

300627

7  
24



**UNIVERSIDAD LA SALLE**

**ESCUELA DE QUIMICA  
INCORPORADA A LA UNAM**

**"Evaluación de Semilla de Amaranto  
(Amarantus spp) en Base a diferentes  
Pretratamientos para uso Industrial"**

**TESIS PROFESIONAL**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
**QUIMICA FARMACEUTICA BIOLOGA**  
P R E S E N T A  
**HIELVIA GARCIA SANCHEZ**

México, D. F.

Junio de 1986



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 está 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.

# TESIS CON FALLA DE ORIGEN

# I N D I C E

	Pág.
OBJETIVOS	1
INTRODUCCION	2
Generalidades sobre <i>A. cruentus</i> y <i>A. hypochondriacus</i>	
MATERIALES Y METODOS	9
Aparatos y equipo	9
Muestras de Amarantho	10
Preparación de las semillas	11
Tostado, Reventado o Popping, Cocido	12
Molienda Integral, Molienda por fracciones	13
Secuencia Experimental	14
Análisis efectuados	18
Métodos de Análisis	20
Determinación de Taninos. Método del complejo azul de Francia	21
Determinación de Saponinas por Cromatografía en capa fina	24
RESULTADOS Y DISCUSION	27
CONCLUSIONES	46
RECOMENDACIONES	47
BIBLIOGRAFIA	48

## OBJETIVOS.

Discutir resultados relacionados con el proceso de reventado en base al valor químico de la semilla así como de otros procesos aplicados al amaranto: tostado y cocido; realizando un estudio comparativo con el grano crudo a fin de buscar condiciones alternas de procesamiento.

Determinar la influencia de los procesos de reventado, cocido y tostado en las características químicas de las harinas integrales y fracciones: granillo, salvado, harina gruesa y harina fina.

Sugerir posibles aplicaciones de las harinas en productos alimenticios para diversificación del uso del amaranto.

# EVALUACION DE SEMILLA DE AMARANTO EN BASE A DIFERENTES PRETRATAMIENTOS PARA USO INDUSTRIAL

## INTRODUCCION

De acuerdo a la información disponible, uno de los procesos más comunes que se están utilizando para transformar el amaranto en un alimento es el proceso de reventado con el que se elabora el dulce llamado "alegría". Este proceso, además de darle una estructura agradable al amaranto, le desarrolla un sabor agradable.

Las dos especies de *Amaranthus* más comunes cultivadas en México son *A. cruentus* y *A. hypochondriacus*. Además existen especies no cultivadas como *A. retroflexus* L., *A. scariousus*, *A. hybridus*, etc. (1,2,3).

El *Amaranthus hypochondriacus* es quizá la especie más difundida y de mayor importancia económica estuamente, confundándose a veces con *A. cruentus* por la similitud estructural entre ambas especies.

La altitud a la cual se cultivan en México, pasa de los 1,500 metros, pero también se le encuentra en altitudes mayores o mucho menores.

Representa sin duda, una buena fuente de proteína (40) y por esta razón debe recomendarse la promoción de los cultivos tanto en las áreas actuales, como en otras regiones en donde las condiciones climatológicas y edafológicas sean adecuadas.

Respecto al rendimiento de semilla y paja de la planta, se ha mencionado repetidas veces en la bibliografía consultada que es por lo menos igual a la del maíz y el trigo, pero más recientemente se han mencionado rendimientos de 2,000 a 4,000 kilos de semilla por hectárea cuando la planta se cultiva

en condiciones favorables (4,5,6,7).

Son especies originarias de México muy utilizadas por los indígenas desde la época precortesiana (8,9,10).

Son herbáceas anuales de un metro y medio de altura como promedio, con el tallo rojizo ramificado desde cerca de la base y marcado con estrias longitudinales. Las hojas son alargadas y pecioladas, ovaladas hasta de 15 a 18 cm. de largo por 10 cm. de ancho; flores en panícula terminales o axiales hasta de 50 cm. de largo, muy ramificadas, de color rojas o moradas y de 4 a 5 mm., masculinas unas y femeninas otras.

El fruto consiste en una capsulita que se abre transversalmente y contiene una sola semilla lisa blanca y brillante, ligeramente aplanada y del tamaño de un grano de mostaza.

En la cuenca del Valle de México se cultivan dos variedades según el color de la semilla: la morada y la blanca y se distinguen además, de acuerdo con otras características, en tres clases: "cacahuacantli", "ojo de pájaro" y "cimarrona". La primera es la más estimada por ser la mayor y de mejor calidad. La segunda, de color crema se suele encontrar mezclada con la anterior y la tercera es la de menos demanda a causa del color negro de la semilla, poco rendimiento y su reducido tamaño.

El *Amaranthus hypochondriacus* crece en climas cálidos y templados; en suelos fértiles, sueltos y húmedos siempre que sean permeables.

Es una planta agotante y por lo tanto, el rendimiento es cada vez más bajo si se siembra consecutivamente en el mismo suelo (40).

En consecuencia, debe practicarse la rotación de cultivos, intercalando frijol u otra leguminosa.

La siembra se hace en mayo o junio dependiendo de las primeras lluvias. La cosecha se realiza a fines de octubre o a principios de noviembre, después de cinco o seis meses de siembra.

Las panojas son duras pero se desgranar fácilmente; los campesinos hacen la recolección poco antes de que ésta suceda, pues de lo contrario se perdería la semilla debido a la dificultad de recogerla y a otras circunstancias.

Las panojas se cortan desde su base y se ponen a secar entre surcos, o bien en una era. Después se desgranar apilándolas con varas sobre una tela extendida en el suelo. El viento no siempre basta para desprender todas las semillas habiendo necesidad de frotar las panojas entre las manos. Después se cierran las semillas y se ensacan para conservarlas en un lugar seco (11,12,13).

Las siembras se practican en los Estados de México, Guerrero, Jalisco, Sonora y Durango y en algunos lugares de la Cuenca del Valle de México, principalmente en Tulyehualco, D.F.

Las semillas, producidas en grandes cantidades pueden tostarse o reventarse para ser convertidas en harina o la golosina denominada "alegría". En la antigua Anahuac esta especie ha sido una importante productora de semilla desde épocas tan remotas como 5,000 a 3,000 años A.C. y se consumía relacionada con ceremonias rituales entre los aztecas (40).

Amaranthus cruentus L. Esta especie existe en varios Estados de la República (Puebla, Morelos, Tlaxcala, Oaxaca, Jalisco, Sinaloa, Chihuahua y Estado de

México) donde se le utiliza para semilla.

De acuerdo con Sauer (1,2) las inflorescencias son mucho más laxas y generalmente más delgadas que las de *A. hypochondriacus* aún cuando las puntas de las brácteas son muy pequeñas por lo que la inflorescencia tiene una apariencia "suave"; los tépalos son más pequeños y ligeramente menos agudos que en *A. hypochondriacus* y no son recurvatos. La envoltura del utrículo es peculiar siendo contráctil abajo de las bases de las ramificaciones del estilo, las que son delgadas y erectas.

Esta especie se ha extendido por Centroamérica y Panamá y ha sido introducida en algunos países de Europa y Asia.

La composición química de la semilla y los brotes verdes de las dos especies mencionadas y sus usos según las características bromatológicas, dan origen a aplicaciones industriales que indudablemente llegarán a ser de gran importancia (14). Estas características se refieren principalmente al elevado contenido de lisina, aminoácidos sulfurados y triptofano y a la buena proporción de algunos minerales y vitaminas (15,16,17), pero no se sabe mucho acerca de las pérdidas que el procesamiento ocasiona en algunos de los componentes que le dan mayor valor bromatológico.

Tampoco se han estudiado en forma extensa los métodos de conservación, mejoramiento de las técnicas tradicionales de cultivo y las que se siguen para la recolección de semillas y las distintas fases de los procedimientos actuales de aprovechamiento que sin duda pueden mejorarse. Asimismo, hace falta estudiar en detalle el aprovechamiento adecuado de la planta entera, tomando en consideración los usos que actualmente se siguen y tratar de aplicar en el amaranto tecnologías (18,19,20,21,22,23).

En casi todas las operaciones de cosecha hace falta equipo adecuado para el desgrane, en tanto que en las diversas fases del procesamiento se siguen empleando todavía utensilios primitivos que desde luego deben cambiarse hacia formas más efectivas para tecnificar en forma más adecuada y llevar los procesos a su fase de industrialización.

Hace falta también desarrollar variedades mejoradas en cuanto a rendimiento y buena calidad bromatológica, así como estudiar las diferentes condiciones climatológicas y fisiológicas que pudieran influir.

Es indudable que los estudios que ya se han iniciado (25,26,27,28,29,30,31,32) conducirán a hallazgos valiosos que incidirán en los rendimientos y en la mejora de la calidad de las variedades que se lleguen a desarrollar.

Es de esperarse que aún el tamaño de la semilla que ahora parece ser un factor limitante para su uso pudiera mejorarse no sólo en volumen sino también en el balance nutritivo y precisamente este aspecto pudiera seguirse estudiando con más amplitud por la potencialidad que representa para los propósitos de industrialización (33,34,35,36,37).

Comparando el cómputo químico de los aminoácidos esenciales presentes en la semilla de amaranto con el de otros cereales (49) se puede observar que el amaranto supera a los demás cereales con un cómputo químico de 73 (maíz = 49, trigo = 56, cebada = 57, avena = 72 y arroz = 69) destacándose dos de los aminoácidos esenciales lisina y triptófano, en tanto que la leucina figura como el aminoácido limitante.

Debido a que el aminoácido limitante del amaranto es la leucina se puede

buscar su complementación con harinas de cereales que la tienen en buena proporción. En trabajos previos se sugirió la conveniencia de enriquecer el trigo y el maíz con harina de amaranto como recurso para elevar el valor nutricional de ambos cereales (24,36,40).

