



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN

EVALUACION DE 30 GENOTIPOS DE AMARANTO
(Amaranthus spp) EN CHAPINGO, MEXICO

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO AGRICOLA
P R E S E N T A :
JAVIER GONZALEZ TREJO
DIRECTOR: M. C. JUAN VIRGEN VARGAS
ASESOR: M. C. EDUARDO ESPITIA RANGEL



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.

I N D I C E

AGRADECIMIENTOS	ii
DEDICATORIAS	iii
RESUMEN	iv
INDICE DE CUADROS	ix
INDICE DE FIGURAS	ix
I. INTRODUCCION	1
1.1 Objetivo	2
1.2 Hipótesis	3
II REVISION DE LITERATURA	4
2.1 Origen	4
2.2 Distribución	6
2.3 Clasificación Botánica	10
2.3.1 <u>Amaranthus hypochondriacus</u> L.	13
2.3.2 <u>Amaranthus caudatus</u> L.	15
2.3.3 <u>Amaranthus cruentus</u> L.	17
2.3.4 <u>Amaranthus edulis</u> L.	19
2.3.5 <u>Amaranthus hybridus</u> L.	19
2.4 Clasificación por Tipos Agronómicos	22
2.4.1 <u>Tipos de grano de Amaranthus hypochondriacus.</u> ..	23
2.4.1.1 <u>Nepal.</u>	23
2.4.1.2 <u>Mexicano.</u>	23
2.4.1.3 <u>Azteca.</u>	23
2.4.1.4 <u>Picos.</u>	24
2.4.2 <u>Tipos de grano de Amaranthus cruentus.</u>	24
2.4.2.1 <u>Mexicano.</u>	24
2.4.2.2 <u>Africano.</u>	25
2.4.2.3 <u>Guatemalteco.</u>	25

2.4.3	<u>Tipos de grano <i>Amaranthus caudatus</i></u>	26
2.4.3.1	<u>Sudamericano</u>	26
2.4.3.2	<u>edulis</u>	26
2.4.4	<u>Tipos de grano de <i>Amaranthus hybridus</i></u>	26
2.4.4.1	<u>Prima</u>	27
2.4.4.2	<u>Sangorache</u>	27
2.5	Requerimientos Climáticos	27
2.6	Importancia	29
2.7	Antecedentes Técnicos	38
III	MATERIALES Y METODOS	44
3.1	Localización del Experimento	44
3.2	Material Genético	44
3.3	Diseño Experimental	45
3.4	Establecimiento y Conducción del Experimento	46
3.5	Caracteres Medidos	46
3.5.1	<u>Diámetro del tallo (DITA)</u>	47
3.5.2	<u>Longitud de la hoja (LOHO)</u>	47
3.5.3	<u>Ancho de la hoja (ANHO)</u>	47
3.5.4	<u>Días a floración (DFLO)</u>	47
3.5.5	<u>Altura de la planta (APLA)</u>	47
3.5.6	<u>Longitud de la inflorescencia (LOIN)</u>	47
3.5.7	<u>Diámetro de la inflorescencia (LOIN)</u>	48
3.5.8	<u>Días a madurez (DJMA)</u>	48
3.5.9	<u>Densidad de población (DEPO)</u>	48
3.5.10	<u>Rendimiento (REND)</u>	48
3.6	Análisis Estadístico	48
3.6.1	<u>Análisis de varianza</u>	48
3.6.2	<u>Comparación de medias</u>	49

IV	RESULTADOS Y DISCUSION	51
4.1	Análisis de varianza	51
4.2	Comparación de medias	53
V	CONCLUSIONES	62
VI	BIBLIOGRAFIA	64

R E S U M E N

EL cultivo de amaranto se ha asociado con el hombre desde tiempos prehispanicos principalmente por motivos religiosos; en la actualidad el uso que se le ha dado ha sido en la elaboraci3n de dulces y como materia prima para otros tipos de alimentos como: harina, semolina, pan, galletas, nieve, tortillas, etc.

Desde hace algunos aros se ha renovado el inter3s por el cultivo para la producci3n de grano, debido a que presenta las siguientes caracteristicas:

1. El origen del amaranto es muy amplio y esta distribuido por casi todo el mundo y adaptado en diferentes climas, suelos, longitudes del d3a, etc.
2. Este g3nero presenta la v3a C_4 para la fijaci3n del CO_2 , por lo que necesita solo las 3/5 partes del agua que requieren los otros cereales que siguen la ruta C_3 ; esto lo convierte en un cultivo con un gran potencial para las zonas con temporal restringido.
3. El grano contiene un 16 % de prote3na en promedio; y es m3s significativo por su contenido balanceado de amino3cidos, con alto contenido de lisina, amino3cido deficiente en los otros cereales.
4. Con relaci3n a sus caracteristicas bot3nicas los especialistas a3n no han logrado homologar el criterio para su caracterizaci3n, dado que este g3nero var3a su comportamiento cuando es sometido a diferentes ambientes; no obstante se han identificado las especies en base a

la forma y tamaño de las partes florales

En la actualidad, las especies que se utilizan para la producción de grano son: Amaranthus hypochondriacus, A. cruentus, A. caudatus y algunos autores incluyen también a A. hybridus; las cuales presentan una inflorescencia terminal, color de semilla blanca, un número reducido de ramificaciones laterales, ciclo corto y porte bajo.

Como resultado de la caracterización, observación en campo y experimentación de diferentes colectas de amaranto en el INIFAP se seleccionaron 30 genotipos; los cuales fueron probados bajo las condiciones de Chapingo, Méx., el ciclo primavera-verano 1986; con el propósito de evaluar su comportamiento, características agronómicas y el rendimiento. Para esta investigación se utilizó un diseño látice rectangular 6 x 5 con tres repeticiones, las variables medidas fueron: diámetro del tallo, longitud y ancho de la hoja, días a floración y días a madurez, altura de la planta, longitud y largo de la inflorescencia, densidad de población y rendimiento.

En este experimento se destacan materiales que superan los rendimientos promedio y presentan características agronómicas aceptables: los genotipos 78S-125-1-2, 8-1-2, 78S-125-2-3, 78S-125-2-4 y 78S-125-2-6 de la especie hypochondriacus del Tipo Nepal.

LISTA DE CUADROS

- Cuadro 1. Comparación del contenido de aminoácidos entre Amaranthus hypochondriacus, alfalfa y soya. pág 37
- Cuadro 2. Resultados de las investigaciones en función de las condiciones. pág 43
- Cuadro 3. Especie, tipo de grano, y color de semilla de las líneas evaluadas en el presente estudio. pág 45
- Cuadro 4. Estructura del análisis de varianza de los látices. pág 49
- Cuadro 5. Cuadrados medios y coeficientes de variación del análisis de varianza, para los caracteres vegetativos, Méx. 1986. pág 52
- Cuadro 6. Cuadrados medios y coeficientes de variación del análisis de varianza para los caracteres de floración, madurez, y rendimiento. Chapingo, Méx. 1986. ... pág 53
- Cuadro 7. Comparación de valores medios para los caracteres vegetativos. Chapingo, Méx. 1986. pág 54
- Cuadro 8. Comparación de los valores medios para los caracteres de floración, días a madurez y rendimiento. Chapingo, Méx. 1986. pág 56

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Estructuras y partes florales de Amaranthus caudatus. pág 18
- Figura 2. estructura y partes florales de Amaranthus cruentus. pág 20

I I N T R O D U C C I O N

Existen en México regiones agrícolas que no son utilizadas con los cultivos más aptos para ser explotados en esas zonas por lo cual no se obtienen los máximos rendimientos, ocasionando pérdida de recursos económicos y naturales; además de perturbar el equilibrio ecológico.

El crecimiento desmedido de la población hace cada vez más urgente la producción de alimentos y el máximo aprovechamiento de los recursos, para obtener los mayores rendimientos posibles con mayor calidad alimenticia, en el menor tiempo posible. En la actualidad los cultivos que se conocen con esas características son: sorgo, trigo, frijol, maíz, arroz, avena, cebada, caña de azúcar, etc., en los cuales el mejoramiento genético se ha venido realizando desde hace muchos años, por ser éstos la principal fuente de alimentación para humanos y animales.

Sin embargo, los incrementos ya no son tan espectaculares, y por otro lado, se han descuidado otras especies de plantas que podrían ser una alternativa para subsanar el problema de alimentación; dentro de éstos se encuentra el amaranto (Amaranthus spp.).

El amaranto presenta entre otras las siguientes ventajas : capacidad de adaptarse a ambientes donde la precipitación es baja y la temperatura es elevada, ya que presenta la vía C₄ para la

fijación del CO₂ al igual que el sorgo, caña de azúcar y maíz entre otros. La vía C₄ es particularmente eficiente con altas temperaturas y baja disponibilidad de agua, por lo que requiere menor cantidad de este líquido. Por otro lado el amaranto posee un alto valor nutritivo (16 % de proteína); esto es más significativo, por su contenido balanceado de aminoácidos esenciales para la alimentación humana, particularmente en lisina, el cual es deficiente en otros cereales.

Por otra parte el amaranto presenta gran versatilidad para la elaboración de diferentes derivados alimenticios como: harina, tortillas, dulces, atole, tamales, galletas, pan, nieve, etc.

La información obtenida en éste trabajo de investigación es importante ya que permite la evaluación de diferentes genotipos de amaranto, con el propósito fundamental de identificar uno o varios que se adapten a las condiciones de Chapingo, Méx.; y que ofrezcan mayores rendimientos por superficie, mejores características agronómicas y un alto valor nutritivo.

1.1 Objetivos

- 1.- Evaluar el comportamiento de los genotipos de amaranto en base a rendimiento y características agronómicas bajo las condiciones de Chapingo, Méx.

- 2.- Identificar los tipos que presenten características vegetativas mas favorables
- 3.- Identificar los genotipos que presenten buenos rendimientos y además características agronómicas favorables.

1.2 Hipótesis

Existe al menos un genotipo dentro de los evaluados que presenta buenos rendimientos con características agronómicas deseables, bajo las condiciones de Chapingo, Méx.

II REVISION DE LITERATURA

2.1 Origen

Sauer (1968) narra que en la cueva de Coxcatlán en el Valle de Tehuacán, Pue., fue encontrada semilla de Amaranthus cruentus que data de 4000 años a.C. y de Amaranthus hypochondriacus de 500 años a.C. Además señala que en 1964 fueron encontradas unas cavernas en las que se hallaron plantas de amaranto y al ser examinadas por MacNeish y Callen en 1965 indican que probablemente se trate de Amaranthus cruentus aunque, no es posible confirmarlo ya que solamente quedan algunas partes florales; por otro lado señala que en el siglo XVI fue cultivada Amaranthus hypochondriacus en Arizona. Amaranthus caudatus se cultiva desde hace 2000 años, en las tumbas del Norte y Oeste de Argentina donde fueron encontradas semillas de amaranto mezcladas con Chenopodium quinoa y con semillas negras de amaranto silvestre (Vietmeyer, 1984).

De acuerdo con Pal (1972) en estudios arqueológicos recientes en Sur y Centro América han revelado que el grano de amaranto se ha asociado con el hombre desde tiempos prehistóricos y es uno de los más antiguos que se han cultivado, desde 4800 a. C. Agogino (1957) y Okuno y Sakaguchi (1981) señalan que el amaranto se ha cultivado en varios pueblos de América, Asia y Africa; en la India al Oeste del Himalaya se siembra normalmente en elevaciones de 1800 msnm.

El género Amaranthus según Sauer (1977) incluye alrededor de 50 especies nativas del trópico y regiones templadas de casi todo el mundo, algunas de estas especies son preadaptadas o propagadas como malezas en hábitats artificiales creados por el hombre. En tiempos prehistóricos muchos grupos indígenas aprendieron a cultivar las semillas silvestres y malas hierbas de amaranto como grano.

Early (1977b) señala que el amaranto fue el mayor cultivo en el área de la planicie central del Imperio Azteca, algunas crónicas dicen que el amaranto era colectado como tributo anual de igual manera que el maíz. Este mismo autor en 1978 reporta que el emperador Moctezuma exigía como tributo anual 200 mil manojos de amaranto a los campesinos que vivían en las afueras de la gran Tenochtitlán. (Pal y Khoshoo, 1974b; Sauer; Aguilar y Alatorre, citados por Suárez, 1981; Solberg, 1980) señalan que el amaranto era tan importante como el maíz y frijol y era sembrado en 20 provincias y cada año el emperador recibía 200 mil bushels (35,240 litros) de semilla.

Sauer (1977) encontró en un herbario europeo, plantas cultivadas en Alemania del siglo XVI de una semilla de la especie Amaranthus hypochondriacus. Las especies de amaranto fueron domesticadas desde 4000 años a. C. Pal y Khoshoo (1974b), Early (1977b), Sauer (1977); Okuno y Sakaguchi (1981), también mencionan que es uno de los cultivos más antiguos y sin embargo tiende a desaparecer de los lugares de origen y se ha incrementando su auge

en Europa.

Sauer (1977) señala que más que la importancia alimenticia, el amaranto era más importante en las ceremonias religiosas de los aztecas; Cortés, en la segunda carta que remitió al rey de España, "menciona que los indios elaboraban pequeños ídolos con una diminuta semilla desconocida, mezcladas con sangre humana obtenida de los sacrificios".

Early (1978) señala que las mujeres mezclaban el amaranto con miel, y con sangre humana y formaban un ídolo como la imagen del dios "Huitzilopochtli" dios de la guerra y "Xiuhtecuitli" dios del fuego.

En 1521 Hernán Cortés conquistó a los aztecas y erradicó el cultivo de amaranto por considerar su uso y cultivo como un acto pagano y diabólico por lo que su uso quedó confinado a lugares remotos del Oeste de la Sierra Madre de Oaxaca y planicies cercanas a la Ciudad de México (Sauer, 1977; Early 1978; Bailey, 1979; Solberg, 1980.)

