



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

---

---

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
" I Z T A C A L A "

CALIDAD DE PROTEINA DE DIFERENTES TIPOS  
DE GRANO DE AMARANTO (Amaranthus SPP. )

**T E S I S**  
PARA OBTENER EL TITULO DE:  
LICENCIADO EN BIOLOGIA  
P R E S E N T A I  
MARIA ALEJANDRA TENORIO VALLEJO



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

# **AGRADECIMIENTOS**

---

---

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO,  
ESPECIALMENTE A LA ESCUELA NACIONAL DE  
ESTUDIOS PROFESIONALES IZTACALA (ENEP-I),  
POR HABERME BRINDADO LA OPORTUNIDAD DE  
FORJARME COMO PROFESIONISTA.**

**CENTRO EXPERIMENTAL VALLE DE MEXICO (CAEVAMEX)**

**LAS FACILIDADES QUE ME BRINDO EN SUS INSTALACIONES,  
ASI COMO EL ACCESO A BIBLIOGRAFIA Y MATERIALES, EN  
GENERAL.**

**INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES,  
AGRICOLAS Y PECUARIAS, POR PERMITIRME EL ACCESO A  
SUS LABORATORIOS, PRINCIPALMENTE EL LABORATORIO  
DE CALIDAD DE PROTEINA Y EL LABORATORIO DE  
OLEAGINOSAS.**

**ASI COMO EL ACCESO Y USO DE MATERIALES DEL BANCO  
DE GERMOPLASMA; MATERIALES QUE POR SU  
IDENTIFICACION Y CLASIFICACION SON USADOS SOLO  
POR INSTITUCIONES DE NIVEL SUPERIOR Y DE GRAN  
PRESTIGIO EN MEXICO.**

A LOS SINODALES:

**M. EN C. SERGIO GONZALEZ MORENO.**

**M. EN C. IGNACIO PEÑALOSA CASTRO**

**BIOL .ALBERTO ARRIAGA FRIAS.**

**BIOL HUGO V. PERALES VELA**

**POR SUS COMENTARIOS, INDICACIONES Y SOBRETUDO  
POR SU EXCELENTE DISPOSICION EN LA REVISION DEL  
PRESENTE TRABAJO.**

**INGENIERO EDUARDO ESPITIA RANGEL.**

**POR SU IMPORTANTE APOYO, PERO SOBRE TODO POR LAS  
FACILIDADES QUE ME BRINDO EN LAS INSTALACIONES  
DEL INIFAP, SARH, CHAPINGO. MEXICO.**

**SIN SU ASESORIA, COMENTARIOS Y EL ACCESO A SU  
BIBLIOTECA PARTICULAR, NO HUBIERA PODIDO CONCLUIR  
EL PRESENTE TRABAJO.**

**BIOL. CONCEPCION TENORIO VALLEJO.**

**POR ALENTARME CONTINUAMENTE PARA LA  
REALIZACION DEL PRESENTE TRABAJO, ADEMAS  
DE SU ASESORIA Y COMENTARIOS.**

**A MIS PADRES:**

**MA. ROSALIA VALLEJO MONTER.**

**EMIGDIO TENORIO CERVANTES.**

**POR SU EJEMPLO, CARIÑO Y APOYO INCONDICIONAL.**

**A MIS HERMANOS:**

**EMIGDIO, JUAN JOSE, CONCEPCION Y**

**ROSALIA.**

**PORQUE SIEMPRE ESTEMOS UNIDOS.**

**A MIS SOBRINOS:**

**MARIA ROSALIA, ARACELI, ITZEL,**

**EDUARDO, DANIEL Y CESAR.**

**¡ LOS AMO !**

# CONTENIDO

<b>I. INTRODUCCION</b>	Pag. 1
<b>II. OBJETIVOS</b>	Pag. 6
<b>III. ANTECEDENTES</b>	Pag. 7
1. ORIGEN Y DISTRIBUCION	Pag. 7
2. TAXONOMIA	Pag. 10
3. CLASIFICACION TAXONOMICA	Pag. 16
4. CARACTERISTICAS DE LA SEMILLA	Pag. 17
5. BANCO DE GERMOPLASMA	Pag. 20
6. RENDIMIENTO	Pag. 22
7. CONDICIONES DE ADAPTABILIDAD	Pag. 23
<b>IV. MATERIALES Y METODOS</b>	Pag. 26
1. MATERIALES	Pag. 26
2. METODOS DE LABORATORIO	Pag. 27
<b>V. RESULTADOS</b>	Pag. 31
<b>VI. DISCUSION</b>	Pag. 33
<b>VII. CONCLUSIONES</b>	Pag. 43
<b>VII. BIBLIOGRAFIA</b>	Pag. 49
<b>ANEXO</b>	

## I. INTRODUCCION

En los últimos años el amaranto ha despertado un interés sobresaliente a nivel internacional por el valor potencial nutritivo y económico que representa, principalmente para los países llamados del tercer mundo, pretendiendo introducirlo como mejorador en la calidad de la dieta humana, por su alto contenido de proteína.

Graham G. (1989), menciona que; el contenido de proteína del amaranto y los altos contenidos de proteína y triptofano superan el contenido de los mismos en maíz y sorgo, ya que estos últimos son deficientes en lisina y triptofano y ricos en leucina.

El análisis del contenido de proteína en amaranto y los aminoácidos constituyentes de la misma, han sido comparados con cereales como la avena (3.4 % de Lisina en 100 g de proteína y 1.2 % de Triptofano en 100 g de proteína), trigo (2.6 % Lisina y 1.2 % Triptofano), arroz (Lisina 3.8 % y Triptofano 1%) y maíz (1.9% Lisina y 0.6% Triptofano), entre otros; reportando para el amaranto cualidades en contenido de Proteína, Lisina y Triptofano suficientes para ser introducido en la alimentación humana, de acuerdo con los requerimientos establecidos por la Food Agriculture Organization (FAO) y la World Health Organization (WHO). (Joseph P.S., 1979).

Con respecto al maíz (cereal utilizado como uno de los granos básicos en México y en los países latinoamericanos),

Bressani (1972), citado por Hernández, C.J. (1986); menciona que numerosas investigaciones han demostrado que el maíz como alimento es bajo en contenido de proteína y alto en carbohidratos, lo que lo hace importante en la dieta humana como excelente fuente de calorías, no así como alimento con buen contenido de proteína.

Bressani y Scrimshaw (1958) y Wolf (1975), en Hernández, C.J. (1986), reportan en sus estudios sobre el contenido de aminoácidos del maíz normal, deficiencia en lisina y triptofano.

El contenido de Lisina en proteína del amaranto, varía de 4.8 % a 5 % en 100 g de proteína, mientras que el valor recomendado por la FAO/WHO es de 5.5 %. (Joseph, 1979).

Las especies de amaranto presentan un contenido de triptofano en proteína que varía de 1.0 a 1.5 %, mientras que el % de ese mismo aminoácido recomendado por la FAO/WHO es de 1.0%.

Se ha comparado el contenido de lisina en granos como maíz, trigo, avena y arroz, entre otros; (Becker y Col, 1981; Duarte, 1986; Espitia, 1992). El contenido de lisina es una de las principales razones que ha permitido considerar a la semilla de amaranto como uno de los granos con contenido de proteína de alta calidad (Bressani, R. 1988).

La importancia de la lisina radica por ser uno de los aminoácidos que participa en los procesos de la memoria y aprendizaje, e interviene en la formación de la masa encefálica

durante las primeras etapas de gestación. (Sumar, K.1987).

Con respecto al bajo valor nutritivo del maíz, Bressani y Scrimshaw (1958), observaron que personas cuya dieta consistía principalmente de maíz, en algunos individuos se desarrollaba una enfermedad caracterizada por debilidad muscular, trastornos mentales y dermatitis, la cual se conoce como pelagra.

La pelagra es debida principalmente a la ausencia de vitamina niacina, que el cuerpo humano sintetiza a partir del Triptofano. (Hernández, C., 1986).

La importancia potencial del amaranto estriba en su combinación de características agronómicas, calidad de su composición desde el punto de vista nutricional y su alta posibilidad de introducirlo como alimento y como forraje, además de su importancia agrícola para sembrarse y cosecharse en regiones de baja precipitación y condiciones salinas. (Bressani, R. 1984).

La semilla es rica en proteína de alta calidad y contiene cantidades apreciables de amilopectina, constituyente del almidón, y con ella se preparan productos de buen sabor, ya sea con la semilla molida o reventada. (Bressani, R. 1984).

Las hojas del amaranto pueden consumirse como verdura, pues tienen la propiedad de utilizarse como hortalizas hasta antes de la floración, su valor alimenticio es comparable al de la espinaca. (Granados y López, 1984).

La mayoría de los estudios para determinar la calidad de proteína del amaranto, se han realizado considerando el género, la especie y, en algunos casos, por tipo; sin embargo no se tienen reportes comparando materiales con características homogéneas de adaptabilidad en condiciones de siembra similares (localidad Chapingo, Edo. de México), considerando los diferentes tipos o líneas de un mismo género y especies para obtener y seleccionar el material que reúna, aparte de las características agronómicas necesarias (domesticación), la mejor calidad desde el punto de vista alimenticio.

En México, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) posee un banco de germoplasma (con base en la identificación del Rodale Research Center), en el cual se encuentra reunida la diversidad de material genético disponible en el país y materiales de otras localidades como: Africa, India, Estados Unidos y Perú, adaptado a localidades del Valle de México y Estado de México, entre otras; por ello el presente trabajo pretende caracterizar la calidad de proteína de diferentes materiales (nacionales y extranjeros) del banco de germoplasma del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), del Centro Agrícola Experimental del Valle de México (CAEVAMEX). Texcoco, Estado de México.

Los análisis de laboratorio se realizaron en el Laboratorio de Calidad de Proteína y el laboratorio de oleaginosas del INIFAP.

En el caso particular del grano del maíz, se tienen antecedentes sobre variedades iguales que presentan diferencias en el contenido de proteína, por el tipo de testa o cubierta y por el color de la semilla. Dado que el amaranto presenta una variedad de tonalidades y colores de la semilla, es posible que esta situación se presente.

## II. O B J E T I V O S

1. Determinar el contenido de proteína de 65 materiales, pertenecientes al banco de germoplasma del INIFAP. Ciclo primavera - verano 1984. Correspondiente a tres especies *Amaranthus hypochondriacus*, *A. cruentus* y *A. hybridus*, y siete tipos: Azteca, Mercado, Nepal, Mexicano, Guatemalteco, Africano e Hybridus.
2. Determinar si el color de la semilla (blanco café y negro) y el tipo de cubierta (cristalina y opaca) presentan alguna diferencia significativa en el contenido de proteína.
3. Determinar el contenido de lisina y triptofano en los 65 materiales (por género, especie y tipo), considerando además; las variables de color de semilla y tipo de cubierta y, determinar si existen diferencias significativas.
4. Determinar el contenido de humedad, cenizas y fibra cruda a los 65 materiales por género, especie, tipo, color de semilla y tipo de cubierta, con el objeto de dar a conocer si alguno de éstos parámetros presenta una relación con el contenido de proteína, lisina y triptofano por especie y sobre todo por tipo.

### III. ANTECEDENTES

#### 1. Origen y distribución del grano de Amaranto.

Existen vestigios arqueológicos de las especies de grano de amaranto en el nuevo mundo y la información se remonta al año 1350 A.C., en Arizona, USA. (Sauer, 1950).

En nuestro país existe información del año 400 A.C., sobre las prácticas de cultivo del *Amaranthus hypochondriacus* en el sur de México; en la lista de tributo que el pueblo le ofrecía al emperador Moctezuma durante la época de la conquista, aparece el amaranto como uno de los granos básicos en 17 de las 20 provincias que constituían el imperio azteca, llegando a competir con el maíz y el frijol. Además el amaranto estuvo presente en ceremonias religiosas jugando un papel muy importante en los ritos y sacrificios ofrecidos a sus dioses por el pueblo azteca. (Sauer, 1950, 1977).

Se cree que las especies de amaranto migraron de Norte América y Sudamérica a otras regiones del mundo, tales como el continente Asiático, en varios países como China (Mongolia) e India (Las cadenas montañosas de India, Paquistán y Nepal).

Se estima que en éstos lugares las especies de amaranto fueron introducidas hace más de trescientos años (Vietmayer, 1982; Gupta y Pal, 1986; Nieto y Fargas, 1987).

Sin embargo, en estudios más recientes se señala que las especies para producción de verdura o legumbre, en su mayoría son originarias de Asia, mientras que, las especies domesticadas para

la producción de grano, son originarias de América. (Grubben y Van Sloten, 1981).

González y McClung (1987), realizaron estudios de morfología comparativa y observaciones en el microscopio electrónico de barrido de semillas de amaranto, de distintos sitios arqueológicos en las localidades del Valle de México, Valle de Tehuacán y Valle de Oaxaca; encontrando que las especies corresponden al género *Amaranthus*, con fechas de 10,000 a.C. hasta 1,500 d.C.

Los ejemplares fueron recuperados por medio de flotación sobre material carbonizado, lo que permitió su conservación. (González y McClung, 1987).