En suma, el amaranto ha recibido atención mundial y se ha confirmado que la planta merece más atención para cultivarse en mayor escala así como realizar investigaciones más completas para tener un aprovechamiento óptimo de este vegetal (21,22,38,39,40).

La planta de amaranto tiene aplicaciones de acuerdo con las características químicas de cada una de sus partes. Así, el tallo se destinaría a forraje, las hojas a la alimentación humana modificando un tanto el sabor que es amargo en algunas especies cuando la planta ha madurado y las semillas que representan la parte más valiosa industrialmente porque se pueden utilizar en forma directa en confitería o someterse a molienda para obtener harinas y éstas pasar a industrias específicas de panadería, pastelería, pastas alimenticias, galletas, cacapanes, etc.

El proyecto de industrialización del amaranto via harinas resulta muy atractivo si se toma en cuenta que la del amaranto puede complementar ventajosamente, dada su calidad alimenticia, a la de maíz que en México se está desarrollando de manera eficiente con un objetivo social muy preciso por su amplio uso en la elaboración de la tortilla, elemento básico de la alimentación popular (40).

El amaranto ofrece grandes posibilidades de industrialización si, ante todo se logra despertar interés por la promoción de los cultivos a mayor escala, para esto es necesario demostrar en forma clara a los productores la

potencialidad industrial de la planta.

En el Estado de Morelos emplean más o menos cuatro cuartillas de semilla para sembrar una hectárea, lo que equivale en términos generales a 4 ó 5 kilos; por la norma en la selección de semilla y el porcentaje de germinación, ya que no se escoge previamente; estos números pueden disminuir si se realizan antes de la siembra, las determinaciones en la proporcionalidad de la germinación y si se seleccionan con cuidado las viables en las variedades seleccionadas. En estas condiciones se requeriría de 350 a 500 gramos para sembrar una hectárea. En cambio para los cultivos de maíz se precisan alrededor de 100 kilos de semilla por hectárea. Todo esto representa una gran ventaja puesto que únicamente se requiere almacenar una pequeña cantidad de semilla para la siembra del año siguiente. Además las pérdidas durante el almacenamiento son insignificantes pues la semilla normalmente resiste el ataque de microorganismos e insectos a juzgar por los informes de los campesinos.

## MATERIALES Y METODOS

### Áparatos y equipo.

- Tamices con mallas # 14, 16, 20, 30 y 40.
- Charolas de aluminio.
- Comal metálico.
- Molino de piedra Cecoco.
- Molino de rodillos Brabender.
- Colorímetro Bausch & Lomb Spectronic 20.
- Aparato de extracción de grasa Goldfish LabConCo.
- Aparato de extracción de fibra LabConCo.
- Agitador rotatorio.
- Centrifuga.
- Balanza analítica, precisión 0.1 mg.
- Digestores y destiladores Kjeldahl LabConCo.
- Mufia Thermolyne 1500 Eurnace.
- Estufa.
- Placas de vidrio de 20 x 30 cm. y 0.5 mm. de espesor.
- Balanza eléctrica.
- Guantes de asbesto.
- Cromatógrafo de gases Perkin Elmer.
- Material de vidrio y reactivos de laboratorio.

## Muestras de Amaranto.

Las muestras de amaranto fueron proporcionadas por el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas provenientes de los Estados de Puebla, Tlaxcala y México designadas como 3a, 7a y 8a; y por el Colegio de Postgraduados de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos provenientes de los Estados de Morelos y Puebla denominadas 3b, 9b y 12b. (Tabla 1).

TABLA 1. RENDIMIENTO DE SEMILLA Y OTROS DATOS DE 6 COLECTAS DE Amaranthus  
spinosus.

COLECTAS	PROCEDENCIA	REND. SEMILLA Kg./Ha.	COLOR	FERTILIZADO
3-a	Puebla	900	Amarilla	(No)
7-a	Tlaxcala	790	Creaa	(No)
8-a	México	850	Amarilla	(No)
3-b	Morelos	2,234	Blanca	(Si)
9-b	Morelos	2,299	Blanca	(Si)
12-b	Puebla	2,656	Blanca	(Si)

Estas son variedades o líneas que se van a emplear en la elaboración de productos alimenticios como harinas para panificación y pastas alimenticias; fueron seleccionadas en función de rendimiento y otros datos derivados de estudios agronómicos (tabla 2).

TABLA 2. TRATAMIENTO DE FERTILIZACION DE 3 COLECTAS DE Amaranthus cruentus.

COLECTAS	FERTILIZACION Kg/Ha.	
	N	P O 2 5
3-b	80	30
9-b	40	0
12-b	80	60

+ MEIODOLOGIA.

Preparación de las semillas.

Para tener un acondicionamiento apropiado de las muestras de semillas obtenidas, se limpiaron pasándolas a través de mallas de diferentes tamaños.

Con la finalidad de eliminar la basura más gruesa, se utilizaron tamices cuyas mallas fueron los números 14, 16, 20 y 30 equivalentes a 0.0469, 0.0394, 0.0331 y 0.0232 pulgadas respectivamente. En forma manual se separaron los granos defectuosos y las semillas negras.

Las muestras de semilla cruda, una vez limpias, se sometieron a los tratamientos de tostado, reventado y cocido para su análisis posterior.

El tostado, reventado y cocido son prácticas que se pueden utilizar en el procesamiento del amaranto para su consumo por lo que es importante conocer como se comporta frente a ellos de modo que se pueda diversificar su uso, sin alterar sus propiedades nutricionales.

### Tostado.

La semilla tostada se preparó colocando e introduciendo la semilla cruda sobre charolas en una estufa a una temperatura de 130 grados centígrados hasta apreciar el olor y color característicos de la semilla tostada comparándola con un testigo (semilla cruda).

El tiempo de tratamiento varió de 15 a 30 minutos según la dureza de las semillas de las diferentes colectas.

### Reventado o "Popping".

Se calentó un comal metálico a una temperatura de aproximadamente 220 grados centígrados. La semilla cruda se colocó sobre éste hasta que empezó a reventar, inmediatamente después se retiraron las semillas ya reventadas para evitar que se adhirieran al comal y se quemaran.

### Cocido.

Se colocaron 50 gramos de semilla cruda en un vaso de precipitado y se pusieron a hervir con 150 ml. de agua (si se pone el agua en menor cantidad las semillas al absorberla se aglutinan y se pegan en el fondo del vaso) a fuego lento durante 20 minutos que es el tiempo necesario para que se reblandezcan. Transcurrido este tiempo se retiraron del fuego y se le eliminó el agua restante, la semilla ya cocida se colocó sobre charolas a temperatura ambiente hasta que se secó.

Realizados los tratamientos térmicos de tostado, reventado y cocido se procedió a la molienda integral y a la molienda por fracciones para la

obtención de harinas de semilla cruda, cocida, tostada y reventada que es la forma en que se pretende usar las semillas.

#### Molienda Integral.

Se hicieron pasar muestras secas de semilla cruda, cocida, tostada y reventada por un molino de piedra Cecoco 3 veces consecutivas para la obtención de harinas integrales. A continuación se pasaron por una malla # 40 equivalente a 0.0165 pulgadas.

#### Molienda por Fracciones.

Se introdujeron muestras secas, previamente pesadas de semillas cruda, cocida, tostada y reventada, en un molino de rodillos Brahender para llevar a cabo la molienda por fracciones.

De esta forma se puede calcular el rendimiento de las diferentes fracciones obtenidas: granillo, salvado, harina gruesa y harina fina, de cada una de las muestras de semilla.

La molienda consta de una serie progresiva de desintegraciones seguidas por cernidura. Las desintegraciones se hacen por medio de pares de rodillos colocados progresivamente más juntos uno de otro.

## Secuencia Experimental.

Diagramas para la obtención de harinas y fracciones de semilla:

Diagrama 1. Cruda:

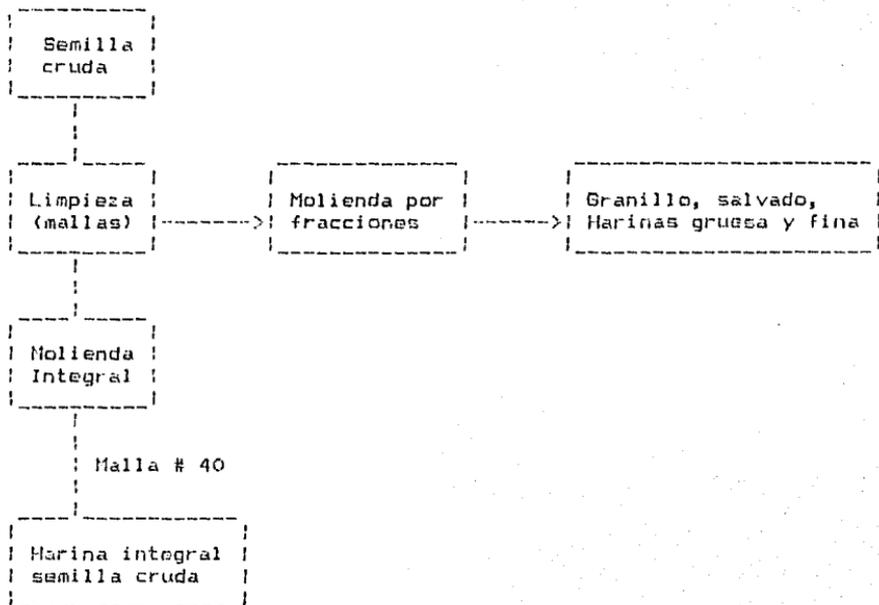


Diagrama 2. Tostada:

