

201 52



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**Facultad de Estudios Superiores  
"CUAUTITLÁN"**

**EVALUACION PRELIMINAR DE 15 LINEAS  
MEJORADAS DE AMARANTO (Amaranthus spp)  
EN CHAPINGO, MEXICO.**

**T E S I S**  
**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE**  
**INGENIERO AGRICOLA**  
**P R E S E N T A :**  
**JUAN ANTONIO SANDOVAL IBARRA**

**Director de Tesis: M.C. José Luis Arellano Vázquez**  
**Asesor de Tesis: Ing. 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

PAG.

Lista de cuadros y figuras .....	viii
Lista de cuadros del apéndice .....	ix
Resumen .....	xiii
1. INTRODUCCION.....	1
11. REVISION DE LITERATURA.....	4
2.1. Antecedentes históricos.....	4
2.2. Origen geográfico .....	6
2.3. Origen citogenético.....	7
2.4. Distribución geográfica .....	7
2.5. Taxonomía .....	9
2.5.1. Descripción del género <u>Amaranthus</u> spp.....	10
2.6. Valor nutritivo.....	13
2.6.1. Grano.....	13
2.6.2. Hojas .....	16
2.7. Usos del amaranto.....	16
2.8. Condiciones ecológicas para su cultivo .....	20
2.8.1. Latitud y fotoperíodo.....	20
2.8.2. Altitud y temperatura .....	22
2.8.3. Suelos.....	23
2.8.4. Precipitación.....	23
2.8.5. Clima.....	24
2.9. Técnicas de cultivo .....	25
2.9.1. Sistema de chinampas .....	25
2.9.2. Siembra directa.....	27
2.10. Plagas y enfermedades.....	27
2.11. Estudios agronómicos .....	30
2.12. Relación rendimiento proteína-lisina.....	33
2.13. Hibridación.....	37
2.14. Componentes del rendimiento .....	40
2.14.1. Conceptos.....	40
2.14.2. Principales componentes morfológicos en amaranto.....	43

# I N D I C E

PAG.

111.	MATERIALES Y METODOS .....	48
3.1.	Localización del área experimental.....	48
3.2.	Suelos.....	48
3.3.	Clima .....	50
3.4.1.	Características de los tipos de amaranto .....	52
3.5.	Diseño experimental .....	56
3.5.1.	Parcela experimental .....	57
3.6.	Desarrollo del experimento.....	57
3.6.1.	Preparación del terreno .....	57
3.6.2.	Siembra .....	57
3.6.3.	Fertilización .....	59
3.6.4.	Labores de cultivo .....	59
3.6.5.	Cosecha .....	60
3.6.6.	Toma de datos.....	60
3.6.7.	Análisis estadístico .....	66
IV.	RESULTADOS Y DISCUSION.....	67
4.1.	Variables cuantitativas .....	67
4.1.1.	Altura de planta.....	67
4.1.2.	Longitud y ancho de inflorescencia.....	74
4.1.3.	Grosor de tallo.....	78
4.1.4.	Longitud y ancho de hojas .....	81
4.1.5.	Días a floración y madurez.....	83
4.1.6.	Rendimiento por planta.....	90
4.1.7.	Proteína y lisina .....	93
4.1.8.	Análisis de correlación.....	97
4.2.	Variables cualitativas.....	105
4.2.1.	Color de semilla.....	105
4.2.2.	Color de tallo .....	108
4.2.3.	Color y forma de hojas .....	108
4.2.4.	Color de inflorescencia.....	108

# I N D I C E

	PAG.
4.2.5. Forma de inflorescencia .....	109
4.2.6. Densidad de inflorescencia. ....	109
4.2.7. Índice de ramificación lateral .....	109
4.2.8. Incidencia de barrenador.....	110
4.2.9. Daño por mancha negra.....	111
4.2.10. Acame .....	113
4.3. Discusión final.....	114
V. CONCLUSIONES.....	118
VI. BIBLIOGRAFIA .....	121
VII. APENDICE .....	131

LISTA DE CUADROS Y FIGURAS

CUADRO		PAG.
1	Material genético utilizado, proveniente de la Rodale Research Center, Pennsylvania, E.U.A.	51
2	Promedio de variables cuantitativas por especie y tipo de amarantos caracterizados en Chapingo, Méx. 1984.	53
3	Comportamiento general de 15 líneas mejoradas de amaranto. Chapingo, Méx. 1985.	68
4	Efecto del tamaño de las hojas sobre el rendimiento de grano por planta en 15 líneas mejoradas de amaranto. Chapingo Méx. 1985.	86
5	Matriz de correlación general de los componentes de rendimiento en 15 líneas mejoradas de amaranto. Chapingo, Méx. 1985.	98
6	Efecto del número de días a madurez sobre el rendimiento y contenido de proteína y lisina en el grano de 15 líneas mejoradas de amaranto. Chapingo, Méx. 1985.	106
 FIGURA		
1	Valor de proteína en varios granos	15
2	Contenido de lisina en varios granos, g/100g proteína.	17
3	Localización del área experimental	49

4	Distribución de tratamientos en el campo, Chapingo, Méx. 1985.	58
5	Promedio y rango de altura de 15 líneas mejoradas de amaranto provenientes de -- Pennsylvania, E.U.A. comparadas con el -- promedio de diferentes tipos. Chapingo, - Méx. 1985.	71
6	Temperatura y precipitación pluvial durante la estación de crecimiento y ciclo de cultivo del amaranto en Chapingo, Méx. -- 1985.	73
7	Promedio y rango de longitud de inflorescencia de 15 líneas mejoradas de amaranto provenientes de Pennsylvania, E.U.A. comparadas con el promedio de diferentes tipos. Chapingo, Méx. 1985.	75
8	Promedio y rango de ancho de inflorescencia de 15 líneas mejoradas de amaranto -- provenientes de Pennsylvania, E.U.A. comparadas con el promedio de diferentes tipos. Chapingo, Méx. 1985.	77
9	Promedio y rango de grosor de tallo de 15 líneas mejoradas de amaranto provenientes de Pennsylvania, E.U.A. comparadas con el promedio de diferentes tipos. Chapingo, - Méx. 1985.	79
10	Promedio y rango de longitud de hoja de - 15 líneas mejoradas de amaranto provenientes de Pennsylvania, E.U.A. comparadas -- con el promedio de diferentes tipos. Chapingo, Méx. 1985.	82
11	Promedio y rango de ancho de hoja de 15 - líneas mejoradas de amaranto provenientes de Pennsylvania, E.U.A. comparadas con el promedio de diferentes tipos. Chapingo, - Méx. 1985.	84

- 12 Promedio y rango de días a floración de 15 líneas mejoradas de amaranto provenientes de Pennsylvania, E.U.A. comparadas con el promedio de diferentes tipos. Chapingo, -- Méx. 1985. 87
- 13 Promedio y rango de días a madurez de 15 - líneas mejoradas de amaranto provenientes de Pennsylvania, E.U.A. comparadas con el material criollo y con los límites máximos fijados, en las dos especies productoras - de grano. Chapingo, Méx. 1985. 89
- 14 Promedio y rango de rendimiento de grano por planta, en 15 líneas mejoradas de amaranto provenientes de Pennsylvania, E.U.A. comparadas con el promedio de diferentes - tipos. Chapingo, Méx. 1985. 92
- 15 Promedio y rango de % de proteína de 15 -- líneas mejoradas de amaranto provenientes de Pennsylvania, E.U.A. comparadas con el promedio de diferentes tipos. Chapingo, - Méx. 1985. 94
- 16 Promedio y rango del contenido de lisina en el grano de 15 líneas mejoradas de amaranto provenientes de Pennsylvania, E.U.A. -- comparadas con 3 especies diferentes y la recomendación FAO-WHO. Chapingo, Méx. 1985. 96
- 17 Efecto del número de días a madurez sobre el rendimiento y contenido de proteína y - lisina en el grano, en 15 líneas mejoradas de amaranto. Chapingo, Méx. 1985. 107

## LISTA DE CUADROS DEL APENDICE

PAG.

1.A.	Composición química de las semillas de amaranto y trigo.	132
2.A.	Composición química de las semillas de amaranto y otros granos	133
3.A.	Efecto de la especie, tipo, color y -- cubierta de la semilla sobre la cali-- dad nutritiva del amaranto	134
4.A.	Composición del valor alimenticio de -- las hojas de amaranto y espinaca. -- gr/100 gr de peso fresco	135
5.A.	Contenido de minerales en amaranto y -- espinaca mg/100 gr de peso seco.	135
6.A.	Temperatura y precipitación pluvial de 1985, comparadas con el promedio de 29 años, horas luz a diferentes latitudes a lo largo del año.	136
7.A.	Análisis de varianza de altura de -- planta.	137
8.A.	Análisis de varianza de longitud de -- inflorescencia.	137
9.A.	Análisis de varianza para ancho de -- inflorescencia	138
10.A.	Análisis de varianza de grosor de -- tallo.	138
11.A.	Análisis de varianza de largo de hoja.	139

12.A.	Análisis de varianza de ancho de hoja. -	139
13.A.	Análisis de varianza para días a madurez	140
14.A.	Análisis de varianza de rendimiento por planta.	140
15.A.	Comparación de medias para altura de planta.	141
16.A.	Comparación de medias para ancho de inflorescencia.	142
17.A.	Comparación de medias para ancho de hoja	143
18.A.	Comparación de medias de días a madurez	144
19.A.	Comparación de medias para rendimiento por planta.	145

## R E S U M E N

El cultivo del amaranto se efectua en pequeñas áreas del Distrito Federal, Puebla, Tlaxcala y Morelos, utilizándose en todos los casos variedades criollas, que presentan mucha - variación con respecto a altura de planta, precocidad, rendimiento de grano, etc.

La presente investigación tuvo la finalidad de evaluar el comportamiento agronómico de 15 líneas mejoradas, provenientes de la Rodale Research Center, de Pennsylvania E.U.A. y seleccionar las que reunían las mejores características agronómicas. El trabajo se realizó en el Campo Agrícola Experimental Valle de México, ubicado en Chapingo, México, en el verano de 1985. Se utilizó un diseño de bloques al azar con dos repeticiones, estudiándose 22 variables; las variables altura de planta, longitud y ancho de inflorescencia, grosor de tallo, longitud y ancho de hojas, días a madurez y rendimiento por planta se sometieron a análisis de varianza, también se efectuó un análisis de correlación simple para observar el grado de asociación entre las variables estudiadas obteniéndose los siguientes resultados:

Todos los tratamientos florecieron y produjeron grano, se observó una tendencia general en la cual los tratamientos precoces fueron los menos rendidores de grano por planta, con mayor contenido de protefna, pero con menor contenido de -

lisina en el grano, sucediendo lo contrario en los tratamientos tardíos; sin embargo es posible obtener líneas precoces de alto rendimiento y buen contenido nutricional. Las principales componentes que estuvieron asociadas al rendimiento de grano fueron: grosor de tallo, largo y ancho de hojas y días a madurez; el contenido de proteína se asoció a las mismas componentes de rendimiento, pero en forma negativa. En base al comportamiento de su altura, todas las líneas sobresalen por su baja altura de planta y al menos la 13-K308 y 12-K301 reflejan efecto del fotoperiodo, pero a la vez la línea 5-K254 probablemente sea insensible a la duración del día, en los tres casos influyeron otros factores ambientales que no se midieron. Se -- observó mucha variación con respecto a su capacidad para producir buenos rendimientos a pesar de sufrir ataques por barrenador, presentándose en algunos tratamientos susceptibilidad y -- en otros inmunidad al daño por Phoma longissima (Mancha negra).

Los mejores tratamientos por rendimiento y precocidad fueron al 6-K255, 7-K266, 8-K273, 14-K310 y 15-K323, sobresaliendo el 6-K255. De ciclo tardío los mejores tratamientos fueron el 2-K209, 4-K243 y 12-K301, destacando el 2-K209. Se sugiere que se repita el experimento en diferentes localidades y en más años para tener datos más confiables.

## I. INTRODUCCION

La investigación agrícola en México se ha enfocado principalmente a cultivos de riego y cultivos básicos de temporal como maíz, frijol y trigo que son granos imprescindibles en la dieta del mexicano.

Existen otras plantas cultivadas en México, que durante la época prehispánica fueron parte importante en la alimentación y la vida religiosa de las culturas indígenas que se desarrollaron en esa etapa. Una de estas plantas es el amaranto conocido popularmente como "alegría" o huauhtli en náhuatl.

El amaranto es un alimento nutritivo, barato y accesible a la población; se consume el grano y las hojas tiernas en diversas formas, teniendo a la vez propiedades medicinales y uso industrial.

La planta de la "alegría" es poco conocida por la mayoría de la gente, quienes no asocian el dulce tradicional llamado "alegría" con el grano de la planta, que sirve para elaborar dicho dulce. Actualmente su cultivo ha quedado localizado en pequeñas áreas, sin embargo en fechas recientes ha sido objeto de investigación por su alto poder nutricional.

El amaranto es una planta adaptable a diferentes ambientes, existen tres especies domesticadas para grano, numerosas especies silvestres y gran diversidad genética aprovechable, para lograr su mejoramiento genético.

Como parte de sus proyectos de investigación, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) se ha avocado a la tarea de generar tecnología para explotar este cultivo de manera comercial y así aumentar su superficie sembrada.

Como parte de dichos proyectos este trabajo se realizó con el fin de contribuir al conocimiento del amaranto, para mejorar su aprovechamiento y fomentar su cultivo.

Para ello, se pretende evaluar de manera preliminar material genético mejorado de amaranto proveniente de Pennsylvania E.U.A., con la finalidad de encontrar por lo menos un material sobresaliente que se incorporaría a los genotipos ya mejorados en México con el propósito de introducirlos a la agricultura comercial.

#### Objetivos

1. Evaluar el comportamiento agronómico de 15 líneas mejoradas de amaranto provenientes de la Rodale Research Center-Pennsylvania, E.U.A.
2. Seleccionar las líneas que reúnan las mejores características agronómicas.

### Hipótesis

Los materiales en estudio tienen diferencias genéticas y por lo tanto deben mostrar una respuesta diferencial en adaptación y comportamiento agronómico.

## II. REVISION DE LITERATURA

### 2.1. Antecedentes históricos

Al parecer las semillas y hojas silvestres del amaranto, fueron colectadas en tiempos prehistóricos por los pueblos indígenas, mucho antes que se diera el proceso de domesticación de dicho género (MacNeish, 1964; Sauer, 1977).

El proceso de domesticación de este género se asocia con la aparición de la semilla blanca, color que contrasta con el color café oscuro, del tipo silvestre, este cambio probablemente fue a causa de una mutación, la cual trajo consigo un cambio en el sabor, una mejor calidad de reventado, aumento en el tamaño de la planta y de la inflorescencia, la producción de semilla fué mayor pero el tamaño de la semilla no se incrementó; esto permitió a su vez, que al seleccionar semillas blancas para la siembra, no se mezclara con la oscura silvestre (Sauer, 1977).

En México se tienen evidencias arqueológicas de que, en el Valle de Tehuacán, Puebla, en la fase Coxcatlán (5200-3400 años a.C.) ya se cultivaba amaranto (MacNeish, 1964).

Los registros para A. cruentus aparecen hace 400 años a.C. y para A. hypochondriacus 500 años d.C. (Sauer, 1976).

En la época prehispánica el amaranto conocido también como huauhtli entre los Aztecas, fue uno de los cuatro cultivos

más importantes después del maíz, frijol y chía (Hunziker - 1952).

Tenochtitlán, en tiempos del rey Moctezuma recibía de 17 de las 20 provincias tributarias, alrededor de 200,000 bushels de huauhtli al año, sumando un total de 7,000 ton -- (Sauer, 1967).

El huauhtli era consumido entre los Aztecas en tamales, tortillas, atole, pinole, utilizando la semilla; la -- planta tierna se consumía a manera de verdura, los tallos y -- hojas verdes también se comían cocidos (Sánchez, 1980).

Aparte de tener importancia alimenticia, el amaranto tenía un significado religioso, debido al color rojo de la inflorescencia se le consideraba una planta mística (Sauer, - 1977).

En las fiestas religiosas, se hacían figuras de los dioses con la masa del grano, mezclada con la miel, estos -- idolitos eran consumidos después a manera de comunión con los dioses, repartiendo entre los asistentes a la fiesta y entre los enfermos los fragmentos de los idolos (Sauer, 1950).

No solamente los Aztecas cultivaban el amaranto, -- también otros pueblos prehispánicos le dieron su importancia alimenticia y religiosa como los Matlazincas de Toluca, los -- Tarascos de Michoacán, los Mixtecos de Oaxaca, los Tarahumaras de Chihuahua, los Mayas en Yucatan, los Waríhio, Tepehuanos y

Yaquis en el Noroeste del país (Sauer, 1967).

Por los motivos religiosos paganos que se asociaban al cultivo del amaranto, Cortéz prohibió su cultivo para que los indígenas presentaran menor resistencia al cristianismo, incendiando los cultivos o cortando las manos a quienes sembraban el huauhtli (Vietmeyer, 1982).

## 2.2. Origen geográfico

Se distinguen tres especies para grano, dentro de los amarantos; A.hypochondriacus, A. cruentus, A.caudatus, A.edulis forma mutante de A. caudatus (Sauer, 1977).

Estas especies fueron cultivadas en tiempos prehispánicos y su centro de origen se ubica de la manera siguiente:

A.hypochondriacus, su centro de origen se ubica en la zona Noroeste y Centro de México.

A.cruentus, es originaria del Sureste de México y América Central.

A.caudatus de los Andes del Perú; A.edulis en Argentina.

A.hybridus, es una maleza, pionera en las orillas de los ríos de América tropical, en las partes más templadas del Este de Norteamérica y en las tierras altas templadas de América Central (Sauer, 1967, 1976).

### 2.3. Origen citogenético

Se sugiere que A.hypochondriacus derivó de A.powellii, en México A.powellii y A.hybridus son malezas que están asociadas al cultivo de A.hypochondriacus; a su vez A.cruentus derivó de A.hybridus y A.caudatus probablemente derivó de A. -- quitensis (Sauer, 1967, 1976).

Sin embargo se piensa que A.cruentus derivó de A. - powellii sobre la base de que ambas especies cuentan con  $2n = 34$  cromosomas (Pal y Khoshoo, 1974).

Los mismos autores reportan números cromosómicos -- diploides de  $2n = 32$  para las especies hipochondriacus e hybridus, para las especies powellii y cruentus el número  $2n = 34$ .

La especie A.hypochondriacus también ha sido descrita como A.frumentaceus, A.leuocarpus, A.flavus, A.paniculatus L var. leuocarpus, A.hybridus L var. leuocarpus wat,- A. leucospermus.

A. cruentus está en sinonimia con A.paniculatus -- (Hunziker, 1943, 1952; Sauer, 1976).

### 2.4. Distribución geográfica

Antiguamente el cultivo se extendía más allá de los límites del Imperio Azteca, desde Jalisco al Poniente, hasta Oaxaca al Oriente. En los siglos XVII-XIX el cultivo disminuyó

por razones político-religiosas (Aguilar y Alatorre, 1978).

Actualmente hay vestigios del cultivo entre los grupos indígenas de la Sierra Madre Occidental, en Oaxaca y en algunas partes cercanas a la ciudad de México (Sauer, 1977).

Las zonas con mayor importancia en el centro del país son:

El D.F., en Tulyehualco y pueblos de los alrededores.

En el Estado de México, en la zona Texcoco-Chiconcuac y el Estado de Morelos en los municipios de Huazulco y Amilcingo (Early, 1977).

Espitia (1984b), reporta cuatro regiones productoras de amaranto a nivel comercial:

1. San Felipe del Milagro, Nativitas, San José Atoyatenco y San Felipe Ixtacuixtla en Tlaxcala.

2. Huazulco, Amilcingo, Jontetelco y Amayuca en Morelos.

3. Tulyehualco, Nativitas, Milpa Alta y Xochimilco en el Distrito Federal.

4. Huaquechula, Santiago Tetla, Tulcingo del Valle en Puebla.

También se reporta el cultivo en pequeña escala en los estados de Jalisco, Sonora, Chihuahua, Sinaloa, Durango,

Tlaxcala, Puebla y Oaxaca (Sánchez, 1980).

Después de la conquista española A.hypochondriacus emigró a Europa, Asia y Africa; es a partir del siglo XIX -- cuando el amaranto se extiende como alimento básico en las -- colinas del Nilgiri del Sur de la India y en el Himalaya. -- También se le reporta como cultivo en China, Manchuria, Este de Siberia y Este de Africa, donde se utiliza extensamente -- para grano. En Europa se utiliza como ornamental (Sauer, -- 1967, 1976).

A.cruentus se utiliza extensamente en Africa tro-- pical como hortaliza y en el Sur y Sureste de Asia para gra-- no. Donde tuvo mayor difusión fue en Guatemala, donde al -- parecer esta desapareciendo (Sauer, 1967; Grubben, 1981).