Las evidencias arqueológicas confirman el origen americano de las especies cultivadas para grano. En las excavaciones realizadas por McNeish en la cueva de Coxcatlán en el Valle de Tehuacán, Puebla; se encontraron evidencias para afirmar que probablemente el amaranto ya era cultivado desde 4,000 años A.C.; en la fase abejas se encontraron restos de plantas a las que se estimó una antigüedad de unos 2,500 años A.C., lo cual prueba definitivamente que el amaranto era cultivado en ésta fase; sin embargo, no se encontraron evidencias de que la domesticación se haya efectuado en ésta región. Sauer, 1969, en Espitia, 1990).

Según Grubben, 1976 y Grubben y Van Sloten, 1981; *Amaranthus cruentus* L., especie para la producción de grano, es originaria de América Central, probablemente de Guatemala y sureste de

México, donde se cultiva y se encuentra ampliamente distribuida.

En la época prehispánica, los Aztecas conocían al amaranto con el nombre de Huautli y elaboraban diversos alimentos con la harina de la semilla como: atoles, panes, tamales y muñecos o ídolos de semilla reventada, similares al dulce de alegría que conocemos en la actualidad; los cuales estaban asociados con ceremonias religiosas y sacrificios humanos. (Sauer, 1967; Sauer, 1977; Espitia, 1987).

El consumo del amaranto tenía una importancia básica en la dieta de los mexicanos, misma que se perdió debido a la conquista de México y principalmente a la introducción de la religión católica que prohibió los sacrificios humanos y por consiguiente los ritos y ceremonias asociados a éstos. (Sauer, 1967).

Al grado de que casi llegó a desaparecer su cultivo, conservándose en algunas regiones del país (Sauer, 1950; Early, 1978; citados por Espitia, 1990).

La producción comercial de Amaranto en México en la actualidad, se concreta a cuatro regiones: al oriente del estado de Morelos, principalmente Huazulco y Amilcingo; San Miguel del Milagro en Tlaxcala; Huaquechula y Santa Clara Tetla en el estado de Puebla; y Tulyehualco, Mixquic, Tetelco y Tecomitl, en el Distrito Federal. Esporádicamente se llegan a encontrar algunos lotes en los estados de Oaxaca, México, Guerrero, Durango, Chihuahua y Michoacán. (Espitia, 1990).

Estudios recientes han permitido conocer que existen

regiones en el país con grandes posibilidades de encontrar especies silvestres de amaranto, como por ejemplo en Nayarit, Jalisco, Michoacán, Guerrero y Chiapas. (Espitia, 1990).

## 2. Taxonomía

El género *Amaranthus* pertenece a la clase Dicotyledonae, orden Cariofiliales, Familia Amaranthaceae. Esta familia comprende más de 60 géneros y alrededor de 800 especies de plantas herbáceas anuales o perennes de origen tropical (la mayoría), pero con buena adaptación en climas cálidos, áridos y templados. (Sauer, 1977; Feine, 1979; Kauffman, 1979).

A el amaranto se le ha llamado un pseudo cereal, debido a que produce granos tipo cereal (plantas monocotiledóneas), por presentar cierta similitud en el color y sabor, sin embargo ésta clasificación es incorrecta, debido a que ésta planta es dicotiledónea, por lo que pertenece a otra familia del reino vegetal, la Amaranthaceae (Saunders y Becker, 1984).

Desde los primeros trabajos realizados en diferentes partes del mundo sobre el amaranto, se han tenido problemas en su clasificación taxonómica, por la plasticidad extrema de la planta bajo condiciones ambientales variables; por la gran semejanza entre sí de los géneros y por su amplia distribución geográfica (Saunders y Becker, 1984).

Las condiciones climatológicas y su amplia distribución influyen sobre la planta en su crecimiento, específicamente en el diámetro y altura de la planta; su ciclo de crecimiento; el

tamaño de la inflorescencia y por consiguiente en el rendimiento de la semilla.

El género *Amaranthus* ha sido clasificado por varios autores (Sauer, 1950; Walton, 1968; y Sauer, 1967 en Espitia, 1992). Basándose en la forma y proporción de las estructuras florales se reconocen dos secciones dentro del género: la sección *Amaranthus* y la sección *Blitosis*.

En la sección *Amaranthus* se incluyen los tipos que se utilizan para la producción de semilla, obtención de colorantes, y en mínima proporción algunos que se usan como verdura.

Esta sección incluye los géneros: *A. cruentus*, *A. hypochondriacus*, *A. hybridus*, *A. caudatus* y *A. edulis*. (Sauer, 1967; Gruben, 1976 en Espitia, 1992).

La sección *Blitopsis* incluye principalmente las especies aprovechadas como verdura; los géneros agrupados en ésta sección son: *A. gangeticus*, *A. tricolor* y *A. blitum*. (Pal, 1972 y Grubben, 1976 en Espitia, 1992).

Debido a la variabilidad en los géneros con características básicas repetibles y con facilidad para separarlas, Sauer (1950) propuso la diferenciación de razas; Hass (1979), agrupó al plasma germinal del género *Amaranthus* en tipos agronómicos. Cada tipo se definió con base en las características morfológicas de la planta, al origen geográfico y a su uso, principalmente. (Wagoner, 1979; Espitia, 1986; Espitia, 1992).

La clasificación por tipos ha sido la más aceptada a la fecha, ya que ha seguido evolucionando con algunos cambios de nombres o con la inclusión de nuevos tipos.

En la actualidad a nivel internacional se está siguiendo la clasificación propuesta por Kauffman y Reider (1984), como sigue: Los tipos Mexicano, Africano y Guatemalteco en *A. cruentus*; Nepal, Mercado, Mixteco, Azteca y Picos en *Amaranthus hypochondriacus*; Prima en *A. hybridus* y Sudamericano y Edulis en *A. caudatus*.

En México, los tipos más importantes por sus características agronómicas y su potencial de rendimiento son: Mercado, Azteca, Nepal y Mexicano. (Espitia, 1992).

A continuación se describen algunas de las características más sobresalientes por tipo, de los materiales usados en el presente trabajo:

#### **Tipo Azteca**

Presenta la longitud del tallo más largo sobre los demás tipos de éste género, su floración es tardía y en algunas regiones como Pennsylvania (USA) no alcanzan a producir semilla.

En cuanto a la ramificación lateral, existe mucha variación, aunque se pueden presentar individuos con un solo tallo sin ramificaciones.

El follaje de las plantas presentan la tendencia de hojas cloróticas y deficiencias en la calidad de proteína.

Su altura varía de los 2.5 a los 3 m.

### **Tipo Mercado**

Existe poca variación en los individuos de éste tipo, en varias localidades de Estados Unidos, su maduración es lenta, llega a alcanzar hasta más de 2 m. de altura, dificultando la cosecha mecánica. Se reporta que la semilla de éste tipo es de excelente calidad y probablemente puede ser más versátil en la elaboración de alimentos.

La planta presenta la apariencia de un matorral y no tiene una inflorescencia predominante.

### **Tipo Nepal**

La calidad de la semilla ha sido considerada de buena calidad, con base en los resultados de análisis bromatológicos.

Las plantas de éste tipo son menos ramificadas que las del tipo Mercado.

Generalmente presentan una inflorescencia de tipo central de mayor tamaño que las laterales, por lo que ésta característica es fácilmente identificable.

Algunos materiales de éste tipo, no presentan ramificaciones.

Cuando las plantas alcanzan su estado de madurez, las ramas tienden a quebrarse.

Los tallos son gruesos, pero de menor diámetro que los de tipo Mercado.

El color de la semilla va del blanco al negro, incluyendo los intermedios.

Las plantas alcanzan una altura promedio de 2 m.

#### **Tipo Mexicano**

Presenta una panícula central dominante, la cual normalmente presenta ramificaciones erectas o colgantes.

El tallo principal es relativamente delgado y más aún a altas densidades.

El índice de ramificaciones lateral varía, las ramificaciones se inician de la mitad del tallo hacia arriba.

Las inflorescencias laterales maduran después de la principal.

Los materiales de éste tipo son de maduración intermedia.

Las plantas de éste tipo alcanzan de 1.5 a 2 m. de altura.

#### **Tipo Guatemalteco**

Este tipo es muy parecido al Mexicano, presenta una inflorescencia central dominante, y presenta tres o más inflorescencias que nacen en la parte superior de la planta.

Existe una gran variación en cuanto a ramificación, ya que son completamente ramificadas y algunas llegan a presentar un tallo sin ramificaciones, por lo que debe tenerse cuidado de no clasificarse erróneamente. El número de inflorescencias varía y

nacen en la parte superior de éste.

Este tipo ha sido considerado como sumamente precoz, la producción de semilla es alta, sin embargo, la caída de la semilla es severa.

Algunas plantas no maduran uniformemente y continúan produciendo polen hasta la época de las heladas.

El tallo principal es ligeramente más succulento que el tipo Mexicano.

Alcanza una altura variable de los 0.5 m. a los 2.5 m.

#### **Tipo Africano**

Este tipo por lo regular es de semilla negra, se cultiva para producción de verdura en el oeste de Africa.

Las plantas están fuertemente ramificadas desde la base del tallo, presentan una gran cantidad de inflorescencias laterales y la inflorescencia central no es la que produce la mayor cantidad de semilla.

Los tallos son delgados, éste tipo es muy precoz, la caída de la semilla es fuerte y generalmente es resistente a infestaciones.

Alcanza alturas de 0.5 a 1.5 m.

### **Tipo Hybridus**

Las plantas son relativamente pequeñas, con una inflorescencia rodeada de numerosas panículas pequeñas que nacen en las axilas de las hojas, cerca de la base.

Este tipo presenta una alta variabilidad, por lo que existe la posibilidad de dividirlo en otras categorías.

El tallo principal es relativamente delgado, la inflorescencia principal es muy grande comparada con las secundarias.

Se ha detectado que es una especie propensa a la caída de la semilla y resistente a plagas; las plantas tienen la tendencia a secarse de forma uniforme. Se han encontrado segregantes con ésta característica en diferentes materiales.

El tamaño de la planta, varía de 0.5 a 1.0 m. (Espitia, 1986).

### **3. Clasificación Taxonómica**

<b>Clase:</b>	Dicotiledónea
<b>Orden:</b>	Caryophyllales
<b>Familia:</b>	Amaranthaceae A. L. Jussieu
<b>Género:</b>	<i>Amaranthus</i> L.
<b>Sección:</b>	<i>Amaranthus</i>

**Especies:**     *A. hypochondriacus*  
                  *A. cruentus*  
                  *A. hybridus*  
                  *A. caudatus*  
                  *A. edulis*

**Género:**        *A. hypochondriacus*

**Tipos:**        Azteca  
                  Mercado  
                  Nepal  
                  Mixteco  
                  Picos

**Género:**        *A. cruentus*

**Tipos:**        Mexicano  
                  Guatemalteco  
                  Africano

**Género:**        *A. hybridus*

**Tipos:**        Prima

#### **4. Características de la semilla**

Las semillas de amaranto presentan una forma lenticular, son muy pequeñas si se les compara con el maíz, trigo y frijol; presentan un diámetro de 1 a 1.5 mm de largo por 1.0 a 1.3 mm de ancho y un peso de 0.6 a un gramo por 1000 semillas (Irving y Col, 1981; Saunders y Becker, 1984; Robinson, 1986; Espitia,

1986).

Los tipos de amaranto cultivados para grano, normalmente presentan semilla de color claro, mientras que, las especies cultivadas para consumirse como vegetales, dan origen a semillas oscuras o negras. (Saunders, 1984).

El color de la semilla puede variar desde blanco hueso a beige, café claro, café, rojo, pardo y negro (Bressani, 1984).

El embrión circunda al perispermo en uno de sus cantos (ver figura 1), en la envoltura de la semilla se encuentran firmemente unidos el uno al otro, pero son susceptibles de separar por molienda abrasiva (Bressani, 1984).

Las semillas contienen una sola capa de testa (exotesta) y una de tegumento formada por células con engrosamientos, a manera de estrías; la cutícula constituye la cubierta protectora del embrión. La testa está asociada al perispermo, excepto en la región del embrión donde se encuentra unida a células gruesas del endospermo. (Proceedings, 1980).

Suárez y Engleman (1980), mencionan que el tejido endospermico se encuentra cubierto por una testa constituida por una cutícula externa, una matriz, tegmen y una cutícula nuclear, estudios detallados de la testa en *Amaranthus hypochondriacus*, indican que ésta varía según el color de la semilla, en donde la testa negra es la más gruesa (23 a 25.6  $\mu$ ), la parda menos gruesa (8.2 a 10.6  $\mu$ ) y la blanca es la más delgada de las tres tonalidades (4.9 a 7.6  $\mu$ ).

La madurez del embrión es curva o anular, bien desarrollada, con dos cotiledones. El almidón del perispermo se encuentra formado por pequeños y poliédricos granos de almidón de un micron de diámetro y son observados en el centro de la semilla. (véase figura 1). (Suárez G., et. al., 1990).