Connor et al. (1980), Coons (1982) y Okuno y Sakaguchi (1981, 1983), coinciden en que tres especies de amaranto son cultivadas para semilla comestible y son: Amaranthus hypochondriacus, Amaranthus cruentus y Amaranthus caudatus; las primeras dos son nativas de México y Guatemala y la tercera es originaria de los Andes. Algunos autores reconocen una cuarta especie que es

Amaranthus mantegazzianus Pass; que es originaria del Sur de América (NW de Argentina).

Por otro lado Willis (citado por Vietmeyer, 1984) señala que el género Amaranthus incluye cerca de sesenta especies. Y agrega que Amaranthus tricolor es nativa de una franja que va desde las islas del Pacífico hasta el Norte de China.

Hauptli y Jain (1984) señalan que las primeras referencias de Amaranthus quitencis, Amaranthus hybridus y Amaranthus powelli de sus lugares de origen, fue en la época antes del descubrimiento de América donde se encontraba en las laderas altas de Ecuador, Norte y Centro de América, respectivamente.

Sauer (1977), Pal y Khoshoo (1974b) y Leslie (1984) reportan que las primeras plantas que se utilizaron para la reproducción de grano se domesticaron a partir de otras especies por ejemplo: Amaranthus cruentus de Amaranthus hybridus, las otras especies de Amaranthus hypochondriacus y Amaranthus caudatus surgieron de cruces de Amaranthus cruentus con maleza de Amaranthus powelli y Amaranthus quitencis y en el Suroeste de Asia Amaranthus tricolor fue domesticada para verdura.

Sauer (1950) explica que desde hace 3000 a 4000 años a. C., se fueron seleccionando las plantas silvestres, ésta selección provocó que las plantas evolucionaran incluyendo todas sus características y particularmente de la inflorescencia,

resultando en un mayor rendimiento; posiblemente la selección también involucró el color rojo de las hojas que fue muy importante en las ceremonias religiosas de los aztecas y otras tribus. Este mismo autor en 1977, señala que los tipos de semilla oscura fueron modificandose hasta las semillas blancas, ésta mutación es y ha sido extremadamente rara que nunca se ha observado en la historia. Esta selección artificial también mejoró el sabor y reventado, cambió el tamaño de la planta y el de la inflorescencia, haciéndolas más largas y con mayor producción de semilla, aunque el tamaño individual de la semilla no se ha incrementado.

Vietmeyer (1984), menciona que también formaban figuras de venados, aves y cráneos humanos; los cuales eran llevados al templo y después de una ceremonia, el pueblo rompía los ídolos y los comía.

2.2 Distribución

El amaranto desde tiempos históricos ha tenido una distribución a lo largo de todo el mundo: Los Andes en Argentina, Guatemala, México, Suroeste de los Estados Unidos, Persia, Vietnam, India, Los Himalaya, China, Mongolia y el Oeste de Africa (Sauer, 1977).

El amaranto es cultivado como el menor de los granos en

América Latina; Amaranthus caudatus , que se considera dentro de estas especies, se encuentra distribuido en la región de los Andes en Argentina, Perú y Bolivia; Amaranthus cruentus en Guatemala y Amaranthus hypochondriacus en México, (Connor *et al.*, 1980). Sin embargo Coons (1982) dice que su cultivo ha ido declinando en las áreas de origen, pero aún persiste en Africa y Asia con un gran potencial.

Huauptli y Jain (1984a) señalan que Amaranthus quitensis, Amaranthus hybridus y Amaranthus powelli son los progenitores de las especies domésticas y éstas se encuentran distribuidas desde antes de la llegada de los españoles colonizadores en las laderas altas del Ecuador, Norte y Centroamérica, respectivamente. Las especies de amaranto fueron distribuidas a muchas áreas del viejo mundo, específicamente se dispersó a Ceilán por los portugueses durante el comercio del siglo XVIII.

Amaranthus tricolor se encuentra distribuida en los Andes, Centroamérica y México. Tal vez los holandeses obtuvieron la semilla de los españoles y la introdujeron a Ceilán. Durante el siglo XIX el cultivo se extendió a través de Deccan al Himalaya y en el mismo siglo, apareció en China y Oeste de Siberia. Actualmente el cultivo se siembra en el Oeste de Africa y en la India, hasta una elevación de 8000 pies. Según Grubben (1976) Sauer (1977) el cultivo se popularizó para su explotación en la India y Nepal desde hace algunos años.

Erwin (1935) dice que el amaranto aparece por todas las zonas templadas de México y se extiende hacia el Norte bordeando la región de los Estados Unidos; en el Estado de Oaxaca se han observado pequeñas zonas donde se cultiva el grano, el cual prospera y fructifica abundantemente.

En México, el pueblo de Tulyehualco, D. F. es conocido como el primer productor de amaranto y en algunos pueblos cercanos también se cultiva como son: San Luis Tlaxialtemalco, San Juan Ixtayopan, San Gregorio Atlapulco y San Antonio Tecomtl. La segunda área de importancia en producción es la zona de Amilcingo y Huazulco en el Oeste del Estado de Morelos y la tercera zona de importancia son las áreas de Texcoco y Chiconcuac, en el Estado de México (Early, 1977a). Otras zonas donde se encuentra el cultivo del amaranto son las de la región Oriente del Estado de Morelos, Huaquechula y Santiago Tetla, Puebla y la región de San Miguel del Milagro en el Estado de Tlaxcala (Espitia, 1986).

Durante los últimos años se ha incrementado la superficie cultivada en estas localidades y en las regiones aledañas, también se llegan a encontrar algunos lotes de amaranto en los estados de Oaxaca, Michoacán, Chihuahua, Durango, Hidalgo y Nayarit. (Espitia, 1988).

2.3 Clasificación Botánica

El amaranto para grano es una planta anual de la

familia Amaranthaceae (clase Dicotiledóneas, orden Cariofiliales). El género Amaranthus se divide en dos secciones: la Sección Amaranthus y la Sección Blitopsis, (Kauffman, 1981); los caracteres más usados para la clasificación de especies dentro de éstas dos secciones son la forma y las proporciones de las partes florales.

Las flores de acuerdo a la descripción que hace Feine, (citado por Kauffman, 1981) poseen cinco tépalos los cuales son rectos cubiertos en el interior por otros más cortos, la identificación final depende de la longitud de las brácteas, ramificaciones del estilo y la forma de los tépalos.

Las plantas para grano poseen una gran inflorescencia localizada en el ápice de un tallo principal y ramas laterales, la unidad básica de ésta inflorescencia es un glomérulo que consta de una flor estaminada y un número indefinido de flores pistiladas (Pal, 1972).

Pal (1972) indica algunas diferencias entre las dos secciones: La sección Amaranthus presenta una inflorescencia principal terminal muy prominente, de coloración muy variada; las flores son usualmente pentámeras, la dehiscencia del utrículo es circunsésil, la inflorescencia es una espiga o panícula que usualmente es profusamente ramificada de crecimiento indeterminado las cuales cuelgan como en Amaranthus caudatus, semicolgantes como en Amaranthus spinosus y Amaranthus caudatus, o erectas como en Amaranthus edulis y pueden alcanzar hasta un metro o más de largo;

sin embargo, Amaranthus edulis es la única excepción porque la inflorescencia es determinada. La sección Amaranthus posee las siguientes características: a) las especies dioicas están obligadas al autocruzamiento, b) el libre autocruzamiento es relativamente más grande en especies monoicas y en la sección Blitopsis es relativamente grande la autopolinización. La sección Blitopsis presenta las inflorescencias que con mayor frecuencia son axilares de crecimiento determinado, y pequeñas cuando son terminales, las flores son usualmente bímeras o trímeras, la dehiscencia del utrículo es irregular, en la sección Blitopsis debido a la ausencia de una inflorescencia principal los glomérulos crecen bien en las axilas. Este mismo autor señala que la polinización es por el viento, aunque en Amaranthus caudatus y en Amaranthus dubius se efectúa por las abejas.

Huaptli y Jain (1984) indican que las estructuras de la inflorescencia del amaranto (glomérulo), han sido descritas por Murray y Pal en 1940 y 1971, respectivamente; con una flor masculina terminal sobre la bráctea central y las flores femeninas se desarrollan sobre las brácteas terciarias.

Pal (1972) dice que cada glomérulo contiene una flor masculina y cerca de 250 flores femeninas, lo que es muy importante para la producción de grano; la semilla de amaranto es pequeña, ligeramente aplanada, ovalada y también redonda. Se ordena en cuatro categorías de color: blanca, café, negra y rosa, con un peso aproximado de 0.6 a 0.9 gramos por cada 1000 semillas.

Woodcock, Sebastian y Desphande (citados por Suárez, 1981) observaron que el amaranto presenta un óvulo campilótropo ligeramente aplanado y casi circular; la semilla madura mide aproximadamente un milímetro de diámetro y consta de una testa y un embrión que rodea al perispermo.

Las plantas para la producción de grano son seleccionadas por tipos de acuerdo a: color de semilla, rendimiento de grano en relación con la morfología de la planta, color de semilla blanca, porte erecto, sin ramas laterales y resistente al almacenamiento; y las características deseables en las especies que se utilizan para la producción de verdura son: la producción de hojas y la maduración tardía (Espitia, 1986).

Algunas características de las especies que se utilizan para la producción de grano son:

2.3.1 Amaranthus hypochondriacus. L.

Es la más robusta con alto rendimiento dentro de los tipos de grano, fue probablemente domesticada en el Centro y Norte de México, desde hace 1500 años, como un grano pálido; desde tiempos prehistóricos también se extendió hacia los Estados Unidos. Es la que más se siembra en la India. Algunos tipos son arbustivos, otros son altos y sin ramas. Es particularmente explotada en los trópicos altos y regiones secas. Posee una excelente calidad de semilla y a mostrado ser un potencial ingrediente de los alimentos

(Vietmeyer, 1984).

Sus sinónimos según Sauer (1977) son: Amaranthus frumentaceus y Amaranthus leucocarpus; seguramente tuvo su origen en América y se derivó de Amaranthus powelli; y según Sing (citado por Espitia, 1991), se ha conocido como Amaranthus anardana, Amaranthus hybridus variedad erysthostachys y Amaranthus leucospermus; el nombre que actualmente es más aceptado es el que le dio Linneo en 1753.

Evidentemente los españoles tomaron la semilla y la introdujeron a Europa como una especie ornamental y alrededor del año 1700 apareció como un pequeño cultivo para la obtención de grano. En la actualidad está ampliamente esparcido por las montañas de Etiopía, las colonias del sur de la India, Nepal y las planicies de Mongolia (Vietmeyer, 1984).

Es una planta anual herbácea de tallo simple o ramificado, hojas elípticas u ovado-oblongas con el ápice agudo acuminado. La inflorescencia es de gran tamaño con espigas y panículas laterales, es muy densa, erecta y espinosa, el tamaño de las brácteas es igual al de las ramificaciones del estilo y son muy puntiagudas. La flor presenta cinco tépalos ligeramente curvados y más largos que los tépalos de las otras especies para la producción de grano, sus ápices son acuminados, los tépalos internos son más cortos que los externos. El utrículo es circunsésil con una cápsula grande, las ramificaciones del estilo

son curvadas y se ajustan en las bases en una pequeña hendidura. Las semillas de coloración clara son las que más comunmente se utilizan para grano; ésta especie es utilizada también como ornamental (Grubben, Grubben y Sloten y Feine citados por Espitia, 1986).

2.3.2 Amaranthus caudatus. L.

Esta especie es originaria de los Andes de Argentina, Perú y Bolivia. Las inflorescencias son rojas y colgantes y es vendida como una planta ornamental en Europa y Norteamérica (Vietmeyer, 1984).

Sus sinónimos según Sauer (1977), son: Amaranthus caudatus var. edulis, Amaranthus edulis y Amaranthus mantegazzianus; y según Sing (citado por Espitia, 1991), es Amaranthus caudatus var. alopecurus.

Vietmeyer (1984) indica que algunas de las semillas pálidas de amaranto fueron encontradas en las tumbas de los muertos Incas de hace 2000 años de antigüedad. Actualmente se encuentra cultivada en pequeñas manchas cerca de las casas, el grano se utiliza tostado y reventado, molido como harina o hervido a granel, es considerado y utilizado principalmente como alimento para niños y enfermos. Este mismo autor reporta que éste grano posee gran diversidad genética en Sudamérica y se encuentra en colecciones del norte de la India; posiblemente se derivó de

Amaranthus quitensis.

Sauer (1967) menciona que esta especie presenta algunas variaciones en cuanto al color de semilla que no presentan otras especies como las semillas de color marfil con los bordes rojos y la inflorescencia en forma de cauda.

Esta especie es una planta herbácea anual, con un tallo escasamente ramificado que llega a alcanzar hasta dos metros de altura: La forma de las hojas es muy variada; las hay elípticas, ovatinadas, lanceoladas y rombo-ovatinadas con el ápice agudo u obtuso y la base cuneada. La inflorescencia es normalmente laxa, con espigas o panículas extremadamente largas y colgantes con una apariencia glomerular que es distintiva de esta especie, debido precisamente a que los glomérulos son grandes y muy espaciados, ocasionalmente se parece a Amaranthus cruentus. Las brácteas son cortas, más que las ramificaciones del estilo con láminas anchas y con una nervadura central delgada. La flor de ésta especie presenta cinco tépalos anchos a menudo sobrepuestos y fuertemente curvados. Los tépalos externos son ovatinados y más largos que los internos, éstos últimos son espatulados con ápices mucronados y obtusos. El utrículo es circunsésil, las ramificaciones del estilo están muy esparcidas y se ajustan en la base que tiene una apariencia de una silla de montar. Las semillas son blancas con bordes rojos, rosas o negras; las plantas con semillas de color claro son las que se utilizan para la producción de grano (Grubben, Grubben y Sloten y Feine citados por Espitia, 1986).

