

870127

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE GUADALAJARA

INCORPORADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO



ESCUELA DE CIENCIAS QUIMICAS

2
2ej



TESIS CON
VALIA LA ORIGEN

ESTUDIO SOBRE EL PODER NUTRICIONAL
DE LA SEMILLA DE AMARANTO

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
QUIMICO FARMACEUTICO BIOLOGO

PRESENTA:

BLANCA ROCIO GARCIA DIAZ

ASESOR: ROSA R. GONZALEZ MOCTEZUMA

GUADALAJARA, JALISCO, 1992



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.

INDICE

1.- INTRODUCCION	2
1.1.- ANTECEDENTES	6
1.2.- ORIGEN	7
2.- GENERALIDADES	9
2.1.- ASPECTOS HISTORICOS	9
2.2.- TAXONOMIA	11
2.3.- ASPECTOS DE CULTIVO	15
2.4.- MORFOLOGIA DE LA SEMILLA	17
2.5.- VALOR NUTRITIVO	19
2.6.- COMPOSICION DE LA SEMILLA EN COMPARACION CON OTROS CEREALES..	43
2.7.- GERMINACION	50
2.8.- PRODUCCION	51
3.- METODOLOGIA	54
3.1.- FORMULACION DEL PROBLEMA	54
3.2.-DESARROLLO EXPERIMENTAL	56
3.3.- METODOS DE ANALISIS	57
4.- RESULTADOS	61
5.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	63
6.- REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	66

1.- INTRODUCCION

Buscando la forma de balancear la relacion de poblacion-alimentos, se ha incrementado el interes por los cultivos que estaban un tanto olvidados, que pueden aportar su contenido de nutrientes en la ingesta diaria de alimentos; con esta preocupacion, reencontramos al Amaranto, una de las plantas que pueden ser capaces de resolver la crisis de un mundo hambriento.

El aporte de proteinas en la poblacion del area rural y suburbana, segun datos obtenidos por el Instituto Nacional de Nutricion es de 500g/persona/dia, siendo el 20% de origen animal; en el area urbana se consumen alrededor de 70g de proteina /persona/dia con menos de 30% de origen animal (1).

Esta situacion dista mucho de ser optima cuando se compara con las recomendaciones establecidas por la FAO de 83g de proteina/persona /dia para un hombre y 71g para la mujer, de los cuales el 33% debe ser de origen animal. De lo anterior solo resulta que el 20% de la poblacion mexicana tiene una dieta variable y aceptable.

Existen varias alternativas con respecto al mejoramiento de la calidad y disponibilidad de las proteinas, una de ellas es el aprovechamiento de fuentes no tradicionales. Es probable que las plantas y semillas que ocupan un cierto lugar en la dieta popular mexicana como son los quilitos, los mesquites y las semillas de Amaranto entre otros, presenten problemas de aceptacion (24).

El Amaranto es un cultivo que en los ultimos años ha despertado el interes de diversos centros de investigacion en todo el mundo.

Por su valor nutritivo, comparables al de los cereales en cuanto a vitaminas, minerales y carbohidratos, pero superior a estos en cuanto su contenido de proteina y grasa en adiccion a sus caracteristicas agronomicas (crecimiento rapido, resistencia a plagas, heladas y sequias) resulta muy atractivo para su utilizacion humana.

En Mexico, el cultivo del Amaranto disminuye considerablemente durante la época de la conquista. Sin embargo actualmente en algunas regiones se sigue cultivando y practicamente solo se utiliza para fabricar el dulce llamado "alegría". No obstante varios investigadores (3,4,5) estan tratando de recuperar o reincorporar este cultivo a la alimentación humana, para lo cual han desarrollado alimentos como :pastas para sopa, panes, galletas, tortillas, etc.

Cultivar una planta silvestre para convertirla en una de las mejores y mas importantes cosechas del mundo, no es algo facil de realizar comparada con las cosechas de trigo y maiz. Las plantas de Amaranto se desarrollan a distintas alturas: algunas de ellas han registrado una altura de casi dos metros y medio en condiciones normales y el minimo tamaño alcanzado es de un metro tambien con las mismas características agronomicas. Su semilla varia en el tiempo de maduración cuando pasa del color verde al color escarlata, algunas maduran durante septiembre y otras a mediados de octubre ; otras caen por el solo peso de sus semillas.

La especie de Amaranto que parece ser prometedora para convertirse en una cosecha alimenticia, es una planta con hojas en abundancia cuyas semillas contienen muchas proteínas y un aminoácido esencial, la lisina, que no existe contenida en el trigo, el arroz y ni en el maiz. Combinado con estos granos en la harina o cereal, el Amaranto proporciona una calidad proteínica, cuyo balance de aminoácidos complementa al de los granos mas comunes y se aproxima bastante a los estándares establecidos por la Organización Mundial de la Salud. Los estudios realizados por Fundación Nacional de Ciencias y la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos, se han referido al Amaranto como una de las cosechas mas prometedoras para los Estados Unidos en esta época moderna.

El Amaranto tiene ciertas ventajas además de su riqueza proteínica, necesita menos agua que los demás granos comunes y resulta ideal cosecharlo en regiones semiaridas en donde el abastecimiento de agua es problemático.

Sin embargo no tiene la misma consistencia del trigo ya que carece de la proteína gluten que ayuda a que la masa de pan se esponje, y resulta mejor para elaborar galletas. Hace siglos la planta florecía en una de las culturas más avanzadas del mundo. Para los Aztecas de México el Amarantho era un alimento básico así como también el centro de la vida religiosa. El emperador Moctezuma exigía un tributo de 200 mil manojos de Amarantho cada año a los campesinos que vivían en las afueras de la magnífica capital Tenochtitlan. Las mujeres mezclaban el Amarantho con miel y quizás, las conjeturas de los antropólogos, con sangre humana de víctimas sacrificadas y modelaban la imagen de un gran ídolo, el sangriento dios de la guerra, Huitzilopochtli (39).

En 1521, Hernán Cortés conquistó a los Aztecas y erradicó las cosechas de Amarantho. La planta cultivada desapareció y la planta silvestre sobrevivió. Actualmente ha sido suplantada por el trigo y otros granos.

La palabra Amarantho viene del griego que significa inmarcesible (que no se marchita). Su resurgimiento se inicia en los pueblos de África oriental que padecieron de hambre durante la década de 1960.

Se tienen ya muchos problemas en la agricultura, sin contar con una cosecha que nadie conoce. Los investigadores no saben y ni siquiera tienen idea sobre el costo que representaría cultivar y procesar el Amarantho, cuya pequeña semilla tal vez requiera de una maquinaria especializada con este tipo de semilla, tampoco se tiene idea del precio que debe tener en el mercado por las mismas razones mencionadas anteriormente. A menos que estos factores sean favorables el Amarantho no tiene posibilidades de ser una cosecha importante (2).

Antes de que las grandes compañías de productos alimenticios se interesen en el Amaranto, deberá probarse en el mercado especializado de alimentos naturales. Una variedad de cereal de Amaranto ya está a la venta en el Distrito Federal como alimento dietético. Este tipo de alimento debe ser producido en grandes cantidades y regularmente, de manera que el Amaranto deberá ser cultivado primero como alimento para ganado.

La Fundación Nacional de Ciencias y la Academia Nacional de Ciencias de Estados Unidos ha llamado al Amaranto como "el cereal del futuro" con la posibilidad, como ya ha sucedido con el maíz, de que quizás tengamos que importarlo en el futuro, a menos que tengamos el cuidado de impulsar a tiempo su mejoramiento y cultivo. (39).

El presente estudio tiene como objetivo comparar los análisis químico-proximal de las semillas de Amaranto obtenidas bajo condiciones agronómicas diferentes, estas muestras procedentes de Tulyehualco, D.F. y de Durango, DGO.; relacionandolas con los valores obtenidos en las referencias bibliográficas.

1.1.- ANTECEDENTES

Tanto las hojas como las semillas de Amarantho son comestibles. Cabe señalar que por ignorancia se clasifica a los Amaranthos de grano como "pseudo-cereales", puesto que su sabor es parecido al de ellos y porque producen grano o semilla del tipo de los cereales, pero esto es incorrecto ya que el Amarantho pertenece a otra familia del reino vegetal.

Entre los pseudo-cereales podemos mencionar: la quinua, el trigo sarraceno y el Amarantho; este ultimo es el mas importante. Ha sido utilizado desde tiempos antiguos en varios paises. El cultivo ha declinado en este siglo y actualmente solo se practica en lugares aislados (26).

En sus mas o menos ocho mil años de cultivo, el Amarantho ha tenido muchas epocas gloriosas; del grano se obtenia una harina con un contenido proteico alto, la que se presento en muchos de los alimentos de los hogares mexicanos.

Los indios americanos producian con el un tinte de color brillante, y los chinos sabian utilizar las hojas verde como hortaliza muy nutritiva. El grano de Amarantho, inflado y reventado por medio de fuego, era un alimento utilizado en ceremonias sagradas en muchas partes del mundo. Algunas variedades de Amarantho cuyas flores estan llenas de colorido, fueron plantadas en jardines ornamentales dentro y fuera de las casa habitacion.

1.2.- ORIGEN

Sauer (29) recopiló información con respecto al Amarantho ubicando su origen, indiscutiblemente en el continente americano.