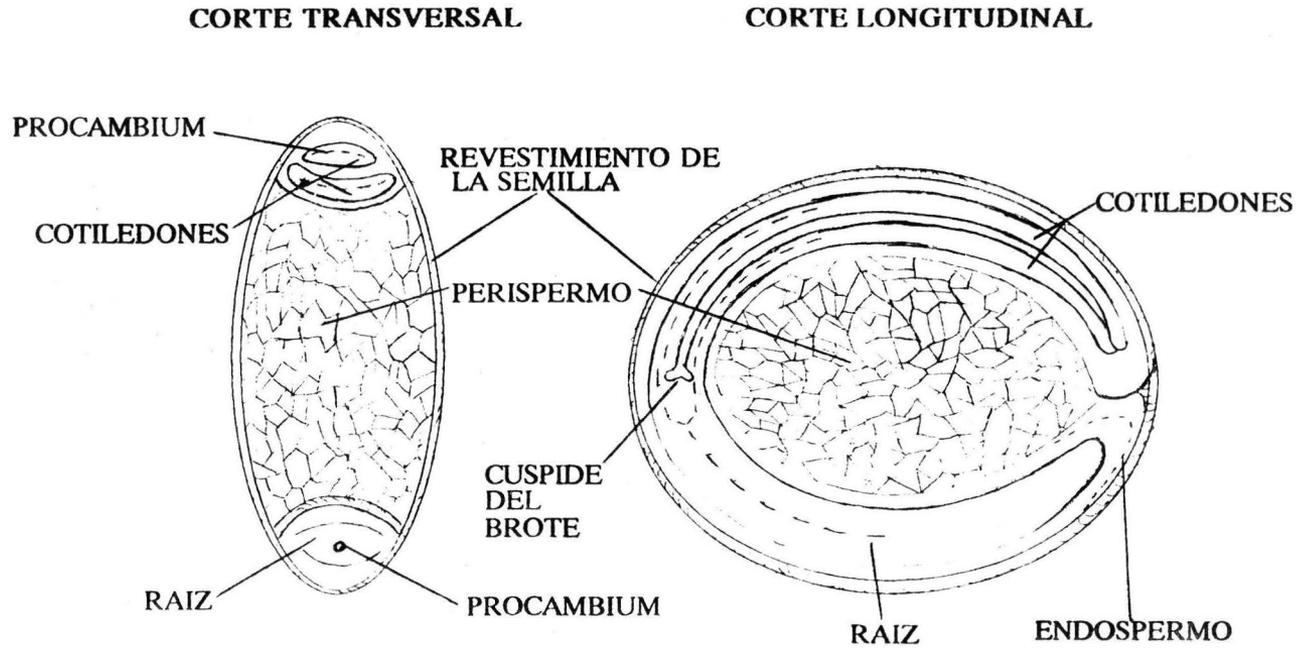
Espitia (1994), menciona que la semilla de color negro presenta dificultades en el reventado de la semilla para elaborar el dulce de alegría y esto se debe al grosor de la cubierta.

En la semilla y específicamente en el perispermo es donde se encuentra el contenido de proteína del grano, éste contenido varía de una especie a otra y de un tipo con respecto a otro; también se ha corroborado que las condiciones ambientales hacen que éste contenido varíe en una misma especie y en un mismo tipo, por el sólo hecho de haberse sembrado en localidades diferentes. (Espitia, 1991).

Las variedades con testa negra y parda, presentan mayor contenido de compuestos fenólicos (incluyendo taninos condensados), por lo que presentan mayor grosor y dureza, color más oscuro; probablemente presenten menor permeabilidad al agua y probablemente sean más resistentes a patógenos, con relación a la testa de color de blanco. (Azurdia, 1988).

Aruna Pal, Singh y Mohinder (1989), realizaron estudios más específicos comparativos de las semillas de *A. hypochondriacus* y *A. hybridus*, reportando que ambas semillas son lenticulares, pequeñas, con perispermo; sin embargo, si presentaron diferencias

**FIGURA 1**  
**DIBUJO DE LOS CORTES TRANSVERSAL Y LONGITUDINAL**  
**DE LA SEMILLA DE AMARANTO**



en su morfología externa y en sus dimensiones.

*A. hypochondriacus* presentó color de semilla en tonalidades marfil-blanco, cubierta opaca no lustrosa; talla 1.2 x 1.2 x 0.8 mm; el peso de 100 semillas fue de 70 mg.; los taninos en la cubierta de la semilla, fueron ausentes y el porcentaje de germinación fue de 99%.

*A. hybridus* presentó semillas de color negro brillante; talla 1 x 1 x 0.6 mm; el peso de 100 semillas fue de 30 mg; se registró la presencia de taninos en la cubierta y, finalmente, el porcentaje de germinación fue de 45%.

Las diferencias reportadas entre éstas dos especies hacen suponer que las posibles diferencias morfológicas de las semillas pueden también presentarse en su contenido de proteína y por consiguiente en su contenido de aminoácidos; por lo que entre tipos también es probable que existan diferencias.

##### **5. Materiales existentes en el Banco de Germoplasma del INIFAP, Texcoco, Edo. de México.**

Principalmente de los pasos que se deben seguir para evaluar y caracterizar un material, se debe de considerar en primer término los atributos altamente heredables del mismo, que pueden ser distinguidos a simple vista, cuando el investigador tiene experiencia en el manejo de diferentes especies.

De los objetivos fundamentales de una colección de germoplasma, se tiene su aprovechamiento óptimo. Además de conservarla, se requiere contar con el máximo de información

referente a cada uno de los materiales, adicional a la que se registra en el momento de su colecta.

Del total de colectas con que cuenta el INIFAP, se tienen caracterizadas y evaluadas alrededor del 90%, considerando los descriptores siguientes:

Color del tallo, forma de las hojas, color de las hojas, color de la inflorescencia, forma de la inflorescencia, color de la semilla, tipo de cubierta de la semilla, gramos de semilla por planta, ramificación lateral, acame, incidencia de la mancha parda del tallo, incidencia del barrenador del tallo, diámetro del tallo, longitud de la hoja, ancho de la hoja, días de floración, longitud de la inflorescencia, diámetro de la inflorescencia, altura de la planta, contenido de proteína y contenido de lisina. (Espitia, 1994).

En el INIFAP se le ha dado mayor atención a los estudios e investigaciones sobre el aprovechamiento de la semilla; en cuanto a germoplasma, se ha trabajado principalmente en la Mesa Central del Valle de México y algunas localidades del Estado de México.

A continuación se menciona el material disponible en la colección del INIFAP.

ESPECIE	ORIGEN
<i>A. hypochondriacus</i>	México, India, Nepal
<i>A. cruentus</i>	México, Guatemala, Africa
<i>A. hybridus</i>	México, Ecuador, Estados Unidos
<i>A. caudatus</i>	Perú, Nepal, Argentina

<i>A. blitum</i> (verdura)	Hong Kong
<i>A. tricolor</i> (verdura)	China, Hong Kong, Taiwan, Tailandia
Cruzas	Rodale Research Center. USA.

El INIFAP ha proporcionado materiales a instituciones de nivel superior como universidades (UNAM, UAM, UANL, entre otras), y tecnológicos (ITyESM), de igual forma ha intercambiado germoplasma con instituciones oficiales de otros países como Perú, Nicaragua, India, Argentina, Francia y Estados Unidos.

El propósito actual del banco de germoplasma, es el poder adquirir de las especies existentes y de las colectas futuras de especies silvestres, las características que permitan realizar mejoramiento genético sobre todo en las semillas, incrementando su tamaño, su contenido de proteína, rendimiento, facilidad de cosecha y resistencia a plagas y enfermedades, principalmente. (Espitia, R.E. 1994).

El mejoramiento genético de las especies considera también las características particulares de la localidad, altitud condiciones del terreno, precipitación pluvial, aridez y salinidad, etc. (Espitia, 1994).

## 6. Rendimiento

El presente trabajo, se basó en la caracterización de materiales productores de semilla; de acuerdo con Espitia (1991), el rendimiento de las plantas de amaranto varía de acuerdo con el tipo (Azteca, Mercado, Nepal, etc.) sembrado, el manejo del cultivo (riego, fertilización, etc.) y las condiciones ecológicas

de la localidad (altitud, tipo de suelo, temperatura, días soleados, precipitación pluvial, etc.).

Espitia (1986), reportó rendimientos de 0.8 a 2.0 ton/ha en siembras comerciales con variedades criollas, Kauffman y Hass, 1984, reportan rendimientos promedio de 1.6 Ton/ha.

En ensayos de rendimiento de líneas seleccionadas, Espitia (1987), llegó a obtener rendimientos de hasta 4.5 Ton/ha. Odtojan (1983), reportó un rendimiento de 1.9 Ton/ha de amaranto, con una densidad de 40,000 plantas para la Estación experimental de Davao, Filipinas.

Sumar Kalinowsky, et.al. (1992), como característica para seleccionar variedades de germoplasma, para las regiones andinas de Sudamérica, uso materiales con rendimientos mínimos de 1.5 Ton/ha y períodos de crecimiento menores de 210 días.

## **7. Condiciones de Adaptabilidad**

El amaranto posee facilidad para adaptarse en ambientes de disturbio creados por el hombre, los amarantos están considerados dentro del grupo de plantas con las que se inició el proceso de domesticación en el nuevo mundo. (Granados y López, 1984).

Las transformaciones de fondo por domesticación, en un principio se centraron para la producción de granos, por ser éstos los elementos posibles de ser almacenados durante largas temporadas y consumidos en épocas en que otros alimentos escaseaban; comparativamente en los amarantos aprovechados como hortalizas, los cambios experimentados fueron despreciables.

En los inicios de la domesticación en el grano tuvieron que ocurrir transformaciones como el cambio de color en la semilla de negro a pálido, correlacionado con cambios en la calidad y sabor; seguido por otros cambios como: incremento en la producción de semilla y variabilidad en la pigmentación de la semilla, panoja y hojas, etc. (Granados y López, 1984).

En la domesticación, la poliploidia ha presentado caracteres benéficos, como es el incremento en el tamaño de la semilla por entrecruzamientos.

La poliploidia no ha sido adversa, puesto que no afecta el contenido de aminoácidos, de hecho se encontró un incremento en la cantidad de lisina en las variedades tetraploides. (Mapes, 1984).

En términos de proteína, la semilla de amaranto se encuentra entre los cereales y las leguminosas no sólo en cantidad (15 g. a 17 g/100 g. en amarantos, 7 g a 12 g/100 g en los cereales y de 16 g. a 17 g/100 g. en las leguminosas), sino también en su contenido de aminoácidos.

Los amarantos son ricos en lisina que es un factor limitante en los cereales y en las leguminosas, por lo que podrían complementarse entre unos y otros; es decir, combinando amaranto y cereales y/o amaranto y leguminosas, se obtendrían finalmente productos de muy buena calidad y más balanceados. (Bourges, 1984).

Se ha sugerido que el amaranto por su alto potencial alimenticio, puede llegar a ser una alternativa para solucionar

el problema de la falta de proteína en nuestro país, ya que la calidad de la misma en la semilla es comparable a la caseína de la leche. (Sánchez Marroquín, (1980), Citado por Calderón et.al. 1984).

Existen varias razones por las que se ha considerado al amaranto como una solución más prometedora que otras semillas de leguminosas u otros cereales no comunes. Se tienen reportes de que el grano de amaranto no solo presenta cuantitativamente un buen contenido de proteína, sino que además posee un alto contenido de lisina. (Sauer, 1987).

A nivel de cultivo el amaranto ha reportado rendimientos favorables, tanto en cultivos de temporal como de riego.

Su reconocido valor nutricional para la alimentación humana y animal, y su adaptabilidad en condiciones ecológicas variadas, lo colocan como uno de los cultivos importantes para mejorar y/o incrementar la calidad de harinas y cereales que se consumen en la actualidad, así como el tratar de adaptar a las diferentes especies en ambientes considerados no aptos para la agricultura, lo que permitiría resolver en parte el problema de la falta de alimentos y la mala alimentación en los países del llamado tercer mundo.

Además, la planta de amaranto prospera en cualquier tipo de terreno sin ser afectado por temperaturas adversas, altas o bajas. Es resistente a la sequía, crece rápidamente durante la época calurosa (período de madurez que oscila entre 80 y 88 días) y requiere mucho menos agua que el maíz. (Odtojan, 1983).

#### IV. MATERIALES Y METODOS

##### 1. MATERIALES

El material biológico que se analizó para el presente trabajo, proviene del banco de Germoplasma del Centro Agrícola Experimental del Valle de México (CAEVAMEX) y corresponden a materiales que fueron cosechados en el ciclo primavera-verano 1984, en la localidad de Chapingo, México.

Los materiales se eligieron por ser del mismo ciclo y por presentar características agronómicas similares por especie, como adaptación al clima del Valle de México, rendimientos similares por especie y tipo; características viables para su cosecha como altura del tallo, tamaño de la panoja, etc.

Se trató que fueran de un mismo ciclo, con el objeto de evitar alteraciones por las variables de altitud, tipo de terreno y climatológicas, principalmente, ya que se ha detectado que éstas variables influyen directamente en el contenido de proteína (Espitia, 1986, 1991).

Además de ser materiales que fueron debidamente clasificados e identificados, con base en los lineamientos del Rodale Research Center y a los trabajos desarrollados por investigadores del INIFAP, CAEVAMEX, Texcoco, Edo. de México.