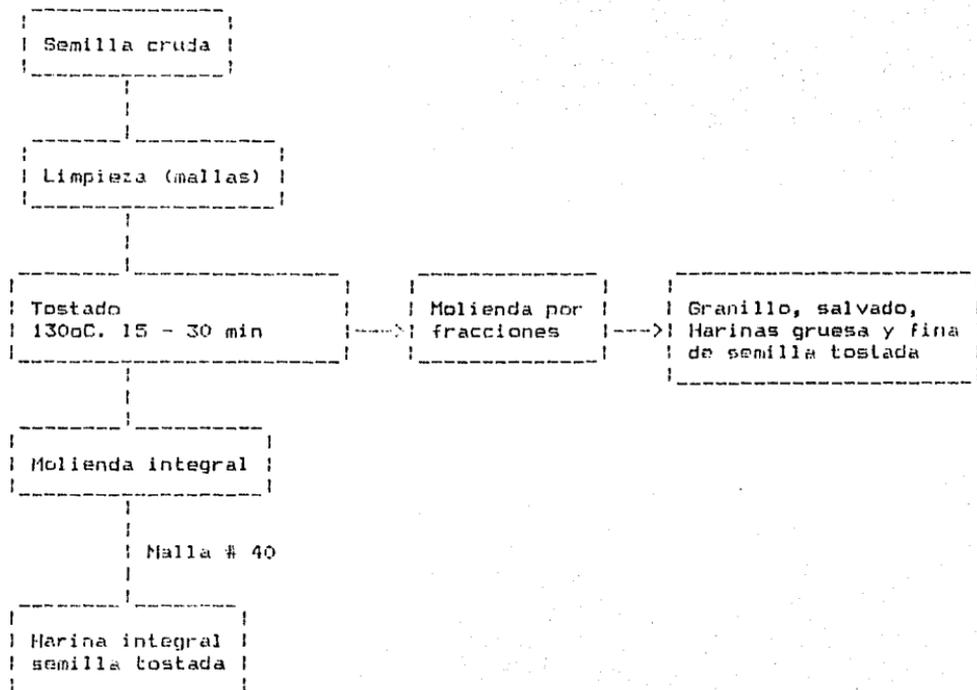


Diagrama 3. Cocida.

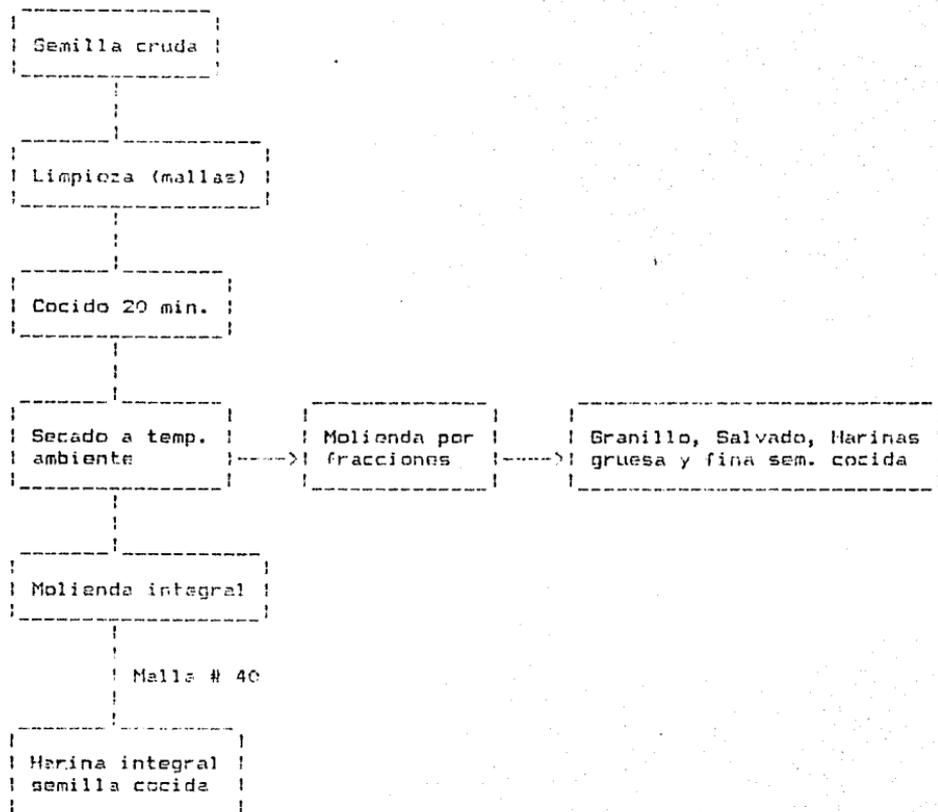
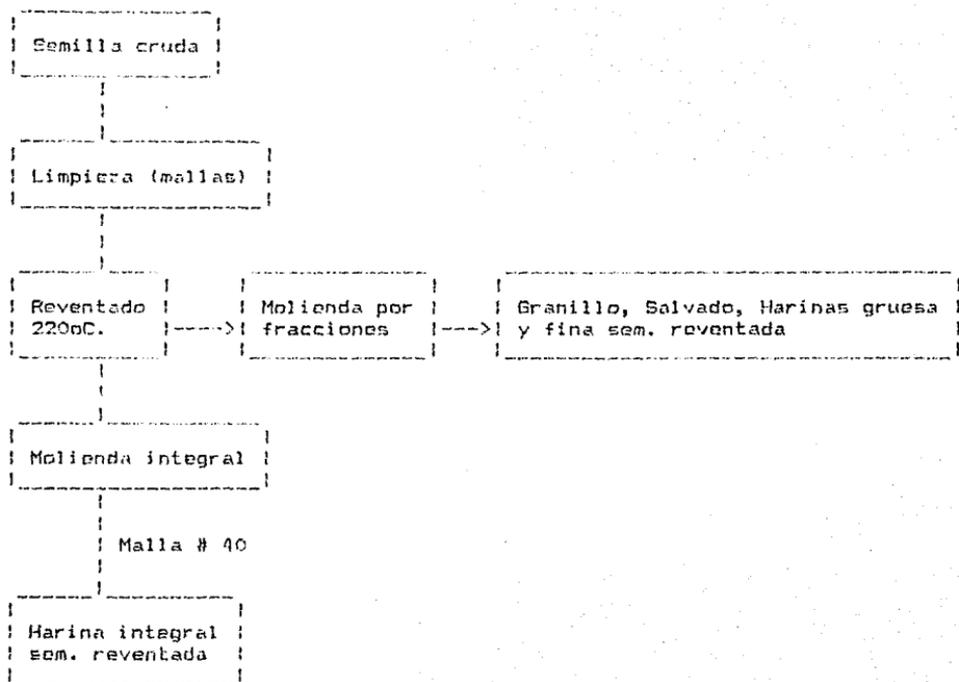


Diagrama 4. Reventado.



Análisis efectuados.

Semilla de Amaranthus cruentus  
Testa + Embrión y perispermo

Rendimiento en peso %  
% Proteína cruda  
% Grasa  
% Carbohidratos totales

Semilla de Amaranthus cruentus y  
Semilla de Amaranthus hypochondriacus

% Humedad  
% Proteína cruda  
% Fibra cruda  
% Grasa cruda  
% Cenizas

Semillas: cruda  
cocida  
tostada  
reventada

% Humedad  
% Proteína cruda  
% Fibra cruda  
% Grasa cruda  
% Cenizas

Harina integral  
Semillas: cruda  
          cocida  
          tostada  
          reventada

% Humedad  
% Cenizas  
% Proteína cruda  
% Fibra cruda  
% Ácidos grasos

Rendimiento de harinas clasificadas (harinas gruesa y fina, granillo y salvado) de semillas cruda, cocida, tostada y reventada mediante el uso de un molino de rodillos Brabender

Harinas clasificadas de semilla  
cocida: Granillo  
          Salvado  
          Harina gruesa  
          Harina fina

% Humedad  
% Cenizas  
% Proteína cruda  
% Fibra cruda  
% Grasa cruda

Fracción de granillo y salvado y mezcla  
de ambos de semilla cruda, cocida, tostada,  
y reventada.

% Proteína cruda  
% Fibra cruda  
% Grasa cruda

Harinas integrales  
semilla cruda

Taninos (cuantitativa)  
Saponinas (cualitativa)

### Métodos de Análisis.

#### a) Análisis Proximal.

En este análisis se incluyen las determinaciones de humedad, cenizas, extracto etéreo, fibra cruda y proteína. Las cuatro primeras se realizaron de acuerdo a los métodos descritos por la AOAC (43) y corresponden respectivamente a los métodos 10.004, 10.006, 7.045 y 7.054. La proteína se determinó por el método 14-12 descrito por la AACC (42).

b) Determinación de taninos por el método de formación del complejo azul de prusia (41) descrito por Price, y Butter (1977)

c) Determinación de saponinas por cromatografía de capa fina descrita por Machicao. (44)

d) Determinación de ácidos grasos por cromatografía de gases.

## DETERMINACION DE TANINOS. METODO FORMACION DEL COMPLEJO AZUL DE PRUSIA.

El método desarrollado por Fries y Butler (1977), mide la cantidad de taninos presentes en granos de sorgos blancos, los cuales son capaces de reducir el cloruro férrico a cloruro ferroso y éste reaccionar con el ferricianuro de potasio, dando el complejo ferrocianuro férrico-potásico, conocido como azul de Prusia soluble.

La solución de  $\text{FeCl}_3$  debe estar en medio ácido para que el ión ferroso reducido reaccione con la pequeña cantidad de ferricianuro agregado, formando una sal de ferrocianuro ferroso potásica, la cual se oxida lentamente hasta azul de Prusia. Si la sal formada se encuentra en medio neutro, la oxidación es instantánea y no es posible medir la reacción en el colorímetro.