(Figura 1).

2.3.3 Amaranthus oruentus, L.

Vietmeyer (1984) señala que es originaria de México y Guatemala en donde es aprovechada por su grano y hojas. El grano es de color blanco y de las hojas se extrae un tinte rojo, es probablemente la que más se adapta a diferentes medios ambientes, debido a que se adapta a un amplio rango de longitudes del día, lo que no sucede con otras especies. Los arqueólogos la han encontrado en las cavernas de México por manojos con una antigüedad de 5500 años. Según Sauer (1977) y Vietmeyer (1984) se derivó de Amaranthus hybridus. Esta especie también ha sido conocida con algunos sinónimos que son: Amaranthus paniculatus, Amaranthus sanguineus y Amaranthus speciosus (Sauer y Sing citados por Espitia, 1986). El nombre actual es el que le dio Linneo en 1759 (Espitia, 1991).

Es una planta herbácea de crecimiento erecto, llega a alcanzar hasta dos metros de altura, generalmente es menor que Amaranthus hypochondriacus, su tallo es simple y en ocasiones ramificado, las hojas son elípticas, rombo-ovatinadas u ovato-lanceoladas con ápice agudo obtuso o acuminado y la base cuneada. Las brácteas son pequeñas, con una punta delgada que se extiende más allá de las láminas, pero nunca tan largas como las ramificaciones del estilo; sin embargo, en algunas ocasiones sobrepasan los tépalos. Las flores de ésta presentan cinco tépalos

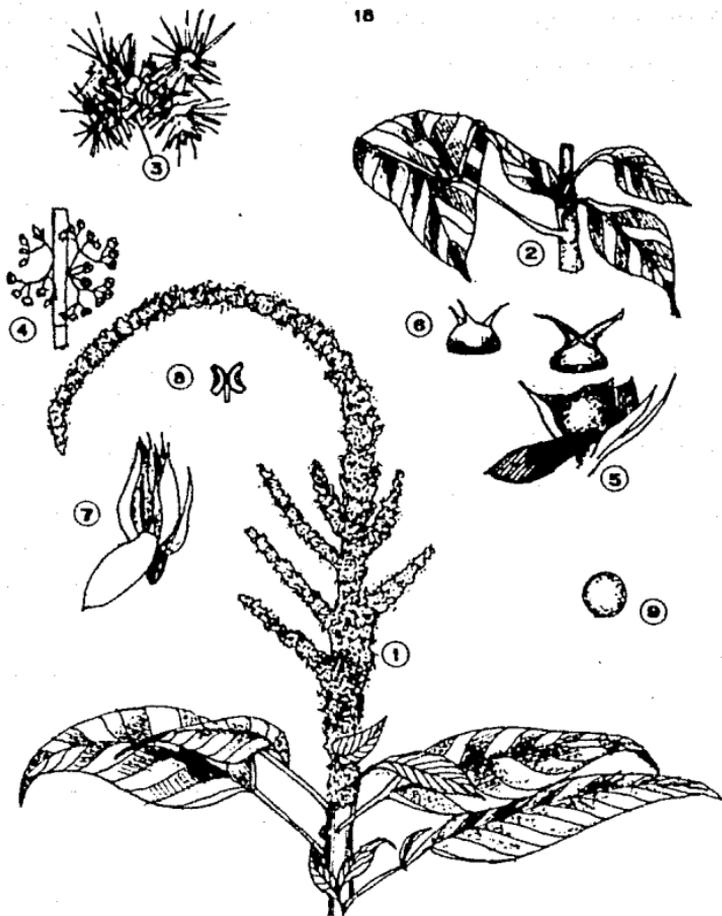


FIG. N.1 *Amaranthus caudatus* L. 1.- inflorescencia, 2.- detalle de la axila, 3.- vista delantera de dos glomérulos, 4.- esquema de glomérulos, 5.- flor femenina adulta con cápsula dehiscente, 6.- cápsula con tres estigmas, 7.- flor femenina, 8.- antera, 9.- vista lateral de la semilla.

erectos, oblongos u oblongos-ovatinados con ápices agudos; los tépalos internos son más cortos que los externos. El utrículo es circunsésil con ápice en forma de torre. Las semillas pueden ser negras, café, blancas o amarillas; las de color claro son los que se utilizan para la producción de grano mientras que las plantas que presentan el color obscuro son utilizadas para verdura o como ornamentales (Grubben, Grubben y Sloten y Feine, citados por Espitia, 1986). (Figura 2).

2.3.4 Amaranthus edulis. L.

Aún existe controversia sobre Amaranthus edulis dado que como ya se mencionó anteriormente se considera como una variedad de la especie Amaranthus caudatus; es muy interesante debido a que presenta características que pueden ser importantes en programas de mejoramiento por su crecimiento determinado (Sing, 1961).

La inflorescencia de Amaranthus edulis presenta ramificaciones que terminan en una flor estaminada muy peculiar, debido a que es heptámera o nonámera y las que no son terminales presentan la estructura normal (pentámera). Las características de las flores pistiladas no difieren mucho de las de Amaranthus caudatus. Los tépalos son cortos y menos curvados, mientras que las ramificaciones del estilo son erectas (Sauer, 1950).

2.3.5 Amaranthus hybridus. L.

Esta especie se incluye dentro de las que se utilizan para

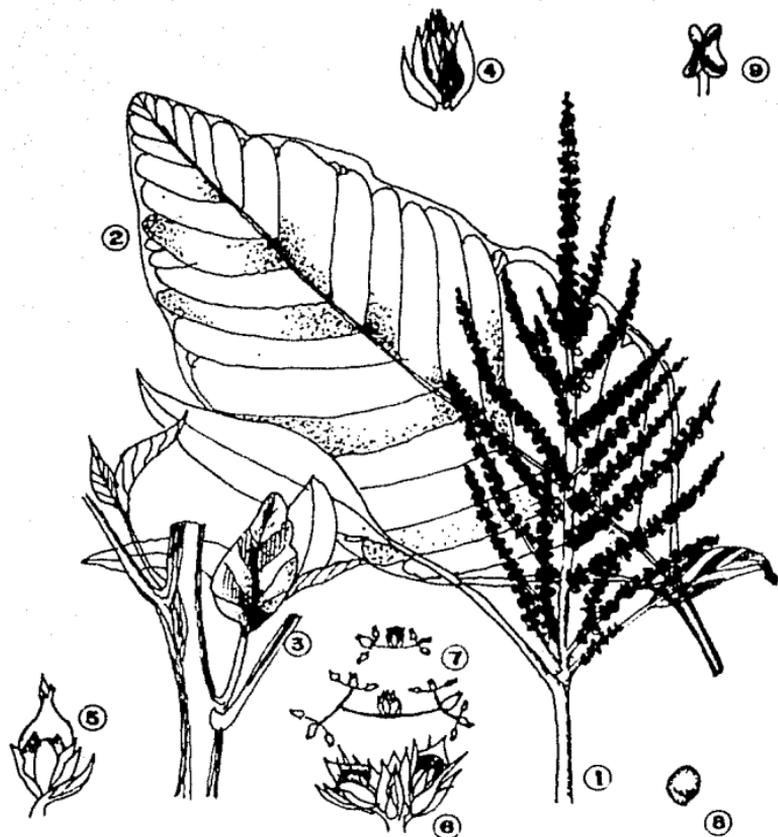


FIG. Nº 2 *Amaranthus cruentus* L. 1.- inflorescencia, 2.- hoja adulta
 3.- rama axilar, 4.- flor masculina, 5.- flor femenina con cápsula dehiscente
 6.- glomérulo, 7.- esquema de glomérulos, 8.- vista lateral de la semilla
 9.- antera.

grano ya que en la actualidad se está aprovechando en la investigación dentro los programas de mejoramiento genético. (Kauffman, 1981). Amaranthus hybridus es nativa de las regiones templadas húmedas del Este de Norteamérica, México, Centroamérica y la parte Norte de Sudamérica; en esa región es una maleza muy común (Sauer, 1967).

Es una planta herbácea anual, normalmente ramificada, llega a alcanzar hasta dos metros de altura. La forma de las hojas es variable, las hay desde ovatinadas, lanceoladas, elípticas, oblongas hasta rómbicas; con el ápice agudo o acuminado u obtuso y base ancha o estrecha. La inflorescencia es relativamente pequeña, está compuesta de panículas terminales laxas con numerosas espigas laterales. Las brácteas son muy largas del doble del tamaño de los tépalos, inclusive sobrepasan las ramificaciones del estilo y con una nervadura central que se extiende hasta las láminas. Las flores de esta especie presentan cinco tépalos más cortos que el utrículo y ligeramente curvados. Los tépalos internos son más cortos que los externos, ligeramente ovatinados con ápice agudo, los tépalos externos son oblongos con el ápice agudo. El utrículo es circunsésil con el ápice en forma de torre y ligeramente rugoso. Las ramificaciones del estilo son erectas y se juntan en la base de una hendidura superficial. Las semillas son negras (Grubben, Grubben y Sloten y Feine citados por Espitia, 1986).

2.4 Clasificación por Tipos Agronómicos

Hass (1979), Kauffman (1981) y Kauffman y Has (1984) agruparon la colección de germoplasma dentro de los tipos agronómicos, considerando las características de morfología de la planta y su posible uso.

Kauffman y Raider (1984) reportan los tipos: Mexicano, Africano y Guatemalteco en Amaranthus exuentus; los tipos Nepal, Mercado y Picos en Amaranthus hypochondriacus; el tipo: Prima en Amaranthus hybridus y los tipos Sudamericano y Edulis en Amaranthus caudatus; esta clasificación es la que actualmente se utiliza.

2.4.1 Tipos de grano de Amaranthus hypochondriacus. (Espitia, 1991).

2.4.1.1 Tipo Nepal.- Son muy limitados en su uso en Pennsylvania por la maduración tardía y su rendimiento pobre. Las plantas tienden a ser más erectas y menos ramificadas. Presentan una espiga principal con un número pequeño de ramas laterales. Son plantas que alcanzan hasta 1.8 m de altura. Maduran en 135 días aproximadamente. Las hojas son de forma elíptica y pueden ser de color verde, amarillo, rojo, rosa o púrpura. La inflorescencia es de tamaño intermedio alcanzando hasta 0.8 m de longitud, de color muy variable, pues las hay verdes, amarillas, doradas, salmón, rosas, rojas o púrpuras. Produce muy buen rendimiento, sus semillas son de muy buena calidad de color blanco, dorado, café o negro. Es de origen asiático y está ampliamente distribuida en la

India y Nepal.

2.4.1.2 Tipo Mercado.- Las plantas de este tipo alcanzan una altura de hasta dos metros. Su ciclo biológico dura unos 140 días. Presenta tallos y hojas de color verde, las hojas son de forma elíptica. La inflorescencia mide alrededor de 60 cm de longitud y desarrolla brácteas cortas y de ápice obtuso por lo que resulta ser suave al tacto. Desarrolla numerosas ramificaciones laterales y adquiere una apariencia arbustiva, sobre todo a bajas densidades de población. Las semillas son blancas, doradas y rara vez negras. Este tipo no se encuentra puro, se encuentra mezclado con el tipo Mexicano en las regiones productoras de Morelos y Puebla, ubicadas en las zonas de transición ecológica.

2.4.1.3 Tipo Azteca. Este tipo incluye las plantas de mayor tamaño del género, llegan a medir hasta 3 m de altura. Su ciclo biológico es tardío, 170 días en Chapingo, Méx. (Espitia 1986). El tallo es verde con estriás de color púrpura, las hojas son elípticas y de diversos colores. La inflorescencia puede alcanzar hasta un metro de longitud; y su color puede ser verde, rosa, rojo y púrpura; las brácteas son largas y puntiagudas por lo que la inflorescencia puede producir un efecto espinoso al tacto. Las semillas son blancas, café o negras, se pueden producir más de 100 g por planta, por lo que es considerado como los de mayor potencial de rendimiento. Este tipo es originario de México y se cultiva en las zonas de clima templado como: Tulyehualco, D.F., San Miguel del Milagro, Tlax., y algunas zonas aledañas a los volcanes en los

Estados de Tlaxcala y Puebla. Es sensible al fotoperíodo puesto que en condiciones de 40° latitud norte (Pennsylvania, EE.UU.), es muy tardío y en la mayoría de los casos no completa su ciclo biológico. Este tipo presenta los menores grados de ramificación lateral.

2.4.1.4 Tipo Pícos. (Kauffman y Reider 1984).- Son originados por la segregación del tipo Nepal. Algunos investigadores han trabajado sobre la uniformidad del tamaño, por que es muy importante para ser utilizado en la cosecha mecánica. El tallo principal es muchas veces rodeado por ramas que nacen desde su base. Las plantas generalmente son cortas. El daño causado por la chinche *Lygus* aparentemente es mínimo. Son plantas de maduración temprana. La semilla es muy pesada. Su altura es de 50 a 75 cm al final de su desarrollo.

2.4.2 Tipos de grano de *Amaranthus cruentus*. (Espitia, 1991).

2.4.2.1 Tipo Mexicano.- Alcanza hasta 2.1 m de altura. En clima templado el ciclo biológico dura unos 145 días, pero en clima cálido dicha duración se reduce hasta 85 días. Las hojas son rómbicas de color verde, rosa, rojo o púrpura. La inflorescencia tiene ramificaciones colgantes y pueden ser de color verde, dorado, rosa, rojo, púrpura o variegadas. Las brácteas de las flores son muy cortas, lo que da suavidad a la inflorescencia. Las semillas son blancas y en muy raras ocasiones negras. Es originario de México y se cultiva en las zonas productoras de

Morelos y Puebla.