Los materiales se presentan a continuación:

GENERO	ESPECIE	TIPO	CANTIDAD
<i>Amaranthus</i>	<i>hypochondriacus</i>	Azteca	13
		Mercado	7
		Nepal	6
<i>Amaranthus</i>	<i>cruentus</i>	Mexicano	18
		Guatemalteco	8
		Africano	8
<i>Amaranthus</i>	<i>hybridus</i>	Prima	5
<b>TOTAL</b>			<b>65</b>

Dentro de cada tipo, serán consideradas las variaciones fenotípicas de color de semilla, presentándose tres tonalidades: negra, blanca y café. Así mismo, las diferencias en la cubierta presentándose la cristalina y la opaca.

## 2. METODOS DE LABORATORIO

Los 65 materiales se analizaron por duplicado; para proteína, lisina y triptofano los análisis se realizaron en el laboratorio de calidad de proteína y para las determinaciones de humedad, cenizas y fibra cruda los análisis se realizaron en el laboratorio de oleaginosas, ambos laboratorios pertenecientes a el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias del CAEVAMEX, SARH. Texcoco, Edo. de México.

En el anexo se presenta la descripción de las técnicas de laboratorio.

## **A. Preparación de la semilla**

El laboratorio tiene como regla, antes de realizar cualquier procedimiento, el asegurarse que las semillas no contienen sustancias que puedan interferir con el resultado de los análisis; para ello, las semillas se someten a un lavado con agua destilada y posteriormente se dejan secar.

Este procedimiento se realiza, sobre todo con las semillas que fueron expuestas a insecticidas y el lavado debe ser más cuidadoso cuando se van a manipular semillas pequeñas, como el grano del amaranto.

Una vez limpias y secas, se realizó el siguiente procedimiento:

- a) Moler cada muestra con las semillas completas, hasta que la muestra quede pulverizada, homogenizada y que pueda pasar por una malla de 0.5 mm. Las muestras se molieron por separado en un molino específico para ésta actividad.
- b) Las muestras fueron desengrasadas en un extractor tipo Soxhlet, con hexano como solvente, durante cuatro horas. Posteriormente se dejaron secar a temperatura ambiente para continuar con los procedimientos siguientes.

## **B. Métodos Analíticos**

- a) Determinación de Nitrógeno mediante un método automatizado No. 321-74 de TECHNICON. Se utilizó como factor de conversión 6.25 para proteína base seca.

- b) Determinación colorimétrica de Lisina mediante el método colorimétrico, desarrollado por Tsai y modificado por Villegas. (Villegas, et. al. 1982).
- c) Determinación colorimétrica de Triptofano por el método de Opienska - Blauth, modificado por Hernández y Bates. (Villegas, et.al. 1982).
- d) Determinación de humedad.
- e) Determinación de cenizas.
- f) Determinación de Fibra Cruda.

### **C. Método estadístico**

- a) Se procedió al agrupamiento de los datos.
- b) Los resultados de las características evaluadas fueron analizados por la Unidad de Estadística y Cálculo del Centro Agrícola Experimental del Valle de México (CAEVAMEX), INIFAP. Texcoco, Edo. de México, mediante el paquete estadístico SAS (Statistical Analisis Sistem).
- c) Se procedió a obtener las medidas y desviación estándar de los resultados para cada especie, tipo, color de semilla y cubierta por variable, esto es: para proteína, lisina, triptofano, humedad, cenizas y fibra cruda.
- d) Se determinó el análisis de varianza para cada especie, tipo, color de semilla y cubierta por variable, esto es:

análisis de varianza para proteína, lisina, triptofano, humedad, cenizas y fibra cruda.

- e) Se determinó la significancia de la correlación de resultado con un nivel de confianza del 95%.

## V. RESULTADOS

El cuadro uno presenta la clave asignada a las variables por especie, tipo, color de semilla y tipo de cubierta en el recuadro de lado izquierdo, dicha clave sirvió de base para ordenar y elaborar los cuadros de resultados 2 y 3.

En los cuadros 2 y 3, además se les dio un orden secuencial del uno al sesenta y cinco, enseguida su clave por especie, tipo, color de semilla y tipo de cubierta, de tal forma que cada material es identificado de inmediato viendo su correspondencia secuencial con el cuadro uno de referencia.

El cuadro 2 presenta los resultados del análisis de laboratorio para proteína, lisina y triptofano y el cuadro 3 presenta los resultados para humedad, cenizas y fibra cruda, respectivamente; de donde se muestra que para la especie *A. hypochondriacus* en número de orden se presenta del 01 al 26, correspondiéndole los tipos y características de semilla siguientes: del 01 al 03 materiales del tipo Azteca, semillas de color negro y cubierta opaca; del 04 al 12 materiales del tipo Azteca, semillas blancas y cubierta opaca, y finalmente el 13 correspondió al tipo Azteca, semillas de color blanco y cubierta cristalina.

Del 14 al 20 correspondió el tipo Mercado, semillas de color café y cubierta opaca; del 21 al 23 tipo Nepal con semilla de color negra y cubierta opaca; del 24 al 26 tipo Nepal con semilla de color blanca, cubierta opaca.

A partir del 27, le corresponde a la especie *A. cruentus*,

# CUADRO 1

## ASIGNACION DE ORDEN Y CLAVE PARA LAS ESPECIES, TIPO , COLOR DE SEMILLA Y TIPO DE CUBIERTA

CLAVE	ESPECIE	CLAVE	TIPO	CLAVE	COLOR	CLAVE	CUBIERTA
1	<i>hypochondriacus</i>	1	Azteca	1	blanco	1	opaca
2	<i>cruentus</i>	2	Mercado	2	café	2	cristalina
3	<i>hybridus</i>	3	Nepal	3	negro		
		4	Mexicano				
		5	Guatemalteco				
		6	Africano				
		7	Prima				

**CUADRO 2**  
**RESULTADOS DE LABORATORIO**

		ESPECIE	TIPO	COLOR	CUBIERTA	PROTEINA %	LISINA %	TRIPTOFANO %
						B.S	(g DE AA EN 100g DE PROT.)	(g DE AA EN 100g DE PROT.)
0	1	1	1	3	1	14.33	4.79	1.28
0	2	1	1	3	1	14.69	4.60	1.38
0	3	1	1	3	1	13.08	6.23	1.69
0	4	1	1	1	1	14.21	5.30	1.52
0	5	1	1	1	1	13.95	5.74	1.47
0	6	1	1	1	1	14.41	6.81	1.73
0	7	1	1	1	1	13.20	5.86	1.41
0	8	1	1	1	1	14.60	6.77	1.75
0	9	1	1	1	1	14.80	5.94	1.44
1	0	1	1	1	1	14.96	7.57	1.36
1	1	1	1	1	1	12.67	6.39	1.45
1	2	1	1	1	1	13.93	7.31	1.60
1	3	1	1	1	2	13.32	6.30	1.45
1	4	1	2	2	1	12.95	6.78	1.53
1	5	1	2	2	1	14.80	7.96	1.61
1	6	1	2	2	1	14.38	6.81	1.74
1	7	1	2	2	1	14.81	5.71	1.47
1	8	1	2	2	1	15.09	5.99	1.42
1	9	1	2	2	1	12.20	7.61	1.57
2	0	1	2	2	1	15.65	6.20	1.55
2	1	1	3	3	1	13.67	3.95	1.10
2	2	1	3	3	1	13.36	4.27	1.31

**CONTINUACION CUADRO 2  
RESULTADOS DE LABORATORIO**

			ESPECIE	TIPO	COLOR	CUBIERTA	PROTEINA %	LISINA %	TRIPTOFANO %
							B.S	(g DE AA EN 100g DE PROT.)	(g DE AA EN 100g DE PROT.)
2	3	1	3	3	1	14.17	4.49	1.29	
2	4	1	3	1	1	14.29	8.27	1.60	
2	5	1	3	1	1	14.89	7.41	1.49	
2	6	1	3	1	1	14.56	6.25	1.41	
2	7	2	4	3	1	13.88	3.63	1.31	
2	8	2	4	1	1	14.41	7.50	1.64	
2	9	2	4	1	1	14.72	5.05	1.71	
3	0	2	4	1	1	15.32	5.10	1.82	
3	1	2	4	1	1	13.95	6.14	1.59	
3	2	2	4	1	1	14.90	5.42	1.43	
3	3	2	4	1	1	14.00	8.26	1.64	
3	4	2	4	1	1	14.20	5.92	1.43	
3	5	2	4	1	1	16.26	5.25	1.50	
3	6	2	4	1	1	15.33	7.00	1.42	
3	7	2	4	1	2	14.77	5.51	1.46	
3	8	2	4	1	2	14.30	6.06	1.58	
3	9	2	4	1	2	13.84	6.03	1.56	
4	0	2	4	1	2	14.18	6.29	1.47	
4	1	2	4	1	2	12.85	6.83	1.47	
4	2	2	4	1	2	14.66	6.58	1.88	
4	3	2	4	1	2	14.62	5.78	1.56	
4	4	2	4	1	2	14.26	5.51	1.64	

**CONTINUACION CUADRO 2**  
**RESULTADOS DE LABORATORIO**

		ESPECIE	TIPO	COLOR	CUBIERTA	PROTEINA %	LISINA %	TRIPTOFANO %
						B.S	(g DE AA EN 100g DE PROT.)	(g DE AA EN 100g DE PROT.)
4	5	2	5	3	1	13.61	3.76	1.04
4	6	2	5	3	1	13.60	3.02	1.09
4	7	2	5	3	1	13.91	3.63	1.07
4	8	2	5	3	1	13.83	3.51	1.25
4	9	2	5	3	1	13.53	3.25	1.28
5	0	2	5	3	1	14.96	4.35	1.17
5	1	2	5	1	2	14.85	6.17	1.46
5	2	2	5	1	2	13.70	6.18	1.31
5	3	2	6	3	1	14.35	4.21	1.16
5	4	2	6	3	1	15.42	4.26	1.43
5	5	2	6	3	1	15.14	4.23	1.22
5	6	2	6	3	1	14.59	3.81	1.29
5	7	2	6	3	1	14.25	3.69	1.05
5	8	2	6	3	1	15.00	4.52	1.32
5	9	2	6	1	1	14.44	6.08	1.57
6	0	2	6	1	2	13.77	5.24	1.43
6	1	3	7	3	1	13.20	4.67	1.24
6	2	3	7	3	1	13.52	4.32	1.24
6	3	3	7	3	1	14.91	4.53	1.27
6	4	3	7	3	1	13.77	4.18	1.18
6	5	3	7	3	1	15.02	4.99	1.30

**CUADRO 3**  
**RESULTADOS DE LABORATORIO**

		ESPECIE	TIPO	COLOR	CUBIERTA	HUMEDAD %	CENIZA %	FIBRA CRUDA %
0	1	1	1	3	1	9.81	4.05	8.07
0	2	1	1	3	1	10.01	2.42	6.98
0	3	1	1	3	1	10.51	2.82	1.85
0	4	1	1	1	1	10.74	2.80	1.85
0	5	1	1	1	1	9.92	2.70	2.01
0	6	1	1	1	1	9.81	2.99	2.65
0	7	1	1	1	1	9.77	3.98	1.85
0	8	1	1	1	1	9.48	3.35	1.37
0	9	1	1	1	1	9.80	3.22	1.77
1	0	1	1	1	1	9.54	3.18	2.06
1	1	1	1	1	1	9.23	3.33	2.54
1	2	1	1	1	1	9.99	2.96	2.61
1	3	1	1	1	2	10.09	2.67	2.05
1	4	1	2	2	1	9.95	3.94	2.10
1	5	1	2	2	1	9.25	3.43	2.63
1	6	1	2	2	1	9.66	3.14	2.13
1	7	1	2	2	1	9.68	5.58	2.64
1	8	1	2	2	1	9.90	3.17	2.10
1	9	1	2	2	1	9.74	4.49	2.51
2	0	1	2	2	1	8.98	3.93	2.47
2	1	1	3	3	1	11.01	3.47	8.93
2	2	1	3	3	1	9.61	4.24	7.63

**CONTINUACION CUADRO 3**  
**RESULTADOS DE LABORATORIO**

		ESPECIE	TIPO	COLOR	CUBIERTA	HUMEDAD %	CENIZA %	FIBRA CRUDA %
2	3	1	3	3	1	10.32	5.06	8.44
2	4	1	3	1	1	9.34	2.95	1.75
2	5	1	3	1	1	9.48	3.63	3.01
2	6	1	3	1	1	10.34	3.87	2.75
2	7	2	4	3	1	10.14	3.31	7.25
2	8	2	4	1	1	9.64	2.86	1.96
2	9	2	4	1	1	12.58	3.11	2.57
3	0	2	4	1	1	9.26	3.58	1.68
3	1	2	4	1	1	10.45	3.03	1.92
3	2	2	4	1	1	10.57	3.19	2.35
3	3	2	4	1	1	9.74	3.07	2.55
3	4	2	4	1	1	10.49	3.22	6.25
3	5	2	4	1	1	9.71	3.05	3.01
3	6	2	4	1	1	9.39	2.71	2.47
3	7	2	4	1	2	9.39	2.55	2.05
3	8	2	4	1	2	9.10	3.05	1.45
3	9	2	4	1	2	9.76	2.99	1.34
4	0	2	4	1	2	13.82	3.14	2.33
4	1	2	4	1	2	9.70	2.76	1.31
4	2	2	4	1	2	10.11	3.92	1.99
4	3	2	4	1	2	9.60	3.58	2.17
4	4	2	4	1	2	9.79	2.72	2.11

**CONTINUACION CUADRO 3**  
**RESULTADOS DE LABORATORIO**

		ESPECIE	TIPO	COLOR	CUBIERTA	HUMEDAD %	CENIZA %	FIBRA CRUDA %
4	5	2	5	3	1	10.25	3.36	9.78
4	6	2	5	3	1	10.54	3.54	9.57
4	7	2	5	3	1	10.21	3.29	8.72
4	8	2	5	3	1	9.70	3.59	9.70
4	9	2	5	3	1	11.20	3.10	9.52
5	0	2	5	3	1	10.83	3.50	7.65
5	1	2	5	1	2	9.32	3.69	2.84
5	2	2	5	1	2	10.63	2.99	2.99
5	3	2	6	3	1	9.89	4.16	7.73
5	4	2	6	3	1	10.22	3.79	5.92
5	5	2	6	3	1	9.50	4.18	7.75
5	6	2	6	3	1	10.24	4.11	8.11
5	7	2	6	3	1	10.67	3.00	9.10
5	8	2	6	3	1	11.09	3.97	7.71
5	9	2	6	1	1	8.95	6.44	2.15
6	0	2	6	1	2	9.67	2.79	2.88
6	1	3	7	3	1	11.45	3.59	7.13
6	2	3	7	3	1	10.23	4.12	8.32
6	3	3	7	3	1	10.60	3.95	8.50
6	4	3	7	3	1	9.83	3.77	7.12
6	5	3	7	3	1	9.25	4.17	7.83

tipo Mexicano, color de la semilla negra, cubierta opaca; del 28 al 36 le corresponde el tipo Mexicano, semilla blanca, cubierta opaca; del 37 al 44 le corresponde el tipo Mexicano, semilla blanca, cubierta cristalina.