Con más precisión sitúa su origen en el suroeste de los Estados Unidos de América y en el Norte de México. Existen indicios que tribus de estas zonas cultivaban el Amarantho para alimento; posteriores migraciones trasladaron el cultivo hacia la mesa central donde alcanzó su mayor relevancia, en Arizona se encontraron semillas y inflorescencias bien preservadas en Tonto National Monument, región que estuvo ocupada por los indios Salado. Existen indicios de que el cultivo puede haber persistido en esta región hasta años recientes (30).

M.C. Stevenson encontró - como resultado de sus exploraciones- que los indios hopi de Arizona lo usaban en su alimentación, así como también los indios siniz de Nuevo México. Russell (1908), citado por Sauer (29), reporta su cultivo por los indios pimas.

El explorador Palmer menciona cultivos de pseudocereal en el suroeste de Estados Unidos de América, donde viven los indios pah utes; Powell, en 1870, coleccionó semillas en Arizona (34).

En varios lenguajes de los indios del noroeste de México el mismo cultivo fue llamado con algunas variantes de la palabra quequi. Comenzando el siglo XVII, la denominación de "alegría" que los españoles daban a las coquecciones de Amarantho tostado, gradualmente se fue extendiendo a toda la planta.

Durante el periodo colonial, los indios Jova y tarshumaras cultivaron el Amaranto en la sierra Madre Occidental, bajo el nombre de guegui. El grano fue usado tambien por los españoles - aunque de manera limitada- en forma parecida al maiz. Los indios mayo, waritio y tephuanes cultivaron A.hypochondriacus en sus regiones bajo los nombres de guegui, huoutli, bledo o sus variantes.

En la mesa central de Mexico fue uno de los granos mayormente cultivados como alimento en los tiempos anteriores a la conquista. Entre los aztecas y sus vecinos el grano tuvo ademas gran importancia religiosa (30).

Respecto a los conocimientos actuales sobre el excelente balance nutricional del Amaranto de un buen indice de la sabiduria de aquellos antepasados nuestros, al menos en lo que se refiere a su intuicion y experiencia para conservarlas saludables.

2.- GENERALIDADES

2.1.- ASPECTOS HISTORICOS

En los tiempos prehispánicos la semilla o grano de Amaranth fue uno de los alimentos básicos de América, casi tan importante en la alimentación como el maíz y el frijol (6).

La semilla era conocida por los antiguos mexicanos como "husuhtli" que en nahuatl significa huevo de pescado la cual se llamo así por la semejanza de la semilla con estos últimos. Debido al color sangre con el que esta matizada la planta de Amaranth, era considerada como una planta mística unida a la leyenda y al rito.

El calendario religioso azteca señalaba varios días en los que las mujeres molían la semilla y la mezclaban con miel y sangre humana, la pasta resultante la moldeaban en forma de pájaros, serpientes, montañas y dioses. Estas figuras servían de alimentos durante las ceremonias de los grandes templos o de pequeños grupos familiares.

En la zona central del país la semilla de Amaranth se consumía en especial en forma de atole y tamales. Los productos más comunes eran unas esteras de masa de Amaranth llamadas "tzoalli" o "zoale". Para prepararlas semillas se les molía y mezclaba con miel de maguey. Los tarahumara, Mayas tepahuanes, yaquis y miembros de otras tribus preparaban un producto similar. Los huicholes llaman "wa-ve" a las semillas de Amaranth y la utilizaban en la elaboración de galletas en forma de animales. Los tarascos festejaban a la diosa de

la tierra confeccionando panes de Amarantho que les denominaban "tuycen". En Jalisco y Oaxaca sus usos eran parecidos a los mencionados. En Arizona, los indios Hopi, elaboraban los idolos de Amarantho que utilizaban como amuletos.

Algunos grupos indigenas sembraban los Amaranthos como fuentes de pigmento para colorear las hostias ceremoniales que personificaban a sus dioses y que distribulan a las personas a manera de comunion durante sus danzas tradicionales.

La parte vegetativa de la planta tambien tenia un lugar importante en la vegetacion ya que con las hojas se elaboraban tamales denominados "huauhquilitamalli" para ofrecerlos al dios del fuego (8).

El nombre de "alegría" se adjudico en el siglo XVI al dulce que se fabrica con la semilla reventada al fuego y luego, por extension, a la planta entera. antes de la llegada de los españoles, los indigenas solo utilizaban el "huahutil" reventado. A Fray Martín de Valencia (1473-1534) se le ocurrio mezclarlo con miel. Cuentan los relatos de la epoca que uno por uno los indigenas fueron probando el dulce resultante y les parecio tan sabroso que empezaron a bailar y cantar de alegría. De ahi surgio el nombre de este dulce.

2.2.- TAXONOMIA

La familia de las Amaranthaceas (Dicotyledonae, orden Caryophyllales) constituye un interesante grupo de plantas que comprenden 60 generos y alrededor de 800 especies; las cuales estan ampliamente distribuidas en el mundo, y en particular en las regiones tropicales, subtropicales y de clima templado (7).

el genero *Amarantus* esta dividido en dos secciones: Seccion *Amarantus* y Seccion *Blitopsis*. La seccion *Amarantus* incluye especies que se consideran generalmente entre los tipos de grano, incluyendo los *Amarantos* coloridos, los ornamentales y las malezas comunes. Esta seccion incluye las especies *A. cruentus*, *A. caudatus*, *A. Hypochondricus* y *A. edulis* (30).

Las plantas de esta seccion contienen una inflorescencia terminal compuesta. Las unidades basicas de esta inflorescencia son glomerulos: una flor estaminada inicial y un numero de flores pistiladas, las cuales se encuentra sobre un eje carente de hojas llamadas espigas.

La seccion *Blitopsis* tiene flores axilares y si hay inflorescencia terminal es muy pequena. Incluye las especies *A. gangeticus*, *A. tricolor* y *A. blitum* (32).

La estructura floral basica para ambas secciones es un dicasio llamado comunmente glomerulos, una flor estaminada inicial es seguida por un numero indefinido de flores pistiladas. Los glomerulos estan sobre un eje carente de hojas y forma una panícula completa llamada tecnicamente tirso. Antes de la emergencia de los estambres los pistilos dentro de u glomerulo dado son respectivos al polen (29).

Los nombres que diferentes autores les han dado a estas plantas son muy variados. Sin embargo, después de varios estudios se ha llegado a la conclusión de que las especies de semilla comestible se reduce a : *Amarantus hypochondriacus*, *A. caudatus* y *A. cruentus* (31). *A. hypochondriacus* también se la a conocido como *A. leucocarpus*, después fue llamada *A. leucospermus* (S. Watson, 32).

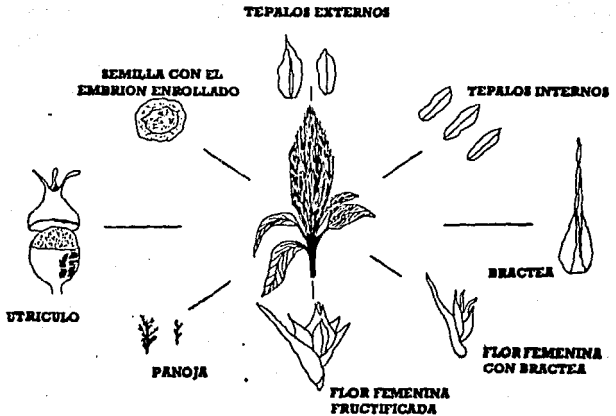
La evidencia arqueológica más antigua de las semillas de Amaranth se refiere al *A. cruentus*, el cual fue encontrado en Tenochtílán, Puebla, México, el cual data de 1 000 años antes de Cristo (6).

CLASIFICACION BOTANICA

Nombre científico	Amaranthus spp.
Nombre en inglés	Amaranth
Nombre en castellano	Bledo
Nombre vulgar	Amaranto
Reino	Vegetal
Division	Embryophyta Siphonograma
Subdivision	Angiospermás
Clase	Dicotiledoneas
Subclase	Archicliomidae
Serie	Centrospermæ
Familia	Amaranthaceæ
Genero	Amaranthus
Especie	Hypochondriacus (9).

FIGURA No. 1

INFLORESCENCIA Y ESTRUCTURA FLORAL DEL AMARANTO.



FUENTE: (1944)

2.3.- ASPECTOS DE CULTIVO

Aunque el cultivo de Amaranto ha declinado en nuestro país, aun es posible observar pequeñas áreas sembradas entre las milpas. Esto ocurre en ciertas zonas del Distrito Federal, circunscritas al área de Tulyehualco, D.F.; Amilcingo y Huazulco, Morelos, así como San Miguel del Milagro Tlaxcala. En ocasiones se observan sembradíos en Guerrero y Oaxaca (6).

En Mexico el cultivo del Amaranto se inicia o establece en dos formas, dependiendo de la región:

a).- La siembra de trasplante, siguiendo la técnica ancestral de las chinampas, se realiza en Tulyehualco, D.F., y pequeñas áreas aledañas.

b).- La siembra directa, que se lleva a cabo en Amilcingo y Huazulco, Morelos y parte del norte del país como puede ser Durango, DGO, así como en las demás regiones en donde se ha reportado su cultivo.

Siembra de trasplante.-

En estudios realizados por Early (35) se menciona que en Tulyehualco el cultivo es de temporal y pasa por dos etapas: el almácigo y el trasplante, que se realiza en las faidas de los cerros cercanos. El almácigo, generalmente se prepara a fines de abril o principios de mayo, para efectuar el trasplante el inicio de la temporada de lluvias, que habitualmente ocurre en el mes de junio.