## 2.5. Taxonomía

El género Amaranthus pertenece a la familia Amaran-- taceae (orden Caryophyllales), se compone de 60 géneros y -- cerca de 800 especies (Feine et al., 1979). La familia es -- abundante en las zonas templadas y tropicales de América, -- Asia, Africa y Australia (Benson, 1957; Sauer, 1967).

Por su importancia económica el género esta sepa-- rado en cuatro grupos;

Para grano, hortaliza, ornamental y malezas (Co-- le, 1979).

Botánicamente el género está dividido en dos secciones:

Sección Amaranthus y Blitopsis: la sección Amaranthus incluye a todas las especies para grano, hortaliza, ornamental y las malezas comunes (Sauer, 1967; Feine et al., 1979).

La sección Amaranthus se distingue porque son plantas monoicas, pentámeras, con inflorescencias compuestas largas, -- terminales indeterminadas y frutos con dehiscencia circunsésil- (Sauer, 1967; Feine et al., 1979)

Dentro de la sección Blitopsis se encuentran las especies A.gangeticus, A.tricolor y A.blitum utilizadas como hortalizas. En esta sección los agregados florales son axilares y si hay inflorescencia terminal es muy pequeña, el fruto es -- indehiscente (Feine et al., 1979).

#### 2.5.1. Descripción del género Amaranthus spp

Son hierbas anuales procumbentes o erectas, con hojas simples, alternas, enteras y largamente pecioladas. Plantas -- generalmente matizadas con un pigmento rojizo llamado amarantina, las flores son unisexuales, plantas monoicas o dioicas (Sánchez 1980).

Las unidades básicas de la inflorescencia son llamados glomérulos, cada uno consiste en una flor estaminada inicial y un número indefinido de flores pistiladas, los glomérulos es-

tán sobre un eje carente de hojas y forman una panícula compleja llamada tirso, conocidas también como espigas o panojas (Sauer, 1950), las cuales pueden ser axilares o terminales -- (Feine et al., 1979). Cada dicasio (glomérulo) lleva una bráctea persistente de punta espinosa. Las flores unisexuales estaminadas presentan 3-5 tépalos libres y 0-5 en flores pistiladas, de 3-5 estambres libres, ramificación del estilo 3-2 - plumosas. Ovario súpero ovoide, uniovulado, utrículo circunscésil o indehiscente, semilla lenticular, café obscura o blanca, con el embrión enrollado alrededor de un endospermo amiloso. El fruto es un Pixidio.

A.hypochondriacus. Herbácea anual de 1.5 a 2 m de altura, tallo ramificado desde la base y marcado con estriás longitudinales, hojas largamente pecioladas y ovadas que miden aproximadamente de 15 a 18 cm de largo y 10 cm de ancho, inflorescencia en panículas terminales o axilares muy ramificadas con numerosas flores rojas o púrpuras de 4 a 5 mm de largo y 2.5 de ancho, masculinas unas y femeninas otras.

El fruto es un pixidio que se abre transversalmente y contiene una sola semilla pequeña blanca, lisa brillante -- ligeramente aplanada y del tamaño de un grano de mostaza (López, 1938). Esta especie es la más tardía y rendidora.

A.cruentus. Planta herbácea anual de 1.20 m a 2 m de altura, generalmente más pequeña que A.hypochondriacus, de hábito simple o ramificado, hojas elípticas, rombico-ovadas

u ovadas lanceoladas. inflorescencia completamente desarrollada de forma laxa o caída y generalmente son más delgadas y suaves que A. hypochondriacus. La semilla puede ser de color pálido ó café obscuro, son plantas precoces (Sánchez, 1980; Grubben y Sloten, 1981).

A. hybridus. Hierbas erectas anuales, toscas de -- hasta 2 m de altura, pero generalmente de 1 m ó menos, hojas tamaño medio de 3 a 15 cm de largo por 1 a 7 cm de ancho, peciolo hasta de 10 cm de largo, las hojas a veces algo teñidas de rojo, prominentemente venosas, la forma de éstas es lanceolada u ovadas-rombicas. Los tallos estriados a veces rojizos muy ramificados, inflorescencias axilares o terminales moderadamente desarrolladas, panícula terminal poco densa de 4 a 12 cm de largo por 1 a 2.5 cm de ancho, las laterales de la mitad de esas dimensiones, flores pequeñas y verdosas, con las brácteas ligeramente excediendo a tépalos y utrículos y espinosas de la punta, semilla de 1mm de diámetro de color café -- rojizo o negro brillante (Grubben y Sloten, 1981).

Es una maleza muy precoz con amplia distribución -- altitudinal y latitudinal y con gran resistencia a plagas y a la sequía (NRC, 1984).

De acuerdo a la clasificación botánica realizada por Linneo y modificada por Safford, la planta pertenece:

REINO	Vegetal
DIVISION	Embriophyta
SUBDIVISION	Angiospermae
CLASE	Dicotyledoneae
SUBCLASE	Arcichomydae
ORDEN	Caryophyllales
FAMILIA	<u>Amaranthus</u>
GENERO	<u>hypochondriacus</u>
ESPECIE	<u>cruentus</u> <u>hybridus</u> spp.

## 2.6 Valor nutritivo

### 2.6.1. Grano

Diversos autores mencionan el gran valor nutritivo del grano de amaranto, tanto por su contenido de protefna como por su balance de aminoácidos.

En México, López (1938), reporta que A. paniculatus (A. hypochondriacus) tiene un contenido de protefna de 14.16% y 100 gr. de semilla producen 321.2 calorfas.

Sellerier (1952), encontró un contenido de protefna de 15.38% a 16.15%, aportando el grano 328.45 calorfas por -- cada 100 gr. de éste.

Massieu et al., (1959) y Feine et al., (1979), mencionan un contenido de proteína de 14.62% y 14.5% respectivamente. Se observó además que el grano es rico en calcio, fósforo, hierro y en grasa (Cuadro 1.A. del apéndice).

El Centro de Estudios Económicos y Sociales del Tercer Mundo (CEESTM) analizó los amarantos mexicanos y encontró que A.hypochondriacus de Tulyehualco, D.F., tenía un porcentaje de proteína de 13.41%, A.cruentus de Huazulco, Morelos - 14.0%, A.hybridus de Yucatán 12.06% y A.retroflexus de Nuevo León 16.62%. La digestibilidad de la proteína del amaranto es de 80.4%, comparada con el 50% del maíz (Sánchez, 1980).

En base a diferentes análisis realizados, se considera que el contenido de proteína en la semilla de amaranto es de 12 a 19%. En la Figura 1 se puede observar este rango en comparación con otros granos.

Elias (1977), reporta que la semilla de amaranto -- tiene alto valor nutricional tanto por su contenido de proteínas, como por las vitaminas y calorías que aporta el grano -- (Cuadro 2.A. del apéndice).

Senft (1979), menciona que en relación a su contenido de aminoácidos, los cereales comunes carecen o tienen -- muy bajo contenido de lisina, metionina y triptófano, que son tres aminoácidos esenciales que se encuentran en buena cantidad en la semilla de amaranto (Figura 2, y Cuadro 3.A. del --

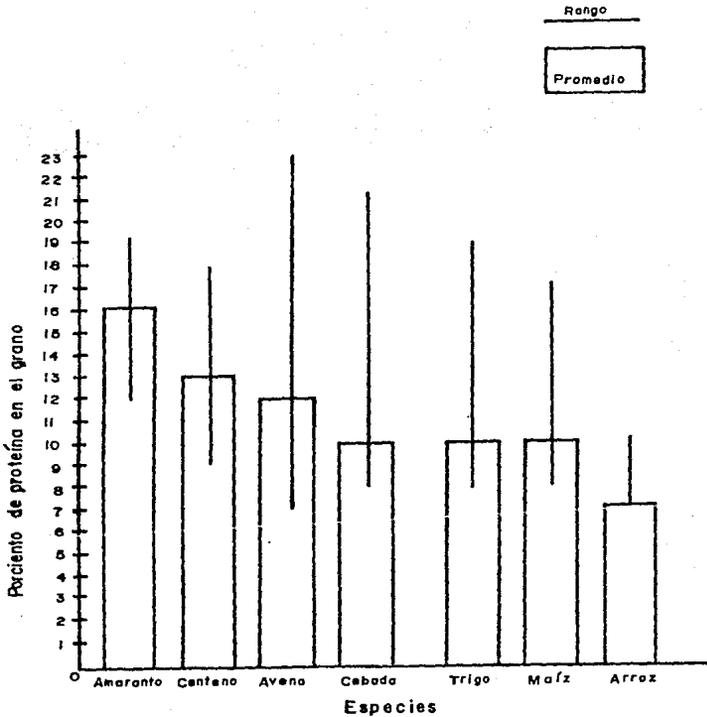


Figura 1. Valor de proteína en varios granos.

Fuente: N.R.C., 1984.

apéndice). Sin embargo tiene bajos niveles de leucina, treonina, isoleucina y valina.

Misra et al., (1971) menciona que al aplicar colchicina a la semilla de amaranto, se crearon poliploides que tuvieron semilla más grande y pesada, presentándose incrementos en el contenido de proteína para A.caudatus; el contenido de lisina aumentó en A.edulis y A.caudatus y el de treonina se incrementó en los tetraploides de A.hypochondriacus, A.cruentus, A.hybridus, A.caudatus y A.edulis.

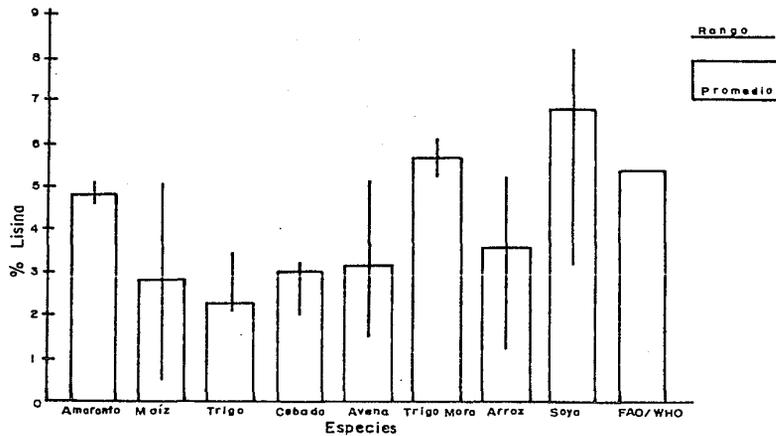
#### 2.6.2. Hojas

Las hojas tiernas del amaranto son fuente de vitaminas y minerales esenciales como el calcio, fósforo y hierro. Feine et al., (1979), compara las hojas de amaranto con las hojas de las espinacas, resultando superior las hojas de amaranto en su valor alimenticio (Cuadro 4.A. y 5.A. del apéndice).

#### 2.7. Usos del amaranto

Tradicionalmente el grano de amaranto se ha utilizado en la elaboración del dulce llamado "alegría", el cual se comercializa como dulce popular.

Con las semillas tostadas se prepara pinole, atole; al hacer tortillas en ocasiones la masa de maíz se mezcla con



**Figura 2:** Contenido de lisina en varios granos, g/100g proteína.

Fuente: Senft, 1979.

la harina de amaranto y con la misma masa se preparan tamales llamados zoales, mejor conocidos como chuales (Sánchez, 1980).

Por otro lado, las hojas y tallos tiernos se consumen como hortaliza, ya sea, comiendo las hojas cocidas, fritas con manteca, al vapor del mismo modo que las espinacas, o comiendo los tallos y hojas en ensaladas y estofados (Sánchez, 1980).

La planta entera puede destinarse a la obtención de concentrados proteicos, en forma de pastas, para uso animal en rumiantes o en humanos (Sánchez, 1980).

La paja de A. hypochondriacus se puede usar como forraje en rumiantes en crecimiento, en niveles de hasta el 65% de la ración proporcionando al mismo tiempo un suplemento energético teniendo cuidado con el contenido de oxalatos y nitratos, los cuales pueden ser tóxicos para el ganado y causar su muerte (Cervantes 1982; Sánchez, 1984).

Sánchez (1984), menciona que el grano se ha utilizado con éxito en la alimentación de aviarios y porcinos; el follaje de A. hybridus y A. retroflexus se utiliza para alimentar a porcinos.

Se han utilizado las hojas de A. hypochondriacus, variedad roja como pigmento para la yema del huevo en aves ponedoras, en la región de la Barca Jalisco (Trinidad, citado por Cervantes, 1982). Con las harinas obtenidas del grano, mezcla-

das con harina de trigo o triticales, se pueden elaborar panes de caja, bolillos, pan dulce, bollos, polvorones, galletas y mazapanes (Sánchez, 1980, 1984).

Puede mezclarse con las harinas industriales de maíz tipo minsa y mazeca para elaborar tortillas, granolas, dulce de amaranto, cereales, el resultado final serían alimentos con un alto valor nutricional (Sánchez, 1984).

A.hybridus se utiliza como remedio medicinal contra la disentería, empleando la semilla negra para preparar un atole (Aguilar y Alatorre, 1978).

En Sudafrica, A.hypochondriacus, es usado como anti-escurbútico; en la India se ha encontrado que alivia las hemorroides, alivia la estranguria (dificultad para miccionar), -- es usado como diurético y en aplicaciones locales contra los daños causados por inflamaciones escrofulosas (lesión por herida en la piel, de origen infeccioso, por lo regular causada -- por tuberculosis linfogena)\*. No se especifica la forma del tratamiento (Watt, 1962).

En las Islas Filipinas, la infusión de las hojas de A.hypochondriacus es ingerida para contrarrestar el dolor de pecho; las hojas de A.caudatus han sido empleadas en Sudafrica como inductores del aborto y las hojas en forma de té como -- alivio para mitigar las "condiciones pulmonares"; En la India

la semilla ha sido empleada como diurético y en aplicaciones para inflamaciones escrofulosas (Watt, 1962).

Además el aceite de amaranto contiene 8% de escualeno, un complejo hidrocarburo no cíclico usado como materia prima para manufacturar drogas esteroidales (Tucker, 1986). Normalmente al escualeno se extrae del hígado de tiburón (Tucker, 1986) y en el hombre participa en la síntesis de colesterol (Montgomery et al, 1979).

Watt (1962), menciona que A. hypochondriacus se usa en Africa Central para preparar tinta roja lo mismo reporta la NRC (1984); aparte de los usos medicinales ya mencionados también funciona como laxante (NCR, 1984) y es posible que el polen pueda causar reacciones alérgicas en algunas personas (NCR, 1984; Mejía, 1985).

## 2.8. Condiciones ecológicas para su cultivo

### 2.8.1. Latitud y fotoperiodo

Tradicionalmente el amaranto se ha cultivado dentro de los 30° de latitud Norte y Sur del Ecuador, esto incluye América, Asia y Africa (NCR, 1984).

En México, el amaranto cultivado se distribuye de los 16° a los 28° Norte, es decir en rangos latitudinales muy amplios (Reyna, 1984).

Fuera de México, A. hypochondriacus y A. cruentus se han cultivado satisfactoriamente entre los 30° y 31° de latitud Norte (Cunnar, 1977) y en Pennsylvania E.U.A. que se encuentra entre los 40° de latitud Norte aproximadamente (NRC, 1984)

Con respecto al fotoperiodo, hay cierta discrepancia de, si las plantas de amaranto son definitivamente de día corto o que exista eventualmente la capacidad de iniciar la floración con ciclos de día largo (Duncan, 1980).

La mayoría de los amarantos son sensibles a la duración del día (NRC, 1984). Algunos tipos de A. hypochondriacus provenientes de México, no iniciaron la floración en el verano de Pennsylvania, E.U.A. sin embargo maduraron en el invierno -- (en invernadero) en condiciones de día corto.

Por el contrario, se reporta que semillas procedentes de la Mesa Central de México y sembradas en Pennsylvania prosperaron y dieron semilla, pero los rendimientos fueron menores (Haberern, 1977).

Mis (1985) al estudiar el efecto del fotoperiodo natural sobre A. hypochondriacus en Chapingo, México, concluye -- que este afecta entre otros caracteres, la altura de planta, -- días de floración y la precocidad.

Si bien A. cruentus es mencionada como una especie de día corto y A. hypochondriacus como de día neutral, la especie --

A. cruentus es probablemente la más adaptable de todas las -- especies de amaranto, ya que florece bajo un amplio rango de fotoperiodo (Duncan, 1980; NRC, 1984).

Haberern (1977), concluye que los amarantos tienen -- gran capacidad genética para adaptarse a diferentes ambientes y a diferentes ciclos de luz. Pueden cultivarse en altas latitudes con tipos que inicien su floración a pesar del foto-- periodo largo (NRC, 1984).

#### 2.8.2. Altitud y temperatura.

La altura no es ninguna limitante para el amaranto, -- crece satisfactoriamente desde el nivel de mar, hasta cerca -- de los 3,200 msnm, únicamente A. caudatus prospera a latitudes arriba de 2,500 msnm (NRC, 1984).

Al respecto, Reyna (1984) reporta que en México se -- le encuentra de los 100 a los 2,000 msnm.

El amaranto para grano crece mejor cuando las altas -- temperaturas del día son al menos de 21°C, el óptimo de tem-- peratura para la germinación varía entre 16°C y 35°C, la velo -- cidad de emergencia se incrementa a 35°C; A. hypochondriacus y A. cruentus toleran las altas temperaturas, pero no resisten -- las heladas, su crecimiento se detiene a los 8°C y las plan-- tas son dañadas por temperaturas abajo de los 4°C (NRC, 1984).

### 2.8.3. Suelos

El amaranto tolera un amplio rango de condiciones -- del suelo, desde suelos muy ácidos con alto contenido de aluminio hasta suelos salinos con valores de pH arriba de 6 (Harwood, 1977; NRC, 1984). La textura puede ser gruesa, hasta fina (Harwood, 1977), aunque no tolera los suelos arcillosos (Schmidt, 1977).

Schmidt (1977), menciona que A. hypochondriacus es -- muy específico en sus requerimientos de suelo, pues requiere -- suelos bien aireados, con buen drenaje y altos niveles de nitrógeno y fósforo, además de cantidades adecuadas de K, Ca y Mg.

Granados et al., (1984), señala que el cultivo del -- amaranto es común en suelos "arenosos y arenosos casajo" ya -- que toleran suelos deficientes y en disturbio.

### 2.8.4. Precipitación

Para la germinación de las semillas y establecimientos de la raíz, requiere suelos bien humedecidos, pero una vez que la plántula queda establecida, crece bien con limitaciones de agua generalmente las semillas germinan a los 8 días -- de sembradas (NRC, 1984).

En México, Reyna (1984), hace la observación de que el cultivo prospera en condiciones de temporal en sitios con menos de 400 mm de lluvia al año (Mayo-Octubre) y en localidades con 1,300 mm de lluvia al año, teniendo rendimientos en grano superiores al del maíz.

#### 2.8.5. Clima

El género Amaranthus se encuentra ampliamente distribuido en diversas regiones tropicales, subtropicales, templadas y semiáridas.

En México, al amaranto se le encuentra como cultivo en climas cálido subhúmedo, A Wo (w) que de acuerdo a la clasificación climática de Koppen y modificado por García (1980), corresponde a un clima con temperatura media anual mayor de 22°C y es el más seco de los subhúmedos, con lluvias en verano: (A) c (wo) w, es un clima semi cálido subhúmedo con temperatura media anual mayor de 18°C y lluvias en verano: C (w) clima templado, subhúmedo con lluvias en verano y temperatura media del mes más frío abajo de 18°C, pero mayor de 3°C y también en climas BS, semiáridos con lluvias en verano y de 400-600 mm de lluvia anuales (Reyna, 1984).

Diversos autores (haberern, 1977; Hauptli, 1977; -- Alejandro, 1981; Gómez, 1984) coinciden en que el amaranto -

tiene gran adaptación y resistencia a la sequía siendo un cultivo potencial para las zonas semiáridas.

Esta adaptación a la sequía, se debe a que el amaranto pertenece al grupo de plantas que siguen la ruta fotosintética  $C_4$ , caracterizándose porque son plantas de crecimiento rápido y utilizan sólo  $3/5$  partes de la cantidad de agua que necesitarían las plantas  $C_3$  para producir la misma cantidad de biomasa (Hauptli, 1977). Alcanzan su máxima tasa fotosintética con alta luminosidad y con altas temperaturas, entre  $30^{\circ}\text{C}$  y  $40^{\circ}\text{C}$  (Evans y Waldlaw, 1976). Grubben (1979), menciona que el amaranto alcanza su máxima fotosíntesis entre los  $30^{\circ}\text{C}$  y  $35^{\circ}\text{C}$ .