Del 45 al 50 le corresponde el tipo Guatemalteco, semilla negra, cubierta opaca; del 51 al 52 le corresponde el tipo Guatemalteco, semilla blanca, cubierta cristalina.

Del material 53 al 58 le corresponde el tipo Africano, semilla negra, cubierta opaca; el 59 le corresponde el tipo Africano, semilla blanca, cubierta opaca; el 60 pertenece al tipo Africano, semilla blanca, cubierta cristalina.

Y, finalmente del 61 al 65 le corresponde la especie *A. hybridus* tipo Prima, semilla negra, cubierta opaca.

Como se puede observar, sólo se presentaron un total de 12 materiales de 65, con cubierta cristalina, el resto fue opaca. De los cuales el tipo Azteca, presentó un material, el tipo Mexicano 8, el tipo Guatemalteco 2 y el tipo Africano 1.

En cuanto al color, el color dominante fue el blanco (35), en segundo lugar el negro (24) y en tercer lugar el café (6).

Los cuadros del 4 al 11, presentan los resultados del análisis estadístico para las variables Proteína, Lisina y Triptofano.

Los cuadros del 12 al 19 presentan los resultados del análisis estadístico para las variables Humedad, Ceniza y Fibra Cruda.

## CUADRO 4

COMPARACION DE MEDIAS Y DESVIACION ESTANDAR DEL CONTENIDO  
DE PROTEINA, LISINA Y TRIPTOFANO POR ESPECIE

ESPECIE	PROTEINA %		LISINA %		TRIPTOFANO %	
	MEDIA	D.S.	MEDIA	D.S.	MEDIA	D.S.
<i>A. hypochondriacus</i>	14.11	0.83	6.20	1.15	1.48	0.15
<i>A. cruentus</i>	14.36	0.67	5.22	1.30	1.41	0.21
<i>A. hybridus</i>	14.08	0.83	4.53	0.31	1.24	0.04

## CUADRO 5

CUADRADOS MEDIOS, SUMA DE CUADRADOS Y  
SIGNIFICANCIA PARA LAS TRES ESPECIES DE  
AMARANTO POR VARIABLE.

ESPECIE	PROTEINA %	LISINA %	TRIPTOFANO %
CUADRADOS MEDIOS	0.052672	9.8734	0.12635
SUMA DE CUADRADOS	1.05394	19.7464	0.25271
SIGNIFICANCIA	NS	S	S

## CUADRO 6

COMPARACION DE MEDIAS Y DESVIACION ESTANDAR  
DEL CONTENIDO DE PROTEINA, LISINA Y TRIPTOFANO  
POR TIPOS.

TIPOS	PROTEINA %		LISINA %		TRIPTOFANO %	
	MEDIA	D.S.	MEDIA	D.S.	MEDIA	D.S.
AZTECA	14.01	0.73	6.12	0.89	1.50	0.14
MERCADO	14.26	1.23	6.72	0.83	1.55	0.10
NEPAL	14.16	0.56	5.77	1.80	1.36	0.17
MEXICANO	14.41	0.73	5.99	1.03	1.56	0.14
GUATEMALTECO	13.99	0.57	4.23	1.25	1.20	0.14
AFRICANO	14.62	0.53	4.50	0.79	1.30	0.16
PRIMA	14.08	0.83	4.53	0.31	1.24	0.04

## CUADRO 7

CUADRADOS MEDIOS, SUMA DE CUADRADOS Y SIGNIFICANCIA, POR TIPOS PARA LAS VARIABLES PROTEINA, LISINA Y TRIPTOFANO

TIPO	PROTEINA %	LISINA %	TRIPTOFANO %
CUADRADOS MEDIOS	0.483848	7.49038	0.141604
SUMA DE CUADRADOS	5.322326	82.394187	1.557647
SIGNIFICANCIA	NS	S	S

## CUADRO 8

COMPARACION DE MEDIAS Y DESVIACION ESTANDAR DEL  
CONTENIDO DE PROTEINA, LISINA Y TRIPTOFANO POR  
COLOR DE LA SEMILLA

COLOR	PROTEINA %		LISINA %		TRIPTOFANO %	
	MEDIA	D.S.	MEDIA	D.S.	MEDIA	D.S.
BLANCA	14.29	0.70	6.28	0.85	1.53	0.13
CAFE	14.26	1.23	6.72	0.83	1.55	0.10
NEGFA	14.15	0.67	4.20	0.65	1.24	0.13

## CUADRO 9

CUADRADOS MEDIOS, SUMA DE CUADRADOS Y SIGNIFICANCIA  
POR COLOR DE LAS SEMILLAS, PARA LAS VARIABLES  
PROTEINA, LISINA Y TRIPTOFANO.

COLOR	PROTEINA %	LISINA %	TRIPTOFANO %
CUADRADOS MEDIOS	0.14157	35.8348	0.64495
SUMA DE CUADRADOS	0.283147	71.6697	1.2899
SIGNIFICANCIA	NS	S	S

## CUADRO 10

COMPARACION DE MEDIAS Y DESVIACION ESTANDAR DEL  
CONTENIDO DE PROTEINA, LISINA Y TRIPTOFANO  
POR TIPO DE CUBIERTA.

CUBIERTA	PROTEINA %		LISINA %		TRIPTOFANO %	
	MEDIA	D.S.	MEDIA	D.S.	MEDIA	D.S.
<b>OPACA</b>	14.27	0.67	5.45	1.35	1.41	0.21
<b>CRISTALINA</b>	14.09	0.73	6.04	1.05	1.52	0.35

## CUADRO 11

CUADRADOS MEDIOS, SUMA DE CUADRADOS Y SIGNIFICANCIA, PARA  
LOS DOS TIPOS DE CUBIERTA POR VARIABLE  
PROTEINA, LISINA Y TRIPTOFANO.

CUBIERTA	PROTEINA %	LISINA %	TRIPTOFANO %
CUADRADOS MEDIOS	0.3313	3.3108	0.119717
SUMA DE CUADRADOS	0.3313	3.3108	0.119717
SIGNIFICANCIA	NS	NS	NS

## CUADRO 12

COMPARACION DE MEDIAS Y DESVIACION ESTANDAR DEL CONTENIDO  
DE HUMEDAD, CENIZA Y FIBRA CRUDA POR ESPECIE

ESPECIE	HUMEDAD %		CENIZA %		FIBRA CRUDA %	
	MEDIA	D.S.	MEDIA	D.S.	MEDIA	D.S.
<i>A. hypochondriacus</i>	9.84	0.46	3.51	0.75	3.33	2.37
<i>A. cruentus</i>	10.18	0.95	3.39	0.69	4.67	3.11
<i>A. hybridus</i>	10.27	0.82	3.92	0.24	7.78	0.64

## CUADRO 13

CUADRADOS MEDIOS, SUMA DE CUADRADOS Y SIGNIFICANCIA, PARA LAS TRES ESPECIES DE AMARANTO POR VARIABLE.

ESPECIE	HUMEDAD %	CENIZA %	FIBRA CRUDA %
CUADRADOS MEDIOS	0.096242	0.62973	44.5548
SUMA DE CUADRADOS	1.92485	1.25946	89.10966
SIGNIFICANCIA	NS	NS	S

## CUADRO 14

COMPARACION DE MEDIAS Y DESVIACION ESTANDAR  
DEL CONTENIDO DE HUMEDAD, CENIZA Y FIBRA CRUDA  
POR TIPOS.

TIPOS	HUMEDAD %		CENIZA %		FIBRA CRUDA %	
	MEDIA	D.S.	MEDIA	D.S.	MEDIA	D.S.
AZTECA	9.9	0.40	3.11	0.48	2.80	2.09
MERCADO	9.59	1.35	3.95	0.86	2.36	0.24
NEPAL	10.01	0.64	3.87	0.72	5.41	3.24
MEXICANO	10.18	1.19	3.10	0.34	2.59	1.58
GUATEMALTECO	10.33	0.60	3.38	0.24	7.59	2.97
AFRICANO	10.03	0.67	4.05	1.10	6.41	2.56
PRIMA	10.27	0.82	3.92	0.24	7.78	0.64

## CUADRO 15

CUADRADOS MEDIOS, SUMA DE CUADRADOS Y SIGNIFICANCIA, POR TIPOS PARA LAS VARIABLES HUMEDAD, CENIZA Y FIBRA CRUDA.

TIPO	HUMEDAD %	CENIZA %	FIBRA CRUDA %
CUADRADOS MEDIOS	0.78919437	1.116374	48.15
SUMA DE CUADRADOS	5.38113801	12.2804	496.72533
SIGNIFICANCIA	NS	S	S

## CUADRO 16

COMPARACION DE MEDIAS Y DESVIACION ESTANDAR DEL  
DEL CONTENIDO DE HUMEDAD, CENIZA Y FIBRA CRUDA,  
POR COLOR DE LA SEMILLA.

COLOR	HUMEDAD %		CENIZA %		FIBRA CRUDA %	
	MEDIA	D.S.	MEDIA	D.S.	MEDIA	D.S.
BLANCA	9.97	0.94	3.23	0.67	2.31	0.85
CAFE	9.59	1.35	3.95	0.86	2.36	0.24
NEGRA	10.29	0.56	3.69	0.56	7.88	1.60

## CUADRO 17

CUADRADOS MEDIOS, SUMA DE CUADRADOS Y SIGNIFICANCIA  
POR COLOR DE LA SEMILLA, PARA LAS VARIABLES  
HUMEDAD, CENIZA Y FIBRA CRUDA.

COLOR	HUMEDAD %	CENIZA %	FIBRA CRUDA %
CUADRADOS MEDIOS	1.546072	2.31734	234.545
SUMA DE CUADRADOS	3.09214	4.63468	469.09
SIGNIFICANCIA	NS	NS	S

## CUADRO 18

COMPARACION DE MEDIAS Y DESVIACION ESTANDAR DEL  
CONTENIDO DE HUMEDAD, CENIZA Y FIBRA CRUDA  
POR TIPO DE CUBIERTA.

CUBIERTA	HUMEDAD %		CENIZA %		FIBRA CRUDA %	
	MEDIA	D.S.	MEDIA	D.S.	MEDIA	D.S.
OPACA	10.047	0.89	3.57	0.79	4.88	2.67
CRISTALINA	10.082	0.92	3.07	0.34	2.12	1.58

## CUADRO 19

CUADRADOS MEDIOS, SUMA DE CUADRADOS Y SIGNIFICANCIA,  
PARA LOS DOS TIPOS DE CUBIERTA POR VARIABLE  
HUMEDAD, CENIZA Y FIBRA CRUDA.

CUBIERTA	HUMEDAD %	CENIZA %	FIBRA CRUDA %
CUADRADOS MEDIOS	0.01177	2.4843	74.5667
SUMA DE CUADRADOS	0.01177	2.4843	74.5667
SIGNIFICANCIA	NS	S	S

## VI. D I S C U S I O N

En el cuadro 4 se presentan los valores del contenido de proteína promedio por especie, en donde se observa que *A. cruentus* presentó el valor más alto de contenido de proteína base seca en 100 gr. de harina desgrasada, equivalente a 14.36%, *A. hypochondriacus* presentó 14.11% de contenido de proteína, y finalmente *A. hybridus* presentó el valor más bajo de 14.08%.

Espitia R. (1991), menciona que el valor nutritivo de la semilla de amaranto contiene entre 14 y 18% de proteína (harina base seca) y su alto valor biológico se debe principalmente a que su balance de aminoácidos es el que más se acerca al de la proteína ideal propuesta por la FAO.