2.4.2.2 Tipo Africano. (Kauffamn y Reider 1984).- Estos tipos se han caracterizado por su maduración temprana. En el oeste de Africa se cultiva como productora de verdura. Las primeras ramificaciones se localizan cerca del suelo, las cuales son muy abundantes. Puede ser que lleve características genéticas de secado uniforme. Presenta gran cantidad de panículas con poca semillas, la inflorescencia central no lleva la mayoría de las semillas. Los tallos son gruesos y mayormente cuando hay altas densidades. La caída de las semillas es severa. Resistente generalmente al ataque de chiche Lygus. Su altura es de 0.5 a 1.5 m al final de su desarrollo.

2.4.2.3 Tipo Guatemalteco. Este tipo es muy similar al tipo de grano Mexicano, aunque pueden encontrarse algunas diferencias. No posee una inflorescencia principal, puede tener dos o más inflorescencias con menor cantidad de semilla, es ampliamente ramificada y cada rama tiene una inflorescencia con poca cantidad de semilla. Es de maduración temprana. El rendimiento de semilla es muy alto, y la caída de la semilla es muy severa. Presenta notable resistencia a chinche Lygus, aunque aparecen grandes infestaciones, la pérdida de la semilla es mínima. Algunas plantas no maduran homogéneamente y continúan desprendiendo polen hasta la época de heladas. El tallo principal es ligeramente más suculento que el tipo Mexicano. Su altura es de 0.5 a 2.5 m al final de su desarrollo.

2.4.3 Tipos de grano de Amaranthus caudatus.

2.4.3.1 Tipo Sudamericano.- Este tipo es muy amplio y podría ser dividido dentro de dos o más categorías, tomando en cuenta su característica de morfología de la inflorescencia que puede ser colgante o erecta. Es muy importante en la producción de grano especialmente en Bolivia y Perú. Hay plantas con inflorescencia erecta y otras con inflorescencia colgante o laxas aunque menos que los tipos ornamentales. Estas plantas tienen una característica muy especial, que posee una forma triangular. Son plantas altas con ramificaciones que forman un ángulo recto con el tallo principal. Su tallo es muy grueso. Es susceptible a enfermedades como Alternaria y a un micoplasma no identificado. El acame es alto en este tipo. Su altura es de 1.5 a 2.0 m al final de su desarrollo.

2.4.3.2 Tipo Edulis. (Kauffman y Reider 1984).- La característica definitiva de este tipo es su inflorescencia de crecimiento determinado. Este tipo es de plantas altas, con un tallo principal y ramificaciones que forman un ángulo recto. La inflorescencia es de crecimiento determinado y de apariencia glomerular. Es susceptible a enfermedades del suelo. Presenta poco acame. Su altura es de 1.5 a 2.0 m al final de su desarrollo.

2.4.4 Tipos de grano de Amaranthus hybridus. (kauffman y Reider 1984).

2.4.4.1 Tipo Prima.- Este es muy importante como banco de germoplasma, por sus características agronómicas de maduración.

Posee una inflorescencia rodeada con numerosas panículas que provienen de las axilas de las hojas, cerca de la base. Aparentemente es resistente al ataque de chinche Lygus. La variabilidad expresada en este tipo, puede ocasionar que se divida en más categorías en el futuro. El tallo principal es comunmente delgado. Es de maduración temprana. Excelente índice de cosecha. Propensa a la caída de semilla. El acame es mínimo. Las plantas de este tipo tienen la tendencia del secado uniforme. Se han encontrado segregantos con esas características en muchos materiales. Su altura es de 0.5 a 1.0 m al final de su desarrollo.

2.4.4.2 Tipo Sangorache. (Kauffman y Reider, 1984).- Este tipo es originario de Sudamérica en donde es usado cuando la planta está seca. Es muy difícil la caracterización taxonómica de estos tipos, algunos de esta lista son híbridos de Amaranthus caudatus X Amaranthus hybridus. Son plantas muy altas. Maduran tarde en Pennsylvania. Es susceptible a enfermedades del suelo. Es utilizado como alimento o colorante en bebidas. Su altura es de 1.5 a 2.5 m al final de su desarrollo.

2.5 Requirimientos Climáticos

El amaranto se ha desarrollado históricamente en climas templados, cálidos, tropicales y subtropicales, en casi toda la clase de suelos, cuando están bien abonados y porosos. (Nogeron, Feine y Cal y Duncan citados por Pal, 1972 y Suárez, 1980).

Huaptli (1977) ha observado que el amaranto es extremadamente

plástico y es capaz de adaptarse en un amplio rango de ambientes para la producción de grano; Martín y Ruberte (1977) añaden que incluyendo a los trópicos.

Es posible que las especies de amaranto hayan tenido su origen en especies silvestres que se adaptaron a diferentes rangos de temperatura como en el trópico de América y la zona semiárida de Tehuacán (Sauer, 1968).

Vietmeyer (1984) señala que históricamente se ha cultivado en gran diversidad de ambientes desde el trópico hasta zonas semiáridas, aunque tradicionalmente se ha cultivado a los 30° latitud del Ecuador, para obligarla a florear en respuesta a la longitud del día (fotoperíodo), como el de los trópicos. Este mismo autor señala que muchas especies son sensibles a la longitud del día por ejemplo: Amaranthus hypochondriacus del Sur de México, no florea en verano en Pennsylvania; sin embargo, madura durante días cortos en invierno en invernadero en Estados Unidos. Lo inverso sucede con Amaranthus cruentus de Nigeria, ésta queda en forma vegetativa cerca del ecuador.

El amaranto se desarrolla mejor cuando las temperaturas alcanzan durante el día 21° C y muchos materiales han mostrado una germinación excelente en un rango de temperatura de 16° a 35° C mientras que el crecimiento se detiene cuando la temperatura es de 8° C o menos. Amaranthus hypochondriacus y Amaranthus cruentus toleran las temperaturas altas pero no resisten las heladas

(National Research Council, 1984).

Grubben y Sloten (1981) mencionan que Amaranthus caudatus, como es originaria de zonas altas, esta adaptada a bajas temperaturas.

2.6 I m p o r t a n c i a

Esta planta será nombrada el gigante del futuro porque sus semillas y hojas son comestibles, las semillas contienen más lisina que otros cereales, las hojas son consideradas como un bocado exquisito en muchas tradiciones alimenticias del Oeste de Africa; considerando que es mayor la proteina del amaranto que la de otros cereales por su composición superior de aminoácidos (Osuntogun y Oke, 1983).

Las semillas pueden ser aprovechadas en el desayuno como cereal, además después de cortarla, secarla y molerla para la elaboración de harina para empanizar los alimentos; o para la preparación de panecillos, tortillas, panqués y galletas (Vietmeyer, 1984).

Sánchez (1984) argumenta que la harina de amaranto puede ser usada para enriquecer productos alimenticios a base de otros cereales, para obtener alimentos más nutritivos y además se puede utilizar en la elaboración de semolina para la elaboración de

pastas como espaguetis y macarrón.

Sauer (1977) señala que con el grano de amaranto reventado de la especie Amaranthus hypochondriacus se pueden preparar dulces mezclados con miel, nuez, piñones, panqués y bizcochos.

Early (1977a) menciona que desde hace aproximadamente 10 a 20 años se ha incrementado la demanda de los dulces de amaranto, los cuales son conocidos como "alegrías"; ésta forma de uso es la número uno en México. Algunas malezas de amaranto son consumidas como verduras antes de que las plantas entren en la etapa de madurez. La segunda vía de aprovechamiento es como "pinole" y "chuales" que son tamales dulces, los cuales son preparados únicamente en Semana Santa. En la zona de Texcoco se prepara atole con la semilla de una planta de amaranto silvestre para curar la desintería, y se usa también como bebida caliente para aliviar algunos pequeños malestares estomacales.

Early (1977a) señala que en la India el grano de amaranto es utilizado igual que el trigo, es decir, se convierte en harina y se prepara una masa con agua, la cual se golpea entre las manos y después se coloca al fuego. En Nepal las semillas son consumidas por las personas en forma de harina o a granel con leche o agua.

Las hojas y los tallos tiernos, también son ricas en vitaminas y minerales y pueden ser aprovechados como verduras hervidas, por ejemplo, en las regiones húmedas del Africa, Sureste

de Asia (Malasia e Indonesia, al Sur de China, India y el Caribe), Amaranthus tricolor, Amaranthus dubius y Amaranthus cruentus son utilizadas en sopas y ensaladas. En Grecia las hojas tiernas de Amaranthus blitum tienen aceptación para las ensaladas. Amaranthus lividus esta ampliamente distribuida y es utilizada en la India por sus tallos y hojas tiernas, esta especie también es consumida en Grecia con el nombre de "veleta", al igual que en Taiwan donde es conocida como "diente de león". El valor nutritivo de las hojas tiernas es excelente porque contienen un alto nivel de carotenos, ácido fólico (contra la anemia), y otros nutrientes (Solberg, 1980; Carlsson, 1981; Vietmeyer, 1984).

Solberg (1980) añade que Amaranthus caudatus, es usada como un recurso y suplemento alimenticio en la dieta con cereales en la India.

En el Oeste de Africa las especies Amaranthus viridis y Amaranthus gangeticus, son cultivadas por sus hojas comestibles, las cuales tienen alto contenido de vitaminas A y C, hierro y calcio (Uzo y Okorie 1982)

Amaranthus caudatus y Amaranthus tricolor var. salicifolius son utilizadas como plantas ornamentales por sus brillantes colores de las hojas e inflorescencias (Pal, 1972; Bailey, 1979; Grubben, 1980; Kauffman, 1981 y 1984).

Sing, Aguilar y Alatorre (citados por Suárez, 1981) reportan

que hay informes de que en la India uno de los múltiples usos que se le da es en la elaboración de cerveza.

Amaranthus mantegazzianus ha sido probada como cultivo forrajero en las provincias de Buenos Aires, Argentina, donde la planta es muy palatable antes de la floración para casi todas las especies de ganado, caracterizadas por su alto contenido de proteína; aún cuando los suelos son pobres en fertilidad, se estima una producción de 50 toneladas por hectárea de materia seca en la región semiárida pampeana y la producción de semilla es de 800 kg/ha (Vietmeyer, 1984).

Desde tiempos prehispánicos el amaranto ha tenido gran importancia en varios aspectos; los aztecas y otras tribus lo utilizaban en las ceremonias religiosas, motivo por el cual fue prohibido por los españoles que de alguna manera querían imponer la religión católica, quedando confinado su uso y cultivo en solamente algunas regiones aledañas al Distrito Federal (Sauer, 1950; Early, 1978).

Espitia (1986 y 1988) reporta que en 1983 la superficie sembrada con amaranto solamente alcanzaba 300 hectáreas y debido a la difusión que se le ha dado y al interés que han tenido algunos agricultores, se ha venido incrementando la superficie; en 1985 se sembraron alrededor de 1500 hectáreas estando la mayoría de ellas en el Estado de Morelos.

En la actualidad el interés ha rebasado nuestras fronteras. Existen en los Estados Unidos compañías que desean industrializar la semilla de amaranto en diversos productos alimenticios, además de los que ya se han procesado y se tienen en el mercado. Se tiene conocimiento que en otros países como: Japón, Nueva Zelanda, Alemania y España entre otros, también se han interesado (Espitia, 1986)

Sánchez (1988) señala que los costos de producción son más bajos en México (155 dls.) y Perú (342 dls.) que en Guatemala (577 dls.), EE.U.U (631 dls), Tailandia (805 dls.), Kenia (1000 dls.), por hectárea. Este abaratamiento en los costos podría ser la gran oportunidad de los primeros dos países mencionados, de competir en el mercado mundial de granos con ventaja respecto a los otros países, ya que por ejemplo en EE.U.U. el cultivo será rentable cuando el precio por tonelada iguale al del trigo.

Las plantas poseen una raíz principal pivotante, la cual tiene que ver con la resistencia a la sequía. La abundante cantidad de proteína en las hojas y semillas, como la alta concentración de nitrato en la savia vacuolar indican una eficiente asimilación del nitrógeno. (Huaptli, 1977; Okuno y Sakaguchi, 1981; Vietmeyer, 1984)

Carlsson (1981) reporta que algunos trabajos han mostrado que las plantas de amaranto utilizan eficientemente los incrementos en la fertilización a base de nitrógeno para la producción y

contenido de proteína. En una prueba de invernadero con 120 especies y variedades de plantas revelaron que las especies de amaranto son altas productoras de proteína, (Amaranthus bouchinii, Amaranthus caudatus, Amaranthus hybridus y Amaranthus retroflexus); una producción alta de proteína se considera más de 25 gramos de proteína verdadera por 15 plantas que se cultivan en una caja de $1/7 \text{ m}^2$ en un período de diez semanas, esto corresponde a una estimación del rendimiento de 1750 kg de proteína por ha. En estudios posteriores sobre la extracción de proteína en especies de amaranto, en promedio es del 65 %, sin embargo se han encontrado valores más altos en Amaranthus caudatus y en Amaranthus hybridus de 70 al 76 %. En siembras tardías de verano en Suecia cosechadas a las catorce semanas, Amaranthus caudatus, Atriplex hortensis y Chenopodium quinoa produjeron 2000 kg/ha de proteína verdadera; éstos resultados fueron obtenidos con 15 a 20 cm de cada surco con nivel de fertilización de 200 a 400 kg de nitrógeno y a 200 kg de nitrógeno es más eficiente la asimilación y la transformación en proteína pura o verdadera. En cuanto al valor de las hojas las pruebas in vitro, han mostrado que Amaranthus caudatus Posee altos valores y la única limitante es el aminoácido metionina con 2 % de concentración.