## 2.9. Técnicas de cultivo

Existen básicamente dos sistemas de siembra; el de Chinampas que es característico de la zona lacustre del Valle de México y actualmente llevada a cabo en los pueblos de Tulyehualco, Xochimico, San Gregorio Atlapulco y Pueblos de los alrededores. El otro sistema es el de siembra directa y es el que se practica en las demás zonas productoras no lacustres.

### 2.9.1. Sistema de Chinampas

El cultivo del amaranto se divide en dos etapas, --

una en el almácigo de una chinampa, durante los primeros 30 días de vida o hasta que alcanza 20 cm de altura; la segunda, es después del trasplante en tierras de temporal, hasta la cosecha. La siembra se realiza en el mes de abril, transplantándose las plantulas (chapines) en los meses de Mayo-Junio cuando se inician las lluvias.

El preparado del terreno y surcado, se hace igual -- que para el maíz, utilizando tracción animal, haciendo surcos de 1m de separación, poniendo un chapin con 3-5 plantitas a 1m de separación entre ellas, en el surco.

Se fertiliza a los 15-20 días, después del trasplante, con abono orgánico o con fertilizante químico (triple 17) realizandose a la vez el primer cultivo. El segundo cultivo es a los 30 ó 40 días después del trasplante, para arrimar tierra a las plantas y combatir las malezas.

La cosecha es en los meses de Noviembre y Diciembre, seis meses después de la siembra; ésta se efectúa cortando -- los tallos desde la base o únicamente las panojas, dejandose secar en el campo durante 2 ó 3 días.

Una vez secas las plantas, se golpean o pisan sobre una lona y el residuo se pasa por una criba, aprovechando el viento que se encarga de separar las semilla de las partfcu-- las finas (tamo). Los rendimientos varían de 800 a 1200 kg/ha.

### 2.9.2. Siembra directa

Esta puede ser bandeada o mateada, después de la siembra el manejo del cultivo es el mismo. Se prepara el terreno -- con tractor o yunta, realizando un barbecho, después si es posible un rastreo, se surca a 60-70 cm. Se realiza una segunda pasada en el mismo surco para que quede una pequeña zanja en el surco, ahí es donde se deposita la semilla a chorrillo o mateada, se tapa con tierra o bien se cubre con estiercol para evitar problemas de encostramiento.

La siembra se efectuó en el mes de junio, fertilizándose después de la siembra, se hace un aclareo de los 20 a 25 días, dejándose una planta cada 8 o 10 cms, o de 3-4 plantas -- cada 35cm cuando es mateado.

El primer cultivo se realiza a los 30 días después de la siembra y el segundo a los 40-45 días de la siembra, al mismo tiempo se efectúa la segunda fertilización.

Se cosecha a los 180 días si se siembra A.hypochondria cus (Tlaxcala y D.F.) y a los 160 días cuando se siembra -- A.cruentus (Morelos y Puebla). El rendimiento, es de 1500 a -- 2200 Kg/ha (Early, 1977; Alejandro, 1981; Espitia, 1984; López, 1984; Rojas, 1983; visitas de campo, 1985).

### 2.10 Plagas y enfermedades

La información al respecto es muy limitada, en el mundo

y en México, a nivel nacional, en las zonas productoras de amaranto, los agricultores no consideran a las plagas y enfermedades como factor limitante del cultivo (Espitia, 1984a).

Sánchez (1980) menciona que en México, se ha reportado un insecto conocido como barrilito, Hypolixus truncatulus Boh = Lixus brachyhinus Boh (Coleóptera:Curculionidae) que ataca las hojas y barrena los tallos.

Alejandre (1981) en su investigación realizada en Tulyehualco D.F. reporta que el pulgón negro, Aphis fabae (Homoptera:Aphididae) y el gusano minador (no identificado), fueron las plagas más importantes mencionando además, que la incidencia de estas plagas no produjo daños apreciables en el cultivo.

Se han muestreado lotes comerciales y experimentales de amaranto de las zonas productoras de México, encontrándose que la plaga de mayor importancia es el barrenador del tallo, (especie no identificada), otro barrenador importante del tallo es Lixus truncatulus (Coleóptera: Curculionidae); esta plaga barrena los tallos, impidiendo el transporte de nutrientes, debilitando la planta y reduciendo el rendimiento; también se encontró la pulga saltona Disonycha melanocephala Jacoby (Coleóptera:chrysomelidae), la larva de esta plaga causa daño en los ápices de crecimiento, reduciendo el área foliar y los rendimientos. Asimismo se detectó en los muestreos, la chinche Lygus lineolaris (Hemiptera:miridae), los adultos se

alimentan de las semillas tiernas causando su avanamiento, dañan las hojas jóvenes al realizar punciones y secretar una sustancia tóxica que necroza los tejidos que circundan la punción (Espitia, 1984a).

En Pennsylvania, A.cruentus parece ser más susceptible que A.hypochondriacus al ataque de la chinche Lygus lineolaris (NRC, 1984).

Recientemente Wilson (citado por Tucker, 1986), ha identificado un insecto, que se hospeda en las raíces de -- A.retroflexus, es el picudo Conotrachelus seniculus (Coleoptera: curculionidae), el insecto adulto pone sus huevos en el suelo, cuando la larva eclosiona, perfora las raíces y se aloja dentro de ellas, posteriormente la larva sale de las raíces y pupa en el suelo, alrededor de la raíz, el daño causado es fuente de entrada para patógenos.

Otra plaga no menos importante es Hymenia recurvalis (Lepidoptera:Pyralidae) este insecto barrena los tallos (Grubben, 1979).

Al examinar las raíces de las plantas de amaranto, se encontraron nodulaciones en las mismas, lo que hace suponer que la planta, es atacada por nematodos (Espitia, 1984a). Sin embargo el nematodo Meloidogyne incognita, en su ataque al amaranto, no parece afectarlo mucho (Grubben, 1979).

Respecto a enfermedades, las pudriciones del cuello o Damping-off causadas por los hongos del género Fusarium spp (Deuteromycetes: Tuberculariaceae), Rhizoctonia (Deuteromycetes: Mycelia sterilia) y Pythium spp (Oomycetes: Pythiaceae) son las enfermedades más importantes del amaranto en México (Espitia, 1984a).

La mancha negra del tallo, también es un daño serio en el cultivo, al debilitar el tallo y predisponerlo al acame o matar a la planta, el agente causal de esta enfermedad es el hongo del género-forma Phoma longissima (Deuteromycetes: Sphaeropsidaceae) (Espitia, 1986).

## 2.11 Estudios agronómicos

La planta de amaranto ha sido poco estudiada en este sentido en México.

En Tlaxcala y Nayarit, El Centro de Estudios Económicos y Sociales del Tercer Mundo (CEESTEM), realizó un ensayo de rendimiento con semilla mezclada de A.hypochondriacus y A.cruentus, obteniendo 600 Kg/ha y 480 Kg/ha respectivamente (Sánchez, 1980).

Trabajando con A.hypochondriacus, se encontró respuesta positiva en el rendimiento al incrementar la dosis de ni--

trógeno con niveles crecientes de fósforo la respuesta fue -- negativa, obteniéndose 2626 Kg/ha de rendimiento de grano con la dosis de fertilización 80-60-00 kg/ha y 20,000 plantas/ha; y 2,256 kg/ha con la dosis 40-00-00 y 41,000 plantas/ha (Trinidad, 1980).

El mismo autor observó que el rendimiento aumentó al incrementarse la densidad de población, ocurriendo lo contrario al disminuir ésta; a una mayor densidad, la posición de la panoja fué más uniforme, hubo mayor concentración del rendimiento de grano en la panoja principal y disminuyó la ramificación lateral.

Por su parte Alejandro (1981), obtuvo en Tulyehualco D.F. rendimientos de grano de 2,279 kg/ha con la dosis de fertilización 90-30-00 y 30,000 plantas/ha, y sugiere que para obtener rendimientos arriba de 2 tn/ha se aplique la fórmula 30-30-00 y 50,000 plantas/ha bajo el sistema de chinampas. -- Reporta además que a mayor número de plantas, el rendimiento es mayor siempre y cuando se tenga buena disponibilidad de -- nutrientes, encontrando aparte, una alta correlación positiva entre nitrógeno aplicado y rendimiento.

En Tlaxcala, Morales et. al. (1984), concluyen de -- manera similar al informar que los niveles de nitrógeno influ-

yen en el rendimiento por planta, obteniendo 2,385 Kg/ha de grano al aplicar 143.5 Kg de nitrógeno/ha, 78 Kg/ha de fósforo y 59,000 plantas/ha.

En otro ensayo, Medina (1982), encuentra que los -- mayores rendimientos de materia seca y grano se obtuvieron -- con aplicaciones altas de nitrógeno, fósforo y altas densidades de población; agregando además, que el amaranto es una planta exigente en nutrientes y para su buen desarrollo y -- rendimiento requiere de suelos provistos con buena cantidad de éstos.

En Pennsylvania, E.U.A. se ha trabajado con semilla procedente de México, tanto de A.cruentus, como de A.hypo---  
chondriacus; al estudiar el comportamiento de A.hypocho  
ndriacus, A.cruentus y A.hybridus bajo diferentes densidades se -- observaron diferencias en la respuesta:

En A.cruentus el rendimiento de grano se incrementó con altas densidades (hasta 323,230 plantas/ha), lo mismo sucede con A.hybridus, con A.hypochochondriacus la respuesta es -- constante. La altura de planta se incrementó tanto en A. --  
cruentus como en A.hybridus, sucediendo lo contrario con la especie A.hypochochondriacus, así mismo el número de ramas en -- el tallo principal disminuyó en las tres especies al sembrar se en altas densidades; el rendimiento promedio para A.cruen-  
tus es de 1,500 Kg/ha y de 700 Kg para A.hybridus (Duncan, 1981).

La ventaja de sembrar en altas densidades es que -- disminuye el número de ramas laterales, el porte se uniformiza, se concreta la producción de grano en la panoja central y se incrementa el rendimiento, a la vez que se reduce la -- cantidad de follaje húmedo que debe pasar por la máquina cosechadora de cereales combinada, incrementándose la rapidez y eficiencia de la cosecha (Duncan, 1979, 1981).

Estudios preliminares indican que muchas variedades de A.hypochondriacus y A.cruentus, aceptan densidades de -- 320,000 plantas/ha, esto permite un buen rendimiento y manejo del cultivo (NRC, 1984).

En México, las siembras comerciales de los agricultores presentan densidades de siembra de 80,000 hasta -- 140,000 plantas/ha con A.hypochondriacus, y en el estado de Morelos donde se siembra A.cruentus las densidades son de -- 200,000 hasta 332,000 plantas/ha, con respecto a la fertilización, algunos agricultores fertilizan y otros no, siendo -- muy variable las dosis, productos y momento de ésto (Espitia, 1984b).

## 2.12. Relación rendimiento proteína-lisina

Realmente es poco lo que se ha investigado al respecto en la planta de amaranto, las investigaciones han sido

en su mayor parte en gramíneas.

En general se ha encontrado a menudo una relación negativa entre por ciento de proteína en el grano y rendimiento en cereales, pero esta respuesta no es universal (Fernández y Laird, citados por Evans y Wardlaw, 1976).

Sin embargo, son varios los factores que afectan el contenido de proteína en el grano de los cereales, pudiendo ser la temperatura, humedad, método de cultivo, tipo de suelo, disponibilidad de nitrógeno, genotipo, (Hanson et al, 1982; Poey, 1978).

Leandro (1969), menciona por ejemplo, que el contenido de proteína en el grano de maíz, sorgo, centeno y avena es mayor en climas continentales, con temperaturas relativamente altas y poca lluvia que aceleran la maduración, en contraste con los climas insulares, caracterizados por menor temperatura y mayor precipitación (maduración más lenta) teniendo como consecuencia menor contenido de proteína.

Se tienen referencias del efecto de la humedad del suelo sobre el por ciento de proteína en el grano, dicho porcentaje se incrementa en condiciones de tensión de humedad, esto sucede en trigo (Petinov, citado por Evans, 1976; Núñez, 1960) y en maíz (Genter, en Poey, 1978).

El mayor valor nutritivo del grano producido bajo condiciones limitantes se puede explicar como consecuencia de la menor producción de almidón en granos pequeños (Poey, 1978).

Nuñez, et al., (1960), indican que en trigo, las diferencias de humedad limitaron principalmente el desarrollo vegetativo, reduciéndose la síntesis de carbohidratos y por ende los rendimientos, en cambio la asimilación del nitrógeno continuó

La dosis y momento de aplicación de la fertilización con nitrógeno, influye sobre el porcentaje de proteína en el grano de los cereales; las evidencias muestran que altas dosis de nitrógeno, aumentan el porcentaje de proteína en trigo (Torres, 1971; García et al. 1978; Nuñez et al., 1960) y en maíz (Almaguer, 1974; Galvan, 1977; Poey, 1978); si se aplica en el momento de la floración y en el transcurso de ésta la proteína se incrementa pero disminuye el rendimiento.

El aumento de proteína en el grano de maíz, trigo, sorgo, avena, triticale y frijol, tanto por métodos genéticos como por la manipulación de fertilizantes nitrogenados, generalmente se asocia a una disminución en el contenido de carbohidratos (almidones), disminuyendo el rendimiento, suscitando el fenómeno en forma inversa cuando se favorece el aumento de peso en el grano (Nuñez et al., 1960; Hanson et -

al., 1982; Poey 1972, 1978).

Poey (1978), menciona que al realizar mejoramiento genético para alto rendimiento o alto contenido de proteína, generalmente se hace selección hacia una de las variables, el resultado es que se acumulan genes favorables para la variable seleccionada y se mantiene constante la frecuencia de genes para la otra variable.

Comúnmente se ha observado, que al incrementarse el porcentaje de proteína en el grano, disminuye el contenido de lisina y triptófano que son dos aminoácidos limitantes en la nutrición humana, y están ausentes ó en bajos niveles en los cereales comunes, esto se ha reportado en trigo (Hanson et al., 1982), y en maíz (Poey, 1972, 1978).

En Amaranto, Oke (1979), reporta que el porcentaje de proteína en las semillas se incrementa conforme aumenta la fertilización nitrogenada.

Carlsson (1979), indica que la fertilización nitrogenada tiene efecto sobre la composición de los aminoácidos y sobre el rendimiento de proteína, lo mismo reporta Schmidt, (1977).

Espitia (1986), al evaluar diferentes genotipos de amaranato en cuatro localidades, encontró que en las localidades más secas, el contenido de proteína fue relativamente

superior al de las localidades húmedas; al analizar el contenido de proteína de un año al otro, con diferentes dosis de fertilización, observó que en el primer año, con mayor dosis de nitrógeno aplicado al suelo, los mismos genotipos tuvieron más proteína que al siguiente año en que se aplicó menos nitrógeno.

Estudiando el efecto de la especie, tipo, color y cubierta de la semilla encontró que A. cruentus tiene más proteína que A. hypochondriacus y A. hybridus; con respecto a A. hypochondriacus, tuvo más lisina que A. cruentus y A. hybridus. En relación al color de la semilla, los tipos con semilla de color dorada, tenía más proteína que las de color blanco o negra, de igual forma fue para el contenido de lisina. Las semillas con cubierta cristalina tuvieron más proteínas y lisina que las de cubierta opaca. Este autor concluye que el contenido de proteína se ve influenciado por el medio ecológico, el genotipo y por la fertilización nitrogenada.

### 2.13. Hibridación

El amaranto es una planta de morfología extremadamente plástica, existen tres especies para grano y numerosas especies silvestres, aunado a una gran diversidad genética aprovechable.

Lo anterior ha sido una gran ventaja para realizar en la planta estudios genéticos, tanto para entender los mecanismos de herencia de ella, como para establecer las estrategias para su mejoramiento.

Todas las especies de amaranto para grano y hortaliza son plantas monoicas, presentan protoginia y son predominantemente de autopolinización (Kauffman, 1979, 1981). Sin embargo también ocurre de manera natural cierto entrecruzamiento por medio de abejas, por el viento y por el contacto entre las plantas (Sauer, 1967; Pal, 1972; Kauffman, 1981). El porcentaje de entrecruzamiento puede llegar a ser de un 25% (Walton, 1968), a 31% (Hauptli y Jain, 1982, 1985).

Se menciona que existe libre hibridación en el género (Sauer, 1967; Hauptli; 1977), el número cromosómico diploide de 32 y 34 no parece imponer barreras genéticas entre las especies, se han reportado numerosos híbridos interespecíficos, lo cual indica que las diferencias en el número cromosómico no es indicación de incompatibilidad (Sauer, 1967).

Muchos de estos híbridos son naturales o artificiales sin embargo la  $F_1$  obtenida, en algunos casos es estéril o de rápida eliminación por selección natural (Sauer, 1967; Pal y Khoshoo, 1974).

En la naturaleza cuando aparecen poblaciones de males mezcladas de A.hybridus, A.powellii y A.retroflexus, --

aparecen híbridos parcialmente fértiles (Sauer, 1967). Lo mismo ocurre en los campos cultivados, donde se mezclan muchas especies para grano y las malezas que los acompañan; - A.hybridus y A. powellii se llegan a cruzar con A.hypochondriacus y A.cruentus, los dos primeros son malezas que acompañan a las especies cultivadas (Sauer, 1967; Hauptli, 1977).

Tanto en las malezas como en las poblaciones cultivadas se notan trazas de introgresión hacia ambos lados, si bien los híbridos naturales se han eliminado por la práctica común de sembrar y seleccionar únicamente la semilla -- blanca, eliminando las plantas con semilla negra o café -- (Sauer, 1967).

Entre los híbridos naturales pero semifértiles que se han reportado se cuentan los siguientes:

A.quitensis X A.hybridus, A.quitensis X A.cruentus, A.caudatus X A.hybridus, A.caudatus X A.powellii y A.edulis X A.hybridus (Varios autores citados por Pal y Khoshoo, 1974).

Experimentalmente se reportan las siguientes cruzas:

A.hypochondriacus X A.hybridus (F<sub>1</sub> parcialmente -- fértil), A.powellii X A.hybridus (F<sub>1</sub> normal pero estéril), - A.powellii X A.hypochondriacus (F<sub>1</sub> normal pero estéril), - A.cruentus X A.hypochondriacus (fallo), A.caudatus X A. hybridus (plantulas murieron), A.caudatus X A.hypochondriacus (plantulas murieron), A.edulis X A.hybridus (plantulas mu--

rieron), A.edulis X A.hypochondriacus (las plantas fueron -- anormales) (Pal y Khoshoo, 1974).

Kauffman (1981), reporta que A.hybridus, A.hypocho-  
driacus y A.cruentus son interfértiles y que las cruzas han-  
sido hechas, aunque el proceso de polinización es bastante --  
laborioso y tardado, realizandose en condiciones de inverna-  
dero.

La especie A.hybridus, es una maleza que se esta --  
utilizando en programas de mejoramiento, para transferir pre-  
cosidad y resistencia a plagas, aparentemente es resistente-  
a la chinche Lygus sp (Kauffman, 1984; NRC, 1984).

## 2.14. Componentes del rendimiento

### 2.14.1 Conceptos

El rendimiento de los cultivos, han sido definido -  
como la acumulación de sustancias elaboradas por la planta -  
en los órganos vegetales de importancia para el hombre (Do--  
nal y Hamblin, citado por Mera y Vidal, 1985).

A veces se utiliza el rendimiento por planta, aun--  
que más común es que sea el rendimiento por unidad de super-  
ficie, el carácter más importante para la selección de un --  
genotipo, siendo éste carácter el de mayor interés para los-  
fitomejoradores, que han tratado de identificar cuales son -

los caracteres que más influyen sobre el rendimiento para -- hacer selecciones en forma indirecta (Castillo, 1977).

Este rendimiento, está determinado por las estructuras morfológicas y los procesos fisiológicos que los genotipos presentan desde que la planta emerge del suelo hasta el momento en que el grano, alcanza su madurez fisiológica, bajo la acción de las fuerzas ambientales y con la participación voluntaria o involuntaria del hombre (Arellano, 1984).

Tanto las estructuras morfológicas como los procesos fisiológicos constituyen los componentes del rendimiento, teniéndose los componentes fisiológicos, llamados también índices fisiotécnicos y las componentes de rendimiento morfológicos conocidos también como caracteres morfológicos de la planta (Arellano, 1984).