En cuanto a la significancia en el cuadro 12, se observa que la correlación de los resultados, indicó una variación no significativa en el contenido de proteína para las tres especies, presentando un rango sobre los valores obtenidos de las medias, que varió 0.28%, lo que indica nuevamente una diferencia poco significativa.

Para las tres especies se determinó variabilidad significativa en el contenido de lisina y triptofano, siendo la especie *hypochondriacus* la que presentó el valor más alto con 6.20 de lisina y 1.48 de triptofano; para *A. cruentus* los resultados de los cuadros 4 y 5 indican que ésta especie presentó 5.22 de lisina y 1.41 de triptofano y, finalmente; *A. hybridus* presentó los valores más bajos en ambos aminoácidos con 4.53 de

lisina y 1.24 de triptofano.

Por tipos el contenido de proteína para *A. hypochondriacus* tuvo los valores siguientes: Azteca reportó 14.01% de proteína, Mercado 14.26% y Nepal 14.16%.

*A. cruentus* reportó para el tipo Mercado 14.41%, Guatemalteco 13.99%, Africano 14.62% y *A. hybridus* reportó para el tipo Prima 14.08%.

Los tipos Africano y Mexicano, presentaron los valores más altos en contenido de proteína, contrastantemente el tipo Guatemalteco presentó el valor más bajo de los siete tipos analizados, siendo inclusive inferior al reportado por la bibliografía. (13.99%).

Los cuadros 6 y 7 presentaron un comportamiento similar para los tipos con respecto a la correlación de la información en donde para el contenido de proteína, no se registró diferencia significativa, sin embargo en cuanto al contenido de lisina y triptofano, sí se tuvieron diferencias significativas, reportando que los tipos Mercado y Azteca presentaron valores superiores a 6% en contenido de lisina base seca, (6.72 % y 6.12 %, respectivamente); Mexicano (5.99 %) y Nepal (5.77 %); los tipos restantes presentaron valores en contenido de lisina menores de 5% . (Ver cuadro 6).

Para Lisina los niveles recomendados por la FAO y la WHO son de 5.5%, por lo que los tipos Mercado, Azteca, Mexicano y Nepal son recomendables para mejorar la calidad de proteína,

consumiéndose como productos solos y/o en combinación con cereales.

El material que presentó el valor más bajo en cuanto al contenido de lisina fue el tipo Guatemalteco con una media de 4.23 %. La desviación estándar indicó mayor variabilidad en lisina para los tipos Nepal, Guatemalteco y Mexicano, y menor variabilidad para los tipos Prima, Africano, Mercado y Azteca, en ese orden.

Con respecto del color de la semilla, los valores de contenido de proteína, también fueron superiores al 14%, e inferiores de 14.3%. En la correlación de resultados, nuevamente no se tuvieron diferencias significativas en cuanto al contenido de proteína por el color de la semilla, sin embargo en contenido de lisina y triptofano sí se tuvieron diferencias significativas; las semillas de color café presentaron el mayor contenido de lisina (6.72%), mientras que las semillas de color blanco presentaron un contenido de lisina de 6.28% y las semillas de color negro presentaron un contenido de lisina inferior de 4.3%.

De acuerdo con la FAO y la WHO, el contenido de lisina recomendado es de 5.0 y para triptofano de 1.0.

En el contenido de triptofano el comportamiento fue el mismo siendo la semilla de color café la que presentó el mayor contenido de triptofano (1.55%), en segundo lugar la semilla de color blanco (1.53%) y finalmente la semilla de color negro con un 1.24 %.

De acuerdo con los requerimientos de la FAO y de la WHO, las semillas de color blanco y café, contienen concentraciones por arriba de los niveles recomendados, sin embargo, la semilla de color negro es ligeramente deficiente en lisina y aceptable en cuanto al contenido de triptofano.

La variable de tipo de cubierta cristalina u opaca, no presentaron diferencias significativas en el contenido de proteína (cuadros 7 y 15), ni en los contenidos de lisina y triptofano, siendo por lo tanto indistinto el consumir la opaca o la cristalina. Aunque la cristalina, de acuerdo a las medias presentó los valores más altos.

En resumen, el tipo Mercado presentó el contenido de lisina más alto (6.72%) y menor variabilidad en los materiales analizados, con respecto de los tipos Mexicano y Nepal, por lo que con base en éste estudio, este material y el Azteca (en ese orden), serían de los más viables para recomendarse como materiales de excelente calidad para la dieta humana, y para estimular su cultivo en regiones del Valle de México y en el Edo. de México.

La semilla café, presentó el contenido más alto de lisina (6.72%) y la semilla de color blanco, presentó un contenido de 6.28%, ambos valores superiores al recomendado por la FAO y la WHO.

Con respecto del contenido de triptofano, si hubo diferencias significativas, presentándose los valores de las

medias más altos en la semillas café y blanca, respectivamente.

La semilla de color negro presentó valores por debajo de los recomendados por la FAO y la WHO para lisina (4.20), sin embargo para triptofano se encuentra por encima del valor recomendado; lo que indica que, si en el contenido de proteína no hubo diferencias significativas y el contenido de triptofano es superior al recomendado por la FAO y la WHO, el color negro puede ser viable como alimento para consumo humano, aunque la semilla blanca es de mejor calidad que la negra y la café es de excelente calidad, superando a ambas con los mejores contenidos de lisina y triptofano.

Es importante mencionar que la semilla de color negro presenta una cubierta más gruesa que las de color café y blanco, inclusive éste grosor dificulta el reventado de la semilla para elaborar el dulce de amaranto, por lo que se ha optado en descartar éste tipo de semilla por la cubierta, más que por el color de la semilla. (Espitia, 1994).

Los cuadros del 12 al 19, presenta los valores de las medias, desviación estándar por especies, tipos, color de la semilla y cubierta para las variables Humedad, Ceniza y Fibra Cruda.

La correlación del análisis estadístico de los datos reflejó que no existe diferencia significativa en el contenido de humedad y cenizas por especie, existiendo diferencia significativa en el contenido de fibra.

El mayor contenido de fibra se registró en *A. hybridus* con 7.78 %, valor muy superior al comparado con *A. cruentus* (4.67 %) y *A. hypochondriacus* (3.33 %).

La desviación estándar de fibra cruda, presentó un valor muy bajo de variabilidad, con respecto a las desviaciones reportadas para las otras dos especies.

A nivel de tipos los resultados de la evaluación estadística indicaron que no existe variabilidad significativa en el contenido de humedad, existiendo diferencias significativas por tipos en el contenido de ceniza y fibra cruda.

El tipo Africano presentó el contenido de cenizas más alto (4.05 %) y los tipos Mexicano y Azteca presentaron los valores más bajos (3.10 y 3.11 %), respectivamente.

Los tipos Prima y Guatemalteco, presentaron los valores más altos de fibra cruda (7.78 % y 7.59 %), respectivamente, y el contenido más bajo lo presentó el tipo Mexicano con 1.58 % de fibra cruda.

El color de la semilla no presentó diferencias significativas en el contenido de humedad y cenizas; pero sí presentó diferencias significativas en el contenido de fibra cruda.

La semilla que presentó el valor más alto en contenido de fibra cruda fue el color negro con un valor promedio de 7.88 %, mientras que la semilla café presentó un contenido de 2.36 % y la blanca de 0.85 %.

El tipo de cubierta cristalina y opaca, con respecto de la humedad, nuevamente presentó valores no significativos para éstas características.

Los contenidos de cenizas y fibra cruda sí presentaron diferencias significativas, de donde, la cubierta opaca presentó los contenidos más altos reportando 3.57 % de cenizas y 4.88 de fibra cruda y la cristalina presentó valores promedio de 3.07% para cenizas y 2.12 % para fibra cruda.

Paredes, L.O., et.al. (1990), reporta la composición proximal de distintas especies de amaranto (g/100 g base seca), de donde *A. caudatus* presenta 8.0 % fibra cruda, cenizas 3.0 %; *A. cruentus* reporta 4.4 % de fibra cruda y 3.3 % de cenizas y *A. hypochondriacus* reporta 5.5 % de fibra cruda y 3.3 % de cenizas.

En cuanto a composición proximal de amaranto y de algunos cereales, Paredes et.al. (1992), reporta para amaranto 8.0 % de humedad, 4.9 % de fibra y 3.4 % de cenizas. Lo que indica que los valores de humedad, ceniza y fibra cruda se encuentran dentro de los rangos aceptables para éste grano.

Estableciendo una correlación entre las variables proteína, lisina y triptofano, con respecto de humedad, cenizas y fibra cruda, se encontró que a nivel de especies *A. hybridus*, presentó los valores más altos en contenido de humedad, cenizas y fibra cruda y, ésta misma especie, presentó los contenidos más pobres de proteína, lisina y triptofano.

Por otra parte *A. cruentus* presentó el valor más alto en contenido de proteína (cuadro 4), con respecto de un valor intermedio de humedad; el valor más bajo de cenizas y un valor intermedio de fibra cruda (con respecto de las otras dos especies).

*A. hypochondriacus* presentó los contenidos más altos de lisina y triptofano, reportando un valor intermedio de cenizas (valor considerado con respecto de las otras dos especies) y el valor más bajo en contenido de fibra cruda.

A nivel de tipos; el Africano reportó el contenido más alto de proteína, reportando un valor intermedio en el contenido de humedad, el contenido de cenizas más alto de los siete tipos y un valor intermedio de fibra cruda.

Con respecto del color de semilla, la semilla de color blanco reportó el contenido de proteína más alto, contra un contenido intermedio de humedad, un bajo contenido de cenizas y un valor intermedio en el contenido de fibra cruda.

La semilla café presentó los contenidos más altos de lisina y triptofano, con respecto de los contenidos en las semillas de color blanca y negra. Las variables de humedad, ceniza y fibra cruda presentaron un valor intermedio de humedad, el contenido más alto de cenizas y nuevamente un valor intermedio de fibra cruda.

Con respecto del tipo de cubierta, la opaca presentó el contenido de proteína más alto, reportando un contenido de

humedad bajo y los contenidos más altos de cenizas y fibra cruda.

Esta correlación de resultados en algunos casos presenta una relación directa entre el contenido de cenizas y fibra cruda, contra el contenido de proteína, es decir; a mayor contenido de fibra cruda menor contenido de proteína.

En *A. hybridus* ésta relación se presentó de forma directa, afectando inclusive el contenido de lisina y triptofano.

Con respecto de *A. cruentus*, en ésta especie la relación no se cumplió, ya que presentó el valor más bajo en contenido de cenizas y un valor intermedio de fibra cruda, contra el valor más alto en contenido de proteína.

En *A. hypochondriacus*, nuevamente no se presentó la relación directa: a mayor contenido de fibra cruda, menor contenido de lisina y triptofano.

*A. hypochondriacus* reportó los contenidos más altos de lisina y triptofano, contra un valor intermedio de cenizas y el contenido más bajo de fibra cruda con respecto de las tres especies.

Por consiguiente, se requiere realizar más estudios respecto de esta posible relación, así como el efectuar más análisis con un número mayor de materiales del tipo Prima, porque en éste tipo en particular, al parecer sí existe una relación directa entre el contenido de fibra cruda y el contenido de proteína.

La importancia radica en que la determinación de fibra cruda es más sencilla y menos costosa que la determinación de proteína.

## VII. CONCLUSIONES

- 1) De los 65 materiales que se usaron para éste trabajo, se concluye que el contenido de proteína desgrasada fue superior en la especie *Amaranthus cruentus*, con 14.36%, las especies *A. hypochondriacus* y *A. hybridus* presentaron contenidos inferiores respectivamente, sin embargo, con base en el análisis estadístico las diferencias entre las tres especies (14.36%, 14.11% y 14.08%) no presentaron estadísticamente una diferencia significativa con un valor de confianza de 95%, por lo que las tres especies pueden ser aprovechadas para consumo humano por contener un valor protéico aceptable y dentro de los rangos que establece la FAO y la WHO, para consumo humano.
  
- 2) En cuanto al contenido de Lisina y Triptofano, la especie *A. hypochondriacus*, presentó los contenidos de lisina y triptofano más altos, con respecto de las otras dos especies y estadísticamente sí existen diferencias significativas con respecto del contenido de las otras dos especies y sobre todo con respecto de *A. hybridus*, la cual presentó los valores más bajos en lisina, triptofano y contenido de proteína. Por lo que *A. hypochondriacus* es el mejor material a éste nivel (especie), el que presentó la mejor calidad. Estadísticamente se establecieron las hipótesis  $H_0$  y  $H_a$ , de donde:

Ho = Todas las especies y los tipos son iguales en el contenido de proteína.

Ha = Al menos una especie o tipo, presenta un contenido de proteína diferente.

Por lo que Ho fue desechada y Ha fue aceptada.

- 3) Por tipos la especie *Amaranthus cruentus* presentó los contenidos más altos de proteína en dos de sus tipos: Africano con 14.62% y Mexicano con 14.41%, respectivamente; contrastando con el tercer tipo analizado. *A. cruentus* Guatemalteco, quien presentó el contenido de proteína más bajo de los 65 materiales seleccionados (13.99%).

El análisis estadístico reflejó que la hipótesis Ho fue la aceptada por no existir diferencias significativas a este nivel.

El contenido de Lisina y Triptofano a nivel de tipos, sí presentó diferencias significativas, por lo que Ha fue aceptada y Ho rechazada.

