Harina de chiga: Fuente de energía. Departamento de Tecnología de Procesos Biológicos y Bioquímicos. Caracas.
34. Schneider, B. H. & W.P. Flatt. The Evaluation of Feeds through Digestibility Experiments. The University of Georgia Press. Athens. 1975 3-60 pp.
35. Stowe, C.M., T.P. Leary y T. Kommedahl. Amaranth: use as food. Science. 1977 198 (4318): 668.
36. Torún, B. & V. Young. Interaction of energy and protein intakes in relation to dietary requirements nutrition in health and disease and international development: Symposia from the XII International Congress of Nutrition. 47-57 pp.
37. Urrutia de Valle, S.L. Relación entre el nitrógeno depositado en el carcas del animal, determinado directamente y el obtenido por medio de blance nitrogenado. Tesis (Nutricionista). Universidad de San Carlos. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Guatemala. 95 p. 1971
38. Vaccaro Chuquisuta, R. & J. Lozano. Crianza de Porcionos. AID. México. 1972 8-20 pp.
39. Wolzak A. Evaluación de digestibilidad y calidad proteínica por métodos rápidos y su correlación con ensayos convencionales en la rata. Tesis (Magister Scientifica) Universidad de San Carlos Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia-INCAP. Guatemala. 147 p. 1980