Siembra Directa. -

Early (35) reporta que otra de las zonas importante de cultivo de Amaranto en la mesa central es el estado de Morelos y describe su cultivo como sistema a campo abierto y consta de las siguientes etapas: siembra y cosecha. Generalmente el Amaranto se siembra en junio para cosecharlo en octubre. Las plantas emiten la floracion despues de dos meses de siembra; la cosecha se realiza a tres meses despues de la floracion. El rendimiento es casi el doble que en Tulyehualco, sin embargo, en Mexico el principal centro de produccion y comercializacion del Amaranto es este lugar, en donde es el cultivo mas importante despues del maiz (8).

MORFOLOGIA DE LA SEMILLA

Segun Feine (32), las semillas de Amarantho son pequeñas, ovaladas, blancas, lisas, brillantes y ligeramente aplanadas. Miden de 1 a 1.5mm de diametro y tienen un peso de 0.6 a 1.0g por cada 100 semillas, presenta coloraciones variadas segun la especie : blanco, amarillo, rosado, pardo, rojizo y negro.

La mayor parte de la semilla la ocupa el embrión al cual se enrolla en círculo. La envoltura de la semilla y el perispermo estan finamente unidos el uno al otro, pero son susceptibles de separar por molienda abrasiva. El revestimiento de la semilla es una capa delgada y unica cuya porción exterior contiene el pigmento que imparte color a la semilla (Amarantina).

Los cuerpos proteínicos estan ubicados en los tejidos embrionicos y del endospermo, pero el tamaño de la célula y del cuerpo proteínico varian. Los cuerpos proteínicos en las células del endospermo miden entre 1.5 a 2.0 micrometros de diametro, y en las células del parenquima del embrión, estos miden de 5 a 6 micrometros. En el perispermo, la proteina se presenta en forma de depositos entre los pequeños granulos amilaceos (10).

Las células del embrión se encuentra incluidas en una matriz lipóide. Las células del procambium se encuentran en grupos formando cilindros en el eje longitudinal del embrión y su diametro transversal es mas pequeño con relacion a las otras células del embrión.

FIGURA No. 2

MORFOLOGIA DE LA SEMILLA DE AMARANTO

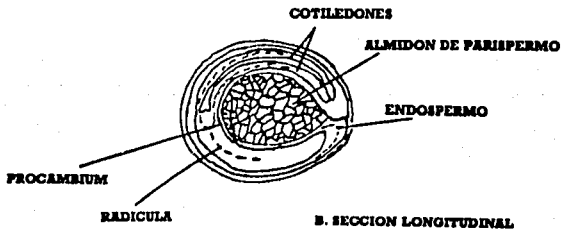
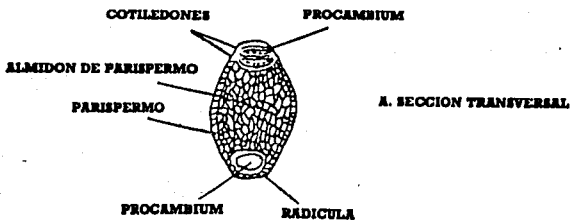


PLATE 1257

2.5. - VALOR NUTRITIVO

Segun Grubben (36), los granos de Amarantho utilizados como alimento en ciertas regiones tropicales dode su consumo data de tiempos prehispanicos. Sin embargo, en algunos paises, ha sido constituido poco a poco por cereales gramínceos, debido a la pequenez de los granos. Debemos considerar sin embargo, que en el futuro tal actitud debera ser rectificad, pues los multiples estudios realizados respecto a la potencialidad de este pseudo-cereal como alimento, ha demostrado que debe darse gran atencion a su cultivo y aprovechamiento en mucho mayor escala que hasta ahora. El valor nutricional de la semilla de Amarantho es muy bueno.

Segun Wueung (37) la materia seca de estos granos contiene de 15 a 16% de proteina. Su valor calorico (430 cal. por 100 g) es mejor que el del maiz, ademas contiene de 6.9 a 8.3 % de lípidos.

COMPOSICION QUIMICA GENERAL

Casillas Gomez (38) indica el resultado del analisis bromatologico de la semilla de alegria en la siguiente forma:

TABLA No 1

Carbohidratos asimilables.....	50 - 60 %
Proteinas.....	14 - 16 %
Extracto etereo.....	6.50 %
Fibra cruda.....	15.70 %
Cenizas.....	2.70 %
Humedad.....	10.25 %

Otros datos obtenidos por Sanchez Marroquin (13) sobre la composición de las semillas de alegría, *A. hypochondriacus* son:

TABLA No2

	(%)	
Proteína	15.0 a 16.0	g
Grasa.....	3.1 a 6.3	g
Carbohidratos.....	60.7	g
Fibra.....	0.5	g
Valor biológico.....	73.7	
Digestibilidad.....	80.4	
Eficiencia de la proteína....	2.12 (caseína 2.2)	
Energía.....	391	calorías
Calcio.....	490	mg
Fosforo.....	397 a 691	mg
Hierro.....	15	mg
Magnesio.....	270	mg
Tiamina.....	0.26	mg
Riboflavina.....	0.15	mg
Acido ascórbico (Vit. C).....	61.5	mg
Caroteno (provit A).....	4.6	mg

Se han realizado estudios bromatológicos en el Banco de Germoplasma de Cusco, Perú que cubre 63 muestras de la semilla y todos los análisis se realizaron utilizando los métodos de la AOAC (10).

TABLA No 3

	Min	Max	Med
Humedad.....	8.2	12.6	9.4
Proteínas (Nx6.25)..	11.9	15.9	14.5
Azúcares solubles...	2.1	3.4	2.7
Almidón.....	51.5	69.3	64.8
Lípidos.....	6.3	8.5	7.2
Fibra cruda.....	6.3	14.2	8.4
Cenizas.....	2.7	4.2	3.2

Rivas Torres (40) expone la composición química del Amaranto en el siguiente cuadro:

TABLA No. 4

Determinación	Semilla de Amaranto (%)
Humedad.....	8.4
Cenizas.....	2.3
Proteínas.....	15.3
Grasa.....	7.1
Fibra cruda.....	2.9
Carbohidratos.....	64.0

Otro análisis bromatológico general de la semilla de Amarantho fue realizado por Joseph Martínez (41):

TABLA No. 5

	Base húmeda	Base seca
Humedad.....	8.5	0.0
Proteína cruda (Nx5.30)	12.1	13.2
Extracto etéreo.....	7.3	8.0
Fibra cruda.....	4.0	4.3
Carbohidratos solubles.	65.1	71.3
Cenizas.....	3.0	3.2

En tablas de composición de alimentos para uso en América Latina (42) se encontró un análisis sobre el bledo (*Amaranthus spp.*) (43).

TABLA No. 6
Composición por 100g de porción comestible

Valor energético.....	42 cal
Humedad.....	86.0 %
Proteína.....	3.7 g
Grasa.....	0.8 g
Carbohidratos.....	7.4 g
Fibra.....	1.5 g
Ceniza.....	2.1 g
Calcio.....	313 mg
Fósforo.....	74 mg
Hierro.....	5.6 mg
Tiamina.....	0.05mg
Riboflavina.....	0.24mg
Niacina.....	1.2 mg
Acido Ascórbico.....	0.9 mg

La composición proximal de muchas especies de Amarantho son listadas en la tabla No 7 de la misma forma se reporta por el departamento de Glucosa, California (44) un contenido medio de proteínas de 14.9% para cuatro muestras africanas (*A. cruentus*), y 14.8% en muestras mexicanas (*A. cruentus*), y 15.3% de cuatro muestras *A. hypochondriacus*.

TABLA No. 7

Espécies	Proteína (N x 6.25)	Grasa	Fibra	Ceniza
	(%)	(%)	(%)	(%)
<i>A. cruentus</i>	17.8	7.8	4.4	3.0
<i>A. hypochon.</i>	15.8	6.1	5.0	3.3
<i>A. caudatus</i>	14.9	5.9	4.2	3.2
<i>A. edulis</i>	15.9	8.1	3.2	3.2
<i>A. gangeticus</i>	15.1	5.1	5.4	3.5
<i>A. retroflexus</i>	13.2	5.4	6.4	3.1

Reporta Alejandro Iturbide (39) la composición de la semilla en dos especies mexicanas de Amaranto.

TABLA No. 6

Analisis (Tulyehualco)	Amaranthus hypochondriacus (Tulyehualco)	Amaranthus cruentus (Huazulco)
Humedad g %	85.70	86.10
Cenizas g %	3.28	3.0
Proteinas g %	13.41	14.0
Extracto etereo	0.54	-
Fibra cruda g %	1.16	-
Calcio mg %	158.0	190.0
Fosforo mg %	85.0	39.0
Hierro mg %	7.80	4.6
Tiamina mg %	0.03	0.12
Riboflavina mg%	0.17	0.19
Niacina mg%	1.16	0.57
Carbohidratos	5.14	-
Acido Ascorbico	15.3	61.9
Caroteno mg%	3.65	4.6

COMPOSICION DE LA PROTEINA EN LA SEMILLA DE

AMARANTO

La importancia de la proteína de la semilla de Amaranto, radica en su riqueza de aminoácidos esenciales, incluyendo a la lisina, lo cual, como es bien sabido, tiene una proporción que limita al valor biológico de los cereales. La eficiencia de la proteína es comparable al de la caseína (16).