Entre las componentes de rendimiento que se utilizan para el estudio de la fisiología de los cultivos se pueden mencionar las siguientes:

a) El rendimiento biológico, se define como el total de materia seca acumulada en la planta.

b) El rendimiento económico o rendimiento de grano, se refiere al peso seco de las partes económicas útiles del rendimiento biológico.

c) Índice de cosecha, originalmente llamado coefi-

ciente de eficiencia de formación de la parte económica del rendimiento total y se expresa como la relación entre el -- rendimiento económico sobre el rendimiento biológico expresado en porcentaje (Yoshida, citado por Mera y Vidal, 1985).

d) Índice de área foliar, comprende el área foliar del dosel vegetal expresada en  $m^2$  de lámina foliar por  $m^2$  - de superficie sembrada.

e) Duración del área foliar se refiere al tiempo - que permanece activa el área foliar en la planta, la cual - es diferente entre cultivares.

f) La tasa relativa de crecimiento, se define como la materia seca acumulada por unidad de peso en la planta, - por unidad de tiempo y generalmente se utiliza para medir - la eficiencia de una estación de crecimiento.

g) La tasa de asimilación neta, es el incremento - en peso seco total por unidad de área foliar de tiempo, la cual es un parámetro de medición de actividad del área foliar de la planta.

h) Tasa de crecimiento del cultivo, es el peso -- seco acumulado por unidad de superficie del terreno por -- unidad de tiempo.

Dentro de los componentes morfológicos, se consi-  
deran todos los órganos de la planta susceptibles de ser -

cuantificados ya sea por unidad de superficie o por individuo (en Mera y Vidal, 1985).

Las componentes del rendimiento no son constantes y pueden ser modificadas por el ambiente, el manejo del cultivo, el genotipo y de un año a otro comportarse de manera diferente (Arellano, 1984).

#### 2.14.2 Principales componentes morfológicos en amaranto.

La selección que ha realizado el hombre desde tiempos prehistóricos sobre la planta del amaranto, se ha reflejado en un incremento del tamaño completo de la planta y de la inflorescencia, incrementando el rendimiento de grano por planta, no así el tamaño de la semilla (Sauer, 1976).

Pal y Khoshoo (1974) consideran que el alto número de flores femeninas en la sección Amaranthus (cada glómulo tiene una flor masculina, seguido por un número indefinido de flores femeninas) ha sido una ventaja en el aprovechamiento del grano.

Esto es evidente al comparar morfológicamente a los amarantos silvestres y cultivados, observándose que las inflorescencias de los primeros son más pequeñas, están en menor número y son menos compactas.

En A. hypochondriacus la longitud de la panoja esta correlacionada en forma positiva con el rendimiento, esto -- implica una mayor cantidad de glomérulos constantes por longitud de panoja, en cambio en A. cruentus no existe relación con la longitud de panoja, indicando que el desarrollo de -- los glomérulos es indeterminado y que su número contribuyó -- al rendimiento (Hauptli y Jain, 1978).

Sin embargo, al comparar los rendimientos individuales de los amarantos cultivados contra los silvestres, Hauptli y Jain, (1978), Hauptli (1977) encontraron que estos son bastante parecidos; en los amarantos silvestres la semilla -- constituye del 20 al 50% de la biomasa total de la planta -- (peso seco), mientras, que en los cultivados la semilla re-- presenta del 10 al 15% de la biomasa total.

Al parecer, los tipos silvestres son más eficientes en producir semilla, pero los tipos cultivados que dedican -- más de su biomasa a semilla son también los que producen los rendimientos individuales por planta más altos, lo cual no -- ocurre con los silvestres (Hauptli, 1977), el peso de 100 -- semillas fue mayor en las especies cultivadas que en las sil-- vestres (Hauptli y Jain, 1978).

Hauptli y Jain (1978) y Hauptli (1977) mencionan -- que el porcentaje de biomasa del tallo esta correlacionado -- en forma negativa con la biomasa de semilla.

Generalmente los amarantos sembrados en altas latitudes reciben efectos del fotoperiodo, por lo cual presentan mayor altura y floración tardía.

Los trabajos de Hauptli y Jain (1984), reflejan -- claramente esta tendencia, los tipos de amaranto con flora-- ción más tardía fueron los más altos, los de menor rendimien-- to por planta y los de menor índice de cosecha. Una estrate-- gia de mejoramiento sugerida por estos autores es desarrollar cultivares con tamaño más corto y floración precoz, con más-- tiempo de llenado de grano.

Variedades de porte pequeño, permitirían entre otras cosas incrementar la fertilización nitrogenada sin que las -- plantas se acamaran, floración precoz y cosecha mecánica (Fei-- ne et al., 1979 y NRC, 1984).

Otra componente importante es el tamaño de la hoja, -- la cual esta correlacionada con el rendimiento, aún cuando no parece existir correlación entre el peso de la hoja y el ren-- dimiento de semilla; el área de la hoja se ha usado como una medida burda del rendimiento de semilla, dado que la hoja es -- el principal sitio de fotosíntesis, deberán existir diferen-- cias en el rendimiento entre los tipos con hojas grandes y -- pequeñas o número de hojas (Hauptli, 1977).

Hauptli y Jain (1984) mencionan que la longitud de -

la hoja puede ser un importante indicador del rendimiento durante la fase temprana del crecimiento, siendo un criterio potencial si se desea destinar la planta para proteína foliar. El área foliar por planta, podría ser aumentada mediante la hibridación de tipos de hojas anchas con tipos de hojas largas ó bien si se reduce el tamaño de la planta, que disminuya el número de internudos, pero no la cantidad de hojas (Hauptli y Jain, 1984). Asimismo, son preferibles las hojas de forma redonda a las extremadamente ovoideas o elípticas (Hauptli y Jain, 1978).

Alejandre (1981), encontró que las variables, altura de planta, longitud y perímetro de panoja están altamente relacionados con el rendimiento. Una planta más alta tiene mayor longitud de panoja, así como mayor perímetro, como consecuencia un mayor rendimiento por planta.

Mis (1985), al estudiar el efecto del fotoperíodo de A. hypochondriacus encontró que la altura de planta, el grosor del tallo, los días a floración, la longitud y amplitud de panoja estuvieron relacionados positivamente con el rendimiento de grano seco.

Espitia (1986), en su material caracterizado, reporta que las principales componentes que estuvieron correlacionadas en forma positiva con el rendimiento fueron el grosor de tallo, largo y ancho de hojas, días de floración, longi-

tud y diámetro de inflorescencia y altura de planta; el contenido de proteína se relacionó en forma negativa con el rendimiento.

El contenido de proteína estuvo correlacionado en forma negativa con el grosor de tallo, días a floración, diámetro de inflorescencia y altura de planta.

El grosor de tallo estuvo correlacionado positivamente con ancho y largo de hoja, días a floración, longitud y diámetro de inflorescencia y altura de planta; los días a floración se asociaron con la altura de planta en forma positiva.

De lo anterior se desprende que para las condiciones de México los amarantos más altos y tardíos presentan mayor grosor de tallo, mayor longitud de panoja, hojas más grandes, son los más rendidores y con menor contenido de proteína (Espitia 1985, comunicación personal).

### III. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1. Localización del área experimental.

El presente experimento se realizó en los terrenos del Campo Agrícola Experimental Valle de México (CAEVAMEX), Chapingo, en el verano de 1985.

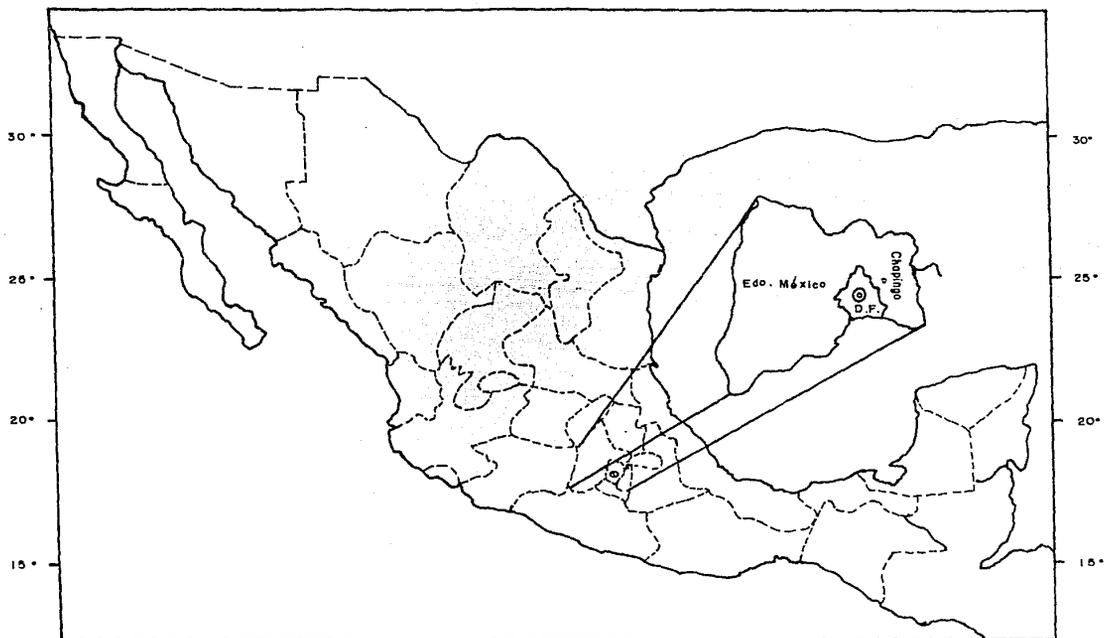
El campo se encuentra a una altitud de 2249 msnm y situado a los 19°17' de latitud norte y 98°53' longitud oeste (Figura 3).

#### 3.2. Suelos

El lugar del experimento se encuentra enclavado en lo que es una cuenca cerrada natural, que antiguamente correspondió al lecho del lago de Texcoco,

Presenta suelos planos, profundos sin pedregosidad, de origen aluvial y de textura arcillo arenosos, sin problema de salinidad o ácida, fáciles de trabajar con labranza mecanizada.

La zona es apta para cultivos de temporal como el maíz, frijol, avena, calabaza, chile y de riego como alfalfa, avena, hortalizas, maíz, etc (Secretaría de Programación y Presupuesto, 1981).



**Figura 3.** Localización del área experimental.

### 3.3. Clima

De acuerdo a la clasificación climática de Köppen y modificada por García (1981), la zona presenta un clima C-(Wo) (w), que significa clima templado subhúmedo, el más seco de los subhúmedos con lluvias en verano.

La temperatura media anual es de 14.8°C y la precipitación media anual es de 643.7 mm, comenzando la mayor precipitación a partir del mes de junio y disminuye en septiembre; el período libre de heladas es a partir del mes de abril al mes de septiembre (Cuadro 6.A. del apéndice).

### 3.4. Material genético utilizado

Se sembraron 15 líneas mejoradas experimentales que son producto del programa de mejoramiento de la Rodale Research Center (RRC) de Pennsylvania E.U.A. Estas líneas seleccionaron a partir del material segregante proveniente de cruza intra e interespecificas de líneas sobresalientes de Pennsylvania (Cuadro 1).

Dada la naturaleza del material genético evaluado - cabe aquí hacer un parentesis para proporcionar información acerca de la genealogía del material experimental.

Dentro de las especies cultivadas de los amarantos, existe mucha variación genética, tanto entre, como dentro de

Cuadro 1. Material genético utilizado, proveniente de la Rodale Research Center, Pennsylvania, E.U.A.

Tratamiento	Lineas mejoradas	Especies	Tipos
1	K188-F9	A.hyb. X A.hyp.	Prima X Nepal
2	K209-F7	A.cr. X A.hyb.	Mexicano X Prima
3	K237-F9	A.hyp. X A.hyb.	Mercado X Prima
4	K243-4	A.cr. X A.hyb.	Mexicano X Prima
5	K254-F7	A.hyp.X (hyb X.hyb)	Mercado X (Prima X Mer)
6	K255-F4	S.hyp. X A.hyp.	Picos X Nepal
7	K266-F9	A.cr. X A.cr.	Mexicano X Africano
8	K273-F6	A.cr X ?	Cruentus X Unico
9	K277-F6	A.cr. X A.hyp.	Mexicano X Azteca
10	K283-F1	A.cr. X A.c.r.	Mexicano X Africano
11	K291-F7	A.hyp. X A.hyp.	Mercado X Picos
12	K301-F8	A.cr. X A.cr.	Mexicano X Africano
13	K308-F5	A.cr. X (Acr. X Acr.)	Mexicano X (Mex. X Af.)
14	K310-F7	A.cr. X A.cr.	Mexica-o X Africano
15	K323-F8	A.hyp. X A.hyb.	Mercado X Prima

A. hyp = Amaranthus hypochondriacus.

A. hyb = Amaranthus hybridus

A. cr. = Amaranthus cruentus.

las especies. Esto es notorio en las parcelas de los agricultores que siembran semilla criolla (hasta ahora la única) notándose grandes diferencias en cuanto al tamaño, color de la panoja, color de semilla, precocidad, rendimiento, etc.

Para poder manejar esta variabilidad de manera práctica y para fines de mejoramiento genético, se ha realizado una caracterización de los amarantos, agrupándolos de acuerdo a características morfológicas, tanto cualitativas como cuantitativas.

Esto ha dado como resultado la clasificación por tipos la cual ha sido propuesta por los investigadores de la Rodale Research Center (Kauffman, 1981 y Reider, 1984).

Por otro lado, Espitia (1986) realizó en el verano de 1984 una caracterización de los tipos de amaranto propuesta por la RRC, los resultados aparecen en el Cuadro 2.

### 3.4.1. Características de los tipos de amaranto.

Para fines prácticos únicamente se hará mención de los tipos manejados en este trabajo.

ESPECIE	TIPOS
<u>Amaranthus hypochondriacus</u>	AZTECA
	MERCADO
	NEPAL
	PICOS (SPIKE)

Cuadro 2. Promedio de variables cuantitativas por especie y tipo de amarantos caracterizados en Chapingo, Méx. 1984.

Especie Tipo	Altura Planta cm	Longitud de inflorescen cia cm.	Ancho de inflorescen cia. cm	Grosor Tallo cm	Largo Hoja cm	Ancho Hoja cm	Días a flora- ción	Rendimien to/planta gr	Protei- na %	Lisina %
<u>A. hypochondriacus</u>	186.87	78.93	12.49	1.71	18.55	8.44	98.37	50.31	15.68	6.12
AZTECA	210.52	82.84	13.55	1.86	19.55	8.81	94.50	58.86	15.45	5.78
MERCADO	124.28	66.18	9.37	1.38	16.90	7.81	76.00	28.84	16.50	6.79
NEPAL	97.04	68.20	8.77	1.09	13.65	6.55	69.76	16.34	16.25	5.78
PICOS (SPIKE)	125.00	75.70	10.00	1.60	17.60	8.30	75.00	35.60	17.14	---
A. Cruentus	132.98	67.96	9.08	1.51	17.50	8.88	76.57	18.04	16.06	5.24
MEXICANO	139.28	71.69	9.77	1.56	17.84	9.59	76.12	19.53	16.03	6.51
AFRICANO	114.80	67.18	8.03	1.31	15.24	7.00	76.90	14.13	16.65	4.13
<u>A. hybridus</u>	87.73	67.62	8.75	0.92	11.73	5.56	67.00	9.51	15.95	4.54
PRIMA										

Fuente: Espitia, 1986

Amaranthus cruentus

AFRICANO

MEXICANO

Amaranthus hybridus

PRIMA

?

UNICO (unique)

Tipo Azteca. Son las plantas más altas, llegan a -- alcanzar de 2.5 a 3m de altura y en ocasiones no llegan a formar semilla en Pennsylvania, el tallo es muy sólido de 3 pulgadas de diámetro en su base, el color es verde con estrias púrpuras, presenta variabilidad para la cantidad de ramificación, si bien ésta siempre es menor. Al final de la estación de crecimiento es atacada por la chinche Lygus pero el daño no es de valor. Es de madurez tardía.

Tipo Mercado. Es una planta ramificada (forma arbustiva), no presenta panoja principal o dominante, los tallos son gruesos y succulentos; existe poca variación dentro del tipo. No hay tendencia a un secado completo de la planta, -- tiene madurez tardía y bajo potencial para la cosecha mecánica. Ocurre cierto desgrane al chocar o golpearse las plantas entre sí o al sufrir heladas; presenta cierto daño por la -- chinche Lygus, pero es menor que el de tipo Mexicano, en -- Pennsylvania mide de 1.5 a 2 m de altura.

Tipo Nepal. Es originario de Asia, de maduración tardía y pobre en rendimiento. Son plantas menos ramificadas que los tipos Mercado, el tallo principal es algo grueso, si bien menos que el tipo Mercado, tiene una mejor panoja, en algunas colecciones pueden ser predominantemente monocapitados. Las ramas tienden a quebrarse, así como la planta entera al acercarse a la madurez. El color de la semilla es blanca o café con colores intermedios, llega a medir aproximadamente 2 m de altura al final de su desarrollo, muchas colectas no llegan a madurar en Pennsylvania.

Tipo Picos (Spike). Son materiales segregados del tipo Nepal, muy uniformes y pueden ser usados para la cosecha mecánica, pues su tamaño es muy corto, de 50 a 75 cm de altura. El tallo principal está frecuentemente rodeado de pequeños tallos que salen de su base. El daño de la chinche Lygus, es aparentemente mínimo, son plantas muy precoces y forman semilla pesada.

Tipo Grano Mexicano. Presentan el mayor potencial para producción de grano en Pennsylvania, sin embargo son muy susceptibles al daño por la chinche Lygus lineolaris. Presenta una panícula central usualmente gruesa compacta, el tallo principal es relativamente delgado, especialmente en altas densidades. El grado de ramificación es variable (de acuerdo a la densidad de siembra) partiendo las ramas más o menos a la mitad del tallo principal. Las espigas de las --

ramas laterales pueden madurar después que la panoja principal y el tirado de la semilla es mínimo, son plantas precoces y llegan a medir 1.50 a 2m de alto.

Tipo Africano. Son plantas muy precoces en Pennsylvania conocidas también como "Fotete" en el Oeste de Africa. Las primeras ramas son fuertes y están localizadas cerca de la base del suelo de porte arbustivo, presentan secado completo en la madurez, resiste la infestación de la chinche Lygus, mide de 1.20 a 1.50 m.

Tipo Prima. Son plantas de porte pequeño de 0.50 a 1m de altura, de madurez precoz, presenta pequeñas panículas, que surgen de las hojas axilares cerca del nivel del suelo, el tallo principal moderadamente delgado. Aparentemente resiste la chinche Lygus y tolera la sequía, presenta aptitud para un secado completo de la planta en la madurez pero es propensa al desgrane de la semilla; es un excelente progenitor en mejoramiento.

Tipo Único (Unique). Es un tipo que no está agrupado dentro de ninguna de las categorías anteriores (Kauffman, 1981; Kauffman y Reider, 1984).

### 3.5. Diseño experimental

Para evaluar las líneas mejoradas, se utilizó un diseño de bloques al azar con dos repeticiones, donde las diferentes líneas corresponden al tratamiento o factor a probar -

(Figura 4). Se dispusieron las 15 parcelas por bloques, mismos donde se sortearon los tratamientos para que estos fueran al azar.

El diseño no incluyó un testigo, el punto de comparación se hizo con respecto a la información del material -- caracterizado por Espitia (1986), el Cuadro 2 resume las características generales de los tipos caracterizados en México y que sirvieron como punto de comparación

#### 3.5.1. Parcela experimental

La parcela experimental por tratamiento fue de tres surcos de 90 cm y 5 m de largo, representando cada parcela experimental un área de  $13.5 \text{ m}^2$ , la parcela útil fue de -- tres m de largo, muestreando el surco central o sea  $2.70 \text{ m}^2$ .

### 3.6. Desarrollo del experimento

#### 3.6.1. Preparación del terreno

El terreno utilizado para el experimento se barbe-- chó, después se realizó un rastreo, posteriormente se efectuó el surcado a 90 cm entre surcos.

#### 3.6.2. Siembra

Se sembró un gramo de semilla en cada surco de 5m - de largo; medio gramo de la semilla era viable y la otra mi-

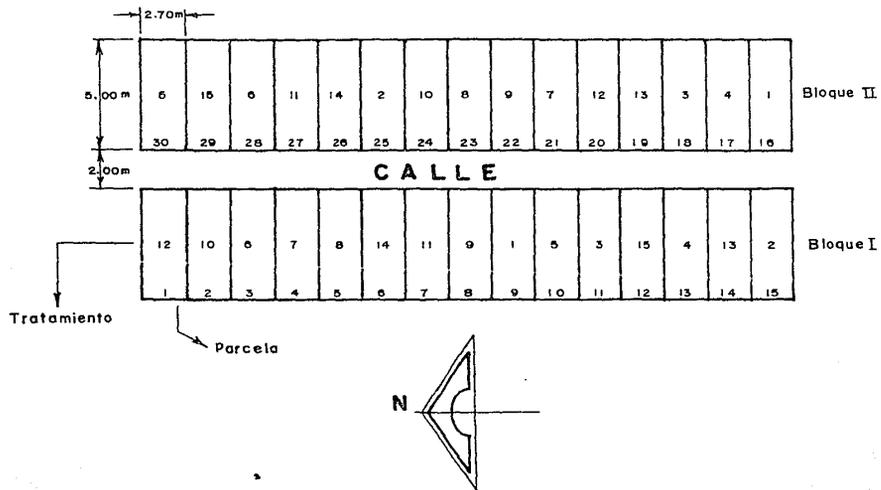


Figura 4. Distribución de tratamientos en el campo, Chapingo, Méx. 1985.

tad, semilla esterilizada a altas temperaturas. Esto se hizo con el fin de poder manejar mejor el medio gramo de semilla y tener una adecuada distribución en la siembra.