Pandey y Pal (1985) señalan que es necesario el mejoramiento genético para mejorar los rendimientos y su contenido de nutrientes. Sin embargo, hay que recordar que el rendimiento del grano y por ciento de proteína son usualmente de correlación negativa en los cereales

El contenido de proteína en el grano de amaranto varía desde 4.0 a 22.12 %, esto ha sido considerado como lo más nutritivo en cereales (Sing y Thomas, 1978; Downton, 1983; Misra, et al. 1983).

Misra et al. (citados por Pal y Koshoo 1974a) afirman que el grano de amaranto puede ser comparado con otros cereales y es superior en el contenido de minerales, carbohidratos, grasas y proteína; además que el contenido de la proteína es mucho más alto en lisina y metionina, aminoácidos deficientes en otros cereales.

El nivel de proteína bruta de la semilla de Amaranthus mantegazzianus es de 20 % la que contiene el 8 % de lisina, sustancia indispensable para la alimentación de animales no rumiantes y que la convierte más nutritiva que el pan de trigo. (Covas y Volanteri, 1980; Okuno y Sakaguchi, 1981).

Kauffman y Hass (1984) reportan que el contenido de proteína del grano es del 16 % y realizaron un análisis comparativo del contenido de ésta con la de otros granos en el cual el grano de centeno contiene el 13 %, la avena el 12 %, la cebada, el trigo y el maíz el 10 % y el arroz el 7 %; en cuanto al contenido de lisina es el siguiente: el grano de amaranto en un rango de 8 al 10 %, el centeno de 3 a 5 %, la avena de 4 a 6 %, la cebada de 3 a 4.5 %, el trigo de 2.5 a 5 %, el maíz de 1.5 a 3 % y el arroz de 2.5 a 3.5 %.

Early (1984) realizó un análisis de la proteína de algunos alimentos para observar cual de ellos se acerca más a la proteína ideal, dicho análisis arrojó los siguientes resultados; se le asignó a la proteína ideal el valor de 100, la harina de trigo obtuvo el valor de 56.9, la soya de 68.0, la leche de vaca de 72.2 y el grano de amaranto el valor de 75.

Abbot y Campbell (1982) afirman que el amaranto se ha cultivado en regiones del trópico y subtropical de Asia, Africa y América Central, como verdura y para la explotación del grano, las verduras son especialmente altas en contenido de calcio y fibra, tienen cerca de 3/4 partes más de vitamina A que la espinaca, y en hierro y otros minerales son similares, en oxalatos y nitratos son comparables con otras verduras.

Entre las especies que se explotan para verdura Campbell y Abbot (1982) mencionan a: Amaranthus cruentus, Amaranthus dubius y Amaranthus tricolor, las cuales son claramente más rendidoras que la espinaca (Spinaca oleracea).

Robson (1975) observó que un grupo de personas habían escapado a la desnutrición, quienes comían las semillas y las hojas de una planta silvestre y que posteriormente investigó en el Centro de Investigación Rodale a la que identificó como una variedad de amaranto.

Cheeke et al. (1981) presentan una comparación del contenido de aminoácidos del amaranto, alfalfa y la soya, (Cuadro 1) quedando como sigue:

Cuadro 1. Comparación del contenido de aminoácidos entre Amaranthus hypochondriacus, alfalfa y soya.

AMINOACIDO	<u>Amaranthus hypochondriacus</u>	Alfalfa	Soya
aminoácidos/16 g N)			(g
Lisina	6.6	5.9	6.5
Treonina	5.0	5.5	1.3
Prolina	4.6	4.9	6.3
Cisteína	1.2	1.2	1.5
Metionina	2.4	2.3	1.3
Valina	6.9	6.3	5.3
Isoleusina	5.8	5.6	5.3
Fenil alanina	6.0	5.9	5.3
Tirosina	4.2	4.8	3.3
Histidina	2.4	2.3	2.7
Arginina	5.8	6.5	7.3
Acido aspártico	9.9	10.0	14.0
Serina	5.3	4.3	5.6
Acido glutámico	10.6	11.4	20.0
Glicina	5.4	5.5	5.2
Alanina	6.0	6.3	5.3
Leucina	9.3	9.3	5.3

Como se puede observar el contenido de aminoácidos es muy similar entre las especies, por lo que se puede inferir la posibilidad de aumentar el porcentaje de aminoácidos en el grano y hojas de amaranto con el mejoramiento genético.

Como ya se mencionó el amaranto es un cultivo muy antiguo que se ha aprovechado en el Nuevo Mundo con un potencial agronómico muy elevado, por su alto contenido de proteína de las hojas y semillas y con la posibilidad de aumentar la composición de

aminoácidos (Okuno y Sakaguchi, 1981).

2.7 Antecedentes Técnicos

Grubben (1980) reporta que el amaranto se cultiva igualmente que el maíz, y se obtienen hasta dos toneladas de rendimiento de grano por hectárea.

Bailey (1979) reporta que las plantas tienen un rendimiento promedio de 45.3 a 226 gramos de semilla por planta.

Robson (1975) indica que con una densidad de población de 16 mil plantas/4046 m² de la especie Amaranthus caudatus se obtiene un rendimiento de 374.2 Kg de semilla y con Amaranthus hypochondriacus el rendimiento es de 453 Kg en la misma superficie.

Martín y Ruberte (1977) reportan que cada planta produce desde 28.3 a 226.7 gramos de semilla dependiendo del espacio y condiciones de cultivo y con el 15 % de proteína.

Early (1978) reporta los resultados de un experimento en el Centro Rodale con rendimientos sorprendentes, con plantas a 50 cm de distancia se obtienen en promedio 798.3 Kg por 4046 m² con espacio de 25 cm se obtienen rendimientos promedio de 2.3 ton/ha, en términos del Sistema Métrico Decimal el rendimiento es de 2.4 ton/ha, aunque poco menor que el rendimiento promedio de los

Estados Unidos.

Okuno y Sakaguchi (1983), reportan que en ensayos de rendimiento con 170 Kg de nitrógeno se obtuvo un rendimiento de 3000 Kg/Ha. El potencial productivo de Amaranthus hybridus para grano y su composición de aminoácidos es comparable con el mayor cereal cultivado en el Oeste de Africa. El rendimiento logrado de grano es de 6 ton/ha con el 17.2 % de proteína cruda y un valor de 6.3 gr/16 gr de nitrógeno. Con separación de 45 cm entre plantas dan un rendimiento de 84.4 gr por planta y aproximadamente 4 ton/ha y a 60 cm de distancia entre plantas rinden 226.8 gr por planta y 6 Ton/ha (Uzo y Okorie, 1982).

Lorenz (1981) menciona que en pruebas experimentales realizadas por agricultores, en parcelas demostrativas en varias áreas de los Estados Unidos, se han producido rendimientos de grano arriba de 1043.28 Kg/4046 m², y el contenido de proteína, aminoácidos y minerales es comparable con el mejor de los cereales más comunes.

En Urbana en siembra del 25 de mayo cuando hay temperaturas bajas, las plantas tuvieron problemas para su desarrollo y fueron transplantadas el 8 de junio, las plantas emergieron rápidamente pero las raíces empezaron a morir y se marchitaron por el efecto residual de los herbicidas utilizados en años anteriores; posteriormente el cultivo se recuperó y alcanzó una altura de 1.06 m el cultivo fue cosechado el 30 de octubre con un rendimiento de 43 Kg/4046 m² (Lorenz, 1981).

El rendimiento de grano del genotipo A-53 en el Centro de Etiopía fue de 5 a 6 ton/ha bajo condiciones favorables de fósforo y nitrógeno (200 Kg/ha), con un rango de proteína cruda de 12.6 %, en el cual la metionina apareció como aminoácido limitante (Schmidt, 1977).

Kalinowski y Sánchez (1983) indican que el rendimiento esta cerca de 2.5 ton/ha de grano cuando el suelo es bajo en fertilidad, sin embargo, los suelos peruanos son altos en contenido de potasio y son abonados con estiércol, la duración del ciclo es de 210 días.

Chairman (1983) reporta que Amaranthus cruentus tuvo un rendimiento de 1280 kg/ha y Amaranthus caudatus de 50.5 kg/ha, el número de días a floración tuvo una amplitud de 41 a 119 días, la altura de la planta de 56 a 184 cm. En la estación de Chang Kian dos variedades de Amaranthus cruentus tuvieron un rendimiento de 93 kg/ha, y durante los meses de invierno, en la misma localidad los tipos Nepal y Mercado tuvieron una producción de 3000 kg/ha, y el de los tipos Africano y Azteca fue mucho menor.

Gupta (1983) reporta que la variedad conocida como "jumla" tuvo una producción de cerca de 2 ton/ha, la planta es de un metro de altura y la maduración ocurre de los 40 a los 65 días después de la siembra, y aumentando la densidad de población y la fertilización el rendimiento puede ser hasta de 5 ton/ha. Cerca de Mtwapa el rango del rendimiento es de 0.9 a 2.9 ton/ha con una maduración de 56 a 70 días después de la siembra; en Kabete el

rango de la producción fue de 1.5 a 3.5 ton/ha, la variedad "jumla" madura a los 73 días; al mismo tiempo que otras variedades necesitan de 100 a 130 días, en Kiboto el rendimiento es de 0.2 a 1.2 ton/ha y la maduración es de 45 a 55 días.

Maldonado y Sánchez (1982) reportan que en una hectárea comercial sembrada con amaranto en la zona de los Valles Centrales da un rendimiento promedio de 1.5 ton/ha la línea 78S-125 es prominente y tiene un rendimiento de 3 ton/ha con el 17 % de proteína y es susceptible a la mecanización.

Kauffman y Hass (1984) señalan que el rendimiento del grano estimado durante un período de cuatro años (1978 a 1981), en el Centro de Investigación Rodale, EE.UU. en el cual fueron incluidas 45 líneas, fue de 0.4 a 2.5 ton/ha.

Sin embargo y a pesar de los resultados obtenidos que en algunos casos han sido muy importantes, Kauffman y Hass (1984) indican que el mejoramiento en el rendimiento del grano es de importancia secundaria por el momento, aunque las líneas con que ellos han trabajado tienen un rendimiento promedio de 1000 a 2500 kg/ha.

La producción aproximada de todas las áreas productoras en México es de 1200 toneladas, las cuales se utilizan para la elaboración de dulces que tradicionalmente se conocen como "alegrías" (Espitia, 1991).

Pimentel (citado por López 1990) reporta que con lluvias

suficientes se obtiene de 12 a 14 cargas por hectárea; una carga es igual a 50 almudes y un almud es igual a 3 kg por lo que equivale a 1950 kg/ha como producción media, de acuerdo a entrevistas con productores de Tulyehualco, D.F.

Este mismo autor menciona que Turriza, et al. en 1987 encontraron hasta 4 toneladas por hectárea en Campeche, con una población de 166 000 plantas por hectárea a 60 cm de separación entre surcos y a 10 cm entre plantas; y bajo condiciones de riego se obtienen rendimientos de 1367 kg/ha y para temporal de 908.75 kg/ha en Amaranthus caudatus bajo condiciones ecológicas de Querétaro.

El amaranto responde bien a la fertilización y abonos orgánicos, reportándose promedios de grano de 1.1, 1.3 y 1.5 ton/ha en California, EE.UU., Puerto Rico y Suiza, respectivamente; estos son niveles más bajos que los obtenidos en México, donde se han reportado hasta 3 ton/ha, (Carrlson, 1980; SARH, 1984; Kauffman y Hass, 1984; Espitia, 1988). Algunos agricultores han desarrollado sus propios tipos de amaranto con tiempos relativamente cortos de producción alcanzando rendimientos hasta de 5.9 ton/ha, pudiendo mejorarse todavía aún más esta productividad (Paredes et al., 1990).

Sánchez (1988) muestra en el Cuadro 2 los resultados de las investigaciones en función de las condiciones en algunos países del mundo.

Cuadro 2. Area de adaptación, sistema de producción y rendimiento para líneas de amaranto.

PAIS	GERMOPLASMA (LINEA)	ALTITUD (msnm)	PP. (mm)	FERTILI ZACION	RENDIMEN TOS Kg/ha	SIST. DE PROD.
EE.UU. mas	1500	Planicie de altitud	---	40-50 N/ha	1600-2000	tem. y riego
Tailandia	60	800	1500	15:15:15	600-2100	tem.
Ins.Sci.& Techol.	60	1300-260	1500-1392	2 veces 12.5ton ha est.+ 625 Kg - N-P-K	1600-4000 1080-1120	tem. y 2rie- gos de - auxilio con 2 Kg de sem.
Perú mas	600	1200-200-240	2300	Estiércol 6 ton/ha 80:80:80	2600-4500	4 Kg de sem/ha sep-oct temporal
Guatemala mas	50	1500-1125	---	12:24:12 252 Kg - y 400 Kg de urea+ 2875 Kg Estiércol	1500-1300	y riego 5 Kg sem/ ha
Kenia mas	100	2000-2300-1500-1800	---	fósfor -- diamónico 100 kg/ha	500-1500	lluvias cortas 2 Kg sem

Bajo las condiciones de Chapingo, Méx. con fertilización de 80 40 00 Paniagua (1988), obtuvo rendimientos de 2652.7, 2592.4 y 2500 kg/ha, de las líneas 78S-125-1-6, 78S-125-24 y 10-4-2, respectivamente, de la especie Amaranthus hypochondriacus del tipo Nepal las dos primeras y la tercera del tipo Mercado.

III MATERIALES Y METODOS.