Los tipos que presentaron el contenido más alto de aminoácidos fueron: *A. hypochondriacus* Mercado (6.72%), *A. hypochondriacus* Azteca (6.12%) y *A. hypochondriacus* Nepal (5.77%) para Lisina y, para Triptofano: *A. cruentus* Mexicano (1.56%), *A. hypochondriacus* Mercado (1.55%) y *A. hypochondriacus* Azteca (1.50%).

De los siete tipos, *A. hypochondriacus* Mercado, presentó el valor más alto de lisina (6.72) y una diferencia en el

contenido de triptofano de .01% (1.55%), con respecto al tipo que le sigue, el Mexicano, el cual reportó el contenido más alto de triptofano con 1.56%.

Por la diferencia mínima en cuanto al contenido de triptofano, a nivel de tipo, Mercado resultó ser el mejor material de los 65 analizados, en éste trabajo y con excelentes posibilidades de ser elegido para mejoramiento genético y sobre todo para sembrarse masivamente y poder constituir un alimento con altas posibilidades para mejorar la calidad de la dieta diaria de los mexicanos, y sobre todo de los niños.

- 4) El tipo Azteca, presentó un 6.12% en contenido de lisina (ocupando el segundo lugar en contenido de lisina, con respecto a un total de siete tipos). La escasez de éste aminoácido en granos como el maíz, y la posibilidad de realizar mezclas de éstos dos granos para mejorar la calidad de las harinas, resulta ser por lo tanto éste material también otra buena opción para éste fin.
  
- 5) El contenido de proteína por color de la semilla, no presentó diferencias significativas por lo que Ha fue rechazada, sin embargo en cuanto al contenido de lisina y triptofano, si existieron diferencias significativas siendo el color café el que presentó el mayor contenido de Lisina (6.72 %), y el mayor contenido de Triptofano (1.55%).

Las semillas de color negro presentaron los contenidos más bajos.

- 6) En cuanto al tipo de cubierta, no se presentaron diferencias significativas, por lo que éstas diferencias fenotípicas no alteran en nada los contenidos de proteína, lisina o triptofano.
  
- 7) Con base en los resultados anteriores y considerando las cualidades en el contenido de lisina y triptofano en la semilla de color café, se concluye que los mejores materiales de los 65 analizados en éste estudio, corresponden a: 13, 14, 15, 16, 17 y 18 (ver cuadros 2 y 3).

Los materiales del 13 al 18 corresponden a:

A. *hypochondriacus* tipo Mercado, semilla de color café y cubierta opaca.

- 8) En cuanto al contenido de humedad, ceniza y fibra cruda, se encontró que la humedad no presentó diferencias significativas por especie y por tipos, no siendo así con respecto de los contenidos de ceniza y fibra cruda, ya que para éstos parámetros sí se presentaron diferencias significativas e incluso en algunos materiales por especie y tipo, se presentó una correlación de: a mayor contenido de fibra cruda, menor contenido de proteína.

Sin embargo, ésta correlación fue indistinta para otros materiales que presentaron bajo contenido de proteína y bajo contenido de fibra cruda, así como materiales que presentaron alto contenido de proteína y alto contenido de fibra, por lo que esta posible correlación fue rechazada.

- 9) Con respecto de la domesticación de los tipos Mercado y Azteca en los Estados Unidos, ambos presentan inconvenientes; el tipo Mercado su maduración es lenta en varias localidades de U.S.A., y la planta llega a alcanzar más de dos metros, lo que dificulta su cosecha; en el caso del Azteca, su floración es tardía, no alcanzando a producir semilla.

En México la producción de semilla en ambos tipos no presenta estos inconvenientes, por lo que su siembra, cosecha y aprovechamiento debería de incorporarse ya en la alimentación de la población, sobre todo la infantil, además de que a diferencia de otros cultivos como el alga espirulina, ésta semilla no contiene color ni sabor que puedan interferir en su aceptación comercial, no requiriendo de un procesamiento previo para su comercialización y/o de costosos tratamientos para quitarle color a la harina, por lo que los estudios actuales deberían estar enfocados a la producción de mejores materiales para siembra, con los mejores contenidos de proteína y aminoácidos, que puedan ser adaptados en las diversas condiciones geográficas del país,

además de diseños experimentales que deberían enfocarse hacia la panificación, mezclado de harinas para la consistencia final de los alimentos, etc.

La proteína del amaranto resulta ser, por lo tanto, una buena opción para que México como país aproveche y retome de sus ancestros las costumbres y usos diversos que tenían de éste grano y que al parecer, la especie *Amaranthus hypochondriacus* es originaria de México.

## VIII BIBLIOGRAFIA

- Becker, R. et. al. 1981. A compositional study of amaranth grain. *Journal Food of Science*. 46:1175-1180.
- Bourges, R.H. 1984. Perfil bromatológico del amaranto. Primer Seminario Nacional del amaranto. Chapingo, México. Vol. 1:242-270.
- Bressani, R. 1984. El Amaranto: Su morfología, composición y usos como forraje. El Amaranto y su Potencial. Bol. 1: 1-5. National Academy of Science. U.S.A. Washington, D.C.
- Bressani, R., L. G. Elías, J.M. González, R. Gómez - Brenes. 1987. The chemical composition and protein quality of amaranth grain germ plasm in Guatemala. *Arch Latinoamerican Nutr.*, 37: 363-377.
- Bressani, R., J. M. González, J. Zúñiga, M. Breuner & L. G. Elías. 1987. Yield, selected chemical composition and nutritive value of 14 selections of amaranth grain representing four species. *Journal Sciences Food Agriculture.*, 38:347-356.
- Bressani, R. 1988. Amaranth: The nutritive value and potential uses of grain and by-products. Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (INCAP). *Food and Nutritional Bulletin*. Vol.10, No 2.
- Bressani, R. 1988. Las proteínas del grano de amaranto. Investigaciones recientes sobre amaranto. Universidad Autónoma de México. Instituto de Geografía. pp 23-44.
- Calderón, B. A. et, al. 1984. Uso potencial de la semilla de amaranto en la obtención de un reactivo biológico y su relación con el valor nutritivo de la harina. Primer Seminario Nacional de Amaranto. Chapingo, México. Vol. 1:290-300.
- Espitia, R.E. 1986. Caracterización y evaluación de germoplasma de *Amaranthus* spp. Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma Agraria " Antonio Narro ". Saltillo Coahuila.

- Espitia, R.E. 1987. Evaluación de 30 genotipos de amaranto en cuatro localidades de la Mesa Central. Coloquio Nacional del Amaranto. Querétaro, Qro. p. 73-88.
- Espitia, R.E. 1990. Comparación Anatómica de dos especies de amaranto, *Amaranthus hypochondriacus* y *Amaranthus cruentus* L. Chapingo, México, p. 1-23.
- Espitia, R.E. 1991. Variabilidad Genética e Interrelaciones del Rendimiento y Sus Componentes en Alegria (*Amaranthus* spp). Tesis M. C. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. p. 102.
- Espitia, R.E. 1992. Amaranth germplasm development and agronomic studies in Mexico. Food Reviews International. 8 (1), 71-76.
- Espitia, R.E. 1994. Información Inédita de investigaciones personales realizadas en campo. Investigador de tiempo completo del CAEVAMEX. INIFAP. SARH. Texcoco, Estado de México.
- Early, D.K. 1977. Cultivation and uses of amaranth in contemporary México. Proceeding of the First Amaranth Seminary. Pennsylvania, USA. P.22.
- FAO/WHO. 1973. Protein requirements. FAO Nutrition Meeting Report. Series. N° 52. Rome, Italy.
- Feine, L.B. 1979. An ethnobotanical observation and collection of grain amaranth in Mexico. In Proceedings of the second Amaranth Conference. Rodale Press Inc. Emmaus. Pa. 11-116 p.
- González, V.J., and E. McClung. 1987. Evidencias arqueobotánicas del amaranto en México. Coloquio Nacional de Amaranto. Querétaro, Qro. México.
- Graham, G., Lembcke, J., Morales, E. 1989. Protein value for children of soft-endosperm maize, alone and with toasted amaranth flour. Nutrition Research 1989, vol. 9, pp. 859-866. USA.

- Granados, S.A. y G. López R. 1984. Chinampas: Historia y etnobotánica de la "Alegría" (*Amaranthus hypochondriacus* L.). Domesticación de verdolaga (*Portulaca oleracea*) y Romerillo (*Suaeda diffusa* Watts). Memoria del primer seminario del amaranto. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. Vol. I: 341-378.
- Grubben, G.J.H. 1976. Culture of the Amaranth, a tropical leaf vegetable, with special reference to south Dahomey. Medelingen Landbouwhogeschool Wageninggen. 75(6): 223.
- Grubben, G.J.H., and Van Sloten D. H. 1981. Genetics resources of amaranths. IBPGR. Executive Secretariat, Plant production and Protection Division, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Via delle Terme di Caracalla, Rome 00100, Italy. 57 pp.
- Gupta, V.K. & Pal, M. 1986. Recolección del germoplasma de amaranto en Kumaon-Garhwal, los Himalaya (Uttar Pradesh, India). En: El amaranto y su potencial. Bol. 4. Ed. Arch. Latinoamer. Nutr. Guatemala.
- Hass, Peggy Wagoner. 1979. The Rodale germ plasm collection. In: Proceedings of the Second Amaranth Conference. Rodale Press. Inc. Emmaus Pa. pp 135-141.
- Haas, Peggy Wagoner. 1980. The Rodale amaranth germ plasm collection. Proceedings of the Second Amaranth Conference, September 14 de 1979, Rodale Press, Inc. 135-141.
- Hernández, C.J. 1986. Estudio del grano de las razas mexicanas de maíz y clasificación racial. Tesis M. C. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. p. 79.
- Morales, E., Lembecke, J., and Graham, G.G. 1988. Nutritional Value for young children of Grain Amaranth and Maize - Amaranth mixtures: Effect of processing. Journal of Nutrition. American Institute of Nutrition. Vol. 118, Number 1. pp. 78-85.
- Kauffman, C. H. Grain amaranth research: An approach to the development of a new crop. In: Proceedings of the Second Amaranth Conference Rodale Press Inc. 81-90 p.

- Kauffman, Charles S., and Carolyn Reider. 1984. Rodale amaranth germ plasm collection (annual revision) (RRC/NC-84/2) Rodale Research Center, Kutztown, Pennsylvania.
- Mapes, C. 1984. Una revisión sobre la utilización del género *Amaranthus* spp. en México. Primer Seminario Nacional del Amaranto. Chapingo, México. Vol. 1: 388-403.
- Nieto, C. C., and Fargas, J. 1987. Análisis del crecimiento de dos especies de *Amaranthus*. En: El Amaranto y su potencial. Bol. 2. Ed. Arch. Latinoamer. Nutr. Guatemala.
- Odtojan, R.C. 1983. El amaranto: una cosecha promisoría descuidada. National Academy of Sci. Bull. 4.
- Pal Aruna, Singh R.P., & Pal M. 1990. Development and Estructure of seeds in *Amaranthus hypochondriacus* L. And its wild progenitor *A. hybridus* L. National Botanical Research Institute, Lucknow 226 001, India. 40 (1), pp 145-150.
- Proceedings of the Second Amaranth Conference. 1980. Morphological studies on *Amaranthus hypochondriacus*. Rodale Press, Inc. p. 60 - 61.
- Robinson, R.G. 1986. Amaranth, quinoa, ragi, tef and niger: tiny seeds of ancient history and modern interest. Station Bull. AD-SD-2949. Agric. Expert. Station. University of Minesota, St. Paul, MN.
- Sánchez Marroquin, A. 1984. Perspectivas biotecnológicas del sistema de amaranto. Primer Seminario Nacional del Amaranto. Chapingo, México. Vol. 1: 28-48.
- Sauer, J. D. 1950. The grain Amaranths: A survey of their history and Clasification. Ann. Missouri Botanical Garden. 37: 561-632.
- Sauer, J. D. 1967. The grain amaranths and their relatives: A revised taxonomic and geografic survey. Ann. Mo. Botanic Garden. 54(2): 103-137.

- Sauer, J. D. 1977. The history of the grain amaranths and their use and cultivation around the world. Proceedings of the first Amaranth Seminary. Rodale Press Inc. Pennsylvania, USA. 9-15 p.
- Saunders, R.M. & Becker, R. 1984. Amaranthus: Apotencial food and feed resource. Cap. 6. In: *Advances in Cereal Science and Tech.* Saint Paul, MN. Vol. 6. pp. 357-397.
- Senft, Joseph. P. 1979. Nutritional anlysis of vegetable and grain amaranth. Proc. Second Amaranth Seminary. Maxatawny, P.A.
- Senft, Joseph. P. 1979. Protein Quality of Amaranth Grain. Organic Gardening and Farming Research Center (OGFRC), Rodale Press Inc., Emmaus, PA 18049. pp 43-47.
- Sumar, K. L. 1987. Los amarantos: Nueva alternativa alimentaria. Universidad Nacional de la Pampa. Facultad de Agronomía. Actas de las primeras jornadas Nacionales sobre amaranto. R. Argentina. p. 96-100.
- Sumar, K. L., et. al. 1992. Grain Amaranth Research in Peru. *Food Reviews International.* 8(1), pp. 87-124.
- Suárez, R.G. & Engleman. 1980. *Agrociencia* 42: 35-49 . México, D.F.
- Suárez, R. G., Marquéz G. J., and Martínez M. A. 1990. Ontogeny of *Amaranthus hypochondriacus* L., (Alegría) seed. *Amaranth Newsletter* N° 3. pp.5-6. National Academy of Science. U.S.A., Washington, D.C.
- Sumar, K.L., Pacheco, N.J., Roca, C.A., Castello, H G., Aedo, P.R., Callo, C Y., and Valdeiglesia, J.E. 1991. Grain amaranth research in Peru. *Food Reviews International.* 8(1), 87-124.
- Teutonico, R.A., and Knorr, D. 1985. Amaranth: Composition, properties and applications of a rediscovered food crop. *Food Technol.* 39: pp. 49-60.