Se practicó un rayado en el costado del surco con un gancho, en el canal así formado se depositó la semilla, posteriormente se tapó ligeramente empleando un rastrillo.

La siembra se realizó en seco el 3 de junio de 1985- por la mañana, en la tarde del mismo día se registró una ligera llovizna que no fue suficiente para favorecer la germinación. Para asegurar que la nacencia fuese homogénea, se aplicó un riego de auxilio cuatro días después (el 7 de junio) de aquí en adelante el cultivo estuvo bajo la humedad del temporal.

### 3.6.3. Fertilización

Se aplicó el tratamiento de fertilización 80-40-00 - aplicando al momento de la siembra la dosis 40-40-00, posteriormente en la última labor se agregó la otra parte de nitrógeno. Como fuente de nitrógeno se utilizó urea (46% de N) -- y superfosfato de calcio triple (46% de  $P_2O_5$ ) como fuente de fósforo.

### 3.6.4. Labores de cultivo

A los 25 días después del riego, se efectuó un desher-

be con azadon, las plantulas tenfan aproximadamente 15 cm de altura. Nueve días más tarde se realizó una cultivada con yunta de mulas que eliminó gran parte de las malezas, todavía pequeñas que comenzaban a competir con el cultivo; la última labor se hizo 41 días después del riego realizando un aporque para cubrir los tallos con tierra, esto último se trabajo con tractor.

Se aclareo, dejando una planta cada 5 cm, esto dió una población de 20 plantas por metro cuadrado (300 plantas aproximadamente en los surcos de 5 m). Sin embargo se tuvieron muchas fallas, debido posiblemente a la poca semilla sembrada y a la escasa experiencia en la siembra del amaran- to.

### 3.6.5. Cosecha

La cosecha se realizó con hoz, cortando las plantas, desde la base del tallo, guardando los tratamientos por separado en bolsas, posteriormente se trillaron a mano, después se limpio la semilla en un tamiz. El grano limpio se puso a secar al sol durante 5 días, pasado este tiempo se procedió a pesar para calcular el rendimiento por planta.

### 3.6.6 Toma de datos

El tamaño de la muestra por parcela útil, fue de 3 plantas con competencia completa tomadas al azar, para

evaluar el rendimiento, la muestra consistió en 12 plantas -- con competencia completa.

Las variables estudiadas fueron de acuerdo a una serie de descriptores propuestos por Grubben y Sloten (1981), -- siendo los siguientes:

1. Días transcurridos desde la siembra hasta que el 50% de las plantas iniciaron la floración.

2. Altura de planta (ALPTA), se midió de la superficie del suelo, al ápice de la panoja principal, la medida fue después de la floración.

3. Grosor de tallo (GROTA), la medición se realizó a la mitad de la altura de la planta, después de la floración.

4. Longitud de inflorescencia (LONINF), se tomó de la base de ésta al ápice de la misma, después de la floración.

5. Ancho de inflorescencia (ANINF), se tomó de la mitad de la misma, después de la floración.

6. Longitud y ancho de hoja (LONHO, ANHO), se muestreó de la 6a. a la 8a. hoja en la planta completa, se tomó después de la floración.

7. Color de tallo, siguiendo la siguiente clasificación:

1. verde
2. verde con estrias rojas
3. púrpura
4. dorado
5. mezcla

Sí en un mismo tratamiento se encontrara más de un mismo color, el color que predominaba se tomaba como base y los colores en menor porcentaje como exponente.

8. Color de hojas, se consideraron los siguientes colores:

1. lámina entera purpura
2. área basal pigmentada
3. con mancha central
4. dos rayas en forma de "V"
5. una raya en forma de "V"
6. margen y venas pigmentadas
7. verde normal con rayas pálidas
8. verde normal
9. verde oscuro
10. otro

9. Forma de hojas:

1. lanceolada
2. elíptica.

3. cuneada
4. abovada
5. ovatinada
6. rómbica
7. ovalada.
8. otro

10. Forma de inflorescencia:

1. espiga
2. panícula con ramas cortas
3. panícula con ramas largas
4. agrupación en la punta
5. otro.

11. Densidad de inflorescencia:

1. laxa
2. intermedia
3. compacta

12. Índice de ramificación lateral;

o sin ramificación.

1. ramas cortas a lo largo del tallo
2. pocas ramas en la base del tallo
3. muchas ramas en la base del tallo
4. ramas largas a lo largo del tallo

13. Color de inflorescencia:

1. amarilla
2. verde
3. rosa
4. roja
5. verde con rojo
6. dorada.

14. Días a madurez fisiológica (DIAMA); se muestreó - la parcela experimental y al tomar el grano, a lo largo de - la panoja principal, éste debía mostrarse semiduro o con cierta resistencia al morderse.

15. Color de semilla;

1. blanca
2. negra
3. dorada.
4. blanca cristalina
5. café.

16. Rendimiento por planta (RENPTA); se tomaron plan- tas al azar con competencia completa, muestreando 12 plantas por tratamiento.

17. Porcentaje de proteína y lisina (PRONA, LINA); - el análisis se realizó por el personal del laboratorio de -- calidad de proteína del CIAMEC, en Chapingo, México. La --

proteína fue cuantificada por el método de determinación automatizada de nitrógeno amoniacal y el de lisina por el método de TSAI, modificado por Villegas.

18. Incidencia de barrenador; Al cosechar las plantas se hicieron cortes transversales y longitudinales al tallo, si había túneles era indicador del ataque por barrenador (no identificado), el daño se estimó de acuerdo a la siguiente escala:

0. sin daño.
1. poco daño
2. daño moderado
3. mucho daño
4. daño severo

19. Daño por mancha negra (Phoma Longissima); La estimación del daño en los tallos se evaluó de acuerdo a la siguiente escala;

- |                  |            |
|------------------|------------|
| 0. sin daño      | (0 %)      |
| 1. daño ligero   | (0-25 %)   |
| 2. daño moderado | (25-50 %)  |
| 3. daño severo   | (50-100 %) |

20. Porcentaje de acame, tomando en cuenta la siguiente escala:

0. sin acame.

1. bajo
2. moderado
3. alto

### 3.6.7 Análisis estadístico

Para observar las diferencias entre tratamientos y entre cada variable estudiada, se efectuaron análisis de varianza, únicamente se sometieron a este proceso estadístico las variables: altura de planta, ancho y largo de inflorescencia, grosor de tallo, longitud y ancho de hojas, días a madurez y rendimiento por planta; días a floración, porcentaje de proteína y lisina no se sometieron al análisis de varianza por contarse con una sola repetición.

Las demás variables se analizaron cualitativamente y sirvieron para alimentar la discusión de los caracteres cuantitativos.

Se realizó también la prueba de separación de medias DSH, o de Tukey; para analizar las variables asociadas y entender su efecto sobre el rendimiento se realizó un análisis de correlación simple, la significancia de los coeficientes se probó al 0.01 y 0.05 de probabilidad de error.

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSION

Los promedios generales cuantitativos y las características cualitativas de todas las líneas mejoradas evaluadas se presentan en el Cuadro 3, los análisis de varianza de cada variable cuantitativa se encuentran en el apéndice, lo mismo que la prueba de separación de medias.

Los resultados se presentan a continuación en el orden en que están en el Cuadro 3, seguidos por diagramas de barras que indican la respuesta de las líneas mejoradas (promedio y rango que presenta el tratamiento mayor y el tratamiento menor para cada caso), comparadas con el promedio general del material caracterizado por Espitia (1986), Cuadro 2.

##### 4.1. Variables cuantitativas

###### 4.1.1. Altura de planta

El análisis de varianza indica que existen diferencias significativas (al 0.05%) entre los tratamientos para altura de planta (Cuadro 7A del apéndice). El promedio general para altura de planta fue de 99.5 cm correspondiendo al tratamiento 3-K237, la menor altura con 70.8 cm y al tratamiento 9-K277 la mayor altura con 116.8 cm.

La prueba de separación de medias, revela que los tratamientos 9-K277, 1-K188, 8-K273 y 2-K209 fueron estadís-

Cuadro 3. Comportamiento general de 15 líneas mejoradas de amaranto. Chapingo, Méx. 1985.

Tratamiento	Alt. Pta. cm	Long. Inflor. cm	Ancho Inflor. cm	Grosor Tallo cm	Long. Hoja cm	Ancho Hoja cm	Días a flor. días	Días a mdz. días	Rend. Pta. gr	Proteína %	Lisina %
1. K-188	114.3	59.6	15.0	1.65	8.5	4.3	70	116	13.2	16.3	6.0
2. K-209	110.8	53.85	16.95	2.2	15.2	7.7	94	155	62.25	14.2	7.6
3. K-237	70.8	46.8	17.2	1.5	7.1	3.6	74	116	4.45	15.3	5.2
4. K-243	107.65	56.8	18.6	2.0	11.1	5.6	94	152	30.6	15.3	6.4
5. K-254	100.3	48.8	13.45	1.6	9.2	4.9	78	125	16.75	15.3	6.4
6. K-255	105.95	53.6	18.6	2.4	11.2	8.3	74	136	72.45	14.8	5.5
7. K-266	94.95	51.05	19.6	1.5	10.5	5.5	72	136	27.5	15.0	4.8
8. K-273	112.95	57.8	14.35	1.8	12.7	5.8	72	140	25.9	14.6	5.3
9. K-277	116.8	56.1	13.75	2.0	12.4	6.0	80	140	21.5	14.6	5.3
10. K-283	88.3	52.2	26.45	1.8	11.7	6.0	76	136	14.95	14.7	6.6
11. K-291	91.3	49.95	18.5	1.6	9.1	4.6	78	124	13.55	16.3	5.7
12. K-301	99.6	55.5	12.95	2.0	15.5	6.8	92	152	32.5	14.1	6.0
13. K-308	103.0	52.45	14.7	2.0	10.3	6.2	69	142	13.55	13.9	5.5
14. K-310	89.65	47.65	19.7	1.7	8.4	5.0	76	124	26.15	14.5	6.3
15. K-323	86.6	49.85	17.33	1.7	9.7	5.1	72	127	20.6	14.8	6.4
∑ Gral.	99.50	52.96	17.5	1.8	10.5	5.7	78	135	26.39	14.92	5.95

Cuadro 3. Comportamiento general de 15 líneas mejoradas de amaranto. Chapingo, Méx. 1985.  
(continuación).

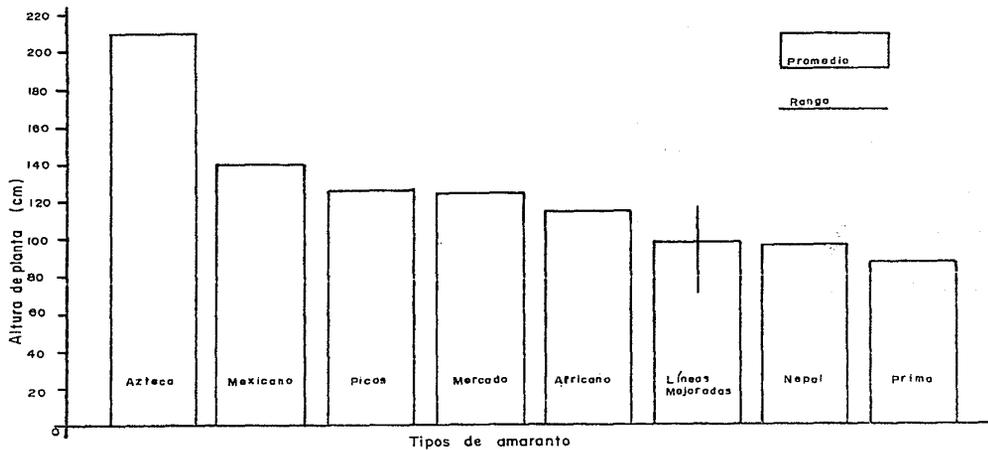
Tratamiento	Color Semilla	Color Tallo	Color Hojas	Forma Hojas	Color Inflo.	Forma Inflo.	Densidad Inflo.	Índice de ram. lateral	Barrenador	Mancha negra	% Acame
1. K-188	B	2	8	6	4	3	3	4	3	2	1
2. K-209	B	1	8	6	2 <sup>4</sup> <sub>3</sub>	3	2	3	3	2	0
3. K-237	B	2	8	6	4	3	3	4	3	2	1
4. K-243	B	3 <sup>2</sup> <sub>4</sub>	8	6	4 <sup>6</sup> <sub>3</sub>	3	3	4	2	0	1
5. K-254	B	1	8	6	2 <sup>3</sup> <sub>4</sub>	2	2	3	4	3	2
6. K-255	B	3	8	6	4	4	3	4	3	0	0
7. K-266	B-N	2 <sup>1</sup> <sub>3</sub>	8	6	3	3	3	4	3	0	1
8. K-273	B	3 <sup>2</sup> <sub>4</sub>	8	6	4 <sup>2</sup> <sub>4</sub>	3	3	4	3	0	0
9. K-277	B	4	8	6	6	2	2	3	3	0	0
10. K-283	B	1	8	6	4	3	2	2	3	1	1
11. K-291	B	2 <sup>1</sup> <sub>3</sub>	8	6	3 <sup>2</sup> <sub>4</sub>	3	3	4	3	2	1
12. K-301	B	2	8	6	4	3	3	4	3	2	1
13. K-308	B	1	8	6	4	2	3	3	3	0	0
14. K-310	B-C	1 <sup>2</sup> <sub>3</sub>	8	6	3 <sup>2</sup> <sub>4</sub>	3	3	4	3	2	1
15. K-323	B	2	8	6	4	2	2	3	3	2	1

ticamente superiores y diferentes a los demás tratamientos -- (Cuadro 15A del apéndice), en la figura 5 se pueden apreciar los promedios y rangos de las líneas de la Rodale Research -- Center (RRC) comparadas con el promedio de los diferentes -- tipos.

En general se observa que el material genético pro-- veniente de Pennsylvania E.U.A. mostró menor altura con res-- pecto a los diferentes tipos, los tipos Azteca, Mexicano, Pi-- cos, Mercado y Africano fueron mayores en altura, sin embargo la línea más alta se aproximó al tipo Africano, siendo supe-- rior a los tipos Nepal y Prima, la línea más pequeña estuvo -- incluso por debajo del tipo Prima, que es de porte más bajo.

La altura promedio de las líneas es adecuada si se -- quisieran cosechar mecánicamente, de hecho presentan una al-- tura bastante buena, considerando que se buscan plantas entre 0.80 a 1.40 m y que no presenten ramificación lateral; si se -- llegara a incrementar la superficie sembrada del amaranto, -- una posible manera de reducir los costos de producción sería -- introducir la cosecha mecánica, aquí jugarían un papel muy -- importante genotipos de porte pequeño que a la vez fueran más -- precoces.

Sin embargo bajo las condiciones actuales en que se -- siembra el amaranto en México, es muy incierta la probabili-- dad de que esto suceda, de ser aceptados determinados genoti-- pos de porte pequeño, el agricultor tradicional los incorpo--



**Figura 5.** Promedio y rango de altura de 15 líneas mejoradas de amaranto provenientes de Pennsylvania, E.U.A. comparadas con el promedio de diferentes tipos. Chapingo, Méx. 1985.

rara a su proceso de producción conocidos por él. Pensando en que las líneas mejoradas fueran más rendidoras que los tipos criollos que se siembran actualmente, habría que demostrar que estos materiales mejorados se adaptan a las condiciones de manejo que el agricultor ya conoce.

Una observación interesante, es que las líneas correspondientes al tratamiento 12-K301 y 13-K308, alcanzan una altura de 2 m a la madurez en Pennsylvania, mientras que el tratamiento 5-K254 en las mismas condiciones desarrolla únicamente 1 m; las 3 líneas midieron 1 m de altura en Chapingo, México.

Una posible explicación de la respuesta de los dos primeros tratamientos anteriores, es que estuvieron bajo la influencia de la variación ambiental, en la bibliografía consultada, se reporta que bajo condiciones de día largo los amarantos alargan su etapa vegetativa alcanzando una mayor altura; en latitudes altas, como es el caso de Pennsylvania, los días en el verano son más largos, mientras que en México sucede lo contrario, (Figura 6).

Desafortunadamente no se tienen datos de temperatura, precipitación y altitud, para analizar su efecto sobre las líneas sin embargo, se puede sugerir que los días más cortos del verano en México, pudieron haber influido para que el ápice vegetativo, se diferenciara más rápidamente hacia el ápice floral y por lo tanto se redujo el periodo vegetativo -

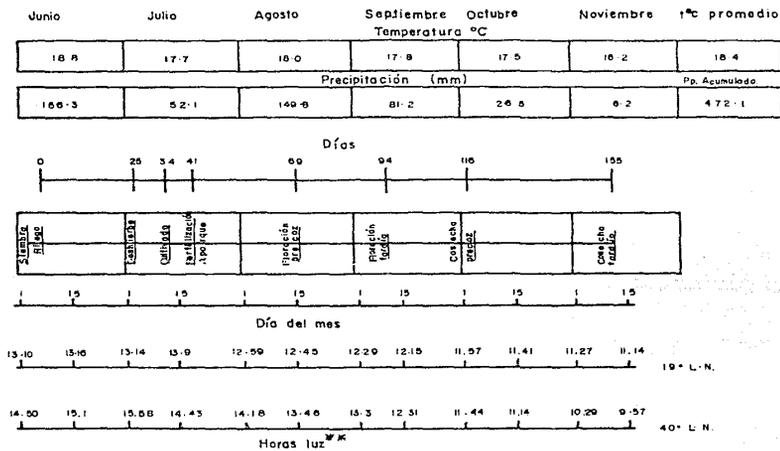


Figura 6. Temperatura y precipitación pluvial durante la estación de crecimiento\* y ciclo de cultivo del amaranto en Chapingo, Méx. 1985.

\* Estación climatológica de Chapingo Méx.

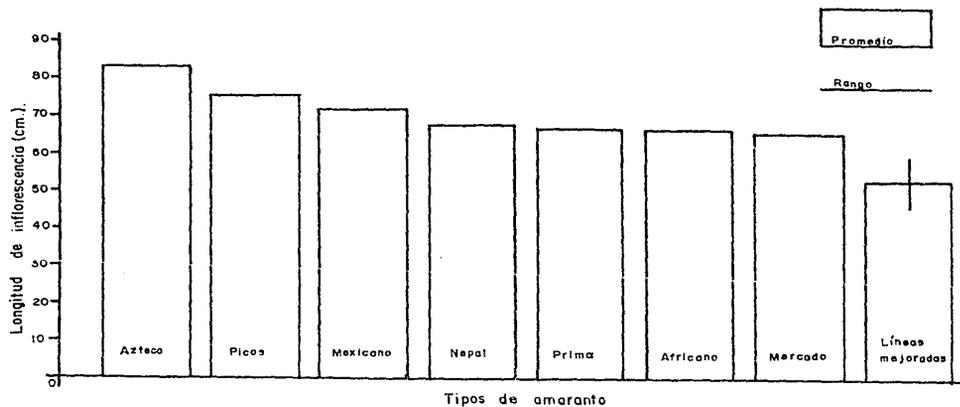
\* → Walter, 1979.

y la altura para el caso de los tratamientos 12-K301 y 13-K308. Para el tratamiento 5-K254 que mostró la misma altura en las dos localidades, podría pensarse que es insensible a la duración del día y fueron otros los factores que influyeron en la diferenciación floral. Es evidente que no solamente el fotoperiodo actuó de manera decisiva, la temperatura, precipitación y altitud pudieron ser factores que interaccionaron con el genotipo, sin embargo no se logró analizar su efecto sobre los amarantos estudiados.

#### 4.1.2. Longitud y ancho de inflorescencia.

No se obtuvo diferencias significativas en cuanto a longitud de inflorescencia (Cuadro 8A del apéndice).

Para esta variable, el valor medio fue de 52.96 cm, variando de 59.6 cm en el tratamiento 1-K188, a 46.8 cm en el tratamiento 3-K237. Analizando la Figura 7 se aprecia -- que todos los tipos exhiben inflorescencias más grandes que el promedio de las líneas mejoradas, incluso el tratamiento con mayor longitud de inflorescencia, no rebasa el tipo con menor valor para ésta característica; considerando que las flores están dispuestas a lo largo de la inflorescencia, se debe suponer un mayor rendimiento en las inflorescencias más grandes por la existencia potencial de un mayor número de -- glomérulos que darán origen al grano de ahí que sean deseables genotipos con panojas grandes.