3.1 Localización del Experimento

El presente estudio se realizó en el ciclo del cultivo primavera-verano de 1986, en el Campo Experimental Valle de México (CEVAMEX) que pertenece al Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (INIFAP), en Chapingo, Estado de México; el cual se encuentra ubicado geográficamente a los 19° 17' Latitud Norte y 98° 53' Longitud Oeste, a 2249 msnm. El clima de ésta zona de acuerdo a la clasificación de Köppen, modificado por García (1981), es C(w) (w₀) b (i'), que pertenece a un templado subhúmedo con temperatura media anual entre 12 y 18° C, con poca oscilación térmica (entre 5° y 7°C); presenta una precipitación media anual de 670 mm con lluvias en verano y un porcentaje de precipitación invernal de 5 mm.

3.2 Material Genético

Las líneas utilizadas en el estudio son del programa de amaranto del CEVAMEX las cuales fueron seleccionadas a partir de 550 colectas originales entre materiales generados, nativos e introducidos de otros países. Estos materiales fueron evaluados y se seleccionaron los mejores 30 en base a rendimiento, precocidad, altura de planta y otras características agronómicas, estos genotipos pertenecen a las especies de Amaranthus hypochondriacus y Amaranthus cruentus y a los tipos Mercado, Mexicano y Nepal. En

el Cuadro 3 se presenta la lista de los genotipos utilizados:

Cuadro 3. Especie, tipo de grano y color de semilla de las líneas de amaranto evaluadas en este estudio.

TRATAMIENTO	GENEALOGIA	ESPECIE	TIPO	COLOR DE SEMILLA
1	81S-1024-10	hy*	Mercado	Blanca
2	153-5-1	hy	"	Dorada
3	153-5-3	hy	"	Blanca
4	10-2-11	hy	"	"
5	10-2-14	hy	"	"
6	10-4-2	hy	"	"
7	78S-82-1	hy	"	"
8	81S-1024-1	hy	"	Dorada
9	10-2-2	hy	"	Blanca
10	8-1-3	hy	"	"
11	139-2	hy	"	"
12	141-7	hy	"	"
13	8-1-2	hy	"	"
14	78S-125-1-5	hy	Nepal	Blanca
15	78S-125-1-6	hy	"	"
16	78S-125-2-3	hy	"	"
17	78S-125-2-4	hy	"	"
18	78S-125-2-6	hy	"	"
19	78S-125-2-8	hy	"	"
20	78S-125-1-2	hy	"	"
21	78S-267	hy	"	"
22	78S-82-2	hy	Mercado	"
23	142-2-1-4	cr**	Mexicano	"
24	142-2-1-5	cr	"	"
25	1018-A	cr	"	"
26	1018-B-5	cr	"	"
27	1018-B-11	cr	"	"
28	1018-C-1	cr	"	"
29	1018-C-3	cr	"	"
30	1018-C-11	cr	"	"

* hy = A. hypochondriacus

** cr = A. cruentus

3.3 Diseño Experimental

El diseño experimental utilizado para la evaluación de las 30 líneas, fue el látice rectangular 6 x 5 con tres repeticiones; el procedimiento de aleatorización de bloques fue el indicado por

Martínez (1988).

3.4 Establecimiento y Conducción del Experimento

La parcela experimental estuvo integrada por 3 surcos de 5 m de largo separados a 0.80 m. La parcela útil estuvo constituida por 3 m del surco central, debido a la eliminación de un metro de cada extremo del surco central para evitar el efecto de orilla. La siembra se realizó el 11 de junio, bajo condiciones de temporal; cuando las lluvias ya se habían establecido se sembró haciendo una pequeña zanja en el lomo del surco para depositar la semilla en el fondo de éste a chorrillo, posteriormente se cubrió con una capa de tierra de 1 a 2 cm.

El aclareo se realizó a los 27 días después de la siembra con un azadón, dejando una separación de 10 cm entre cada planta.

La fertilización se aplicó haciendo una pequeña zanja a lo largo de todo el surco para depositar el fertilizante en el fondo de ésta a chorrillo, y después tapanlo con una capa de tierra. El tratamiento utilizado fue 40-40-00 al momento de la siembra y el 40-00-00 a los 40 días después de la siembra; la fuente del nitrógeno fue la urea y del fósforo el superfosfato de calcio triple.

3.5 Caracteres Medidos.

Para las variables diámetro del tallo, longitud y ancho de la hoja, longitud y diámetro de la inflorescencia y altura de la planta se tomaron 10 plantas al azar de la parcela útil de cada tratamiento en las tres repeticiones.

3.5.1 Diámetro del tallo (DITA).

Estos valores se tomaron en cm a 5 cm de separación del suelo con un Vernier, cuando las plantas alcanzaron la madurez fisiológica.

3.5.2 Longitud de la hoja (LOHO).

Esta variable se midió en cm desde la lígula hasta el ápice de la hoja.

3.5.3 Ancho de la hoja (ANHO).

Medida en cm en la parte media de la hoja.

3.5.4 Días a floración (DFLO).

Días transcurridos de la siembra hasta el momento en que 50 % de las plantas han presentado la primera antesis.

3.5.5 Altura de la planta (APLA).

Medida en cm, desde la base de la planta hasta el ápice de inflorescencia.

3.5.6 Longitud de la Inflorescencia (LOIN).

Medida en cm, desde el último nudo superior del tallo hasta el ápice de la inflorescencia.

3.5.7 Diámetro de inflorescencia (DIIN).

Medida en cm, en la parte media de la inflorescencia en la madurez fisiológica.

3.5.8 Días a madurez (DIMA).

Días transcurridos, desde la fecha de siembra hasta cuando a simple vista las semillas de cada material se observaron maduras.

3.5.9 Densidad de Población (DEPO).

Se contó el número de plantas de los tres surcos de la parcela experimental para cada tratamiento en las tres repeticiones, sacando un promedio y traspolarlo por ha.

3.5.10 Rendimiento (REND).

Se tomaron todas las plantas de la parcela útil de cada tratamiento en las 3 repeticiones cuando la semilla se encontró madura, posteriormente se sumaron los tres valores de cada tratamiento en las tres repeticiones y se sacó un promedio de los pesos de cada muestra para traspolarlo por ha.

3.6 Análisis Estadístico

3.6.1 Análisis de varianza

Como se señaló anteriormente, el diseño experimental utilizado fue un látice rectangular 6 X 5 con tres repeticiones, el modelo bajo el cual se efectuó el análisis de varianza fue el indicado por Martínez (1988).

$$Y_{ijk} = \mu + \rho_i + \tau_k + \beta_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

donde: $i = 1, 2, \dots, q$; $j = 1, 2, \dots, p$; y $k = 1, 2, \dots, p^2$

Y_{ijk} = es el valor de la característica estudiada en el tratamiento k ubicado en un bloque j de la repetición i .

μ = efecto general
 ρ_i = efecto de la repetición i ;
 τ_k = efecto de tratamiento k ;
 β_{ij} = efecto del bloque j dentro de la repetición i ;
 ϵ_{ijk} = efecto aleatorio de la parcela ijk ;

El cual da origen al análisis de varianza cuya estructura se presenta en el Cuadro 4 (Martínez, 1988).

Cuadro 4. Estructura del análisis de varianza de los látices.

Fuente de variación	G.L.	S.C.
Repeticiones	$q-1$	SC(R)
Bloques dentro de repeticiones eliminando tratamientos	$q(p-1)$	SC(BET)
Tratamientos ignorando bloques	$p^2 - 1$	SC(T)
Error intrabloque	$(pq - p - 1)(p - 1)$	
Total corregido	$p^2 q - 1$	SC(Total)

q = Nº de repeticiones

p = Nº de bloques por repetición

3.6.2 Comparación de medias.

La comparación de medias para las variables evaluadas, se hizo mediante la prueba de Tukey al 0.05 de probabilidad con la

Aplicación de la siguiente fórmula:

$$DSH = q_{\alpha;it,n} \left(\frac{s^2}{r} \right)^{1/2}$$

Donde:

DSH = Diferencia mínima significativa más honesta.

$q_{\alpha;it,n}$ = Valor tabulado del rango estandarizado, al nivel de α significancia de la prueba, para comparar t medias de tratamientos con $n = (r-1)(t-1)$ grados de libertad del error experimental

s^2 = Cuadrado medio del error

r = Nº de bloques.

V R E S U L T A D O S Y D I S C U S I O N .

Se logró la observación del 100 % de los materiales en el estudio ya que lograron alcanzar la madurez y la producción de grano, no habiéndose presentado plagas, enfermedades, ni siniestros.

4.1 Análisis de varianza

En el cuadro 5 se presentan los cuadrados medios y los coeficientes de variación para los caracteres vegetativos, donde se observan diferencias significativas al 99 % de probabilidad en las repeticiones para los caracteres DITA, LOHO, y ANHO; en las repeticiones entre bloques para DITA y LOHO y entre tratamientos para APLA y diferencia significativa al 95 % de probabilidad en repeticiones para APLA, en repeticiones entre bloques para ANHO y en tratamientos para LOHO y ANHO. Para los caracteres APLA en repeticiones entre bloques y DITA en tratamientos no se observan diferencias significativas.

En el mismo Cuadro, se observan coeficientes de variación (C.V.) menores de 15 % para todos los caracteres, con excepción de DEPO que tiene un C.V. de 21.3 %. Con respecto a la eficiencia relativa del diseño, se puede observar que todos los caracteres superan el valor de 105 %.

Cuadro 5. Cuadrados medios y coeficientes de variación del análisis de varianza para los caracteres vegetativos Chapingo, Méx. 1986.

FUENTE DE VARIACION	CUADRADOS			MEDIOS	
	DITA	LOHO	ANHO	APLA	DEPO
REPETICIONES	0.36**	21.34**	3.29**	180.7*	7543453145.8
REP. ENTRE BLOQUES	0.13**	1.64**	1.21*	120.0	5491600578.8
TRATAMIENTOS	0.04	1.28*	1.27*	148.6**	1218740480.0
ERROR INTRA BLOQUES	0.28	0.64	0.61	52.9	1095975556.2
C. V. (%)	10.9	4.7	8.9	4.8	21.3
E. D. (%)	171.6	125.9	114.9	120.5	

** Significancia al 1 % de probabilidad

* Significancia al 5 % de probabilidad

C.V. Coeficiente de Variación

E.D. Eficiencia del diseño experimental

En el Cuadro 6 se muestran los cuadrados medios y los coeficientes de variación para los caracteres de floración, madurez y rendimiento. Se observan diferencias estadísticas altamente significativas al 99 % de probabilidad en repeticiones para los caracteres DIMA, LOIN, DIIN y REND; también se observan diferencias altamente significativas en tratamientos para todos los caracteres.

En el mismo Cuadro 6, se puede apreciar que todos los caracteres presentan C.V. menores del 15 %. Asimismo, únicamente los caracteres DIMA, y LOIN mostraron eficiencia en el diseño.

Cuadro 6 Cuadrados medios y coeficientes de variación del análisis de varianza para los caracteres de floración, madurez y rendimiento. Chapingo, Méx. 1986.

FUENTE DE VARIACION	CUADRADOS MEDIOS				
	DFLO	DIMA	LOIN	DIIN	REND
REPETICIONES	1.41	45.95**	706848.08**	52.14**	4.6**
REP. ENTRE BLOQUES	0.86	16.58	182482.41	13.49	0.78
TRATAMIENTOS	23.5**	85.70**	473181.38**	47.63**	3.14**
ERROR INTRA BLOQUES	0.62	6.03	85671.82	12.73	0.83
C. V. (%)	1.12	1.82	13.37	6.5	6.4
E. D. (%)		125.9	117.86		

** Significancia al 99 % de probabilidad

* Significancia al 95 % de probabilidad

C.V. Coeficiente de variación

E.D. Eficiencia en el diseño experimental

4.2 Comparación de medias

En el Cuadro 7 se presenta la comparación de medias para los caracteres vegetativos DITA, LOHO, APLA, y DEPO, bajo el diseño de látice; con el propósito de ordenar la presentación escrita, los caracteres se enlistan en base a la tendencia observada en el carácter DITA. En dicho Cuadro podemos observar que no existen diferencias estadísticas en los caracteres antes señalados, con excepción de APLA en donde el tratamiento 12 es estadísticamente diferente con el resto de los tratamientos.

Cuadro 7 Comparación de los valores medios para los caracteres vegetativos. Chapingo, Méx. 1986.