### Reactivos.

1. Metanol.
2. Solución ácida de cloruro férrico 0.01 M; se pesaron 2.7034 g. de  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  y se diluyó a 100 ml. en HCl 0.1 N., se tomaron 10 ml. de esta solución y se diluyó a 100 ml. en HCl 0.1 N.
3. Solución de ferricianuro de potasio 0.0008 M; se pesaron 1.3285 gramos de  $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$  y se diluyó a 500 ml. en agua destilada.
4. Ácido tánico (Daker 0377).

### MATERIAL.

- Colorímetro Dausch & Lomb Spectronic 20.

- Agitador rotatorio.
- Centrifuga.
- Balanza analítica, precisión 0.1 mg.

### TECNICA.

Se pesaron 1.000 g. de harina de amaranto (cruda, cocida, tostada y reventada), colocándose en un matraz Erlenmeyer de 125 ml., se le agregaron 50 ml. de metanol y se cubrieron los tapones de hule con papel parafil.

Se agitaron los matraces durante 3 horas; transcurrido este tiempo se tomó parte de la muestra y se centrifugó en tubos de vidrio de 10 ml. a 3,000 x G. durante 10 minutos.

Se tomó una alícuota de 1 ml. del sobrenadante en un matraz Erlenmeyer al que se le agregaron 50 ml. de agua destilada, posteriormente se le agregaron 3 ml. la solución de  $K_2Fe(CN)_6$  0.0008 M. cronometrándose el tiempo de reacción. A partir del instante en que se adicionó la primera solución, se cronometraron 10 minutos para efectuar las lecturas de absorbancia en el colorímetro a una longitud de onda de 720 nm.

Para ajustar el 100 % de transmitancia en el colorímetro, se preparó un testigo, sustituyendo 1 ml. de metanol por el sobrenadante obtenido de la extracción con metanol y se procedió en igual forma como en la muestra.

### CURVA ESTANDAR.

Para preparar la curva estándar, se disolvió 0.100 g. de ácido tánico en metanol hasta 100 ml. para tener una concentración de 1.0 mg./ml.

De esta solución se tomaron 10 ml y se diluyeron a 100 ml. en metanol para obtener una concentración de 0.1 mg./ml

Con esta solución se prepararon once tubos conteniendo diferentes concentraciones.

TUBO	DILUCION (ml)	METANOL (ml)	CONCENTRACION (mg./ml.)
1	0	10	0.00
2	1	9	0.01
3	2	8	0.02
4	3	7	0.03
5	4	6	0.04
6	5	5	0.05
7	6	4	0.06
8	7	3	0.07
9	8	2	0.08
10	9	1	0.09
11	10	0	0.10

Se tomó un ml. de cada tubo y se transfirió a un matraz Erlenmeyer de 125 ml., se le agregaron 50 ml. de agua, 3 ml. de  $\text{FeCl}_3$  0.01 M. y 3 ml. de  $\text{K}_2\text{Fe}(\text{CN})_6$  0.0008 M. Se dejó reaccionar durante 10 minutos y se leyó a 720 nm.

## DETERMINACION DE SAPONINAS POR CROMATOGRAFIA EN CAPA FINA.

Las saponinas corresponden al grupo de los esteroides por tener una estructura tetracíclica derivada del metil-ciclopentano-fenantreno perhidrogenado. Específicamente son glucósidos vegetales que tienen dos propiedades importantes: a) forman abundante espuma cuando se les agita con el agua, siendo la altura de la espuma indicadora aproximada del contenido de saponinas y b) producen hemólisis dejando libre a la materia colorante.

Las partes activas de las saponinas se denominan sapogeninas, son obtenidas por hidrólisis de las mismas y tienen composición de triterpenoides y esteroides.

### REACTIVOS.

1. Sílica Gel G.
2. Cloroformo.
3. Metanol.
4. Acido acético.
5. Acido sulfúrico al 10 %.

### MATERIAL.

- Placas de vidrio de 20 x 20 cm. y 0.5 mm. de espesor.

### TECNICA.

Extracción de las saponinas. Se pesaron 10 gramos de muestra (harina integral de semilla cruda) que se agregaron a 20 ml. de agua destilada. Se

agitó la mezcla durante 15 minutos, procediéndose luego al filtrado, se añadieron 20 ml. de agua destilada a la muestra, se dejó en reposo para nuevamente filtrarla; se volvieron a añadir 10 ml. de agua destilada, luego se filtró y finalmente se centrifugó.

Preparación de las placas. Se tomaron 25 gramos de sílica gel "6" y 50 ml. de agua, cantidad suficiente para cinco placas de 20 x 20 cm. y 0.5 mm. de espesor.

Aplicación de la muestra. Una vez secada la placa y obtenida la muestra se procedió a la siembra con un microcapilar a una distancia de 2 cm. del borde inferior de la placa. Los puntos de siembra estuvieron separados a 1.5 cm. unos de otros.

Se aplicó una solución testigo en la misma forma que las muestras guardando la distancia mencionada.

Desarrollo cromatográfico. Los solventes usados fueron cloroformo, metanol, ácido acético y agua en proporciones de 50:25:7:3 ml. respectivamente.

Fronte del solvente. De 10 a 15 cm. en un tiempo de 1 a 2 horas aproximadamente.

Secado de las placas. Se dejó secar completamente.

Revelado. Se usó ácido sulfúrico al 10 %.

Identificación de las manchas. Se procedió a identificar las manchas de acuerdo al color.

## PREPARACION DE LA MUESTRA PARA LA DETERMINACION DE ACIDOS GRASOS CON CROMATOGRAFIA DE GASES.

Para obtener el contenido de lípidos se procedió a una extracción con éter de petróleo con el equipo Goldfisher.

Una vez obtenida la muestra de lípidos, se pesó un gramo, se le agregaron 40 ml. de metanol y 3 lentejas de hidróxido de sodio. Se calentó en baño maría casi a sequedad.

Posteriormente se procedió a realizar la hidrólisis de la muestra.

Al residuo se le agregaron 40 ml. de metanol y 3 ml. de ácido clorhídrico concentrado; se calentó y concentró hasta la mitad del volumen, posteriormente se enfrió y se efectuó una extracción con n-pentano.

La fracción de n-pentano es la que se inyecta para el análisis correspondiente.

### Condiciones para efectuar el corrimiento de la muestra.

- Muestra corrida en columna F.F.A.P.
- Soporte móvil al 20 % en Chromosorb-W.
- Longitud de la columna 10 ft, diámetro 1/8 acero inoxidable.
- Temperatura de la columna 250 grados centígrados.
- Temperatura del inyector y detector 280 grados centígrados.
- Presión del gas de arrastre (nitrógeno) 50 lb/pg<sup>2</sup>
- Flujo del gas de arrastre 20 ml./min.
- Detector FID.

## RESULTADOS Y DISCUSION.

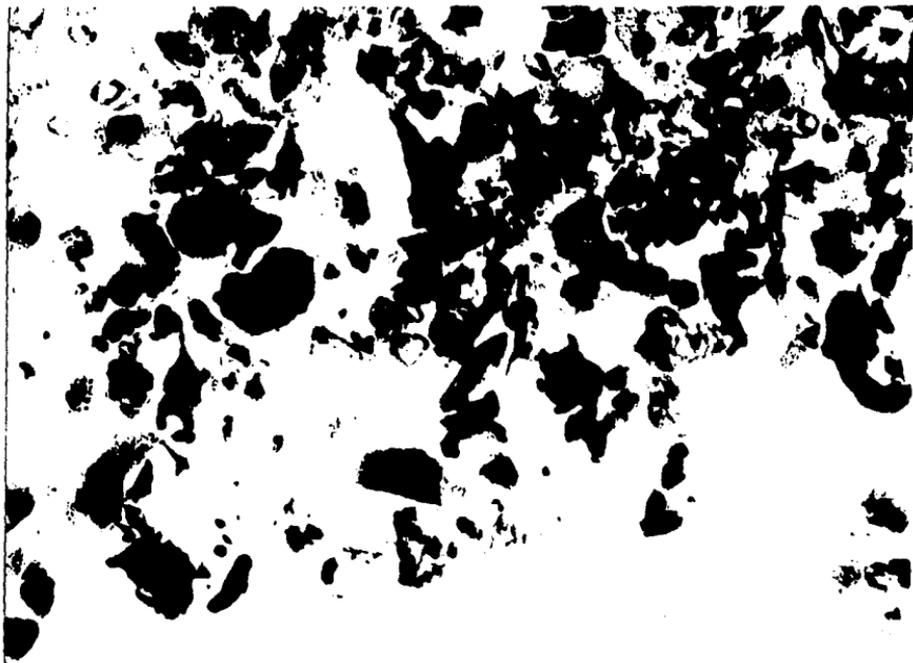
Las seis colectas de este estudio se clasificaron como *Amaranthus cruentus* de acuerdo con las claves de Sauer (1,7) y Feine (45) ya que las características de las inflorescencias y la anatomía del utrículo, tépalos y brácteas correspondieron típicamente a las descripciones de ambos investigadores.

Al sujetar la semilla de la colecta 12-b, la de mayor rendimiento de grano (tabla 3), a molienda en molino eléctrico estandar, pueden separarse fácilmente 2 fracciones mediante malla 80: una gruesa correspondiente principalmente a la testa y embrión y que pueden considerarse como mezcla de salvado y granillo de acuerdo con la terminología de la industria molinera y otra de harina fina resultante de la trituración del perispermo y está constituida principalmente de carbohidratos (62.5 %) en contraste con la primera en donde predominan la proteína (15.7 %) y las grasas (6.9 %). La mayor proporción (58.3 %) corresponde a la mezcla de salvado y granillo y la menor (40 %) es harina fina derivada del perispermo o sea, la parte central de la semilla. La diferencia de 4.2 % es la pérdida o merma de la molienda.