Becker y cols. (14) observaron que la composición de aminoácidos de la proteína de Amaranto se ve poco influenciada por características genéticas.

Esta proteína de la semilla de Amaranto está principalmente distribuida en el germen más la envoltura (65%), y en el perispermo amiláceo (35%).

La proteína contiene niveles más altos de aminoácidos azufrados y lisina que los granos convencionales (el doble de lisina que el trigo y el triple que el maíz) los que generalmente son limitantes en la mayoría de los cereales, lo que indica que la mezcla de harina de cereales con la de Amaranto se complementa adecuadamente.

El aminoácido esencial limitante en la proteína de Amaranto es la leucina seguido, con valina y treonina. El cuadro No. 9 muestra que el contenido de aminoácidos esenciales de esta semilla presenta valores muy similares al patrón provisional FAO/OMS 1973

CUADRO No. 9

COMPOSICION DE AMINOACIDOS ESENCIALES DE VARIAS ESPECIES
DE SEMILLA DE AMARANTO
(gramos de aminoacido/100 g de proteína)

Especies	Triptorano	Metionina	Treonina	Valina	Lisina	Leucina
<i>A. cruentus</i>	0.9-1.5	4.0-4.8	2.7-3.9	3.3-4.5	4.0-6.1	4.4-6.2
<i>A. hypoc.</i>	1.2-1.5	4.0-4.1	2.8-2.9	3.4-4.6	3.4-4.9	4.7-5.2
<i>A. caudatus</i>	.....	2.8	2.8-4.0	1.2-4.1	4.0-5.7	3.2-5.0
<i>A. hybridus</i>	.....	0.7-1.5	2.7-3.7	.....	4.5-6.3	6.0-7.1
<i>A. edulis</i>	1.1-4.0	4.0	3.6-4.0	4.6-4.7	5.9-6.4	6.1-6.3
FAD/OHS '73	1.0	3.5	4.0	5.0	4.8	4.7

Fuente (6).

Alejandro Iturbide (39) presenta el valor nutritivo de la proteína del Amarantho en una forma objetiva al comparar el balance entre los aminoácidos esenciales que contiene, los de la proteína de varios de los alimentos de consumo común (Tabla No. 10) así como los diagramas de tal balance, obtenidos para algunos de esos alimentos (figura No.3).

Downtown (45) menciona que la proteína tiene un alto contenido de lisina (6.2) y metionina (2.3%). Según Sanchez Barroquin (13) el aminograma de *A. hypochondriacus* (Tabla No.11) revela buena calidad en el grano y la harina integral con valores altos de ácido glutámico, leucina, arginina, lisina, glicina y treonina. La metionina aparece en cantidad inferior a la registrada por otros investigadores a causa de que se destruye parcialmente durante la hidrólisis ácida. El triptófano no se determinó, pero según estimaciones de otras analistas aparece en torno a 2.1%.

En Albany, California (44) presentan el sig. cuadro de aminoácidos de la proteína en diferentes especies de Amarantho (Tabla No. 12).

Por otra parte, se han hecho análisis del contenido global de lisina y metionina para diversos alimentos y se ha visto que la alegría o Amarantho compete ventajosamente con ellos en este aspecto (Tabla No. 13).

Tabla No. 13

	(g%)	
	Lisina	Metionina
Trigo	0.7	15.1
Soya	10.7	6.6
Leche	10.6	7.0
Alegría	10.6	11.2

Sainz Lopez (46) presenta el contenido de aminoácidos esenciales en diversos alimentos, esto para analizar mejor aun la calidad de la proteína de Amarantho (Tabla No. 14).

TABLA No. 10

BALANCE DE AMINOACIDOS ESENCIALES

GRAMOS POR 100 GRAMOS DE AMINOACIDOS ESENCIALES
EN CADA ALIMENTO

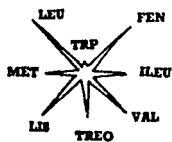
	A	B	C	D	E	F	G	H
Proteína l.	19.4	16.7	15.3	13.9	11.1	11.1	9.7	2.8
Amaranto s.	14.8	23.1	16.6	10.6	11.4	10.2	11.2	2.1
Soya g.	19.8	20.6	16.2	12.2	9.8	11.6	6.6	3.3
Leche de v.	20.2	21.5	16.5	12.3	9.4	10.0	7.0	3.0
Maíz g.	35.6	12.7	7.8	14.0	10.8	12.2	5.2	1.7
Frijol	21.7	14.1	19.1	15.0	11.0	14.0	2.6	2.4

En donde A, B, C, D, E, F, G y H son:

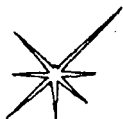
Leucina, Fenil-Alanina, Lisina, Valina,
Treonina, Isoleucina, Metionina,
Triptofano respectivamente.

FIGURA No. 3

BALANCE RELATIVO DE LOS AMINOACIDOS ESENCIALES
DE LA TABLA No. 10)



PROTEINA IDEAL



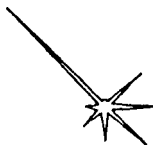
PROTEINA DE
AMARANTHUS



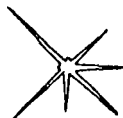
PROTEINA DE SOYA



PROTEINA DE LECHE



PROTEINA DE MAIZ



PROTEINA DE FRIJOL

TABLE No 11

AMINOGRAMA COMPLETO DE LAS SEMILLAS DE AMARANTO

Aminoacidos	Harina integral % proteina	grano %proteina
Lisina	4.52	3.70
Histidina	2.37	1.71
Arginina	7.10	6.00
Acido Aspartico	0.40	0.04
Treonina	3.23	2.72
Serina	4.50	5.04
Acido Glutamico	12.30	11.22
Prolina	3.95	4.10
Glicina	5.94	6.36
Alanina	2.98	1.88
Cistina *	1.06	1.22
Valina	2.98	2.43
Metionina *	0.95	0.88
Isoleucina	2.22	1.83
Leucina	5.22	4.00
Tirosina	2.84	2.68
Fenilalanina	3.50	2.94
Proteina*(%N*5.30)	13.60	11.00

* Destruccion parcial durante hidrolisis acida HCL
6N. Tomado de Sanchez Marroquin, 1980, p. 140.

TABLA No12

COMPOSICION DE AMINOACIDOS DE LA PROTEINA DE
AMARANTO EN DIFERENTES ESPECIES

(g/16 g de N)

Aminoácido	<i>A. caudatus</i>	<i>A. hypo.</i>	<i>A. cruentus</i>	<i>A. edulis</i>	<i>A. hybridus</i>
Lisina	5.3	5.5	5.2	4.8	5.0
Histidina	2.5	2.5	2.4	2.3	2.2
Treonina	3.5	3.6	3.4	3.2	3.5
Cistina	2.3	2.1	2.1	1.9	...
Metionina	2.4	2.6	1.9	2.1	1.8
Valina	4.1	4.5	4.2	3.8	4.3
Isoleucina	3.6	3.9	3.6	3.3	3.6
Leucina	5.3	5.7	5.1	5.1	5.3
Tirosina	2.8	3.3	2.6	3.0	3.4
Fenilalanina	3.4	4.0	3.4	3.6	3.6
Serina	5.9	6.3	5.4	4.2	7.1
Glisina	6.9	7.4	7.0	6.1	8.7
Arginina	...	...	7.9	8.0	7.4
Alanina	...	...	3.4	3.4	3.4
Ac. Aspartico	...	...	7.8	8.0	8.3
Ac. Glutámico	...	...	14.2	13.9	15.4
Prolina	...	...	3.6	3.6	3.6
Triptofano	...	...	...	0.9	...

TABLA No14

CONTENIDO DE AMINOACIDOS EN DIVERSOS ALIMENTOS
(gramos/100gramos)

	P. Ideal	Trigo entero	Soya	Leche(vaca)	Amaranto
Treonina	11.1	8.9	9.8	9.4	11.4
Valina	13.9	13.5	12.2	12.3	10.6
Leucina	19.4	20.4	19.8	20.2	14.8
Isoleucina	11.1	20.0	11.6	10.0	10.2
Lisina	15.3	8.7	16.2	16.5	16.6
Met.	9.7	12.3	6.6	7.0	11.2
Feh	16.7	22.9	20.6	21.5	23.1
Trip	2.8	3.3	3.3	3.0	2.1
Cont de Prot	100.0	56.9	68.0	72.0	75.0

LÍPIDOS

El contenido total de lípidos de la semilla de Amarantho varía de 0.14 a 17 g/100g de muestra seca y presenta un alto nivel de insaturación (alrededor del 70%). Presenta cantidades apreciables de ácidos grasos esenciales, tales como linoléico, oleico y palmitoléico con trazas de linolónico (tabla No. 15 y 16).

En cuatro Amaranthos seleccionados por Corte (47), los lípidos fueron cerca de 90% no saturados, triglicéridos mayor del 80%, esteroles y ésteres de esteroles, glucolípidos, más exactamente el 6.4% de los lípidos totales y formados por fosfatidilcolina, fosfatidiletanolamina, fosfatidilinositol, cerca de 3.6%.