- Trujillo, T. R. 1984. Requerimientos climáticos para el cultivo del amaranto (*Amaranthus* spp). Primer Seminario Nacional del Amaranto. Chapingo, México. Vol. 1: 168-177.
- Vietmayer, N. 1982. Nueva gloria del amaranto. Ceres.5: pp.43-46.
- Villegas, E., Ortega E., y Bauer, R. 1982. Métodos químicos usados en el CIMMYT para determinar la calidad y cantidad de proteína de los cereales. El Batán, México.

## I. DETERMINACION DE NITROGENO

**METODO: METODO AUTOMATIZADO N° 321- 74 de TECHNICON**  
(Método utilizado y probado en el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas y Pecuarias INIFAP).

### A. Procedimiento:

Se pesarán 50 mg de muestra

#### a) Digestión de la muestra:

Se le adiciona un gramo de catalizador (selenio) para acelerar la digestión romper los enlaces, 2.5 ml de ácido sulfúrico concentrado ( $H_2SO_4$ ) y se pone a digestión 1 hr a 350 °C.

b) Después de la digestión se enfrían los tubos a temperatura ambiente, se diluyen con agua destilada aforando a 75 ml, se agitan con el objeto de homogeneizar la muestra, posteriormente se vacía a las cápsulas del aparato Technicon para proceder a la lectura.

Para evitar que las muestras se salgan del graficador que corresponde a la determinación más alta de nitrógeno se ajusta el aparato de cero a 99.5 con el blanco; es decir con el tubo de ensaye el cual se ha sometido a todo el procedimiento sin muestra.

c) Una vez logrado el ajuste de la línea base a 99.5 % se procede a conectar la pipeta automática que iniciará el suministro de las muestras y la lectura.

#### Cálculos:

Las lecturas de transmitancia obtenidas en las muestras problema se restarán de los blancos, estas diferencias se multiplican por el factor obtenido para la curva de calibración y el producto se divide entre el peso de la muestra en miligramos, obteniéndose en el por ciento de nitrógeno de la muestra.

Todas las muestras se analizarán por duplicado y el promedio es el porcentaje de proteína en la muestra. En los cálculos se usará la siguiente fórmula:

$$\text{Porcentaje de proteína} = \frac{Fb_0 + (LM - B)b_1}{10 (\text{Peso de la muestra})} \times 6.25$$

donde:

- F = Factor de dilución (75 ml de agua)
- LM = Lectura de las alícuotas (muestra problema)
- B = Blanco
- 6.25 = Factor de conversión de nitrógeno a proteína en amaranto.

## II. DETERMINACIÓN COLORIMÉTRICA DE LISINA MEDIANTE EL MÉTODO COLORIMÉTRICO DESARROLLADO POR TSAI Y MODIFICADO POR VILLEGAS.

### A. Procedimiento:

a) Pesar 100g de muestra desengrasada y pulverizada en y tubo de ensaye y adicionar 5 ml de solución reguladora de fosfatos con papaína (4 mg de papaína por cada ml de solución reguladora de fosfatos). Asegurarse de que la muestra esté completamente húmeda y agitar 2 veces durante la primera hora de incubación. Preparar el blanco con solución reguladora de fosfatos y papaína.

b) Incubar a 63° C (más -menos 2° C), durante 16 horas, agitar y enfriar dos veces durante la primera hora de incubación. Preparar el blanco con solución reguladora de fosfatos y papaína.

c) Pipetear una alícuota de 1 ml en un tubo de centrífuga y añadir 0.5 ml de solución reguladora de carbonatos y 0.5 ml de suspensión de fosfatos de cobre.

d) Agitar durante 5 minutos y centrifugar a 2000 rpm.

e) Pipetear una alícuota de 1 ml del sobrenadante en un tubo de ensaye y añadir 0.1 ml de solución de 2 - cloro - 3, 5, dinitropiridina. Agitar vigorosamente.

f) Dejar los tubos durante dos horas a temperatura ambiente agitando cada 30 minutos.

g) Añadir 5 ml de ácido clorhídrico 1.2 N a cada tubo y agitar.

h) Añadir 5 ml de acetato de etilo a cada tubo. Taparlos, mezclar invirtiendo los tubos 20 veces, extraer la fase superior con una jeringa que tenga adaptado un tubo de polietileno. Este paso debe repetirse 10 veces.

i) Transferir la fase acuosa a tubos de colorímetro, calibrar el aparato y leer en el fotocolorímetro a una longitud de onda de 390 nm, contra el blanco.

j) Calcular el contenido de lisina de las muestras por comparación con la curva estándar y reportar con base en la proteína.

k) Leer a una densidad óptica de 390 nm. Previamente a la cuantificación de lisina en las muestras se prepara una gráfica de dispersión de lecturas con concentraciones de lisina de 0.250, 500, 750 y 1000 ug/ml; con las concentraciones y sus correspondientes lecturas en el fotocolorímetro.

Se calculó la pendiente  $b_1$  y  $b_0$  de la línea de regresión.

Para el análisis de la muestra, se pesaron 100 mg de harina.

El porcentaje de lisina en la muestra se calculó de siguiente forma:

$$\text{Porcentaje de lisina} = \frac{b_0 + b_1 \times 5 \times 100}{\text{peso de la muestra}}$$

Donde 5 es el factor de dilución.

**III. Determinación Colorimétrica de Triptofano, por el Método de Opeinska - Bluth Modificado por Hernández y Bates.**

1.- Pesar exactamente de 80 a 90 mg de muestra desengrasada y pulverizada en un tubo de ensaye de 10 x 13 mm.

2.- Con una pipeta volumétrica adicionar 3 ml de papaína en solución reguladora de acetato a la muestra, primero poner un poco y agitar con un agitador automático para homogeneizar la muestra, agregar el resto de los 3 ml y tapar el tubo.

3.- En cada gradilla debe de haber al principio dos blancos (los cuales llevarán solamente solución de papaína con solución reguladora de acetato), dos testigos con los mismos reactivos que las muestras.

4.- Las gradillas se meten a la incubadora por 16 horas a una temperatura de 61 °C.

5.- Las muestras hidrolizadas, se sacan, se agitan y se dejan enfriar a la temperatura ambiente (21 a 25 ° C).

6.- Centrifugar este líquido durante 10 minutos a 2,500 rpm.

7.- Mientras tanto en otra gradilla se tendrán frascos, en los cuales se pondrá 4 ml de reactivo C, teniéndolos adecuadamente ordenados.

8.- A estos frascos que contienen el reactivo, se les adiciona 1 ml de sobrenadante de la solución que fue centrifugada (deberá ser exacto, haciéndolo con una pipeta volumétrica de 1 ml y teniendo cuidado de tomar solamente la solución del tubo).

9.- Se agitan los tubos nuevamente, en el agitador automático y se meten durante 15 minutos a la incubadora, para máximo desarrollo de color.

10.- Pasado ese tiempo, se dejan enfriar los tubos y se transfiere la solución (de color violeta), se pasa a celdas o tubos de colorímetro calibrados; sin perder el orden de numeración de las muestras.

12.- Se toman las lecturas en el Colorímetro a una longitud de onda de 545 nm.

13.- Los cálculos se determinan de la forma siguiente:

La curva se obtiene representando gráficamente D.O. contra concentración de triptofano.

de donde:

$b_1$  = Pendiente de la curva estándar

$b_0$  = Ordenada al origen

300 = 3 ml de solución reguladora X 1

$$\frac{(D.O. \times b_1) - b_0}{\text{peso de la muestra}} \times 300 = \% \text{ de Triptofano en Muestra}$$

14.- El contenido de triptofano en la muestra se calcula a partir de la curva estándar y se reporta en gramos de triptofano en 100 gramos de proteína. El valor de por ciento de proteína se obtuvo considerando el factor de 6.25, para amaranto.

#### IV. DETERMINACIÓN DE FIBRA CRUDA

##### A. Procedimiento:

a) Pesar dos gramos de muestra molida, libre de humedad y aceite, depositarla en un vaso de Berzelius de 600 ml.

b) Agregar 200 ml de solución "a" (ácido sulfúrico) caliente y 0.10 ml de alcohol octílico (anti espumante), solamente unas gotas.

c) Es recomendable usar cinco perlas de vidrio, como cuerpos de ebullición.

d) Digerir la muestra en el aparato de digestión, con las parrillas previamente calientes durante 30 minutos.

e) Girar el vaso ocasionalmente para evitar que el material se adhiera a la pared del vaso.

f) Retirar el vaso del aparato y filtrar la solución en el embudo Buchner al vacío, con la tela de lino recibiendo el filtrado en el matraz Kitazato.

g) Lavar perfectamente la tela quitando con sumo cuidado los residuos de muestra y pasarlos al vaso Berzelius con cuatro porciones de 50 ml de agua destilada caliente, enjuagando a su vez el vaso.

h) Pasar el residuo del lavado (filtrado) en el mismo vaso, agregar 200 ml de solución de hidróxido de sodio, previamente caliente y hervir durante treinta minutos en el aparato de digestión,

i) Retirar el vaso del calor y filtrar como en el paso (f), lavado con 25 ml de solución de ácido sulfúrico previamente calentado y posteriormente con tres porciones de agua destilada caliente cada una de 50 ml, procurando usar la misma tela empleada en el paso (f), (quitar las perlas de vidrio).

j) Enjuagar el residuo con veinticinco ml de alcohol etílico al 95 %.

k) Con mucho cuidado pasar el residuo (sin perlas de ebullición) a un crisol de porcelana previamente tarado (puesto a peso constante), anotando su peso, meterlo al horno de secado a una temperatura de 120 ° C ( más - menos 5 ° C ), durante dos horas.

l) Pasar el crisol al desecador, una vez a temperatura ambiente, pesarlo (anotar su peso).

m) Enseguida pasar el crisol a la mufla, se debe de quemar la muestra y a partir de este momento se cuentan los treinta minutos con una temperatura de 500 a 550 ° C.

n) Nuevamente pasarlos a un desecador y una vez frío anotar su peso.

## V. DETERMINACIÓN DE HUMEDAD

- a) Llevar las cajas de aluminio a peso constante 2 horas en la estufa a 130 ° C.
- b) Sacar las cajas y colocarlas en un desecador para que se enfríen.
- c) Pesarse la caja vacía (c v) y anotar ese peso.
- d) Pesarse la caja de aluminio con dos gramos de harina y anotar ese peso. (cmh).
- e) Destapar las cajas e introducir las en la estufa (las tapas deben permanecer dentro de la estufa).
- f) Deshidratar las muestras a 130 ° C, durante 60 minutos.
- g) Al finalizar este tiempo, tapar y sacar las cajas de la estufa colocándolas en un desecador con cloruro anhidro.
- h) Pesarse la caja con la muestra seca y anotar este peso (cm).

Cálculos:

$$\% \text{ de Humedad} = \frac{\text{cmh} - \text{cm}}{\text{cmh} - \text{cv}}$$

Donde:

cmh = Peso más muestra húmeda

cm = Peso más muestra seca

cv = Peso caja vacía

## VI. DETERMINACIÓN DE CENIZAS

Procedimiento:

- a) Marcar los crisoles de porcelana con solución saturada de cloruro férrico para identificación posterior.
- b) llevar los crisoles a peso constante por una hora en mufla a 585 ° C.
- c) Enfriarlos en un desecador con cloruro de calcio en trozos.
- d) Pesar los crisoles vacíos y anotar este peso.
- e) Pesar 2 gramos de harina, anotar ese peso.
- f) Se introducen los crisoles con la muestra a la mufla y se inicia la incineración con la ayuda de un cerillo prendido directamente sobre la muestra.
- g) Incinerar las muestras por un tiempo de 18 horas a 585 ° C.
- h) Sacar los crisoles y dejarlos enfriar en un desecador que contenga cloruro de calcio en trozos.
- i) Pesar los crisoles más residuos (lo más rápido posible con el fin de evitar la absorción de humedad del medio ambiente ya que las cenizas son higroscópicas), anotar este peso.

Cálculos:

$$\% \text{ de Ceniza sin corregir} = \frac{(PC + R) - PVC \times 100}{(PC + M) - PVC}$$

Donde:

PC + R = Peso del crisol más residuos

PVC = Peso del crisol vacío

PC + M = Peso de crisol más muestra

% Ceniza base seca 14 % de humedad =

$$\% \text{ de ceniza sin corregir } 100$$

$$100 \% \text{ humedad de la muestra}$$

% Ceniza bases seca =

$$\% \text{ de cenizas sin corregir } (100)$$

$$100 \% \text{ humedad de la muestra}$$