TABLA 3. ESTRUCTURA DE LA SEMILLA DE A. CRUENTUS (COLECTA 12-b) Y SU COMPOSICION PRINCIPAL.

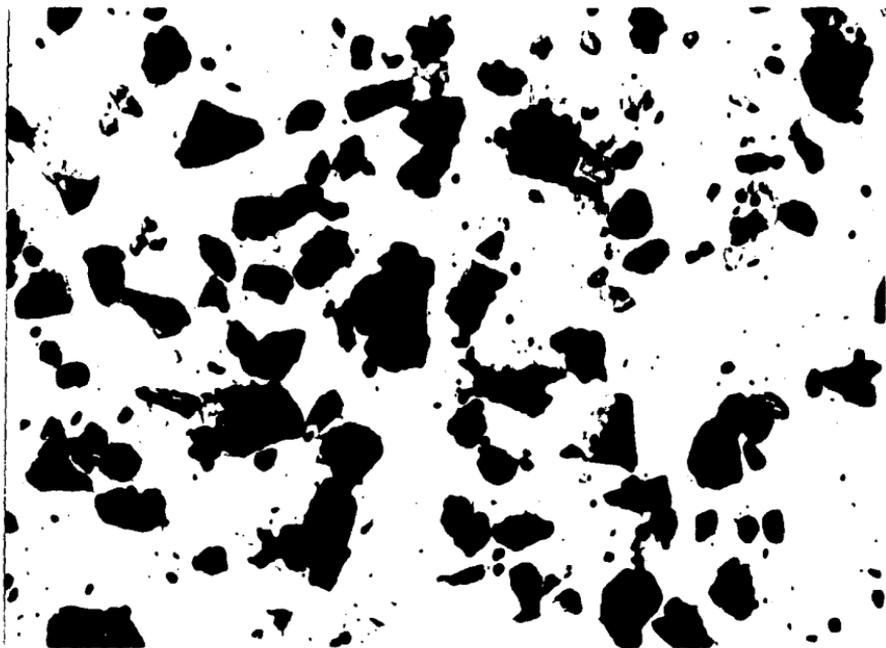
MATERIALES	RENDIMIENTO PESO %	% PROTEINA CRUDA	GRASA %	CARBOHIDRATOS TOTALES %
Testa + embrión	58.3	15.7	6.9	-
Perispermo	40.1	7.2	1.3	62.5

FIGURA 1. PARTICULAS GRUESAS DE LA SEMILLA (TESTA + EMBRION).



Fotografía obtenida en el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas.

FIGURA 2. PARTICULAS FINAS DE LA SEMILLA CON MAS ALMIDON Y RESTOS DE TESTA Y EMBRION.



Fotografía obtenida en el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas.

Esta separación en dos fracciones principales mediante molino estándar empleando malla 90 se funda y sólo da idea de que la estructura de la semilla es diferente a la de los cereales comunes (maíz, trigo, arroz, etc.) como lo han demostrado otros investigadores con más detalle (48).

En las fotos se puede apreciar la apariencia microscópica de las dos fracciones: a) la de las partículas más gruesas testa más embrión y b) las partículas más finas con más almidón y restos de la primera fracción.

La composición química de la harina integral obtenida de la molienda de semilla cruda de esta misma colecta 12-b, se comparó con una de A. hypochondriacus procedente de Tulyehualco, Méx. y los datos se muestran en la tabla 4. Esta comparación se efectuó para averiguar probables diferencias en composición ya que la especie A. hypochondriacus predomina en algunas regiones del país y se confunde generalmente con la otra especie.

TABLA 4. ANÁLISIS PROXIMAL DE A. cruentus Y A. hypochondriacus. EN BASE HÚMEDA.

DETERMINACION %	<u>A. cruentus</u> .	<u>A. hypochondriacus</u> .
Humedad	9.97	10.01
Proteína cruda	16.9	16.15
Fibra cruda	8.89	9.04
Grasa cruda	6.5	7.2
Cenizas	2.7	2.4
Carbohidratos	55.04	55.2

Los datos no revelan diferencias apreciables en este sentido, por lo que en los experimentos subsiguientes se emplearon solamente las colectas de A. scutellus.

En primer término se juzgo conveniente estudiar la influencia del tratamiento térmico sobre la composición química de esta misma colecta 12-b ya que en diversos procesamientos industriales tal tratamiento es indispensable, ya sea al tostado, reventado o el simple cocimiento.

En la tabla 5 puede apreciarse que los procedimientos de tostado, reventado y cocimiento presentan los siguientes resultados.

a) De acuerdo con el análisis proximal realizado se puede observar que el tostado y cocido elevan ligeramente el contenido de proteína cruda, en el caso del reventado se presta una ligera disminución debida posiblemente a una pérdida parcial de lisina disponible por la temperatura elevada que se emplea durante el proceso de reventado; ya que estas diferencias no son muy significativas, es necesario que en trabajos posteriores se determine la cantidad de lisina disponible y se hagan pruebas biológicas para determinar que tan confiables pueden ser estos resultados. En el tostado se mantiene prácticamente sin cambio la fibra cruda (10 - 11.7 %) lo cual es conveniente dada la importancia de la fibra en la dieta, disminuyendo un poco en la semilla reventada y cocida (8 - 9.47 %); c) el contenido de grasa cruda se mantiene constante y bajo (menos del 1 %) en el caso de la semilla tostada y más alto en la semilla cocida y reventada; d) las cifras correspondientes a cenizas son prácticamente las mismas en los diferentes tratamientos ya que las variaciones son mínimas. Todo esto indica que el tratamiento térmico ligero, hasta 150 grados centígrados, no afecta

importantemente los componentes del análisis proximal corriente, sino que, por el contrario pueden apreciarse algunos efectos benéficos.

La composición de la semilla cruda corresponde en términos generales a la consignada en trabajos similares de varios investigadores (36).

TABLA 5. INFLUENCIA DEL TRATAMIENTO TERMICO EN LA SEMILLA SOBRE LA COMPOSICION QUIMICA %  
(COLECTA 12-b).

TRATAMIENTO	HUMEDAD %	PROTEINA CRUDA Base seca	FIBRA CRUDA %	GRASA CRUDA %	CENIZAS %	GANANCIA DE PROT. %
Ninguno (crudo)	8.0	15.65	9.7	1.3	3.4	-
Tostada 150oC	2.0	15.71	10.73	0.62	3.31	0.04
220oC	2.5	16.20	11.57	0.54	2.6	0.55
90oC	3.0	15.96	10.0	0.44	2.6	0.31
Reventada 220oC	4.0	15.46	8.0	5.7	2.3	- 0.19
Cocida	1.3	16.34	8.47	2.93	3.4	0.49

Las semillas de otras colectas se procesaron de igual forma para obtener harinas integrales en el supuesto de que podrian surgir diferencias en cuanto al análisis proximal como consecuencia de las diferentes procedencias de las colectas, y las condiciones edafológicas en que se practican los cultivos.

La tabla 6 revela que tales diferencias son mínimas y no tienen significación en cuanto se refiere a proteína cruda, cenizas y fibra cruda; esto indica que la selección de grano no podria hacerse atendiendo

sólamente a la procedencia de la semilla, sino con bases más precisas como por ejemplo agronómicas y genéticas que no se investigaron en esta tesis.

En esta tabla también puede apreciarse un ligero ascenso en el contenido de proteína cruda en el caso de las harinas cocida y tostada y un ligero descenso en el caso de la semilla reventada.

Las razones de estas observaciones no pueden explicarse todavía, sin embargo la cocción y el tostado incrementan la calidad proteínica del grano, ya sea destruyendo factores termolábiles o incrementando la disponibilidad de los nutrientes en el amaranto. Esta es un área que está actualmente bajo estudio.

TABLA 6. ANALISIS EN HARINAS INTEGRALES DE SEMILLA CRUDA, COCIDA, TOSTADA Y REVENTADA. EN BASE HUMEDA.

MUESTRA	% HUMEDAD	% CENIZAS	% PROTEINA CRUDA	% GRASA CRUDA
H. Integral sem. cruda 3-a	4.3	2.3	16.8	1.85
" " " " 9-b	5.18	3.3	15.3	1.79
H. Integral sem. cocida 3-a	4.8	2.7	16.8	2.79
" " " " 9-b	5.1	3.3	15.5	2.91
H. Integral sem. tostada 3-a	0.5	2.4	17.5	2.24
" " " " 9-b	1.1	3.1	16.5	2.95
H. Integral sem. reventada 3-a	0.8	2.4	14.3	2.35

Tomando en consideración una valoración general acorde con los datos de las tablas 1 a 6, es posible seleccionar, por su mayor rendimiento de grano y contenido un poco más elevado de proteína a las colectas 3-a y 12-b. Ambas se sometieron luego a molienda en un molino de rodillos Brabender para clasificar mejor las harinas y estimar su rendimiento en función del tratamiento térmico (tabla 7).

Puede apreciarse lo siguiente:

- Separación clara de cuatro tipos de materiales: harina gruesa, harina fina, granillo y salvado.
- Los rendimientos de harina gruesa fueron de 3.5 y 4.1 % para las semilla cruda y cocida; 7 % para la tostada y 12 % para la reventada.
- Los rendimientos de harina fina fueron como sigue: de semilla cruda o cocida 25 a 37 %, de semilla tostada hasta 75 % y de semilla reventada hasta 56 %.
- Los rendimientos de salvado fueron constantes pues oscilaron en límites más estrechos que en el caso del granillo: de 7 a 11.2 %.
- En suma, el tratamiento térmico de las semillas influyó favorablemente los rendimientos de harina gruesa y fina en el caso del tostado y reventado. El rendimiento de granillo disminuyó en el tostado y en el reventado; en tanto que el salvado propiamente no se afectó. Por tanto, los datos de la tabla 7 deben interpretarse con reservas y por esta razón se extendió el estudio a otras colectas tomando a la semilla cocida.