Lo que también se llamado la presencia respecto a la composición del aceite de linaza es el porcentaje de colesterol presente en la semilla (6.7 g/100g de aceite), que normalmente se encuentra en menor cantidad en otros aceites, como por ejemplo, el aceite de adenan de virgo o aceite de olivo, donde el porcentaje se encuentra entre 0.1 a 0.7 g/100 de aceite. En el humano, el colesterol es precursor en biosíntesis de los esteroides (12).

Con los datos de la tabla los resultados del cromatograma que se usó para la identificación de los ácidos grasos que componen el aceite, así como su porcentaje relativo, de la sig. forma: (tabla No. 15)

TABLA No. 15

CONTENIDO DE ACEITE Y ACIDO GRASO EN EL GRANO DE
AMARANTO

Especies	Acido Graso (%)			
	Aceite	Ac.Palmitico	Ac.oleico	Ac.Linoleico
<i>A. cruentus</i>	8.6	20.3	19.4	51.4
<i>A. edulis</i>	8.8	21.3	23.7	47.4
<i>A. caudatus</i>	8.5	19.4	25.3	25.3
<i>A. hypoc.</i>	6.1	18.1	26.7	29.4
<i>A. hybridus</i>	11.0	21.1	21.3	50.4

Tabla No. 16

CONTENIDO DE ACIDOS GRASOS EN EL ACEITE DE
AMARANTO

	%
Acido miristico	0.18
Acido miristoleico	0.08
Acido palmitico	18.38
Acido palmitoleico	0.82
Acido palmitolenico	0.86
Acido estearico	3.76
Acido oleico	29.27
Acido linoleico	43.95
No identificado	1.23

HIDRATOS DE CARBONO

El almidón es el carbohidrato más abundante en la semilla de Amaranth y corresponde aproximadamente al 62% de su peso total. El contenido de amilosa en el almidón de Amaranth es considerablemente menor que en el trigo.

Okuno y col. (17) informan que los granulos de almidón de Amaranth están constituidos casi en un 100% por amilopectina.

Los granulos de almidón de Amaranth son muy pequeños (1-3 micras de diámetro) y presenta formas poligonales.

Lorenz (18) informa también que el almidón de Amaranth presenta un bajo poder de hinchamiento, una gran solubilidad, baja viscosidad amilografica y una alta temperatura de gelatinización.

Misra y col. (48) Encontraron que el almidón de los cereales del Amaranth que fueron seleccionados por su color amarillo pálido, tienen mejor digestibilidad y composición que los otros Amarantos que poseen granos de color pardo-oscuro.

En lo referente a otros azúcares presentes en la semilla, los monosacáridos tales como glucosa y fructuosa solo se presentan en cantidades menores (14).

La ausencia de monosacáridos libres es típica de los granos maduros (19). La sacarosa es el azúcar predominante en todas las muestras y se presenta al menos en concentraciones dos veces superiores a las normales observadas en el trigo, arroz y mijo. Los niveles de rafinosa son similares a los niveles de trisacáridos en el trigo y arroz (20).

CENIZAS Y MINERALES

El mineral total (ceniza) contenido en las especies de Amarantho es generalmente mas alta que la observada en los granos mas requeridos.

En el tabla No. 17 se muestra el contenido de nutrimentos inorganicos en la semilla de Amarantho. Se destaca el contenido relativamente alto de calcio, fosforo, zinc, hierro y sobre todo magnacio que esta en cantidades similares al calcio.

Estudios han mostrado que la concentracion en la ceniza de la semilla cortada y en la traccion germinal del grano es 66% aprox.. Estudios secuenciales abrasivos mostraron que el Fe y el Cu fueron mayormente concentrados en la parte germinal y donde el Ca, Na y Mn fueron mayormente concentrados en el corte de la semilla (44).

Tambien al igual que otros granos, a pesar de contener una gran concentracion de hierro, el Amarantho contiene fitatos (sustancia que se encuentra en las plantas y que atrapa el hierro haciendolo inaccesible al organismo) de 2.2 -3.4 mM/100g que posiblemente abajan su biodisponibilidad (14).

Saunders y Becker (44) presentan la siguiente tabla sobre el contenido de minerales en la semilla de Amarantho (tabla 18).

CUADRO No. 17

CONTENIDO DE MINERALES EN LA SEMILLA DE AMARANTO

(ppm)	A. cruentus	A. hypoc.	Aedulis
Sodio	310.0	160.0	370.0
Potasio	2900.0	3800.0	5000.0
Calcio	1750.0	1700.0	1700.0
Magnesio (ppm)	2440.0	2300.0	2890.0
Hierro	174.0	106.0	84.2
Zinc	37.0	36.2	40.0
Cobre	12.1	8.2	8.0
Magnesio	45.0	23.0	22.0
Niquel	1.8	1.9	2.4

Fuente (14).

TABLA No. 18

CONTENIDO MACROMINERAL EN GRANOS DE AMARANTO

(ppm)	A. hypoc.	A. cruentus	A. hybridus	A. edulis
P	6.3-6.8	4.7-7.5	6.3	...
K	5.4-6.8	3.0-7.8	6.6	5.8
Ca	2.3-2.9	2.0-4.6	3.2	1.7
Mg	3.8-4.8	3.1-5.4	4.0	2.9
S	.17-.18	.16-.20	.16	...
Na	.....	.....	....	.37
Fe	.15-.18	.07-.20	....	.08

Nota: todo resultado debe multiplicarse por (100).

VITAMINAS

Los niveles de las vitaminas tales como tiamina, riboflavina, niacina y vitamina C son aproximadamente iguales a la de los cereales (tabla # 19).

En cuanto a la distribución de vitaminas en la semilla de Amaranth, se han encontrado hasta tres veces mas concentradas en la fracción cascara-embrión que en la semilla entera, considerando que el perispermo contiene del 40 al 60% de los niveles encontrados en la semilla integra.

El caroteno está ausente en los granos de Amaranth. Saunders & Becker (44) presenta la siguiente tabla (# 20) sobre el contenido de vitaminas de esta semilla.

CUADRO No. 19

CONTENIDO DE VITAMINAS EN LA SEMILLA DE AMARANTO
(mg de vitaminas / 100g de harina seca)

	A. cruentus	A. hypochondriacus
Riboflavina	0.19	0.23
Niacina	1.17	1.45
Ac. ascorbico	....	4.50
Tiamina	0.07	0.10
Beta-caroteno	0	0

Fuente (14).

TABLA No. 20

**CONTENIDO DE VITAMINAS EN GRANOS DE AMARANTO Y SU
PESO
(mg/100g de semilla)**

	A. hypochondriacus	A. cruentus	Peso
Riboflavina	0.32	0.21	0.12
Niacina	1.00	1.31	4.30
Ac. ascorbico	3.00	4.90	0.00
Tiamina	0.14	0.09	0.57

2.6 .- COMPOSICION DE LA SEMILLA EN RELACION CON OTROS CEREALES

De la información anterior se desprende que la cantidad de proteína de la semilla de alegría es mayor que la de los cereales. Contiene mas del doble de proteína que el maíz y que el arroz, de 60 a 80% mas que el trigo.

Ademas los valores del extracto etereo (lípidos), fibra cruda y cenizas tambien superan el contenido de los cereales (tabla # 21).

En cuanto a la distribución de los nutrientes en la semilla, Betschar & Cois., (15) informan que estos se encuentran homogéneamente distribuidos en la semilla. Por esta razón se hace evidente la necesidad de emplear la harina integral de Amaranto para la elaboración de productos destinados a la alimentación humana.

Sainz Lopez (16) presenta la composición química de la semilla de Amaranto en relación con otras semillas en general (tabla 22).

Saunders (44) presenta tambien la composición de algunos cereales en grano comparados con el Amaranto en grano (tabla # 23).

Sanchez Marroquin (13) presenta el valor nutritivo del Amaranto en relación con otras hortalizas en 100 grs. de muestra (tabla # 24).

CUADRO No. 21

COMPOSICION PROXIMAL DEL AMARANTO EN COMPARACION CON
OTROS CEREALES

	Proteína	Lípidos	Fibra Cruda	Cenizas	Hidratos de Carbono
	(g/100g)				
A. hypoc.	13.9-17.3	4.8-7.7	3.2-5.8	3.3-4.1	63.1
Maíz Bco.	7.9	3.9	2.0	1.2	73.0
Maíz Ama.	8.3	4.8	2.0	1.2	69.6
Arroz	6.7	0.4	0.3	0.5	78.8
Trigo	10.2	2.0	2.3	1.7	73.4
Cebada	9.7	1.9	6.5	2.5	75.4

TABLA No 22

COMPOSICION QUIMICA DE SEMILLAS DE AMARANTO Y OTRAS

	Calorias	(%) Humedad	(g %) Proteina	Grasa
Amaranthus spp.	382.0	11.3	14.5	7.5
A. caudatus	356.0	12.7	14.0	6.0
A. hypochon.	358.0	12.3	12.9	7.2
Maiz amarillo	362.0	10.6	9.3	4.3
Arroz	360.0	12.0	7.5	1.9
Frijol	339.0	11.2	22.3	1.5
Lentejas	340.0	11.1	3.4	1.1
Soya	403.0	10.0	34.1	17.7

CONTINUA

Continuacion de la tabla No. 22

(g%)	Hidratos	Fibra	Cenizas	Humos
Amaranthus spp.	60.4	7.5	2.9	0.14
A. caudatus	55.1	6.7	2.5	0.14
A. hypochon.	62.7	2.9	2.6	...
Maíz Amarillo	74.4	1.8	1.3	0.43
Arroz	77.4	0.9	1.2	0.34
Frijol	61.2	4.4	3.8	0.55
Lentejas	60.1	3.9	3.0	0.37
Soya	33.5	4.9	4.7	1.10

CONTINUA

Continuación de la Tabla No. 22

	Riboflavina (mg %)	Niacina	Ac. ascorbico
Amaranthus ssp	0.32	1.0	3.0
A. caudatus	0.32	1.0	3.0
A. hypochon.	....	...	...
Maíz amarillo	0.10	1.9	huellas
Arroz	0.05	4.7	0
Frijol	0.20	2.2	...
Lentejas	0.22	2.0	...
Soya	0.31	2.2	...