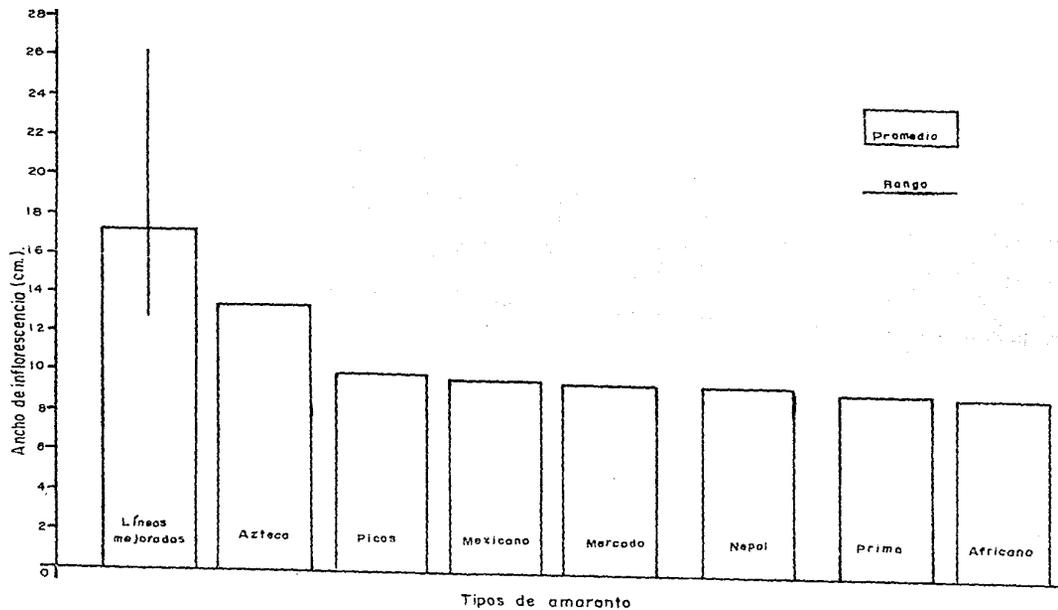


**Figura 7.** Promedio y rango de longitud de inflorescencia de 15 líneas mejoradas de amaranto provenientes de Pennsylvania, E.U.A. comparadas con el promedio de diferentes tipos. Chapingo, Méx. 1985.

En relación al ancho de inflorescencia, el análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas (Cuadro 9A del apéndice). La prueba de separación de medias -- mostró que el tratamiento 10-K283 es estadísticamente mayor y diferente a los demás tratamientos (Cuadro 10A del apéndice).

El promedio general registrado para esta variable -- es de 17.5 cm, el tratamiento mayor fue el 10-K283 con 26.45 cm, a su vez el tratamiento 12-K301 presentó el menor ancho de inflorescencia con 12.95 cm; tanto el promedio como el -- rango de las líneas mejoradas, es superior al promedio de -- los tipos, en la Figura 8 se aprecia el tipo Azteca que pre -- sentan el mayor promedio para esta característica y que -- rebasa ligeramente el tratamiento 12-K301 que obtuvo el pro -- medio menor entre las líneas mejoradas.

Si se observa el cuadro general de resultados, se notará que casi todos los tratamientos tienen una densidad de inflorescencia compacta e intermedia, la forma de inflorescencia que predominó fue de panícula con ramas largas y el índice de ramificación fue de ramas largas a lo largo -- del tallo, quizá estos factores contribuyeron a que se ob -- tuvieran valores tan altos para el ancho de inflorescencia, los tipos con inflorescencia compacta central y sin ramas -- a lo largo del tallo o con ramas cortas, tienden a desarro -- llar panojas angostas, son deseables inflorescencias compac



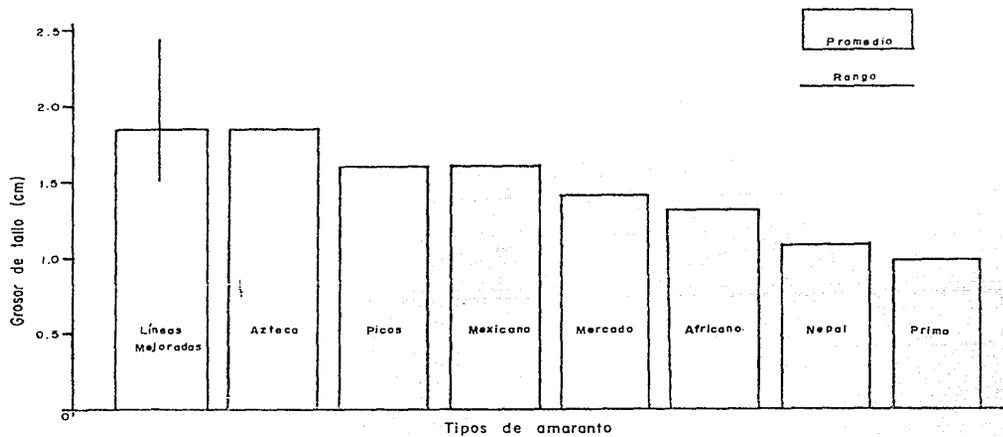
**Figura 8.** Promedio y rango de ancho de inflorescencia de 15 líneas mejoradas de amaranto provenientes de Pennsylvania, E. U. A. comparadas con el promedio de diferentes tipos. Chapingo, Méx. 1985.

tas y monopodicas, así la mayor concentración de grano se ubica en la inflorescencia central y al momento de la cosecha, ésta sería uniforme y no habría problema de madurez alternada pues las inflorescencias laterales tienden a madurar más tarde.

#### 4.1.3. Grosor de tallo

El análisis de varianza para grosor de tallo indica que no existe diferencia significativa entre las líneas (Cuadro 10A del apéndice). El valor promedio encontrado es de 1.8 cm, obteniendo el tratamiento 6-K255 el mayor grosor de tallo con 2.4 cm, el tratamiento 3-K237 reportó el menor diámetro con 1.5 cm.

Al compararse el promedio de las líneas, con los diferentes tipos se observa que las diferencias en los valores son mínimas, aun así los tratamientos 6-K255, 2-K209, 12-K301, 9-K277, 4-K243 y 13-K308 se comportan superiores con valores arriba o iguales a 2.0 cm de diámetro comparados con el diámetro del tipo Azteca, que es el de mayor diámetro de tallo con 1.8 cm, el tratamiento 3-K237 que mostró el menor diámetro de tallo fue ligeramente menor a los tipos Picos y Mexicano, pero mayor que los tipos Mercado, Africano, Nepal y Prima (Figura 9). Espitia (1986) reporta que encontró correlación positiva entre grosor de tallo y altura de planta, --



**Figura 9:** Promedio y rango de grosor de tallo de 15 líneas mejoradas de amaranto provenientes de Pennsylvania, E.U.A. comparadas con el promedio de diferentes tipos. Chapingo, Méx. 1985.

si se observa la Figura 5 y 9, se aprecia en primer término - que los tipos Azteca, Picos, Mexicano, Mercado y Africano son más altos que el comportamiento promedio y rango de las líneas mejoradas, sin embargo el grosor de tallo de éstas últimas, -- es superior incluso al tipo Azteca que de acuerdo a los resul\_ tados de Espitia (1986) es de mayor diámetro de tallo.

Analizando los valores numéricos de altura de planta y grosor de tallo de los tratamientos estudiados se observa - que las líneas 2,4,6,9 y 13 correspondieron a los tallos más gruesos y están dentro de las líneas más altas pero también - hubo comportamientos no bien definidos como el de los trata-- mientos 1 y 8 que se consideraron como altos entre las líneas y presentaron diámetros de tallos menores a los 2 cm, por otro-- lado los tratamientos 4,12 y 13 su altura fue regular pero -- sus tallos registraron valores de 2 cm (entre los más gruesos).

Es muy frecuente que los amarantos de porte alto y - mediano se acamen debido al peso de las inflorescencias, esto es muy común en el tipo Azteca y en menor grado en los demás-- tipos de porte mediano, incluso en los amarantos de altura -- pequeña como lo demuestran las líneas evaluadas (ver cuadro - general 3, porcentaje de acame). Para evitar el acame son -- recomendables genotipos de tallos gruesos y de preferencia -- plantas de porte mediano o bajo, con lo que a la vez se perm\_i tirla un mejor manejo del cultivo, fertilizaciones altas y -- cosecha mecánica.

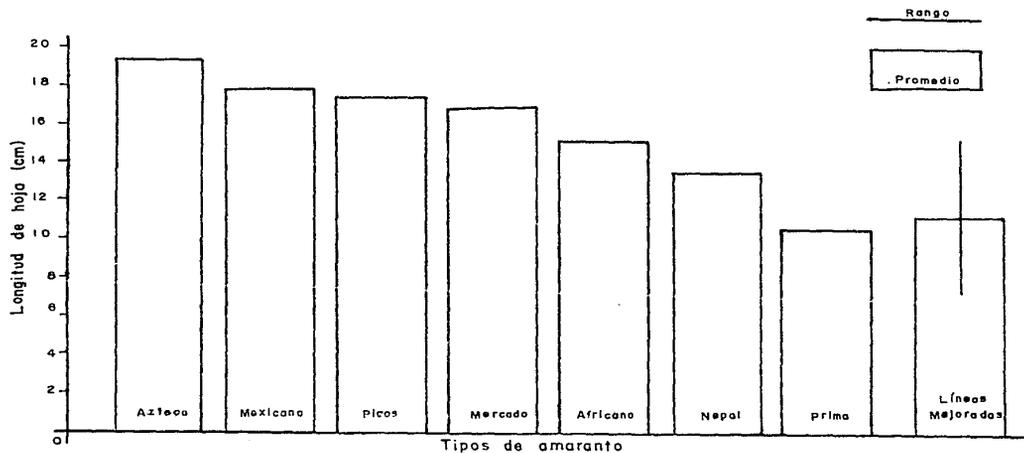
#### 4.1.4. Longitud y ancho de hojas

La variable longitud de hojas no mostró diferencia estadística significativa en el análisis de varianza (Cuadro 11.A. del apéndice). El promedio general fue de 10.62 cm, - el tratamiento 2-K209 presentó la mayor longitud de hojas -- con 15.2 cm y el tratamiento 3-K237 la menor longitud con -- 7.1. cm.

Al analizar la Figura 10, se observa que todos los tipos son superiores en promedio con respecto a la media general de los tratamientos, sin embargo hubo tratamientos con mayor longitud de hoja que los tipos Nepal y Prima y similares al tipo Africano, tales tratamientos fueron el 2-K209 y el 6-K255. A su vez el tratamiento 3-K237, fue el de menor longitud de hojas entre las líneas y entre los tipos.

Por otra parte, para el ancho de hojas, el análisis de varianza indicó, que hubo diferencias altamente significativas entre tratamientos para esta variable (Cuadro 12A -- del apéndice).

La media general fue de 5.7 cm, el tratamiento 6-K255 presentó el mayor ancho de hoja con 8.3 cm y el tratamiento 3-K237 el menor ancho de hoja con 3.6 cm. La prueba de separación de medias mostró que el tratamiento 6-K255 fue estadísticamente mayor y diferente a los demás tratamientos -- (Cuadro 17A del apéndice).



**Figura 10.** Promedio y rango de longitud de hoja de 15 líneas mejoradas de amaranto provenientes de Pennsylvania, E.U.A. Comparadas con el promedio de diferentes tipos, Chapingo, Méx. 1985.

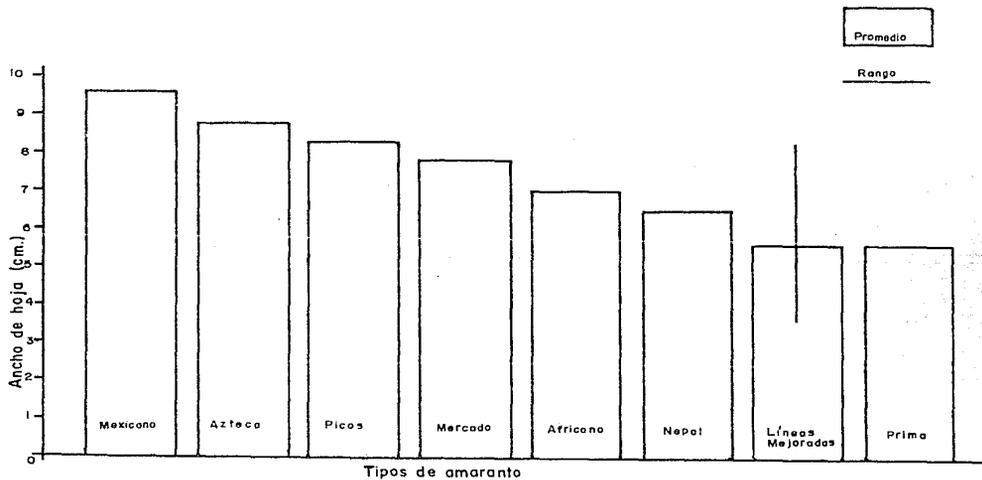
En la Figura 11 se observa que el promedio de las 15 líneas es similar al promedio del tipo Prima y menor al de -- los demás tipos, no obstante hubo tratamiento como el 6-K255- y 2-K209 que estuvieron por arriba de los tipos Nepal, Afri-- cano, Prima y Mercado. En cambio, los tratamientos 4-K243, - 15-K323, 14-K310, 5-K254, 11-K291, 1-K188 y 3-K237 fueron me-- nores al tipo Prima.

Generalizando, se observa que las líneas mejoradas - presentan hojas más pequeñas que los tipos. La importancia - del tamaño de las hojas ha sido reportada por Hauptli (1977)- y Hauptli y Jain (1984), al considerar estas medidas como una estimación del área foliar de la planta y considerar que de-- ben existir diferencias en el rendimiento entre los tipos con hojas grandes y pequeñas.

En este experimento se observó una tendencia similar al comparar los rendimientos por planta entre los tratamien-- tos con hojas grandes y los que tuvieron las hojas pequeñas, - se aprecia que los primeros tuvieron los rendimientos por -- planta más altos que los de hoja pequeña, esta estimación se observa claramente si se ordenan los datos de rendimiento de mayor a menor con sus respectivos tamaños de hojas (Cuadro 4).

#### 4.1.5. Días a floración y madurez

La Figura 12 muestra el promedio y rango de días -- a floración de las líneas de la RRC comparadas con el prome--



**Figura II.** Promedio y rango de ancho de hoja de 15 líneas mejoradas de amaranto provenientes de Pennsylvania, E.U.A. comparadas con el promedio de diferentes tipos. Chapingo, Méx. 1985.

dio de los tipos.

En el Cuadro 3 se aprecia que los tratamientos 4-K243, 2-K209 y 12-K301 fueron los más tardíos, variando de 92 a 94 días para florecer y los tratamientos 13-K308 y 1-K188 figuraron entre los más precoces con 69 y 70 días a floración respectivamente, promediando en general 78 días para la aparición de esta etapa.

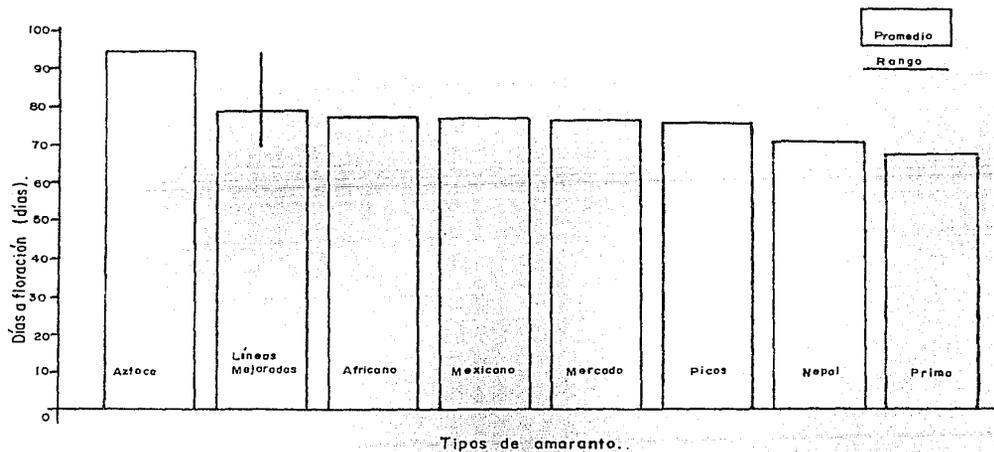
Los tratamientos 4-K243, 2-K209 y 12-K301 se comportaron de manera similar al tipo Azteca, que se considera como tardío, a su vez el promedio general de las líneas mejoradas es casi semejante a los tipos Africano, Mexicano, Mercado y Picos; con respecto a los más precoces, los tratamientos 13-K308, 1-K188, 7-K266, 15-K323 y 8-K273 fueron los más cercanos a los tipos Prima y Nepal, con un promedio de 69 a 72 días a floración (Figura 12).

En días a madurez, el análisis de varianza indicó que hubo diferencias estadísticamente altamente significativas (Cuadro 13A del apéndice). Por otro lado la prueba de Tukey mostró que el tratamiento 2-K209 es estadísticamente diferente a los demás tratamientos y el más tardío, así como el tratamiento 1-K188 fue el más precoz (Cuadro 18A del apéndice).

El promedio de días a madurez fue de 135 días, los tratamientos más tardíos fueron el 2-K209 con 155 días a la

Cuadro 4. Efecto del tamaño de las hojas sobre el rendimiento de grano por planta en 15 líneas mejoradas de amaranto, Chapingo, Méx. 1985.

Tratamientos	Ren/Planta gr	Longitud de hoja cm	Ancho de hoja cm
2	62.3.	15.2	7.2.
12	32.5	15.5	6.8
6	72.5	11.2	8.3
4	30.6	11.1	5.6
7	27.5	10.5	5.5
14	26.2	8.4	5.0
8	25.9	12.7	5.8
9	21.5	12.4	6.0
15	20.6	9.7	5.1
5	16.7	9.2	4.9
10	14.9	11.7	6.0
13	13.5	10.3	6.2
11	13.5	9.1	4.6
1	13.2	8.5	4.3
3	4.5	7.1	3.6



**Figura 12.** Promedio y rango de días a floración de 15 líneas mejoradas de amaranto provenientes de Pennsylvania, E.U.A. Comparadas con el promedio de diferentes tipos. Chapingo, Méx. 1985.

cosecha y los tratamientos 4-K243 y 12-K301 con 152 días, los tratamientos más precoces fueron el 3-K237 y 1-K188 con 116 días a la madurez.

Se ha fijado un límite de 135 días a la madurez para A.hypochondriacus y de 140 para A.cruentus, para que se consideren como precoces; los amarantos criollos llegan a tener más de 160 días a la madurez (Espitia, 1986).

Al observar la Figura 13 se aprecia que el promedio de las líneas fue similar al límite promedio marcado para la especie hypochondriacus y menor al promedio marcado para la especie cruentus, encontrándose tratamientos que rebasaron -- los dos límites y se consideran como tal tardíos e indeseables desde este punto de vista.

Los tratamientos arriba de 140 días y que se consideraron como tardíos fueron el 2-K209, 4-K243, 12-K301 y 13-K308. Los tratamientos iguales o abajo de 140 días fueron: 1-K188, 3-K237, 5-K254, 6-K255, 7-K266, 8-K273, 9-K277, 10-K283, -- 11-K-291, 14-K310 y 15-K323.

Al observar los resultados se nota que existe bastante variación en cuanto a la maduración, siendo numerosos los tratamientos con madurez aceptable; en las parcelas de los -- agricultores, generalmente ellos siembran variedades criollas que son muy tardías y muchas veces son dañadas por las heladas tempranas reduciéndose en consecuencia el rendimiento, --

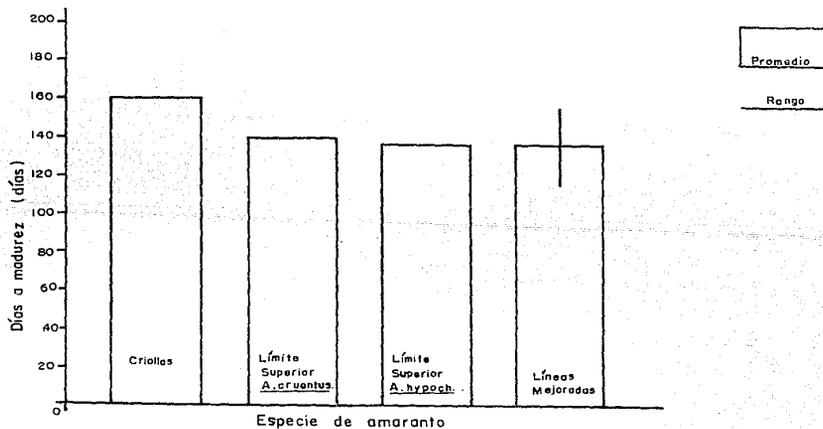


Figura 13. Promedio y rango de días a madurez de 15 líneas mejoradas de amaranto provenientes de Pennsylvania E.U.A. Comparadas con el material criollo y con los límites máximos fijados, en las dos especies productoras de grano, Chapingo, Méx. 1985.