TABLA 7. EFECTO DEL TRATAMIENTO TERMICO EN LAS SEMILLAS SOBRE EL RENDIMIENTO DE HARINAS CLASIFICADAS.

MUESTRAS	PESO MUESTRA g.		HARINA GRUESA		HARINA FINA		GRANILLO		SALVADO	
	PESO g.	REND. %	PESO g.	REND. %	PESO g.	REND. %	PESO g.	REND. %	PESO g.	REND. %
3a cruda	399	13	3.25	101	25.3	147	36.8	31	7.7	
3a cocida	290	12	4.10	89	30.6	102	35.1	30	10.3	
3a tostada	373	26	6.90	281	75.3	29	7.7	22	5.8	
3a reventada	357	38	10.64	165	46.2	15	4.2	40	11.2	
12b cruda	400	22	5.50	149	37.2	195	48.7	34	8.5	
12b cocida	359	15	4.17	110	30.6	104	29.0	23	6.4	
12b tostada	340	26	7.64	250	73.53	20	5.88	24	7.06	
12b reventada	364	44	12.08	206	56.59	34	9.3	34	9.3	

Las tablas 8 y 9 muestran los resultados considerando la fracción química de las composiciones principales como factor probable para la selección. Los datos indican claramente dos hechos importantes: a) el salvado y el granillo contienen la más alta proporción de proteína (15 a 20 %) en comparación con la harina gruesa y fina (10.5 a 17.5 %); las diferencias en el contenido de fibra cruda son claras mucho menores en la harina fina. En cambio el contenido de grasa es mayor en la harina fina (5.3 a 7.4 %).

Estos datos concuerdan con resultados recientes de otros investigadores (4B).

TABLA 8. COMPOSICION DE SALVADO Y GRANILLO DE SEMILLA COCIDA. EN BASE HUMEDA.

FRACCIONES	MUESTRA	% HUMEDAD	% CENIZAS	% PROTEINA CRUDA	% FIBRA CRUDA	% GRASA CRUDA
SALVADO	3-a	8.08	2.52	19.04	6.44	6.13
	7-a	7.74	2.65	19.09	6.12	5.47
	8-a	8.18	2.57	18.20	6.57	3.82
	3-b	8.14	2.71	18.65	6.34	5.79
	9-b	8.35	3.84	18.41	9.09	5.87
	12-b	7.89	3.51	20.15	10.01	5.94
GRANILLO	3-a	6.31	2.16	15.49	2.93	4.46
	7-a	6.32	2.26	15.01	3.43	3.87
	8-a	6.90	2.36	13.06	3.72	3.36
	3-b	6.93	2.61	14.30	2.60	5.53
	9-b	7.66	2.17	15.30	3.52	3.34
	12-b	6.20	2.73	18.57	3.63	5.64

TABLA 9. COMPOSICION DE LAS HARINAS GRUESA Y FINA (%) DE SEMILLA COCIDA. EN BASE HUMEDA.

FRACCION	MUESTRA	% CENIZAS	% HUMEDAD	% PROTEINA CRUDA	% FIBRA CRUDA	% GRASA CRUDA
GRUESA	3-a	1.60	7.05	12.42	2.14	3.80
	7-a	1.16	6.90	11.99	1.38	3.66
	8-a	2.46	6.80	11.71	2.10	3.69
	3-b	1.55	7.23	10.50	1.96	5.23
	9-b	3.27	6.97	11.38	2.25	4.12
	12-b	2.16	7.05	12.84	2.04	4.50
FINA	3-a	1.78	8.19	17.32	1.29	6.67
	7-a	2.05	7.45	14.41	1.39	5.55
	8-a	1.50	7.29	17.58	1.65	5.34
	3-b	2.45	8.58	17.35	1.44	8.09
	9-b	3.50	7.02	16.45	1.30	7.42
	12-b	2.90	7.24	16.70	1.32	7.28

En particular, la colecta 3-a, se sometió nuevamente a tratamiento térmico para precisar el efecto sobre las fracciones de contenido proteico más elevado: granillo, salvado y mezcla de ambas fracciones eliminando esta vez la mezcla de harinas gruesa y fina.

Los resultados que se resumen en la tabla 10 confirman que los tratamientos de tostado, reventado y cocido ejercen efecto benéfico respecto a los nutrientes analizados al aumentar el contenido en proteína cruda y

sugieren la posibilidad del uso del salvado y el granillo en tecnología de alimentos para consumo animal y quizá en la nutrición humana si se amplían los estudios en forma adecuada, sobre todo con estudios de toxicología.

TABLA 10. ANALISIS PROXIMAL EN GRANILLO Y SALVADO DE SEMILLA: CRUDA, COCIDA, TOSTADA Y REVENTADA (COLECTA 3-a). EN BASE HUMEDA.

MUESTRA	% PROTEINA CRUDA	% FIBRA CRUDA	% GRASA CRUDA
Sec. cruda-Granillo	13.01	2.39	5.94
Salvado	18.87	6.94	3.12
G + S	16.14	5.06	5.82
Sec. cocida-Granillo	16.67	2.91	6.63
Salvado	19.04	6.44	4.77
G + S	18.24	5.19	6.19
Sec. tostada-Granillo	24.71	11.14	9.88
Salvado	18.35	9.23	4.11
G + S	21.76	10.58	7.22
Sec reventada-Granillo	22.08	8.67	6.37
Salvado	14.86	7.74	4.72
G + S	18.40	7.83	7.15

Los resultados obtenidos del análisis de saponinas por cromatografía en capa fina indicaron que en las muestras proporcionadas no existen; estas se consideran como factores tóxicos, ya que disminuyen la absorción de ciertos compuestos, tales como la vitamina B<sub>12</sub> o de compuestos nitrogenados, además parece que interfieren con la acción de ciertas enzimas.

En la tabla 11, puede observarse que los taninos se presentan en proporciones insignificantes; aunque no se consideran como un factor tóxico están fuertemente relacionados con el sabor amargo y sensación astringente de los alimentos y se ha comprobado que los polifenoles inhiben algunas enzimas digestivas y reducen la disponibilidad de proteína asimilable, causando de esta manera problemas digestivos en animales monogástricos.

TABLA 11. CONTENIDO DE TANINOS EN LAS HARINAS INTEGRALES DE SEMILLA CRUDA.

COLECTA	TANINOS mg. ac. tánico/g. harina
3-a	0.20 mg.
7-a	0.28 mg.
8-a	0.11 mg.
3-b	0.19 mg.
9-b	0.21 mg.
12-b	0.13 mg.

De acuerdo con la tabla 12, se puede apreciar que en general todas las harinas contienen una buena proporción de ácidos grasos insaturados (linoleico y oleico) con excepción del linolénico que aumenta sólo en un 5.35 % en la harina integral cocida en comparación con la cruda que es de 0.54 %; las otras harinas tostada y reventada prácticamente carecen de este ácido graso.

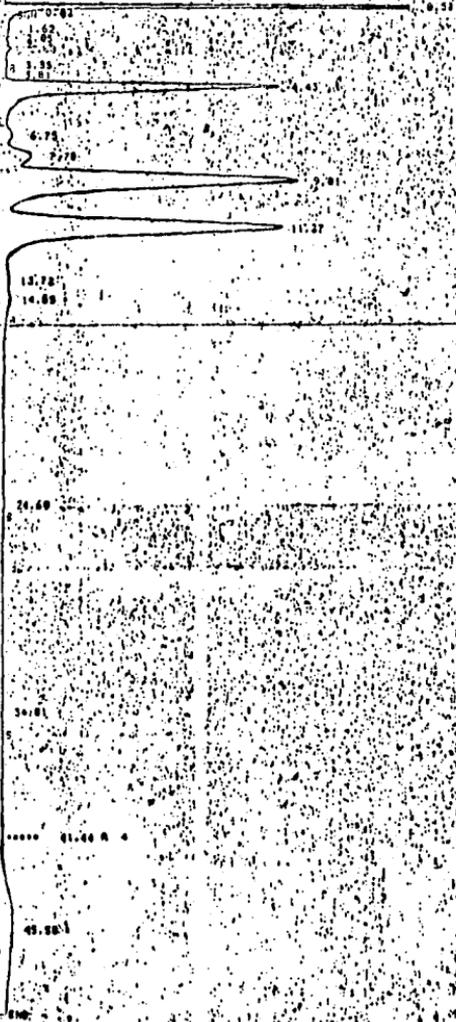
El ácido linoleico aumenta más significativamente en la harina integral cocida (41.86 %) con respecto a la harina integral cruda que es de 33.5 %; en las harinas tostada y reventada hay un ligero descenso de 0.71 y 3.72 % respectivamente. La proporción de ácido oleico disminuye en todos los tratamientos.

El ácido esteárico se mantiene constante en todos los tratamientos; el palmítico igualmente se mantiene constante, alrededor de 18.95 %. El ácido ricinoleico aumenta levemente con respecto a la harina cruda que es de 5.55 %, en las harinas tostada y reventada en un 7.57 y 6.95 % respectivamente, la harina integral cocida prácticamente carece de él.

Tabla 12. PROPORCION DE LOS PRINCIPALES ACIDOS GRASOS PRESENTES EN LAS HARINAS INTEGRALES DE SEMILLA CRUDA, TOSTADA, COCIDA Y REVENTADA DE LA COLECTA 12-b 121.