TABLA No.23**COMPOSICION DE ALGUNOS CEREALES CON EL AMARANTO**

Analisis	Amaranto	Maiz	Arroz	Cebada
Humedad	8.0	13.8	12.0	9.8
Proteina	14.5	8.9	7.5	11.6
Grasa	5.7	3.7	1.8	2.0
fibra	4.5	2.0	0.9	2.4
Ceniza	3.1	1.2	1.2	2.1

TABLA No. 24

VALOR NUTRICIONAL DEL AMARANTO EN RELACION CON OTRAS HORTALIZAS

(en 100 gramos)

Determinacion	Amaranto (A.hypochon.)	Acelga	Col	Espinaca
Humedad (g)	86.9	91.1	87.5	90.7
Proteina (g)	3.5	2.4	4.2	3.2
Calcio (mg)	267.0	88.0	178	93.0
Tiamina (mg)	0.08	0.06	...	0.10
Niacina (mg)	1.4	0.5	...	0.6
Riboflavina (mg)	0.16	0.17	...	0.2

Fuente: Sanchez Marroquin, A., Potencial agroindustrial del Amaranto; Centro de estudios economicos y sociales del tercer mundo, A.C., 1960, p. 118

2.7.- GERMINACION

Gomez Ortiz (21) sometio a germinacion a la semilla de Amarantho y encontro que la concentracion de algunos aminoacidos se ve incrementada particularmente la lisina.

La importancia de los germinados se debe a que durante este proceso, aumenta su valor nutritivo. La germinacion se define como " La reanudacion del crecimiento activo en parte del embrión, que provoca la ruptura de los tegumentos seminales y el brote de una nueva planta" (22).

La semilla es una estructura en reposo la cual esta deshidratada y compuesta de tejido de almacenamiento en donde los procesos metabolicos estan suspendidos o toman lugar muy lentamente, debido principalmente a la carencia de agua y oxígeno. El proceso de germinacion es la reactivacion del sistema, la absorcion de agua y la iniciacion del crecimiento.

Durante la germinacion ocurre una serie de reacciones complejas en su naturaleza, que causan el desdoblamiento de ciertos materiales que se encuentran en el endospermo y que posteriormente se transportaran hasta el embrión; Todo esto es consecuencia de la activacion de los componentes celulares, de los sistemas de sintesis de proteínas que estan funcionando para producir nuevas enzimas, materiales estructurales, compuestos reguladores, acidos nucleicos, etc.

De lo anterior se puede visualizar que tanto las semillas de Amarantho en su forma natural, así como la tratada termicamente y la germinada constituyen una alternativa interesante para el aprovechamiento del Amarantho.

2.8. - PRODUCCION

En Mexico, la produccion de Amaranto esta muy limitada y este aspecto es el que ha impedido su utilizacion; lo que ademas trae como consecuencia que el costo de este producto sea elevado, en comparacion con los cereales que tienen un costo mas bajo.

El Amaranto se suele sembrar esparciendo las semillas directamente en el campo. La densidad de la semilla depende del metodo de cosecha que se utilice. Sin embargo, una densidad aceptable para los cultivos de Amaranto es de 320 000 plantas por hectarea, por lo que presenta buenos rendimientos.

Uno de los principales problemas en cuanto a la produccion de Amaranto es referente a la cosecha debido al pequeno tamaño de la semilla, no obstante el Amaranto presenta buenos rendimientos por hectarea.

Una de las formas más simples para cosechar el Amaranto es la forma manual, sin embargo, esto representa un incremento en el costo del producto (11).

El Amaranto se adapta muy bien a las altas temperaturas y a grandes altitudes. Historicamente se ha cultivado tanto en ambientes tropicales como semiaridos o a nivel del mar. Es resistente a la sequia y su crecimiento es rapido durante la epoca calurosa y requiere mucho menos agua que el maiz.

Para que la semilla germine y establezca sus raices, las semillas de Amaranto (de grano) requieren de suelos cuya textura varie entre media a gruesa con buena superficie y drenaje, para mantener suficiente humedad.

Aunque el cultivo de Amarantho declino en Mexico despues de la conquista espanola, aun existe en gran numero de comunidades que siguen sembrando a pequena escala esta semilla. En la actualidad esta reducido a pequenas zonas de las cuales las principales son las de el Distrito Federal, Estado de Mexico y Morelos, que constituyen el area actual mas importante del cultivo. Tambien se reporta su cultivo en pequenas superficies de Michoacan, Jalisco, Sonora, Chihuahua, Sinaloa, Durango, Guerrero, Tlaxcala, Puebla y Oaxaca (13) (ver figura (4)).

Figura No. 4

DISTRIBUCION DEL CULTIVO DE AMARANTO
EN MEXICO



Fuente: (39)

3.- METODOLOGIA

3.1.- FORMULACION DEL PROBLEMA

Dentro de los estudios celebrados sobre las semillas y algunos aminoácidos donde su origen es vegetal no se ha encontrado otro producto que contenga tan alto contenido proteico, por lo que ha sido de gran interes investigar sobre esta planta que es el Amarantho, la cual puede aportar mucho para el desarrollo de nuestro país.

Esto es lo que ha motivado hace algunos años, a bordo del Atlantis, al doctor Rodolfo Nerí Vela a realizar un experimento sobre la germinación de semillas en microgravedad, en donde los materiales utilizados fueron, la semilla de Amarantho, lentejas y trigo. Todas estas por su alto contenido proteico y por su rápida germinación (23).

Hoy en día se encuentran tablas de valor nutricional de los alimentos las cuales son de uso práctico y de fácil manejo por el personal que participa en los trabajos realizados con los alimentos y la nutrición. No es muy usual encontrar el Amarantho en estas tablas, por el hecho de la poca investigación y difusión que ha tenido en estos últimos años, la falta de conocimientos acerca del Amarantho se ven desde que no existe maquinaria especial para el tipo de semilla por pequeña que es, por lo costoso que es cosecharlo y la poca aceptación que tendría para competir en el mercado actual.

Para el desarrollo de esta tesis se obtuvieron las semillas de Amarantho de diferente lugar, esta semillas se recolectaron de Tulyehualco, D.F y de Durango, Dgo. A las cuales se les aplico diferentes metodos de limpieza con el fin de eliminar contaminantes.

Se realizo el analisis de muestras representativas determinandose el contenido de proteinas, grasas, carbohidrato, humedad, ceniza, fibra, calcio, fierro, fósforo y acido ascórbico con el fin de comprobar el contenido nutricional de las diferentes semillas bajo condiciones agronomicas diferentes, relacionandolas con lo valores establecidos en las referencias bibliograficas.

3.2.- DESARROLLO EXPERIMENTAL

Se probaron tres metodos de limpieza al grano para ver cual obtenia el mejor resultado. Estos metodos consisten en lotes de 250g de semilla de Amaranto para cada una de las pruebas.

Prueba No.1 .- Se procedio a hacer la limpieza de la semilla por medio de la flotacion. Consiste en colocar la semilla en un recipiente con espacio suficiente para agregar agua a fin de permitir que los contaminantes floten en la superficie del agua.

Este metodo no da buenos resultados, flotan las particulas contaminantes junto con gran parte de semillas de Amaranto. En el fondo del recipiente permanece el polvo que trae la semilla, el cual no es eliminado por flotacion.

Prueba No. 2 .- Se hace pasar la semilla de Amaranto por un tamiz, esto se realiza en seco.

La semilla trae consigo polvo que no se elimina solo haciendola pasar por el tamiz, por lo que concluyo que este metodo no es conveniente.

Prueba No. 3 .- La muestra de semilla de Amaranto se hace pasar por un chorro de agua, haciendola pasar por un tamiz al mismo tiempo.

Este proceso fue el mas conveniente, pues el agua lava la semilla arrastrando el polvo y las particulas de impureza. El tamiz hace detener a la semilla y permite pasar a los contaminantes. Despues se deja la muestra al sol para eliminar la humedad contenida.

3.3.- METODOS DE ANALISIS

Dentro de los análisis realizados a la semilla de Amarantho cifan los siguientes métodos:

Proteína cruda.-

Las proteínas y demás materias orgánicas son oxigenadas por el ácido sulfúrico; el nitrógeno que se encuentra en forma orgánica se fija como sulfato de amonio.

Al hacer reaccionar esta sal con una base, se desprende amoniaco que se destila y se recibe en un volumen conocido de ácido valorado.

Por titulación el ácido no neutralizado se calcula la cantidad de amoniaco y así la cantidad de nitrógeno de la muestra.

El porcentaje de nitrógeno total detenido se multiplica por el factor para cereales 5.7 para convertirla a proteína cruda.

Determinación de nitrógeno total. Metodo Kjeldahl No.2.049 AOAC (12).