\* Límites máximos fijados en el programa de amaranto

CAEVAMEX: tomados como índices de precocidad. Espitia, 1986.

ocupando además por más tiempo el terreno sembrado.

De sembrarse amarantos más precoces podrían obtenerse de manera inmediata las siguientes ventajas:

1. Un mayor período de floración y llenado de grano, a la vez, las plantas podrían escapar a las heladas tempranas al término de su madurez sin que el grano se dañe y disminuya el rendimiento.

2. Oportunidad de sacar su producto más rápidamente al mercado.

3. Al desocupar el terreno rápidamente se podría sembrar algún cultivo forrajero, como la avena, aprovechando la humedad residual del terreno y las últimas lluvias del temporal.

#### 4.1.6. Rendimiento por planta

El rendimiento por planta, en el análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas (Cuadro 14A, del apéndice).

La prueba de Tukey para separación de medias indicó que el tratamiento 6-K355 es estadísticamente superior y diferente a los demás tratamientos (Cuadro 19A del apéndice);- La media general obtenida es de 26.4 gr por planta, registrándose un rendimiento de 72.45 gr por planta en el tratamiento

6-K255 y de 4.45 gr en el tratamiento 3-K237.

Se ha fijado un límite de 20 gr por planta o arriba de 1500 Kg/ha al hacer evaluaciones preliminares, para considerarse como aceptables determinados genotipos experimentales, para después seguir trabajando en ellos con miras a mejorar su rendimiento y características agronómicas, ya sea por métodos genéticos o prácticas culturales, como fertilización, fechas de siembra, densidad de siembra, método de siembra, control de plagas y enfermedades, etc (Espitia, 1986).

En la Figura 14, se compara el rendimiento promedio de los diferentes tipos con el promedio y rango de las líneas de la RRC, en la misma figura se presenta por medio de una línea punteada, el rendimiento mínimo aceptable por planta.

El material proveniente de Pennsylvania, E.U.A. en promedio rebasa por 6 gr el límite marcado de 20 gr, aunque se tienen tratamientos con menor rendimiento al aceptable, tales como el 5-K254, 10-K283, 13-K508, 11-K291, 1-K188 y 3-K237. Los demás tratamientos estuvieron por arriba de los 20 gr, incluso los tratamientos 6-K255 y 2-K209, rebasaron al tipo Azteca que se considera el de mayor rendimiento, con 72.45 gr y 62.25 gr respectivamente.

La amplia variación en rendimiento demuestra el gran potencial que tiene el amaranto para lograr altos ren-

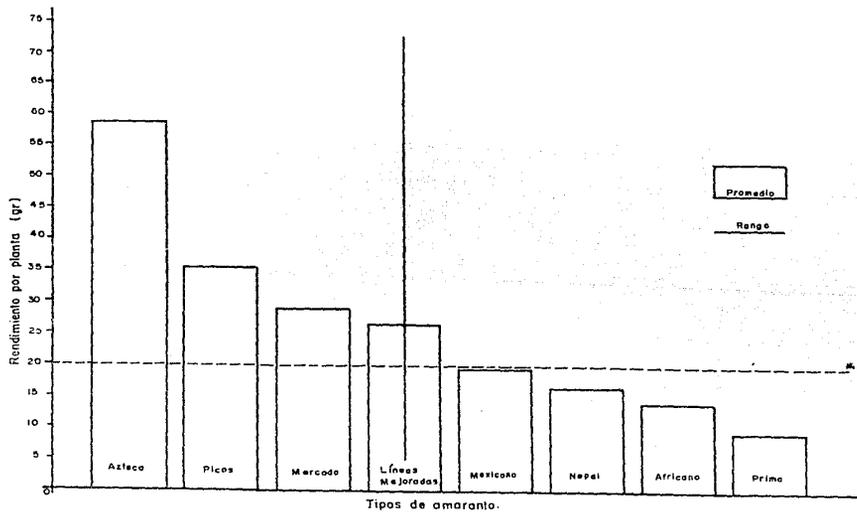


Figura 14. Promedio y rango de rendimiento de grano por planta, en 15 líneas mejoradas de amaranto provenientes de Pennsylvania, E.U.A. Comparadas con el promedio de diferentes tipos. Chapingo, Méx. 1985.

\* Límite mínimo de rendimiento por planta, fijado por el programa de amaranto CAEVAMEX. Espitia, 1986.

dimientos y su capacidad de adaptación para expresar aquel, en diferentes condiciones ecológicas. Los resultados indican -- además que es posible obtener rendimientos superiores a los -- obtenidos en este trabajo.

#### 4.1.7 Protefna y lisina

Para considerar a los amarantos evaluados como materiales sobresalientes, no solo se toma en cuenta su alto rendimiento, sino también su valor nutritivo, para ello se analizó el contenido de protefna en el grano y se estimó la calidad de la misma por medio del porcentaje de lisina hallado en la protefna analizada.

El contenido promedio de protefna en el grano de las líneas mejoradas fue de 14.93%, que es mayor al contenido de los granos de maíz, arroz y trigo, reportados en la bibliografía consultada. Sin embargo, este promedio resultó bajo pues se han llegado a reportar cantidades de hasta un 19% de protefna en el grano (NRC, 1984; Espitia, 1986).

Aún así en el tratamiento 1-K188 se obtuvo un contenido de protefna de 16.3% que es bastante bueno comparandolo con el 8 a 10% promedio que tiene el grano de maíz, siendo también superior el tratamiento 13-K308 que entre las líneas registró el menor porcentaje de protefna con 13.9%. La Figura 15 muestra que no hay mucha variación en el contenido de protefna entre los tipos con respecto a las líneas, no obstante

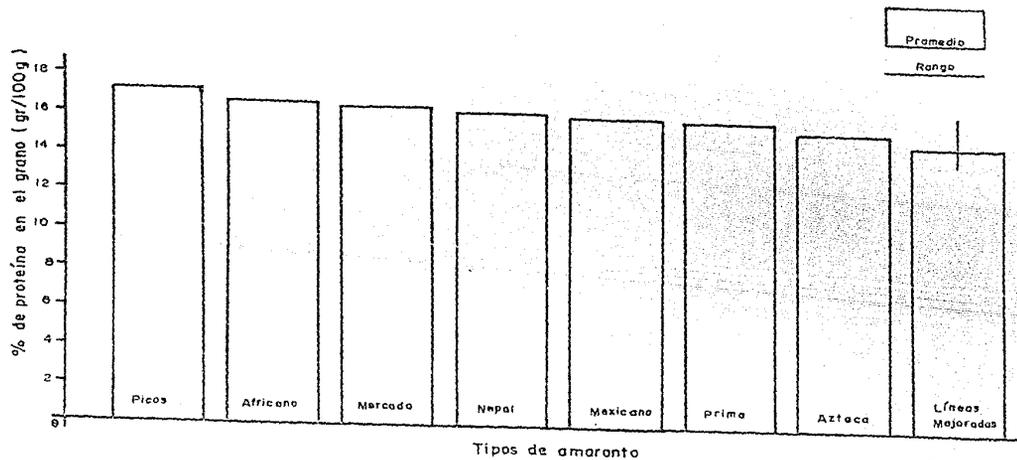


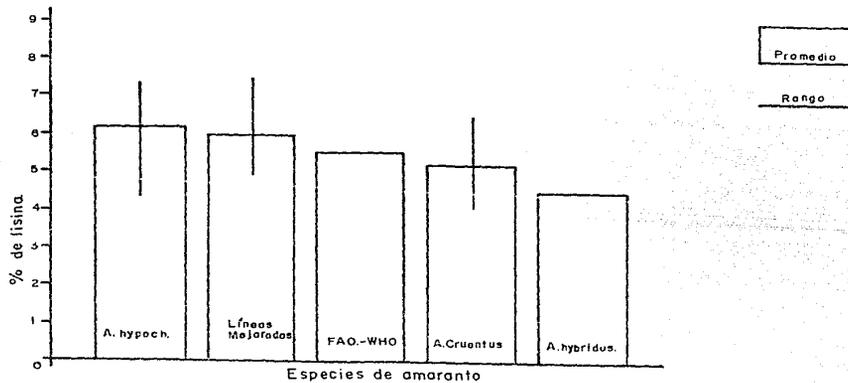
Figura 15. Promedio y rango de % de proteína de 15 líneas mejoradas de amaranto provenientes de Pennsylvania, E.U.A. Comparadas con el promedio de diferentes tipos. Chapingo, Méx. 1985.

te el tratamiento 1-K188 que presentó el mayor porcentaje entre las líneas se mostró inferior al tipo Picos.

La calidad de la proteína fue indicada por el contenido del aminoácido esencial lisina (que es el aminoácido limitante en la proteína del maíz, trigo y arroz), el promedio general de las líneas mejoradas fue de 5.93% que es ligeramente superior al límite recomendado por la FAO/WHO que es de 5.5%, y superior al de las especies cruentus e hybridus (Figura 16).

Los tratamientos con porcentajes de lisina arriba de 5.5% fueron: 1-K188, 2-K209, 4-K243, 5-K254, 6-K255, 10-K285, 11-K291, 12-K301, 14-K310 y 15-K323; en cambio los tratamientos con valores menores de 5.5% fueron el 9-K277, 8-K275, 3-K237 y 7-K266, este último con 4.8% que es el más bajo contenido de lisina.

En general, se observa que la proteína del grano de amaranto como ya lo han señalado otros autores, presenta buena cantidad y calidad, esto indica que el amaranto es una fuente potencial de proteína vegetal, no explotada actualmente de manera intensiva y que deberá incorporarse lo más pronto posible a la dieta del hombre tanto en forma directa (dulce de alegría, cereales, atóle) o indirecta (en mezclas con harina de trigo, masa de maíz, alimentos concentrados, etc) para mejorar su alimentación.



**Figura 16.** Promedio y rango del contenido de lisina en el grano de 15 líneas mejoradas de amaranto provenientes de Pennsylvania, E. U. A. Comparadas con 3 especies diferentes y la recomendación FAO-WHO.\* Chapingo, Méx. 1985.

\* Espitia, 1986.

#### 4.1.8 Análisis de correlación.

Se encontraron diversas asociaciones importantes entre las variables estudiadas, éstas se pueden ver en el Cuadro 5; el cuadro de correlaciones muestra las siguientes asociaciones sobresalientes:

La variable altura de planta (ALPTA) se asoció en forma altamente significativa con longitud de inflorescencia (LONINF), en forma significativa con longitud de hoja (LONHO), ancho de hoja (ANHO) y días a madurez (DIAMA); con ancho de inflorescencia (ANINF) la correlación fue significativa y negativa.

Longitud de inflorescencia (LONINF) correlacionó significativamente con longitud de hoja (LONHO) y en forma altamente significativa con altura de planta (ALPTA). La variable ancho de inflorescencia (ANINF) únicamente se asoció de manera significativa y negativa con altura de planta (ALPTA).

Grosor de tallo (GROTA) se asoció en forma significativa con longitud de hoja (LONHO) y de manera altamente significativa con ancho de hojas (ANHO), días a madurez (DIAMA) y rendimiento por planta (RENPTA). Con proteína (PRONA) la correlación fue negativa y significativa.

Longitud de hoja (LONHO) estuvo correlacionada con ancho de hoja (ANHO), días a madurez (DIAMA) y rendimiento por planta (RENPTA) todas ellas en forma altamente significativa.

Cuadro 5. Matriz de correlación general de las componentes de rendimiento en 15 líneas mejoradas de amaranto. Chapingo, Méx. 1985.

	ALPTA	LONINF	ANINF	GROTA	LONHO	ANHO	DIAMA	RENPTA	PRONA	LINA
ALPTA	1.00	**	*	n.s.	*	*	*	n.s.	n.s.	n.s.
LONINF	0.9287	1.00	**	0.355	0.4123	0.3621	0.423	0.356	-0.1341	0.0766
ANINF	-0.4137	-0.2479	1.00	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
GROTA	0.1456	-0.0035	-0.0035	1.00	0.3726	0.2661	0.3312	0.2852	-0.0092	-0.0063
LONHO	-0.0618	0.4404	0.4404	0.4404	1.00	0.0021	-0.079	-0.0216	0.0901	0.1739
ANHO	0.6863	0.5727	0.5727	0.5727	0.6772	1.00	0.6898	0.7376	-0.6305	0.3162
DIAMA	0.5604	-0.4405	-0.4405	-0.4405	0.5545	0.5545	1.00	0.4942	-0.660	0.2818
RENPTA	-0.3729	0.1633	0.1633	0.1633	0.6772	0.6772	0.6772	1.00	-0.3375	0.2622
PRONA	0.1587	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	1.00	-0.1549
LINA	0.1587	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	-0.1549	1.00

\* 0.05 de probabilidad estadística  
 \*\* 0.01 de probabilidad estadística  
 n.s. no significativo

Cuadro 5. Matriz de correlación general de las componentes de rendimiento en 15 líneas mejoradas de amaranto. Chapingo, Méx. 1985.

	ALPTA	LONINF	ANINF	GROTA	LONHO	ANHO	DIAMA	RENPTA	PRONA	LINA
ALPTA	1.00	**	*	n.s.	*	*	*	n.s.	n.s.	n.s.
LONINF	0.9287	1.00	-0.4137	0.355	0.4123	0.3621	0.423	0.356	-0.1341	0.0766
ANINF			n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
GROTA			-0.2479	0.1456	0.3726	0.2661	0.3312	0.2852	-0.0092	-0.0063
LONHO			n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
ANHO			1.00	-0.0035	-0.0618	0.0021	-0.079	-0.0216	0.0901	0.1739
DIAMA					*	**	**	**	*	n.s.
RENPTA				1.00	0.4404	0.6863	0.5727	0.5604	-0.4405	0.1587
PRONA						**	**	**	*	n.s.
LINA					1.00	0.6772	0.5545	0.5313	-0.3729	0.1633
							**	**	**	n.s.
						1.00	0.6898	0.7376	-0.6305	0.3162
								**	**	n.s.
							1.00	0.4942	-0.660	0.2818
									n.s.	n.s.
								1.00	-0.3375	0.2622
										n.s.
									1.00	-0.1549
										n.s.
										1.00

\* 0.05 de probabilidad estadística  
 \*\* 0.01 de probabilidad estadística  
 n.s. no significativo

Con proteína se encuentra correlacionada significativamente pero en forma negativa. Para ancho de hoja (ANHO) se encontró - que esta asociada con días a madurez (DIAMA), rendimiento por planta (RENPTA), longitud de hoja (LONHO), grosor de tallo -- (GROTA) y proteína (PRONA) todas en forma altamente significativas, únicamente con proteína se encontró negativamente correlacionada.

Las variables que estuvieron asociadas a días a madurez (DIAMA) fueron altura de planta (ALPTA) en forma significativa, con grosor de tallo (GROTA), longitud de hoja (LONHO), ancho de hoja (ANHO) y rendimiento por planta (RENPTA) la correlación fue altamente significativa, con proteína fue negativa y altamente significativa.

El rendimiento por planta (RENPTA) se encontró asociado con las variables, grosor de tallo (GROTA), longitud de hoja (LONHO), ancho de hoja (ANHO) y días a madurez (DIAMA), - todas en forma altamente significativa. El contenido de proteína (PRONA), se asoció con grosor de tallo (GROTA) y longitud de hoja (LONHO) en forma significativa y negativa, con -- ancho de hoja (ANHO) y días a madurez (DIAMA) la correlación - fué altamente significativa y negativa.

La mayoría de las correlaciones coinciden con las -- reportadas por Espitia (1986), analizando las principales componentes que influyeron sobre el rendimiento por planta (RENPTA) de puede decir lo siguiente:

Al jerarquizar los valores de las correlaciones, se observa que la variable ancho de hojas es la que tiene el valor más alto ( $r = 0.73$ ), seguida por el grosor de tallo ( $r = 0.56$ ), longitud de hoja ( $r = 0.53$ ) y días a madurez ( $R = 0.49$ ).

En relación al tamaño de las hojas, en diversas especies, tanto gramíneas como leguminosas se ha resaltado la importancia del tamaño de las hojas, como principal fuente de fotosíntesis y como zona de reserva de alimento.

Es evidente que hojas grandes permiten captar más luz y por tanto se tendrá mayor producción de fotosintatos -- los cuales de manera inicial serán utilizados como fuente de energía y posteriormente serán acumulados en los diferentes órganos de la planta.

Como menciona Hauptli (1977), deberán existir diferencias entre los amarantos con hojas grandes y los que tienen hojas pequeñas, esta diferencia se refleja en la acumulación de materia seca y en el rendimiento de grano; en este experimento, se observaron tratamientos con hojas grandes y hojas pequeñas y en los que se refleja una respuesta contrastante en el rendimiento de grano por planta, (Cuadro 4). Asimismo hojas más grandes deben almacenar más alimento que -- después es translocado al grano. Aunque no se sabe que proporción de estos nutrientes contribuyen al llenado de grano final (Hauptli 1977).

Olufolagi et al., (citado por Alvarado, 1976), menciona que en amaranto la acumulación de materia seca en hoja, tallos y raíz decrece conforme el peso seco de las inflorescencias se incrementa.

Por otro lado Medina (1982) reporta que la mayor concentración de nitrógeno y fósforo en hojas y plantas fue a los 70 días de la siembra y a medida que transcurrió el tiempo, las concentraciones disminuyeron. Estas dos últimas referencias apoyan el análisis de que el material de reserva de tallos gruesos y hojas grandes contribuyen al llenado de grano.

Con respecto al grosor de tallo de manera general, los mayores rendimientos estuvieron asociados a los tallos con mayor diámetro, se debe de estar de acuerdo en que un tallo grueso y resistente evita el acame de las plantas; los tratamientos más rendidores no presentaron acame y el diámetro de su tallo fue arriba o igual a 2 cm (6-K255, 2-K209 y 12-K301). Otras ventajas que se obtendrán con amarantos de porte pequeño y tallos gruesos, es que permitirían incrementar las dosis de fertilizante, que ayudará a formar panojas grandes con más grano, sin que se acame la planta.

Otro factor asociado al grosor de tallo es la acumulación de nutrientes; durante la fotosíntesis hay acumulación de carbohidratos en las hojas y tallos, que después son translocados a la zona de demanda cuando se necesitan, quizás

tallos más gruesos presenten mayor acumulación de nutrientes, -  
mismos que contribuyeron para el llenado de grano, sin embargo  
no se estudió que porcentaje del material de reserva contribu-  
ye al llenado de grano.

Tomando ahora en cuenta las variables altura de plan-  
ta, longitud de panoja y rendimiento, se pueden hacer las si-  
guientes observaciones:

Se esperaba encontrar en este trabajo correlación en-  
tre el rendimiento de grano con altura de planta y longitud de  
inflorescencia, sin embargo únicamente se observa relación en-  
tre altura de planta y longitud de inflorescencia que también  
se reporta por otros autores.

Alejandre (1981), Mis (1985), Espitia (1986); repor-  
tan correlaciones entre las anteriores variables; por otro la-  
do Hauptli (1978) menciona que el rendimiento de grano en A. -  
hypochondriacus estuvo asociado a longitud de inflorescencia,  
explicando que existe un número más o menos constante de flo-  
res por longitud de panoja, en cambio en A. cruentus la falta-  
de relación entre rendimiento y longitud de panoja se atribuye  
a un crecimiento indeterminado de los glomérulos.

Al analizar los valores numéricos de las 3 variables  
se observa lo siguiente: el tratamiento 1-K188 con mayor lon-  
gitud de inflorescencia no fue necesariamente el de mayor ren-  
dimiento de grano por planta y el rendimiento más bajo se --

tuvo en el tratamiento con menor longitud de inflorescencia -- (3K237), lográndose los más altos rendimientos en tratamientos con inflorescencia arriba de los 50 cm. Pero también hubo -- tratamientos con inflorescencia arriba de los 50 cm y sus rendimientos fueron bajos (13-K308, 10-K283). En cambio en las -- líneas 14-K310 y 15-K323 los rendimientos fueron arriba de -- 20 gr. de peso por planta y sus inflorescencias no midieron -- más de 50 cm.