MUESTRA	LINDENICO %	LINDOLEICO %	OLEICO %	ESTEARICO %	PALMITICO %	RICINOLEICO %
H. integral sem. cruda.	0.54	33.50	37.12	2.85	18.98	5.55
H. integral sem. tostada	0.53	32.79	34.50	2.82	18.80	7.57
H. integral Sem. cocida	5.89	41.86	27.69	3.78	19.07	
H. integral sem. reventada	0.42	29.78	34.75	3.30	18.99	6.95

INSTRUMENT FILE 42  
 RUN ACETIC ACETATE OF ALLEGRIA 9  
 SENSITIVITIES 110.0 ON HANDED INTEGRAL CURVE



ESTA TESIS NO DEBE  
 CAIR DE LA BIBLIOTECA

INSTRUMENT FILE 42  
 RUN ACETIC ACETATE OF ALLEGRIA 9 20.5 0 / 10 / 0  
 SENSITIVITIES 110.0

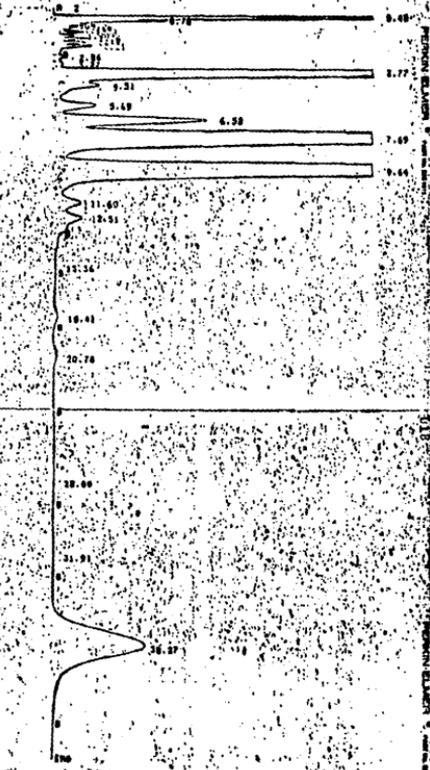
TIME	AREA	GC	REF	RF	C	NAME	RT. S. SIGNAL
6.43	15.9779	T	0.443	1.000	10.9832	Chloroform	
6.75	1.0598	T	0.574	1.000	0.2584	Acetic acid	
7.78	2.3393	T	0.778	1.000	2.8517	Acetic acid	
9.01	69.5143	T	0.991	1.000	37.1377	Acetic acid	
11.77	62.7353	U	1.127	1.000	33.5059	Acetic acid	
14.85	1.0144	T	1.445	1.000	0.2518	Acetic acid	
15.58	10.4887	T	4.558	1.000	5.2588	Acetic acid	

145

INST 1 METH 2 FILE 51  
 0.42 91.50.00  
 43.77 91.43.77

SENSITIVITES 100 0

INST 1 METH 2 FILE 53  
 0.42 91.50.00  
 43.77 91.43.77



INST 1 METH 2 FILE 53  
 0.42 91.50.00  
 43.77 91.43.77

TIME	AREA	GC	ENT	RF	C	NAME
0.42	40.0307	0	0.377	1.000	10.0001	PALMITIC
0.51	1.3319	0	0.451	1.000	0.5611	
0.59	1.7014	0	0.569	1.000	0.5563	
7.69	2.1237	0	0.109	1.000	2.0219	STEARIC
11.60	76.0284	0	0.789	1.000	24.5605	OLEIC
12.51	71.2908	0	0.960	1.000	32.7955	MYRISTIC
16.41	0.1014	0	1.148	1.000	0.4113	
20.78	1.1923	0	1.251	1.000	0.3183	
26.27	10.4510	0	1.627	1.000	7.3772	HEXANOIC

ST METH FILE 14

NAVA 15 : 59.2 0

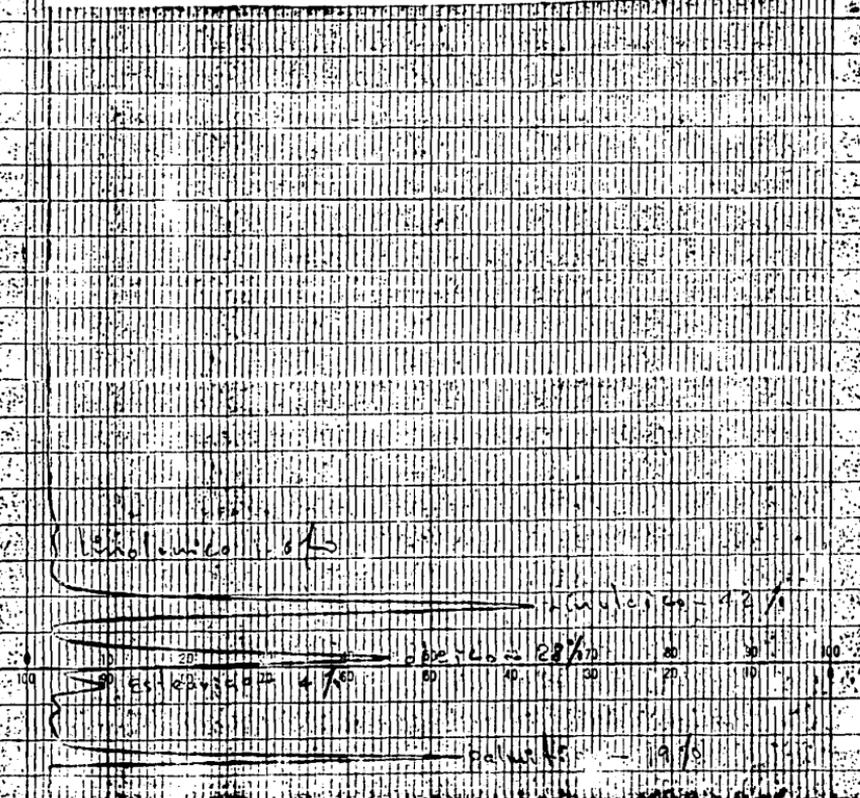
Semilla awaranto cocida.

SENSITIVITIES 110 3

TIME	AREA	GC	RRT	RF	NAME
2.12	0.5436		0.212	1.000	19.0773
4.18	1.6951	T	0.418	1.000	3.7830
4.92	12.4012	T	0.492	1.000	27.6909
6.33	18.7481	U	0.633	1.000	41.8629
7.84	0.2174	T	0.784	1.000	0.4855
8.55	0.3292		0.855	1.000	0.7352
22.54	0.2111	U	2.254	1.000	0.4715
26.54	2.2816		2.654	1.000	5.0948

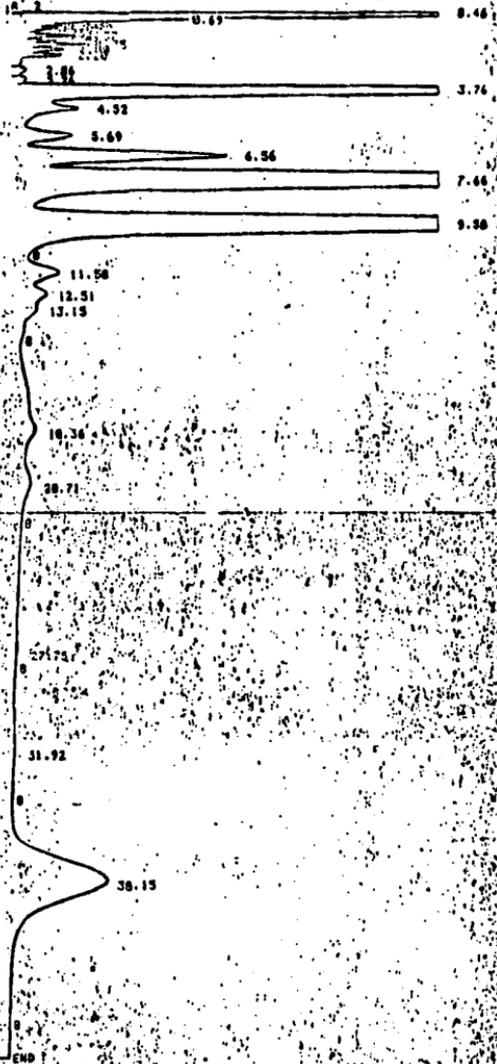
PERKIN-ELMER

PERKIN-ELMER CHART NO. 056-7300



SENSITIVITIES 110 0 AGITE DE MARINA INTEGRAL CUENTADA  
L.V. 47.66

PERKIN-ELMER 016



INST 1 METH 2 FILE 46  
RUN 3 81 12.3 0 11 0 0

SENSITIVITIES 110 0

TIME	AREA	GC	RT	SP	NAME
3.76	36.1836	T	0.376	1.000	10.7894 PALMITIC
4.52	1.9649	T	0.452	1.000	1.8323
5.69	1.5689	T	0.569	1.000	0.2889
6.56	6.2742	T	0.656	1.000	3.3100 OCTADEC
7.66	66.0680	T	0.766	1.000	34.7139 OLIC
9.58	56.4323	T	0.958	1.000	29.7669 LINOLEIC
11.58	1.2122	T	1.158	1.000	0.6377
12.51	0.6074	T	1.251	1.000	0.4240
18.36	0.8108	T	1.836	1.000	0.4181

## CONCLUSIONES.

Los tratamientos térmicos de tostado y cocido efectuados a la semilla de amaranto no alteran la composición de la semilla, sino por el contrario elevan ligeramente el contenido de proteína cruda. No se conocen todavía las razones del mejoramiento en la calidad nutritiva debido a estos procesos.

En el reventado disminuye el contenido de proteína cruda debido posiblemente a una desnaturalización parcial de la misma por efecto de la alta temperatura en este proceso.

El contenido de fibra y cenizas se mantiene prácticamente constante en los diferentes tratamientos.