Humedad .-

El agua (H₂O) al llegar al punto de ebullición se convierte en vapor, volatilizandose permitiendo que la muestra pierda la humedad, quedando solamente la materia seca.

Por medio de una estufa de secado. Metodo oficial No. 14006 AOAC(12).

Cenizas .-

Al calentar una muestra hasta la temperatura de 600 grados Centigrados toda la materia organica (azucares, grasas, fibras, etc.) van a ser quemadas, quedando, unicamente la materia inorganica o minerales .

Por incineracion. Metodo oficial No.14.006 AOAC (12).

Extracto Etereo .-

El eter anhidro al calentarse se volatiliza y al hacer contacto con una superficie fria se condensa, pasa a traves de una muestra y arrastra consigo las sustancias solubles al eter (grasa neutral , fosfolipidos, carotenoides, etc.);

Este proceso se repite hasta que no queden residuos del material extraible en la muestra. El eter se destila y se colecta en otro recipiente y el material soluble en eter permanece en el vaso colector.

Por el metodo de extraccion continua. Metodo oficial No. 7.045 AOAC (12).

Fibra Cruda .-

La fibra cruda es el componente organicos de los alimentos, insoluble en acido sulfurico y sosa hirviendo al 1.25%

Por el metodo de Hidrolisis acida y alcalina. Metodo oficial No. 7054 AOAC (12).

Fosforo .-

Por determinación de fosfatos y luego se obtuvo el contenido de fosforo por el analisis espectrofotométrico. Este sistema consiste en la detención fotoeléctrica en la cual la luz incidiendo sobre una superficie metálica, mantenida en vacío, produce una actividad en los electrones proporcional a la intensidad y de esta forma crea una corriente de flujo, detectable. El potencial producido puede relacionarse con la densidad óptica. El equipo mas simple se basa en la refractancia de medio prisma giratorio que selecciona una longitud de onda conocida, la cual pasa a través de la muestra. Los Espectrofotómetros mas complejos tienen una rejilla de difracción que permite mayor resolución óptica y mejor capacidad para realizar un barrido continuo del espectro (27).

Calcio .-

Se incinera la muestra, pues en las cenizas se encuentran contenidos los metales. Añadir ácido clorhídrico (1:3) y evaporar a sequedad, volver a repetir.

Disolver y filtrar, aforando luego a 100 ml. Medir por espectrofotometría de llama o de absorción atómica, la cual se basa en la absorción de luz que se produce cuando los iones de una solución se vaporizan en una llama. Como filtro se usa un tubo catódico hueco relleno de gas argón o neon. Un Atomizador proyecta el gas en la llama producida por el quemador. Previamente la muestra y el gas oxidante se mezclan en una cámara antes de pulverizarse hacia la llama. Como oxidante normalmente se utiliza una mezcla de aire y acetileno.

El procedimiento normal consiste en preparar una serie de patrones de Calcio a determinar, con diferentes concentraciones, aspirar hacia la llama, a una longitud de onda 422.7 nm; construir una curva de calibración con las absorbancias obtenidas y calcular la concentración de la muestra a partir de la curva patrón (27).

Hierro .-

Se sigue el mismo procedimiento para el hierro que para la obtención del calcio, solo que para medir la absorbancia se hace a una longitud de onda de 248.3 nm. (27).

Acido Ascorbico .-

Se analiza cualitativamente separado o identificado por cromatografía de capa fina, en el cual se prepara un estandar y se hace la extracción de la muestra con ácido oxálico hirviendo, precipitando las proteínas con ácido tricloroacético; filtrar y centrifugar.

La oxidación del estandar y del filtrado se hace con un exceso de 2.6 diclorofenolindoteni al 0.5%, formando luego la ozazona correspondiente con tiourea y nitrofenilhidracina ; haciéndolas precipitar calentándolas a baño maría y enfriando en hielo filtrar y lavar con agua hasta filtrado claro. el precipitado se disuelve en acetato de etilo hirviendo, se evapora a sequedad a baño maría.

Recuperar el residuo con acetona y aplicar en la placa, en la cual aparecen manchas cafes rojizas. (27).

Carbohidratos .-

Los carbohidratos son polihidroxialdehidos o polihidroxicetonas y sus derivados. Son los nutrientes mas abundantes que se presentan como monosacaridos, oligosacaridos y polisacaridos. Fueron determinados por diferencia, esto se hace sumando el porcentaje de humedad, proteínas, lípidos, cenizas y fibra, obteniendo por diferencia de la suma con el 100% del porcentaje totl el contenido de carbohidratos (28)

4.- RESULTADOS

4.1.- COMPOSICION QUIMICA DE LAS SEMILLAS ANALIZADAS

En los ultimos años se ha comprobado por medio de tecnicas analiticas modernas, la alta calidad y cantidad de nutrientes que contiene la semilla de Amarantho, lo que ha llamado la atencion a los especialistas en alimentos (13).

Sin embargo aun es escasa la informacion sobre la composicion de las distintas partes de la planta, sobre las diferentes especies, asi como acerca de la variabilidad segun el suelo, el clima y otros factores.

En la composicion quimica proximal de las semillas de Amarantho de las muestras analizadas se presentan en la tabla No.25

TABLE No. 25

	Tolychualco	Durango
Humedad	7.50	6.50 %
Proteínas	17.29	17.50 %
Extracto etéreo	0.14	0.47 %
Cenizas	3.30	3.44 %
Fibra cruda	9.93	8.20 %
Carbohidratos	61.84	63.89 %
Calcio	4.608 ppm	1.50 ppm
Fierro	0.605 ppm	0.763 ppm
Fosforo	0.052 ppm	0.133 ppm
Acido ascórbico	positivo	positivo

5.-CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Para diversificar la alimentación es preciso que se reconozca la importancia de cultivos como el Amarantho. Hace apenas un siglo, la soya, el girasol, y el cacahuete, se consideraban productos de escaso valor nutritivo; hoy en día son de los mas consumidos a nivel mundial. El Amarantho puede alcanzar una posición similar. Por ello varios grupos de investigadores nacionales e internacionales han emprendido estudios tendientes a destacar su potencial.

Los nutrientes se encuentran en toda la semilla, por lo que se recomienda su aprovechamiento integral (figura No. 5). El tallo se utiliza para forraje; las semillas y las hojas como alimento humano. Con las hojas se pueden preparar sopas, estofados, productos instantaneos y concentrados proteínicos. La semilla por su parte, tiene mayor aplicación; en confitería ya sea reventada o entera y en hojuelas. La harina es útil en la elaboración de distintos productos como tortillas, pan, galletas, pastas, polvorones y diversas golosinas.

Por su escasa disponibilidad y elevado costo es apropiado subrayar que para su adecuado aprovechamiento y un desarrollo de opciones industriales del Amarantho, es necesario, darle un impulso agrícola que permita su competencia económica.

De acuerdo con los análisis químicoproximales de las diferentes semillas analizadas se concluye que existen cambios significativos entre las semillas de Tulyehualco y Durango (ver tabla No.26). Como se observa en fibra cruda, humedad y lípidos, que en relación con la tabla No.21 no coincide con el rango establecido.

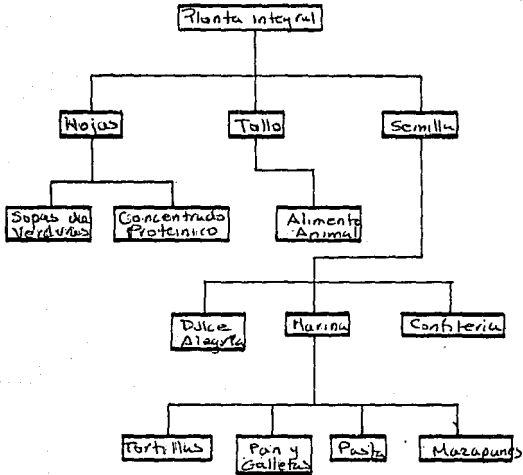
En cuanto a proteínas, cenizas, y carbohidratos estos valores obtenidos si se encuentran dentro de el rango del cuadro No. 21 y no presentan cambios significativos entre ellos.

Los minerales calcio, fierro y fósforo se encuentran en diferentes proporciones en la dos semillas analizadas, estos resultados varían por el diferente suelo en donde fueron cultivadas las semillas.

El Amaranto es un cultivo adaptable puesto que se obtienen en condiciones agronómicas diferentes y con este estudio se comprueba que existen cambios significativos en los valores del análisis químico-productivo de diferentes semillas de Amaranto.

FIGURA No. 5

UTILIZACION INTEGRAL DEL AMARANTO



6.- REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

(1) Ramirez Hernandez, UN EXAMEN DE LOS ABASTECIMIENTOS DE LOS ALIMENTOS EN MEXICO, Division de nutricion. Instituto Nacional de nutricion. Mexico(1980).

(2) SARH (Secretaria de Agricultura y Recursos Hidraulicos) Direccion general de datos; informacion sectorial.(1984)

(3) Brassani, R. EL AMARANTO Y SU POTENCIAL, (1983), Bletin No. 1.(1983)

(4) Necochea, M.H., Camacho, C.J.L. y Perez-Gil, ELABORACION DE UNA PASTA PARA SOPA A BASE DE ALEGRIA (Amaranthus leucocarpus B. Wats.). Rev. Tec. de alimentos Mexico. Volumen XVII No. 4.