TRATAMIENTO	DITA (cm)	LOHO (cm)	ANHO (cm)	APLA (cm)	DEPO
28	1.73 A	17.54 A	9.67 A	155.9 AB	33333.0 A
4	1.70 A	17.64 A	8.66 A	156.1 AB	93055.0 A
8	1.69 A	17.99 A	8.71 A	155.8 AB	61110.6 A
20	1.65 A	17.97 A	8.72 A	146.7 AB	52777.3 A
3	1.65 A	17.84 A	8.46 A	154.0 AB	63888.3 A
18	1.63 A	17.71 A	8.81 A	147.9 AB	48610.8 A
15	1.62 A	17.87 A	10.11 A	147.0 AB	45833.0 A
29	1.62 A	16.89 A	9.36 A	156.6 AB	9722.0 A
5	1.61 A	17.48 A	7.92 A	153.5 AB	41666.0 A
21	1.61 A	18.04 A	7.86 A	135.5 AB	51388.6 A
6	1.61 A	16.52 A	8.20 A	154.4 AB	47221.0 A
30	1.60 A	16.77 A	9.32 A	149.9 AB	9722.0 A
19	1.59 A	16.86 A	8.57 A	150.7 AB	66666.6 A
9	1.57 A	18.00 A	8.67 A	156.0 AB	26388.6 A
7	1.57 A	16.26 A	7.72 A	153.5 AB	68055.3 A
2	1.56 A	17.91 A	8.84 A	156.7 AB	16666.3 A
17	1.53 A	17.49 A	8.84 A	147.6 AB	51388.3 A
11	1.52 A	16.45 A	8.41 A	143.9 AB	47222.0 A
14	1.52 A	16.99 A	8.26 A	140.1 AB	18055.0 A
27	1.52 A	17.20 A	9.85 A	159.8 AB	29166.3 A
10	1.50 A	16.98 A	8.32 A	154.0 AB	45833.0 A
1	1.48 A	18.32 A	7.90 A	142.5 AB	31944.9 A
13	1.48 A	16.54 A	7.96 A	159.1 AB	43055.3 A
23	1.48 A	17.00 A	8.88 A	149.9 AB	26388.6 A
12	1.46 A	17.44 A	8.63 A	166.2 A	58333.3 A
24	1.46 A	17.80 A	9.26 A	145.8 AB	27777.3 A
26	1.43 A	17.00 A	9.72 A	148.4 AB	69444.0 A
25	1.41 A	17.24 A	9.61 A	143.4 AB	30555.3 A
22	1.49 A	16.60 A	9.52 A	152.5 AB	73610.6 A
16	1.36 A	16.18 A	8.13 A	141.0 AB	62499.6 A
DSH	0.548	2.598	2.539	23.517	33847.5

DEPO. En función a la prueba de medias no se encontraron grupos de significancia estadística sin embargo numéricamente existen diferencias considerables, lo que coincide con lo encontrado por Robson (1975); Martín y Ruberte (1977); Early (1978) los cuales señalan que a medida que las plantas son menos por unidad de superficie el rendimiento promedio por planta aumenta relativamente y viceversa. (Cuadro 7)

En el Cuadro 8 se presenta la comparación de medias para los caracteres de floración, días a madurez y rendimiento; con el propósito de ordenar la presentación escrita, los caracteres se enlistan en base a la tendencia observada en el carácter REND. Los grupos de significancia por carácter se presentan en forma abreviada, de tal forma que cuando un tratamiento tenga letras A..D ello quiera decir que esta incluyendo en cuatro grupos de significancia: A, B, C y D. Destacando para tal efecto que las diferencias estadísticas entre los grupos que ahí se distinguen son altamente significativas. En estos caracteres en el Cuadro 8 se observa que existen diferencias numéricas entre cada tratamiento del carácter REND, pese a que solamente se hayan formado tres grupos de significancia para éste; lo cual puede ser debido a la segregación que presenta este carácter por la variabilidad que posee.

DFLO. En el carácter DFLO se formaron 8 grupos de significancia por lo que se considera que existen materiales tardíos, intermedios y precoces; situación por demás importante para esta zona ya que se presentan heladas tempranas y la duración del ciclo vegetativo de los materiales se puede aprovechar la época de lluvias. Considerando a los materiales tardíos de 75 a 77 días, los intermedios de 71 a 73 días y precoces de 68 a 70 días, se desprende lo siguiente: Comparándolos con la variedad con que trabajó Gupta (1983) conocida como "jumla" son más tardíos, pero se encuentran en el rango de los que observó Chairman (1983) en

los EE.UU. con las variedades criollas. Los tipo Mexicano son los más precoces.

Cuadro 8 Comparación de valores medios para caracteres de floración, días a madurez y rendimiento. Chapingo, Méx. 1986.

TRATA- MIENTO	REND (kg/ha)	DFLO (días)	LOIN (días)	DIIN (cm)	DIMA (cm)
20	2626.45 A	76.0 AB	60.0 AB	14.8 A..D	131 EFG
13	2624.93 A	75.3 ABC	52.7 ABC	13.2 BCD	148.0 A
16	2612.60 A	76.0 AB	56.6 ABC	13.1 BCD	130.0 EFG
17	2548.21 A	76.0 AB	60.5 AB	13.5 BCD	130.6 EFG
18	2545.24 A	76.0 AB	57.2 ABC	12.8 CD	131.5 D..G
7	2505.59 AB	73.0 CDE	49.4 ABC	13.1 BCD	132.7 C..G
9	2466.38 ABC	76.0 AB	52.7 ABC	14.8 A..D	129.9 EFG
15	2458.85 ABC	76.0 AB	56.6 ABC	12.4 D	131.7 D..G
6	2436.18 ABC	75.0 AB	53.8 ABC	12.9 BCD	133.4 C..G
21	2426.05 ABC	68.6 GH	60.5 AB	14.4 A..D	120.8 H
22	2418.16 ABC	77.0 A	47.7 C	13.4 BCD	136.7 B..E
4	2373.89 ABC	73.0 CDE	52.2 ABC	14.0 A..D	133.9 B..G
3	2365.29 ABC	73.0 CDE	52.2 ABC	14.4 A..D	135.4 B..G
1	2302.59 ABC	72.3 DEF	48.8 BC	13.6 A..D	127.3 GH
8	2297.42 ABC	69.6 FGH	54.4 ABC	14.1 A..D	133.7 C..G
5	2294.72 ABC	75.0 A..D	51.6 ABC	13.9 A..D	133.1 C..G
19	2290.51 ABC	76.3 A	61.1 A	12.1 D	130.1 EFG
14	2235.75 ABC	76.0 AB	57.5 ABC	13.2 BCD	131.6 D..G
2	2222.49 ABC	75.0 A..D	56.1 ABC	16.6 A	134.5 B..G
12	2197.18 ABC	77.0 A	56.6 ABC	14.3 A..D	135.7 B..F
10	2114.40 ABC	73.3 B..E	51.1 ABC	13.4 BCD	136.2 B..F
26	2023.08 A..D	69.6 FGH	51.1 ABC	13.5 BCD	140.7 ABC
11	1866.82 A..D	75.3 ABC	49.4 ABC	13.1 BCD	127.9 FGH
25	1835.99 A..D	69.6 FGH	60.5 AB	13.1 BCD	136.5 B..E
27	1802.53 A..D	72.0 EF	60.5 AB	14.6 A..D	142.0 AB
24	1779.94 A..D	68.6 GH	57.2 ABC	14.5 A..D	140.7 ABC
28	1761.78 A..D	71.0 E..H	58.8 ABC	15.8 AB	140.2 ABC
29	1531.86 A..D	69.6 FGH	57.2 ABC	14.5 A..D	134.7 B..G
30	1492.36 CD	71.3 EFG	57.7 ABC	14.5 A..D	136.8 B..E
23	1192.78 D	68.3 H	53.3 ABC	15.5 ABC	139.6 BCD
DSH	946.338	2.553	11.536	2.961	7.940

LOIN. Las diferencias que se observan en el Cuadro 8 es de suponerse que esta muy ligada al rendimiento ya que a mayor longitud de la inflorescencia se espera mayor cantidad de grano y

por ende mayor rendimiento. En la comparación de medias se formaron 5 grupos destacando por su mayor longitud los tratamientos 19 (hy tipo Nepal) con 61.1 cm, 17 (hy tipo Nepal), 25, 27 (cr tipo Mexicano), 27 y 20 (hy nepal) con 60.5 cm; el 73.3 % de los materiales presentan un rango de 49.4 a 58.5 cm, mientras que el tratamiento 22 presentó el largo más corto (47.7 cm).

DIIN. Al igual que el carácter anterior, el DIIN está relacionado con el rendimiento. En este carácter se formaron cuatro grupos de significancia; el primero con el diámetro más alto tiene un rango de 13.6 a 16.6 cm dentro del cual destaca el tratamiento 2 con 16.6 cm (hy tipo Mercado); sin embargo, éste no es el que mayor rendimiento presentó numéricamente, pero sí se encuentra dentro del grupo de significancia de los tratamientos con rendimiento más alto; el segundo grupo de significancia tiene un rango de 12.9 a 13.5 cm, el tercer grupo lo forma el tratamiento 18 (hy tipo Nepal) y el cuarto grupo con el diámetro más corto de 12.1 a 12.4 cm (hy tipo Nepal). (Cuadro 8)

DIMA. Este carácter es importante por las mismas razones que se explicaron en los días a floración, ya que se formaron 8 grupos de significancia; los más tardíos se consideran para estos resultados, los que maduraron de los 139.6 a 148.0 días, los intermedios de 131.1 a 136.8 días y las más precoces de 120.8 a 130.7 días; lo cual contrasta con los materiales que evaluó Lorenz (1981) que fueron de 185 días, haciendo la aclaración como se

mencionó en el capítulo anterior que él tuvo problemas en el desarrollo de la planta por los residuos de herbicidas de años anteriores, y en relación a los que observó Gupta (1983) son más altos porque la variedad conocida como "jumla" madura en un rango de 45 a 73 días en diferentes localidades mientras que otras según él requirieron de 100 a 130 días. (Cuadro 8)

Es muy importante la maduración temprana sobre todo en Valles Altos donde la estación de crecimiento es relativamente corta; algunas colectas de Amaranthus hypochondriacus introducidas de Nepal y la India maduran en Chapingo, Méx. en menos de 100 días, otras con similares resultados son Amaranthus cruentus introducidas de Africa, así como algunos materiales de Amaranthus hybridus que además son útiles en el mejoramiento genético por su altura reducida de la planta.

REND. En la prueba de medias se encontraron tres grupos con diferencias estadísticas altamente significativas y numéricas hasta de 1433.6 kg/ha entre el tratamiento más alto y el más bajo y se observa que los rendimientos son superiores a los promedios de las variedades criollas (2.0 ton/ha); de los EE.UU. (Lorenz, 1981); y de los Valles Centrales de México (1.5 ton/ha) (Maldonado y Sánchez, 1983). Los tratamientos que por su rendimiento sobresalen son: el 20 (hy tipo Nepal), 13 (hy tipo Mercado), 16, 17 y 18 (hy tipo Nepal) con rendimiento superiores a los 2600 Kg/ha. (Cuadro 8)

En el Cuadro 8 también se observa que dentro del primer grupo de significancia encontramos diferencias numéricas de 1092.5 kg/ha, en el cual destacan los tratamientos 21 (hy tipo Nepal) ya que presenta el menor número de días a la floración 68.6 días, y madurez 120.8 días; el diámetro y longitud de inflorescencia se encuentran en el grupo de significancia de las más altas de 14.4 y 60.5 cm, respectivamente; su altura es de 135.5 cm siendo de los más bajas. Otro tratamiento sobresaliente es el 7 con 2505.5 kg/ha, siendo este del grupo de significancia de los más rendidoras, en días a floración tiene 73 días y 132.7 días a madurez lo que es intermedio; en cuanto al diámetro y longitud de la inflorescencia estos caracteres están dentro de los grupos de significancia de los menos importantes; ya que estas características pueden ser menos impactantes, porque sí se tiene un buen rendimiento, pero las dimensiones de la inflorescencia no son tan elevadas, esto quiere decir que la panoja es relativamente compacta lo que sirve para cosechas mecánicas; en la altura de planta es de 151.5 cm. Otro genotipo importante es el tratamiento 9 (hy tipo Nepal) por su rendimiento de 2466.3 kg/ha, la maduración a los 129.9 días que esta dentro del grupo de significancia de los más precoces y por su diámetro y longitud de inflorescencia de 14.89 cm y 52.7 cm, respectivamente; la altura es de 156.0 cm. El tratamiento 1 (hy tipo Mercado) tiene 2302.5 kg/ha, en días a floración esta dentro de los intermedios (72.3 días) y la maduración a los 127.3 es de los más precoces; en cuanto al diámetro de la inflorescencia es intermedio (13.6 cm) y longitud (48.8 cm) es de las mas bajas, su altura de planta es de

142.5 cm. El tratamiento 14 con 2235.7 kg/ha, días a floración 76 es de los más tardíos, pero en los días a la maduración es de los más precoces (131.6 días), en cuanto al diámetro (13.2 cm) y longitud (57.5 cm) de la inflorescencia se considera intermedio y por su altura de planta es el segundo más bajo. El tratamiento 16 con 2612.6 kg/ha se encuentra dentro del grupo de significancia de los rendimientos mas altos, en los días a floración es tardío (76.6 días), días a madurez es de los mas precoces (130.7 días), en diámetro y longitud de inflorescencia se encuentra dentro de los grupos de significancia intermedios, y en cuanto a su altura de planta es de los más bajos (140 0 cm). El tratamiento 20 tiene 2626.4 kg/ha, siendo el tratamiento que presentó el más alto rendimiento, es de los más tardíos (76 días), pero en días a madurez es intermedio (139.1 días), en cuanto a diámetro y longitud de la inflorescencia está en el grupo de los altos; en relación a la altura de planta, es intermedia (146.7 cm). El tratamiento 17 con 2548.2 kg/ha, en días a floración se considera tardío (76 días), en días a madurez es de los más precoces (130.6 días), en diámetro y longitud de la inflorescencia es alto e intermedio, respectivamente, en su altura es intermedio (147.6 cm). El tratamiento 18 su rendimiento fue de 2545.2 kg/ha, en días a floración es tardío (76 días), en días a madurez es intermedio, en diámetro (12.8 cm) y longitud (57.2 cm) de la inflorescencia es intermedio y bajo respectivamente, por su altura se considera intermedio. El tratamiento 15 tiene 2458.8 kg/ha, en días a floración es tardío (76 días), días a madurez es intermedio (131.7 días), diámetro (12.4 cm) y longitud (56.6 cm) de

inflorescencia bajo e intermedio en ese orden, por su altura de planta es (147.0 cm) es intermedio.