Los resultados anteriores también se pueden observar en las harinas integrales de los diferentes tratamientos térmicos.

De las fracciones: granillo, salvado, harina gruesa y harina fina se podrían elaborar mezclas de harinas eliminando el granillo y salvado en el caso de las semillas tostada y reventada y sólo el salvado en el caso de la semilla cocida por su alto contenido en fibra cruda, con la posibilidad de emplearse incluso en alimentos infantiles conteniendo una proporción importante de proteína, así como también en la elaboración de pastas alimenticias, mazapanes, en panadería, etc.

El salvado y el granillo por su contenido de proteínas y fibra cruda podría destinarse a la elaboración de alimentos balanceados destinados a forraje.

Las harinas integrales derivadas de los diferentes tratamientos térmicos

podrían utilizarse en panificación, mezcladas con harinas de trigo o maíz para elaborar productos como galletas o pan tipo caja (47); en cereales para el desayuno como hojuelas, en el enriquecimiento de maíz con harina de amaranto en la elaboración de tortilla (50) en productos instantáneos de amaranto para elaboración de cremas alimenticias y en productos de confitería.

#### RECOMENDACIONES.

Realizar estudios para determinar la cantidad de lisina reactiva en los diferentes tratamientos térmicos para observar que tan significativa podría ser su pérdida, si es que la hay, sobre todo en el reventado; al igual que la cantidad de vitaminas presentes (tiamina, riboflavina, niacina y vit. C) ya que estas tendrían que adicionarse a los diferentes productos elaborados en caso de su completa desnaturalización por efectos del calor.

Para una industrialización adecuada es necesario desarrollar equipos de procesamiento que induzcan el tostado y reventado del grano de amaranto estableciendo condiciones óptimas de procesamiento para mejorar su calidad nutritiva. Estos equipos deben ser simples, de producción continua y de bajo costo energético.

## BIBLIOGRAFIA.

1. SAUER, J. D. 1950. "Cultivated plants of South and Central America". En Steward, ed. Handbook of South American Indians. Washington. V. 6, p. 453-497.
2. SAUER, J. D. 1950. "The grain amaranths: a survey of their story and classification". Ann. Mo. Bot. Gard., 37:561-632.
3. SAUER, J. D. 1969. "Identity of archaeological grain amaranths from the valley of Tehuacan, Puebla, Mexico". Am. Antiq., 34:80-81.
4. KAMALANATHAN, S. et al. 1970. "Studies of the optimum time of sowing and stage of harvest of CO1 Amaranthus. (A. flavus L.)" South Indian Hort., 18(314):77-80.
5. KAMALANATHAN, S. et al. 1973. "Amaranthus, a high yielding and delicious strain". Madras Agr. J., 40(6):355-358.
6. HAUPTLI, H. 1977. "Agronomic potential and breeding amaranths". Proc. 1st. Amaranth Semin., p. 105-120.
7. HAUPTLI, H. 1978. "Biosystematic and agronomic potential of some weedy and cultivated amaranthus". Theor. and Appl. Genet., 52:177-185.
8. URBINA, M. 1903. "Plantas comestibles de los antiguos mexicanos" An. Mus. Nal. Mex., (2a. época) 1:503-591.
9. SAFFORD, W. E. 1916. "An economic Amaranthus of ancient America". Science, 44:870.
10. SAFFORD, W. E. 1917. "A forgotten cereal of ancient America". Proc. Int. Amer. Session, 19:236-297.
11. GRANADOS, J. G., H. NOCUERON y A. ZARZA. 1886. "Cultivo de la alegría". Bol. Soc. Agr. Mex., 10:42-43, 47-51.
12. MARTINEZ, M. 1925. "La alegría". Bol. Dir. Est. Biol., 3:14-17.
13. MARTINEZ, M. 1969. "Plantas útiles de México". México, Botas.
14. SAINA, Z. I. 1973. "Phytochemical research on Amaranthus blitoides and Anaphalis racemiberae. Lekarstvennye Preparaty iz Rastenii. Kazahstana, 18:44-47.
15. KIDWAY, et al. 1959. "Nutritive value of some common plants". Pak. J. Biochem., 2 (1):28-32.
16. SMITH, R. C. et al. 1959. "Seed protein sources amino acids composition and total protein content of various plant seeds". Econ. Bot., 13:132-

17. SMITH, J. R. "Seed protein aminoacids". Econ. Bot., 13:132-148.
18. ANDERSON, F. 1948. "Hybridization of the habitat". Evol., 2:1-9.
19. BEHARA, B. y S. N. PATNAIK. 1975. "EMS induced mutation in *Amaranthus tricolor* L.". Curr. Sci., 41(9):319-320.
20. BREMAN, J. P. M. 1961. "*Amaranthus* in Britain". Watsonia, 4:261-280.
21. BUCHANAN, G. A. y E. R. BURNS. 1971. "Weed competition in cotton; II. and redroot pigweed". Weed Sci., 19(5):580-582.
22. CARDENAS, H. y J. G. NAVES. 1948. "Número de cromosomas de algunas plantas nativas cultivadas por los indios de los Andes". Rev. Agr. 5:30-32.
23. CARLSSON, R. 1977. "*Amaranthus* species and related species for leaf protein concentrate productions". Proc. Inst. Amaranth Semin., p. 83-99.
24. SANCHEZ-MARROQUIN, A. 1983. "Dos cultivos olvidados: el amaranto y la quinua". Arch. Latinoam. Nutr. Vol. 33, No. 1. Rodale Press, Inc.
25. MADHUSOODANAN, K. J. 1976. "Hybridization between *Amaranthus graecizans* and *A. viridis*". Curr. Sci., 45(19):703-704.
26. MADHUSOODANAN, K. J. y H. PAL. 1976. "A primary trisomic in *Amaranthus tricolor* Linn". New Bot., 3(1-2):70-73.
27. MITRA, K. 1964. "Chromosome number in some plants" Sci. Cult., 30:344-345.
28. MUGERWA, J. S. y R. RNABYE. 1974. "Yield composition and in vitro digestibility of *Amaranthus hybridus* subspecies *Incurvatus*". Trop. Grassl., 8(1):47-52.
29. NARVAL, R. P. 1972. "Population differentiation in *Amaranthus viridis* Linn". Curr. Sci., 41(8):299-300.
30. PAL, M. 1964. "Chromosome numbers in some Indian angiosperms-I". Proc. Indian Acad. Sci., LX:5(B):347-350.
31. PAL, M. y T. N. MISHRA. 1974. "Grain Amaranth" En Hutchinson, J. ed. Evolutionary studies in world crops, diversity and change in the Indian subcontinent, Cambridge, University Press., p. 121-137.
32. PRISZTER, S. 1947. "Hybrides d'*Amaranthus*". Index Hort. Bot. Univ., 7:116-149.
33. DALESTRIER, L. 1895. "La alegría" Prog. Mex., 3:135-136.
34. BEHARA, B. y S. N. PATNAIK. 1974. "Cytotaxonomic studies in the family Amaranthaceae" Cytol., 39(1):121-131.

35. BRAND, D. D. 1939. "The origin and early distribution of new world cultivated plants" Agr. Hist., 13:107-117.
36. SANCHEZ-MARROQUIN, A. y NAYA, S. 1979 "Características Bromatológicas del Amaranto". Congreso de Ingeniería Bioquímica. Res. Trab., México, D.F.
37. SENFT, J. P. 1979. "Protein quality of amaranth grain" Proc. 2nd. Amaranth Conference. Emmaus. p. 43-47.
38. SANCHEZ-MARROQUIN, A. 1979. "Amaranth agricultural potencia in México". Proc. 2nd. Amaranth Conference. Emmaus. p. 95-105.
39. SANCHEZ-MARROQUIN, A. y J. L. PEREZ. 1979. "Perspectivas industriales del amaranto". Ponencia presentada en el III Congreso Nacional de Ingeniería Bioquímica. México.
40. SANCHEZ-MARROQUIN, A. 1980. "Potencial agroindustrial del amaranto". Centro de Estudios Económicos y Sociales del Tercer Mundo, México, D.F.
41. PRICE, M. L. y L. G. BITTER. 1977. "Rapid visual estimation and spectrophotometric determination of tannin contents of sorghum grain". J. Agric. Food. Chem. 25:(6):1268-1273.
42. AACC. 1975. Cereal Laboratory Methods. 7a. Ed. St. Paul, Minn. (EUA).
43. AOAC. 1975. Official Methods of Analysis. 12a. Ed. Washington (EUA).
44. MACHICAD, E. 1965. "Las saponinas de la quinua". Sayaña (Bolivia). 4(1-2) 24-25, 1965.
45. FEINE, L. 1979. "Taxonomical investigation and germplasm collection in México". Proc. 2nd. Amaranth Conference. p.
46. FAO/OMS. Amino-acids content of food and biological data on proteins. The Food Policy and Food Science Service, Nutrition Division, FAO, Roma, 1970. FAO Nutritional Studies No. 24.
47. FAO/OMS. Necesidades de energía y proteína. Informe de un Comité Especial Mixto FAO/OMS de expertos, Roma, 1973.
48. BETSCHART, A. A, D. WOOD IRVING, A. D. SHEPHERD, E. L. WHEELER, y R. M. SAUNDERS. 1980. "Nutritional studies on *Amaranthus hypochondriacus* and its milling fractions". Proc. 2nd. Amaranth Conference. p. 59.
49. DOMINGO VARDONA M. V. "Utilización de harina de amaranto en la elaboración de pan tipo caja. Seminario Nacional del Amaranto.
50. SANCHEZ MARROQUIN A, y S. NAYA. "Enriquecimiento del maíz con harina de amaranto en la elaboración de tortilla. Seminario Nacional del Amaranto.