(5) Rico, N.N., Morales, L.J., Suarez, N.L. ELABORACION DE DE UNA GALLETA CON BASE DE MEZCLAS DE TRIGO Y AMARANTO. Rev. Tecno. de Alimentos Mexico. En prensa

(6) Teutonico, R.A., Knoorr, D. AMARANTH. COMPOSITION PROPERTIES AND APPLICATIONS OF REDISCOVERED FOOD CORP. Food Technology Vol. 39 No.4 (1985)

(7) Aguilar, J., Siatore, G.F. MONOGRAFIA DE LA PLANTA DE ALEGRIA. Centro de Estudios Economicos y Sociales del Tercer Mundo.(1960)

(8) Satin H.C., Lazzano, S.M., Morales L.J. (1986). PASADO PRESENTE Y FUTURO DEL AMARANTO. Vol.9 No.1 (1986). p-17-32. Revolucion de Cuadernos de Nutricion.

(9) Food and Agriculture Organization of the Nations (Compiled by C. Chatfield) Food composition tables for international use Rome, Italy. (1949)

(10) Kurien P.P. EL AMARANTO: EL PEQUEÑO GIGANTE. Boletín No. 2, publicado por la Oficina Editorial de Archivos Latinoamericanos de Nutrición. Guatemala. (1963)

(11) Grubben, G.J.H. CULTIVATION METHODS AND GROWTH ANALYSIS OF VEGETABLE AMARANTH. Proceedings of the second Amaranth conference Emmanus, Pennsylvania, Rda;e Press. Publicado por La Oficina Editorial de Nutrición Latinoamericana de nutrición. (1980). p167.

(12) Association of Analytical (A.O.A.C.) Official Methods of Analysis 12th Ed. Washington D.C. (1975)

(13) Sanchez, M.A. POTENCIALIDAD AGROINDUSTRIAL DEL AMARANTO. Centro de Estudios Economicos y Sociales del Tercer Mundo. Chapingo, Mexico. (1980). p118.

(14) Becker, R., Wheeler, E.L., Lorenz, A.E., Staford, O.K., Grosjean, A.A., Betschart, A. and Saunders, R.M. A COMPOSITIONAL STUDY OF AMARANTH GRAIN. Journal of food science Vol. 46 No.4 (1980). P1175-1180.

(15) Betschart, A., Wood, D.I., Saunders, J. MORPHOLOGICAL STUDIES ON AMARANTHUS CRUENTHUS. Journal of food Science. Vol. 46 No.4 (1981). P1181-1187.

(16) Lehninger, A. BIOQUIMICA. 4a. Reimpresion. Barcelona Espana. Ediciones Omega, S.A. (1981)

(17) Okuno, K. and Sakagauchi, S. GLUTINOUS AND NON-GLUTINOUS STARCHES IN PERISPERM OF GRAIN AMARANTHS. Cereal res. Commun 9. (1981)

(18) Lorenz, K. AMARANTHUS HYPOCHONDRIACUS CHARACTERISTICS OF THE STARCH AND BAKING POTENTIAL OF THE FLOUR. STARCH 33. (1981). 575 :65 - 69.

- (19) Pottar, N.N. LA CIENCIA DE LOS ALIMENTOS. 1a. edicion. Mexico, D.F. Editorial Edutex. (1978)
- (20) Oka, O.L. AMARANTH IN NIGERIA. "Proceedings of the second amaranth conference" Rodale Press., Emmaus P.A. (1980) p 22-30.
- (21) Gomez Ortiz, S.. CAMBIOS EN LA CONCENTRACION DE LISINA DURANTE LA GERMINACION DEL AMARANTO. IPN Mex. Tesis, (1980).
- (22) Mayer, A.M., Poljakov-Maybar, A. THE GERMINATION OF SEEDS 2a. ed. Oxford Pergamon. (1975)
- (23) Vilches, a., Juarez, L., Brena, L., Neri Vela, R. GERMINACION DE SEMILLAS EN MICROGRAVEDAD. No. 73. Ciencia y desarrollo. (1987). p 127-136.
- (24) Carvajal, R., Vergara, J.M., LA ALIMENTACION DEL FUTURO. 1a. edicion, tomo #1 Mexico, D.F. U.N.A.M. (1987). p 138-218.
- (25) Vielmeyer, N.D. AMARANTH: MODERN PROSPECTS FOR AN ANCIENT CROP. 1st ed. National Academy Press. Washington, D.C. (1984).
- (26) Sanchez, M.A. DOS CULTIVOS OLVIDADOS DE IMPORTANCIA. Agroindustrial-El Amarantho y la Quinua Archivos Latinoamericanos de Nutricion. Vol XXXIII, num. 1. (1983).
- (27) Lees, R. (1984). ANALISIS DE LOS ALIMENTOS. 2a. Edicion. Editorial Zaragoza. Acribia, Espana. (1984).
- (28) Baudi, D.S. QUIMICA DE LOS ALIMENTOS Editorial Alhambra Mexicana, S.A., Madrid Espana. 2a. Reimpresion. (1984) p39
- (29) Sauer, J.D. AMARANTHS AS DYE PLANTS AMONG THE PUEBLO PEOPLES. Southwest. Journal of Anthropology.

(30) Sauer, J.D. THE GRAINS AMARANTHS AND THEIR RELATIVES: A REVISED TAXONOMIC AND GEOGRAPHIC SURVEY. Annals of Missouri Botanical Garden. (1967) p103-137.

(31) National Academy of Sciences. UNDEREXPLORED TROPICAL PLANTS WITH PROMISING ECONOMIC VALUE. Washington, D.C. USA. (1971).

(32) Feine, Laurie. ETHNOECOLOGY. The Cultivation and Domestication of the grain amaranth and their possible use as future world crop. (1976). 405.

(33) Martínez Maximino. LAS PLANTAS UTILES DE MEXICO. Mexico, D.F., Edic. Botas, (1936).

(34) Hunziker, A.T. LAS ESPECIES ALIMENTICIAS DE AMARANTHUS Y CHENOPODIUM CULTIVADAS POR LOS INDIOS DE AMERICA. Rev. Arg. Agron. 1943. p39-60.

(35) Early, D.K. CULTIVATION AND USES OF AMARANTH IN CONTEMPORARY MEXICO. in: Proc. First. Amaranth Seminar., Emmaus, Pa. USA 1977.

(36) Grubben G.J.H LA CULTURE DE L'AMARANTE LEGUME- FEUILLES TROPICAL. Aveca Reference Speciale au Sud-Dahomey, H Veenman B.V. Wageningen-nederland. 1975.p 29-46.

(37) Wu Leung, W. F. Busson et. C. jardin. FOOD COMPOSITION TABLE FOR USE IN LATIN AMERICA. FAO, Rome. (1968)

(38) Casillas Gomez, F.J. ANTEPROYECTO TECNICO ECONOMICO DE UNA PLANTA INDUSTRIALIZADA DE SEMILLA DE ALEGRIA. Amaranthus leucocarpus S. Wats Tesis Q.F.B. Technol. de Alim. Fac. de Quimica, Unam. Mexico, D.F. 1968.p63.

ESTA TESIS NO DEBE SALIR DE LA BIBLIOTECA

(39) Alejandro I.G. y Gomez L.F.
CULTIVO DEL AMARANTO EN MEXICO.
Universidad Autonoma de Chapingo. Direccion de
difusion cultural departamento de zonas aridas
Mexico. Editorial Futura. (1987). p18-24, 31

(40) Rivas T.A. ELABORACION DE PAPILLA
INFANTIL PARA EXTRUSION A BASE DE AMARANTO.
(Amaranthus s.p.) y maiz (Sea maiz). Tesis Q.F.B.
tecnol. Alim. Facultad de Quimica. UNAM. Mexico,
D.F.(1985).

(41) Josephe M. ESTUDIO DE VALOR
NUTRITIVO Y DETERMINACION DE LOS FACTORES
ANTIFISIOLOGICOS DE LA SEMILLA DE AMARANTHUS
LEUCARIDUS S. Wats. (alegría) Tesis. Q.F.B.
Uiversidad Iberoamericana. Mexico. D.F.(1979) p22.

(42) Woot-Tsuen Wu Leung. TABLAS DE COMPOSICION
DE ALIMENTOS PARA USO EN AMERICA LATINA. Edit.
Interamericana.p 24.

(43) Food and Agriculture Organization of the
United Nations (compiled by C. Chatfield) Food
Composition Tables for International use Rome
Italy.(1949).

(44) Saunders R.M. y Becker R. AMARANTHUS: A
POTENCIAL FOOD AND FEED RESOURCE. Western Regional
research Center. US. Departament of agriculture.
Albary, California.p 357-390.

(45) Downton, W.J.S. Amaranthus Edulis:
a high lysine grain amaranth. world crops.(1973)
25(1):20

(46) Salnz L.L.E. DESARROLLO DE
PRODUCTOS A BASE DE AMARANTO Y SUERO DE LECHE.
Tesis Q.F.B. Tecnol de alim. UNAM. MMexico, D.F.
(1980) p20.

(47) Opute, F. SEED LIPIDUS OF THE GRAIN
AMARANTHUS. J Exp. Botany.(1979).30:601-606.

(48) Mirsa, P.S.M. pal, C.R. Mitra y T.N. KHOSHOO.
Chemurgic studies on some diploid and retradiplod
grain amaranths. Pro. Indian Acad. Sciences (1972)
74B: 155-160.