V CONCLUSIONES

De acuerdo con los objetivos e hipótesis planteados y con resultados obtenidos se llegó a las siguientes conclusiones:

- 1.- Los genotipos 78S-125-1-2 (Tipo Nepal), 8-1-2 (Tipo Mercado), 78S-125-2-3 (Tipo Nepal), 78S-125-2-4 (Tipo Nepal) y 78S-125-2-6, 10-2-2 (Tipo Mercado), 78S-125-1-6 (Tipo Nepal), 78S-267 (Tipo Nepal), 81S-1024-10 (Tipo Mercado), de la especie Amaranthus hypochondriacus, presentaron los rendimientos mas altos con características agronómicas aceptables.
- 2.- Estadísticamente los materiales del Tipo Nepal de los materiales evaluados (73.3 %), son los que mayor rendimiento presentaron en promedio, con más de 2600 kg/ha superando los promedios comerciales de los EE.UU. y México.
- 3.- Los materiales del Tipo Mexicano presentaron un ciclo vegetativo más corto (68.3 a 69.6) que los otros tipos y los rendimientos más bajos
- 4.- Existe variabilidad en los genotipos evaluados en cuanto a: ciclo vegetativo, altura de planta, caracteres de inflorescencia y rendimiento; que puede ser usada en los programas de mejoramiento.
- 5.- No obstante los resultados satisfactorios que se obtuvieron, aún no se considera que se tenga por lo menos un genotipo

con las características agronómicas ideales en cuanto a altura días a floración y madurez cortos, características de inflorescencia y rendimiento.

VI BIBLIOGRAFIA

- Abbott, J.A. and Campbell, T.A. 1982. Sensory Evaluation of Vegetable Amaranth (Amaranthus spp.), Horticultural Crops Quality Laboratory, Horticultural Science Institute U.S. Department of Agricultura ARS. Beltsville.17(3):409-410.
- Agogino, G.A. 1957 Pigweed seeds dated oldest U.S. Food grain Science Newsletter, Washington 72: 345.
- Bailey, N.N. 1979. Amaranth Information Bureau Newsletter. Amaranth - A food for today's Need. Vol.1 No.1 February, 1979 Rodale Press Inc. 33 E. Minor St. Emmaus, PA. p 180-49.
- Campbell, T. A. and J. A. Abbott, 1982. Field Evaluation of Vegetable Amaranth (Amaranthus spp.) Germoplasm Resources Laboratory, Plant Genetics and Germoplasm Institute and Horticultural Crops Quality laboratory, Horticultural Science Institute U.S. Department of Agriculture, ARS. Beltsville. 17(39):407-409.
- Carlsson, R. 1981. Amaranthus species and related species for leaf protein concentrate Production, University of, Lund Sweden. p. 83.
- Chairman S.Ch. 1983. Summary Grain amaranth Proyect, Second Coodination Meeting; Rodale PA. september 11-44 p 10.
- Cheeke, P.R., Carlsson, R. and Kohler, G.O. 1981. Nutritive value of leaf protein Concentrates Prepared From Amaranthus spp. (Rat feeding trials). Canadian J. of Animal Science 61(1):109-204.
- Collins, F. 1981. Amaranthus hypochondriacus Characteristics of the Starch and Baking Potential of Flour, K. p 149-153
- Connor, J. K., Gartner R. J. W., Bronwyn M. R. and Anos R. N. 1980. Amaranthus edulis An Ancient Food Source Re-examined. Australian J. of Exp. Agr. and Animal Husbandry 20(103):156-161.

- Coons, M. P. 1982. Relationships of Amaranthus caudatus, Economic Botany. Botanical Garden Bronx, New York. 32(2): 129-146
- Covas, G. y Volateri H. 1980. Los amarantos, cultivos de gran valor para la alimentación humana y para forraje, aptos para la región pampeana semiárida. Informativo de Tecnología Agropecuaria, EERA Anguil. p 1-2.
- Downton, W.J.S. 1973. Amaranthus edulis: a high lysina grain - amaranth. World Crops 25(1): 20.
- Duncan, E.A. 1981. Efecto de la densidad de plantas en las cualidades agroquímicas de A. cruentus, A. hypochondriacus, A. hybridus, y A. caudatus. New Crops Department Organic Garden and Farming, Research Center, Rodale Press, Inc.
- Early, D.K. 1977a. Cultivation and Uses of Amaranthus in temporary México. proceeding of the First Amaranth Seminar, July 29 Maxtawny. Pennsylvania. Catholic University, Washington. p. 38-39.
- 1977b. Amaranth secrets of Aztecs. Organic Gardening and Farming 24 (12): 69-73.
- 1978. Hautli: The revival of Aztecs Amaranth an appropriate technology food. Presented at the 77th Annual Meeting American antropological Association, Los Angeles Cal. p 1-10.
- Erwin, A.T. 1935. Alegría a popping seed used in México as a substitute for popcorn. Iowa State College Journal of Science. 9:661-665.
- Espitia, R. E. 1986 Caracterización y Evaluación preliminar de germoplasma de Amaranthus spp Tesis profesional, Universidad Antonio Narro, Méx. 161 p.
- M.G. Vázquez Carrillo y A. Márquez Sánchez, 1988. Potencial Reventado y Calidad Proteínica del amaranto En UNAM. Investigaciones recientes sobre amaranto, México, D.F. UNAM pp 78-85

- 1989. Guía para cultivar amaranto en los Valles Altos de la Mesa Central, SARH., INIFAP., CAEVAMEX. 13 p.
- R. E. 1991. Recursos Genéticos de amaranto (Amaranthus spp). En Avances en el estudio de los recursos fitogenéticos de México. En Ortega, P.R., Palomino, N.G., Castillo G.F., González y Livera M.M. (Eds) Sociedad Mexicana de Fitogenética, A.C. México.
- Feine, L.B. 1979 An ethnobotanical observation and collection of grain in amaranth in México. In: proceedings of the Second Amaranth Conference. Rodale Press Inc. Emmaus - PA. 111-116p.
- Fuller, H.J. 1949. Photoperiodic responses of Chenopodium quinoa wild and Amaranthus caudatus L. Am.J.Bot. 36: 175-180.
- García, E. 1981 Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen, Ja. ed. México, 252 pp.
- Grubben, G.J.H. 1976. The Cultivation of amaranth as a tropical leaf vegetable with special reference to South Dahomey. Communication, Department of Agricultural Research, Royal Tropical Institute, Amsterdam N^o 67, 207 pp.
- , G.J.H. 1980. Plant Genetic Resources. Food and Agriculture Organization of the United Nation. Germplasm of Vegetable and grain Amaranthus. Newsletter.
- and D.H. Van Sloten. 1981. Genetics resources of amaranths International Board Plant Genetics Resources, Rome. Italy. p 57.
- Gupta, V.K. 1983. Summary grain Amaranth Project, Second Coordination Meeting, Rodale PA. September 11-44 p 12.
- Hass, P.W. 1979. The Rodale Germoplasm Collection In: Proc. of the Second Amaranth Conf. Rodale Press Inc. Emmaus, P.A. p 135-141

- Huaptli, H. 1977. Agronomic potential and breeding strategy for grain amaranth University of California, Davis California. Procc of to thirth amaranth, Emmaus, PA. p 71-79.
- and S. Jain. 1984a. Allozyme variation and evolutionary relationships grain amaranth (Amaranthus spp). Theor. Appl. Genet. 69:153-165.
- and S. Jain 1984b. Genetics variation in outcrossing rate and correlated floral traits in a population of grain amaranth (Amaranth cruentus, L.) Departament of Genetica 66: 21-27.
- Kalinowski A.U. y Sánchez M.A. 1983. Summary Grain amaranth Project, Second Coordination Meeting, Rodale PA. september 11-44 p 2.
- Kauffman, C.S. 1981. Grain amaranth varietal improvement: breeding program: Rodale Press Inc. Emmaus, PA. 24pp.
- and P.W.Hass. 1984. Grain Amaranth: An Overview of research and production guide. Rodale Research Center. Kutztown. PA.21 pp.
- and C. Reider 1984. Amaranth germoplasm collection Rodale Press. Inc. Emmaus. PA: RRC/NC- 84-2.
- Leslie, LL. J. 1984. The Genus Amaranthus as a grain crop, University of Illinois, Urbana. p. 1-2.
- López, V.M. 1990. Estudio Monográfico del Amaranto (Amaranthus spp), en México; Tesis Profesional, Universidad Veracruzana, 1990.
- Lorenz, K.1981. Amaranthus hypochondriacus characteristics of the Fluor Starch/Starke 33 (181) Nr. 5.5. 149-153.
- Loyd, J.L. 1984. The genus Amaranthus as a grain crop. University of Illinois Urbana. Weeds Today 15(1):1-2

- Maldonado A.U. y Sánchez, M.A. 1982 Summary Grain Amaranth: Second Coordination Meeting; Rodale PA. september 11-44 p 14.
- Martín, F. and Ruberte R. 1977. Selected Amaranth cultivars for green leaves Proceeding of the First Amaranth Seminar, July 29, 1977 Maxatawny, Pennsylvania 105-119
- Martínez, G.A. 1988 Diseños Experimentales. Métodos, Teoría y resultados. Tomo I AGT. Ed. S.A. México. 357 p
- Misra, P. S., M. Pal, C. R., and T.N. Khoshoo 1971 Chemurgic Studies on some Diploid and tetraploid grain amaranth: Proc. Indian Academy of Science 74:3(B): 155-160.
- R. M. Pal and M. Pal 1983 Protein and Aminoacid Composition of grain amaranth seed. Fitoterapia 54:135-139.
- Okuno, K. and S. Sakaguchi. 1981. Glutinous and Non-glutinous Starches in perisperm of grain amaranths. Cereal Research communications 9 (4) 305-310.
- Osuntogun, A. B. and O. L. Oke. 1983. A note on the nutritive value of amaranth seeds, Chemistry Department, University of Ife-Ife, Nigeria. 12:287-289.
- and S. Sakaguchi. 1983. Differentiations of starch property in perisperm of grain amaranths. Department of Physiology and Genetics. National Institute of Agricultural Sciences. Tsukuba. Ibaragi, Japon.
- Pal, M. 1972. Evolution and improvement of cultivate amaranths breeding system and inflorescence structure. Genetics-Laboratory, National Botanic Gardens Lucknow. Proceedings of the Indian National Science Academy 38:B(1 & 2):28-37.
- and T. N. Khoshoo. 1974a. Grain Amaranths, National Botanic Garden, Lucknow. 1974. Evolutionary Studies in word crops: p 129-137.

- and T.N. Khoshoo. 1974b. Grain Amaranth In: Joseph Hutchinson. ed. Evolutionary studios in world crops: diversity and change in the Indian subcontinent. Cambridge University Press: New York, NY, USA; London, England. p. 129-137.
- Pandey, R.M. and M. Pal. 1985. Genetics of grain protein in Amaranthus, National Botanical Research Institute, Lucknow 226001, E.U.
- Paniagua, G.A. 1988. Evaluación de 25 genotipos de amaranto (Amaranthus spp) en Chapingo, Méx. 1987. Tesis profesional- UNAM. pp 50.
- Paredes, L.O.; Barba R., A.P.de la; Hernández L.D. y Carabez T.,A. 1990. Amaranto características alimenticias y aprovechamiento agroindustrial. Laboratorio de Biotecnología de Alimentos, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN., Irapuato, Gto. México.
- Robson, J. 1975. Value of indigenous foods. Primer Seminario de amaranto. Maxatawing, P. A., Rodale Press Inc. 1977. p 61.
- Sánchez, M.A. 1984 Enriquecimiento del maíz en la elaboración de tortillas con harina de amaranto. Primer Seminario Nacional del Amaranto. Chapingo México.
- 1988 Objetivos económicos de la producción de amaranto to Instituto de Geografía, México, 1988.
- Sauer, J:D: 1950. The grain amaranth: a survey of their history and clasificación, Ann. Miss. Bot. Gard. 37:561-616.
- 1967. The grain Amaranths and their relatives: revised taxonomic and geographic survey. Ann. Miss. Bot Gard. 54.(2):103-137.
- 1968. Identity of archeologic grain amaranths from the Valley Tehuacan, Puebla, México. University of California Los Angeles California. Amer. Antiquity 34 (1): 80 - 81.

- 1969. Identify of archeological grain amaranths from the Valley of Tehuacán Pue. Méx. Antiquity 34(1):80-81 p.
- 1976 Grain amaranths (Amaranthus spp.) Department of Geography, University of California, The Angeles USA. Chap. 2:4-6. In Evolution of crop plants.
- 1977. The history of the grain amaranths and their use and cultivation around the world. In proceedings of the first Amaranth Seminar. Rodale Press Inc. p 9-15.
- Schmidt, D. 1977. Grain amaranth: a look at some potentials. Proceedings of First Amaranth seminar, July 29, 1977. Maxatawny, Pennsylvania 121-132.
- Sing, H. 1961. Grain amaranth buckwheat and chenopods. Indian Council of Agricultural Research. Cereal Crops. Series No.1 New Delhi 46 pp.
- H., and T.A. Thomas. 1978. Grain amaranths, buck wheat and chenopods. Indian Council of Agricultural Research, New Delhi, India. 70 p.
- Solberg, G. 1979-1980. Grain Amaranth in the desert. Dry Country News (4): 13-16.
- Suárez, R.G. 1981 Depósito de Taninos en la Testa de Amaranthus hypochondriacus L. (Alegria) Tesis M.C. p 61.
- Uzo, J. O. and A. U. Okorie. 1982. Amaranthus hybridus; A potential grain crop for west Africa. Department the Animal Science. University of Nigeria, Nsukka, Nigeria. 27(3): 519-524.
- Vietmeyer, D.N. 1984 Amaranth Modern Prospects for an Ancient Crop, National Academy Press, Washington, D.C. 79 p.
- Wagoner, H. P. and Kauffman S. Ch. 1984 Grain Amaranth: An Overview of Research and Production Methods, Rodale Research Center Rodale Press, Inc. PA.

Weber, L.E.; Kauffman, C.S.; N.N. Bailey and B.T. Volak. 1985
Amaranth grain production guide. Rodale Press Inc. p 43