Analizando el Cuadro 2 y la Figura 7 y 14 se puede -- apreciar que los tipos más rendidores de grano por planta co-- rresponden a los que tienen inflorescencia más largas, no obs-- tante los tipos Mexicano, Nepal, Africano y Prima tienen in-- florescencia más grandes y son menos rendidores que las líneas mejoradas (la comparación se debe tomar con reserva, conside-- rando que los resultados corresponden a diferentes años y con-- diciones), esto puede sugerir que el mayor rendimiento entre-- las líneas se puede atribuir a una mayor eficiencia en el lle-- nado de grano y que el número de flores por longitud de panoja es mayor al normalmente expresado, lo cual indica que existe -- crecimiento indeterminado de los glomérulos, y que la correla-- ción rendimiento de planta con días a madurez refleja en algu-- na forma que existió un amplio periodo para una formación más -- alta de flores aún teniendo inflorescencia no muy grandes.

La componente días a madurez refleja también relacio-- nes interesantes, el Cuadro general de resultados muestra que

los tratamientos más rendidores, fueron los más tardíos, al parecer esta relación no se cumple solamente en amaranto, diversos ejemplos muestran que tanto en gramíneas como en leguminosas, se presenta esta relación. Esta respuesta se explica, -- sobre la base de que plantas con ciclo más largo, tienen mayor tiempo para realizar más fotosíntesis, absorber nutrientes del suelo, mayor periodo de floración y llenado de grano, que las plantas de ciclo corto.

Sin embargo se han logrado variedades precoces y rendidoras, donde se han combinado diversos caracteres fisiológicos y morfológicos que las hacen más eficientes para aprovechar el medio en que crecen, el tratamiento 6-K255, muestra -- esto, pues a pesar que presentó 135 días a la madurez registró un rendimiento muy alto, superando incluso al tipo Azteca, que es de ciclo tardío y el más rendidor.

Considerando el contenido de proteína, se aprecia -- que las componentes que determinaron el mayor rendimiento de grano están correlacionadas con proteína pero en forma negativa; con el contenido de lisina, se correlacionó negativamente, pero no fue significativa la relación.

Para observar más claramente la tendencia del rendimiento, proteína y lisina, en relación al ciclo del cultivo, -- se adecuó el Cuadro 6 y la Figura 17, únicamente para fines -- descriptivos. Este cuadro se hizo, utilizando los datos de -- días a madurez, agrupados de acuerdo a la separación de medias

(Cuadro 18A del ápendice) y agrupando a su vez la respuesta de protefna y lisina de los tratamientos correspondientes.

En el cuadro y figura anterior, se observa la tendencia que guarda la duraci3n del ciclo del cultivo, sobre las -- tres variables mencionadas, los tratamientos m1s tardfos obtuvieron en promedio, los mayores rendimientos por planta, el -- menor contenido de protefna y el mayor contenido de lisina en el grano.

Lo contrario ocurre en los tratamientos precoces, -- donde el rendimiento fue menor, el contenido de protefna fue -- mayor y el contenido de lisina fue menor. Esta relaci3n coincide con lo encontrado por Poey (1978), Hanson et al., (1981), en maiz y trigo; y Oke (1972), Carlsson (1979) y Espitia (1986) en amaranto.

No obstante, el tratamiento 6-K255 que present3 136 dfas a la madurez, obtuvo alto rendimiento de grano, un buen contenido de protefna y el nivel recomendado por la FAO/WHO - de lisina, lo que parece indicar que es posible obtener variedades precoces, de alto rendimiento y con buen contenido de - lisina y protefna en amaranto.

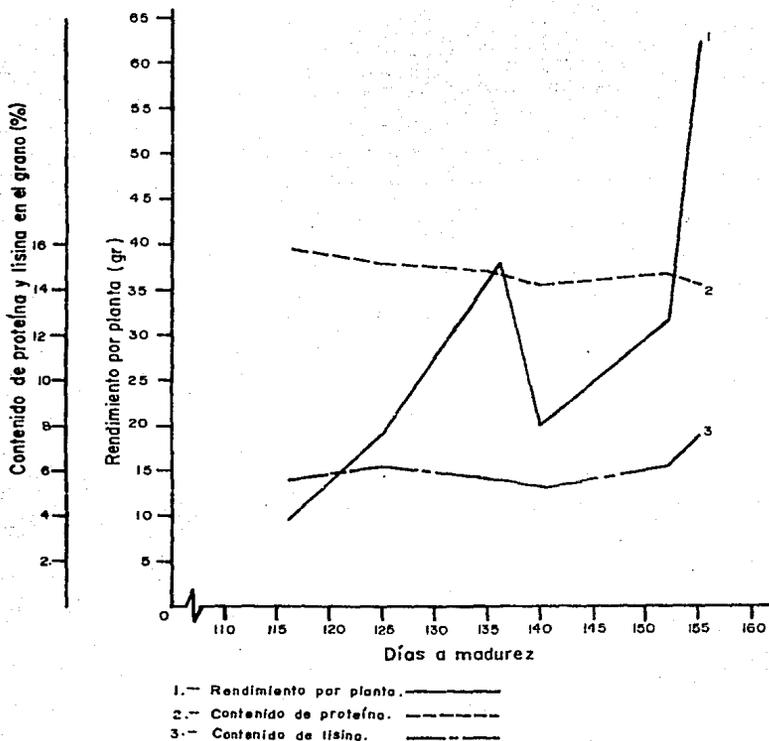
#### 4.2. Variables cualitativas

##### 4.2.1. Color de semilla

Cuadro 6. Efecto del número de días a madurez\* sobre el rendimiento y contenido de proteína y lisina en el grano de 15 líneas mejoradas de amaranto. Chapingo, Méx. 1985.

Tratamientos	Días a madurez	Rendimiento por planta (gr)	% Proteína en el grano	% Lisina en el grano
2	155	62.25	14.2	7.6
4,12	152	31.5	14.7	6.2
13,8,9	140	20.32	14.3	5.36
7,10,6	136	38.3	14.8	5.63
15,5,11,14	125	19.26	15.2	6.2
3,1	116	8.82	15.9	5.6

\* Agrupados de acuerdo a la prueba de separación de medias.



**Figura 17.** Efecto del número de días a madurez sobre el rendimiento y contenido de proteína y lisina en el grano, en 15 líneas mejoradas de amaranto. Chapingo, Méx. 1985.

El tratamiento 7-K266 presentó semilla blanca y negra, - el tratamiento 14-K310, semilla blanca cristalina, los demás tratamientos tuvieron semilla de color blanca.

#### 4.2.2. Color de tallo.

El color verde con estrias rojas se manifestó en los tratamientos 1-K188, 3-K237, 7-K266, 11-K291, 12-K301 y 15-K323; Verde en los tratamientos 2-K209, 5-K254, 10-K283 y 13-K308; Púrpura en los tratamientos 4-K2-13, 8-K273 y 6-K255; Dorado en el 9-K277.

#### 4.2.3. Color y forma de hojas

Todos los tratamientos mostraron en general hojas de color verde y de forma rombica.

#### 4.2.4. Color de inflorescencia

Nueve tratamientos exhibieron inflorescencia de color -- rojo correspondiendo a las líneas: 1-K188, 3-K237, 4-K243, - 6-K255, 8-K273, 10-K283, 12-K301, 13-K308 y 15-K323.

La inflorescencia verde se observó en los tratamientos: 2-K209 y 5-K254; La de color rosa en los tratamientos -- 7-K266, 11-K291 y 14-K310; Y un tratamiento con panoja de -- color dorado, el 9-K277.

#### 4.2.5. Forma de inflorescencia

Predominó la forma de panícula con ramas largas en diez tratamientos siendo los siguientes: 1-K188, 2-K209, 3-K237, 4-K243, 7-K266, 8-K273; 10-K283, 11-K291, 12-K301 y 14-K310; panículas con ramas cortas en cuatro tratamientos: 5-K254, 9-K277, 13-K308 y 15-K323; agrupación en la punta, solamente el tratamiento 6-K255.

#### 4.2.6 Densidad de inflorescencia

En general las líneas mejoradas muestran una densidad compacta en diez tratamientos: 1-K188, 3-K237, 4-K243, 6-K243, 7-K266, 8-K273, 11-K291, 12-K301, 13-K308, y 14-K310; densidad intermedia en cinco tratamientos que fueron: el 2-K209, 5-K254, 9-K277, 10-K283 y 15-K323.

#### 4.2.7. Índice de ramificación lateral

Se observó que predominó la forma de ramas largas a lo largo del tallo, teniendo nueve tratamientos en esta categoría siendo los siguientes: 1-K188, 3-K237, 4-K243, 6-K255, 7-K266, 8-K273, 11-K291, 12-K301 y 14-K310; la variable muchas ramas en la base de tallo, se apreció en los tratamientos: 2-K209, 5-K254, 9-K277, 13-K308 y 15-K323; el tratamiento 10-K283 presentó la forma de pocas ramas en la base del tallo.

Estas tres últimas variables están influenciadas por la densidad de siembra, en altas densidades disminuye el número de ramas laterales y su tamaño, y el grano se concentra en la panoja central, en bajas densidades la ramificación lateral aumenta, es más abierta y el grano no se concentra en las panojas centrales (Duncan, 1981; Trinidad, 1980).

La importancia de evaluar las tres características anteriores radica en que si se desea incrementar el cultivo del amaranto, bajando los costos de producción por medio de la mecanización, son deseables materiales que presenten pocas ramas en el tallo ó que sean cortas, que el grano se concentre en la panoja central.

#### 4.2.8. Incidencia de barrenador

No se pudo identificar la plaga que barrena los tallos, la incidencia del daño se encontró a tres niveles siendo los siguientes:

Daño severo únicamente el tratamiento 5-K254; con mucho daño los tratamientos: 1-K188, 2-K209, 3-K237, 6-K255, 7-K266, 8-K273, 9-K277, 10-K283, 11-K291, 12-K301, 13-K308, 14-K310 y 15-K323; con daño moderado el tratamiento 4-K243.

Al analizar los resultados de esta variable y relacionándolos con las otras variables, no se encontró ningun-

na relación o tendencia, al parecer el ataque del barrenador no obedece a un patrón definido en el que se pueda asociar al barrenador con algún tipo de tallo en especial, color, grosor, altura de planta, días a madurez, etc.

A pesar que todos los tratamientos fueron atacados, en general las plantas no manifestaron en su aspecto mucho daño y aún así fueron capaces de producir grano, por ejemplo el tratamiento 5-K254 con daño severo rindió 16.75 gr/planta, en cambio el tratamiento 3-K237 que tenía mucho daño produjo únicamente 4.45 gr/planta. Los tratamientos más rendidores como el 6-K255, 2-K209, 4-K243, 7-K266 y 12-K301, presentaron mucho daño, no obstante obtuvieron buenos rendimientos, lo cual parece indicar que tienen tolerancia al daño por barrenador y capacidad para producir buenos rendimientos, esto sugiere también que si se llegara a controlar el daño por el barrenador, potencialmente sus rendimientos pueden ser mayores. En los demás tratamientos el ataque del barrenador debe considerarse como un factor que contribuyó a su bajo rendimiento.

#### 4.2.9. Daño por mancha negra

Los tratamientos que no manifestaron síntomas por mancha negra fueron los siguientes: 4-K243, 6-K255, 7-K266, 8-K275, 9-K277, 12-K301 y 13-K308; con poco daño el tratamiento 10-K283; daño moderado los tratamientos 1-K188, 2-K209.

3-K237, 11-K291, 14-K310 y 15-K323: mucho daño al tratamiento 5-K254.

Las líneas sanas, pese a que estaban bajo las mismas condiciones ambientales (planta-patógeno-ambiente favorable) no se enfermaron, lo cual sugiere que estos tratamientos muestran inmunidad al ataque del hongo. Los tratamientos 2-K209, 14-K310 y 15-K323 presentaron tolerancia al ataque por el hongo, puesto que teniendo el daño obtuvieron rendimientos arriba o igual a 20 gr/planta, los demás tratamientos reflejaron susceptibilidad al daño por mancha negra y posiblemente este fitopatógeno, en algunos casos contribuye a los bajos rendimientos de grano.

Es interesante resaltar lo siguiente, las líneas más tardías (136 a 152 días) no presentaron o tuvieron poco daño por mancha negra, mientras que las más precoces sufrieron (116 a 127 días) daño moderado y mucho daño.

Los tratamientos más tardíos, son los que tenían en general, los tallos más gruesos, por ejemplo, los tratamientos 4-K243 y 12-K310 presentaron 152 días a la madurez y el grosor de sus tallos fue de 2.0 cm de diámetro, esto indica que al parecer los tratamientos con tallo grueso fueron los que presentaron inmunidad al ataque del hongo, los tratamientos 7-K266 y 8-K273 tuvieron tallos sanos, sin embargo el grosor de sus tallos fue menor a los 2.0 cm y los días a madurez variaron de 136 a 140 días.

El tratamiento 6-K255 obtuvo el mayor diámetro de --  
tallo e inmunidad a la mancha negra, pero no fue tardío. --  
Esto plantea la posibilidad de que un medio de resistencia --  
al ataque de la mancha negra por el hongo Phoma longissima --  
sería seleccionar tipos con tallos gruesos.

Una explicación a éste hecho es que un tallo grueso --  
quizas presente paredes epidérmicas más gruesas, más ligni --  
ficadas posiblemente una cutícula resistente o gruesa que --  
impida la penetración del hongo ya sea por medio mecánico ó  
enzimático, ésta es una conjetura que deberá comprobarse am --  
pliamente, ya que a pesar que los resultados parecen indicar  
la tendencia explicada, no son muy claros y concluyentes, se  
sugiere se profundice en investigar las razones por las que  
ciertas líneas presentaron daño y otras no.

#### 4.2.10. Acame

Para esta variable se observaron los siguientes ca --  
sos, sin acame los tratamientos: 2-K209, 6-K255, 9-K277, --  
12-K301 y 13-K308; bajo acame los tratamientos: 1-K188, --  
3-K237, 4-K243, 7-K266, 8-K273, 10-K283, 11-K291, 14-K310 y  
15-K323; acame moderado, únicamente el tratamiento 5-K254.

Con excepción del tratamiento 2-K209, las líneas que  
no manifestaron daño por mancha negra, tampoco mostraron aca  
me sin embargo el tratamiento 8-K273 no exhibió mancha negra,

pero su acame fue bajo. Cabría haber esperado que al conjun-- garse el ataque del barrenador y de la mancha negra, el tallo se debilitara y se hubiera trozado o acamado, no obstante -- hubo casos en que se observaron los dos daños y las plantas no se acamaron como el tratamiento 2-K209, en cambio los trata-- mientos 7-K266 y 8-K273 únicamente presentaron daño por barre-- nador y también se acamaron, aunque en menor grado.

El tratamiento 5-K254 con daño severo por barrenador, mucho daño por mancha negra y acame moderado, sugiere que al manifestarse el mayor daño por las dos plagas, el tallo se -- debilitó dando por consecuencia el mayor porcentaje de acame. De lo anterior se desprende que al observarse los daños tanto por el barrenador como por mancha negra, hay cierta predispo-- sición al acame.

#### 4.3 Discusión final

Retomando para su análisis las variables cuantitati-- vas y cualitativas, se observa que existieron respuestas con-- trastantes para cada carácter, no obstante para ciertas varia-- bles no se encontraron diferencias estadísticamente signifi-- cativas como el caso de longitud de inflorescencia, grosor de tallo, y largo de hojas, manifestandose en cambio mucha varia-- ción para las variables altura de planta, días a madurez y -- rendimiento por planta.

La evaluación del comportamiento agronómico de las líneas permitió identificar varias características favorables de interés práctico:

La altura exhibida por estas líneas favorece la cosecha mecánica; dentro del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), se está estudiando la mecanización del cultivo, como una alternativa dentro de un proceso de producción no tradicional, para ello se requieren genotipos de porte bajo. Sin embargo, bajo las condiciones actuales en las que se siembra el amaranto, podría usarse estas líneas y aprovechar la ventaja de su altura para aumentar la densidad de siembra, e incrementar las fertilizaciones, sin peligro de que se acamen las plantas por el peso de las panojas.

En relación a días a madurez se encontraron líneas precoces y también con rendimientos iguales o superiores a los 20 gr. por planta; El contenido de proteína y lisina en el grano de todas las líneas registró valores superiores a los reportados en los cereales comunes.

Dentro de las características indeseables se pueden mencionar la excesiva ramificación de las plantas, además el daño ocasionado por el barrenador del tallo y por la mancha negra en cierta forma pudo predisponer a que existiera mayor número de tratamientos con acame, si bien esto último no fue muy alto lo ideal sería que no ocurriera.

Prácticamente los mejores tratamientos, considerando sus días a madurez, rendimiento, valor nutritivo y sanidad (por su altura todos son recomendables) fueron nueve, -- pero no todos reunieron las mejores características.

De ciclo precoz (menor o igual a 135-140 días a la madurez) los tratamientos siguientes: 6-K255, 7-K266, 14-K310, 8-K273, 9-K277 y 15-K323; de estos, el mejor tratamiento por su alto rendimiento, sanidad y ausencia de acame es el 6-K255.

Las mejores líneas tardías (152-155 días a madurez) fueron: 2-K209, 12-K301 y 4-K243. Siendo mejor la 2-K209 -- por su rendimiento y ausencia de acame, pero mostró daño por Phoma Longissima.

Los tratamientos seleccionados fueron los que mostraron mejor respuesta a las condiciones ecológicas de Chapingo, en el verano de 1985, sin embargo esto no quiere decir que -- sean las mejores líneas y que están adaptadas a Chapingo; -- todas las líneas nuevamente deberán probarse en otros ambientes y evaluarse durante más ciclos, con el fin de tener un registro más confiable de su comportamiento.

Los resultados discutidos hasta aquí, permitieron -- cumplir con el objetivo planteado y aceptar la hipótesis de trabajo.

La utilidad práctica e inmediata que se puede obtener de este trabajo es que a partir del material selecciona-

do, y de los subsiguientes, se efectuen ensayos de rendimiento en parcelas de agricultores y probar que son superiores -- a las variedades criollas; otra opción es que sirvan como base dentro del programa de mejoramiento genético que esta llevando a cabo el INIFAP para iniciar trabajos de hibridación -- con los mejores materiales locales para combinar características favorables, o bien realizar selecciones individuales -- de plantas sobresalientes.

## V. CONCLUSIONES

De acuerdo a los objetivos planteados, y a los resultados obtenidos bajo las condiciones en que se realizó este trabajo se puede concluir lo siguiente:

1. Todas las líneas mejoradas crecieron, florecieron y produjeron grano en las condiciones de Chapingo, México, no obstante de provenir de altas latitudes. Esto se debió a que tienen gran potencial genético para adaptarse a diferentes ambientes, y a que la fuente original de germoplasma fue colectada en bajas latitudes.
2. Se observó una tendencia general entre las líneas: los tratamientos precoces fueron los menos rendidores de grano por planta, con mayor contenido de proteína, pero con mayor contenido de lisina en el grano, sucediendo lo contrario en los tratamientos tardíos. Sin embargo el comportamiento del tratamiento 6-K255 sugiere que es posible obtener líneas precoces de alto rendimiento y con buen contenido de proteína y lisina en el grano.
3. Los tratamientos 13-K308 y 12-K301 mostraron diferentes alturas en Pennsylvania y en Chapingo, en cambio el tratamiento 5-K254 exhibió el mismo comportamiento. Las alturas manifestadas por los dos primeros tratamientos -

sugieren un efecto del fotoperiodo por el cambio latitudinal. El último tratamiento refleja posiblemente ser insensible al fotoperiodo. En ambos casos influyeron otros factores ambientales que no se estudiaron.

4. Las principales componentes que estuvieron asociadas con el rendimiento de grano por planta fueron: Grosor de tallo, largo y ancho de hojas y días a madurez; el contenido de proteína estuvo asociada a las mismas componentes de rendimiento de grano pero en forma negativa
5. Los mejores tratamientos por rendimiento y precocidad fueron los siguientes: 6-K255, 7-K266, 8-K273, 9-K277, 14-K310 y 15-K323. De los anteriores el más sobresaliente por su rendimiento y por no presentar acame y daño por mancha negra es el 6-K255. De ciclo tardío los mejores tratamientos fueron: 2-K209, 4-K243 y 12-K301. Destacando por su rendimiento el 2-K209, que no se acamó pero presentó daño por mancha negra.

Todos los tratamientos evaluados sobresalen por su baja altura de planta y por el gran valor nutricional del grano que supera al de los cereales comunes

6. Todas las líneas exhibieron ataque por barrenador, pero no todas sufrieron daño por mancha negra. Este comportamiento parece indicar que existe capacidad genética entre ciertas líneas para ser inmunes al ataque del hongo Phoma longissima. Si bien los resultados no son muy claros, -- las líneas que no manifestaron daño por el patógeno, están asociadas a tallos gruesos, posiblemente esto fue un mecanismo de resistencia por efecto de una epidermis más gruesa y lignificada.

Los resultados presentados, permitieron cumplir con los objetivos planteados en esta investigación. En relación a la hipótesis se observó gran variación genética para varios caracteres agronómicos importantes como rendimiento de grano, precocidad, valor nutritivo, ataque de barrenador, mancha negra y acame, reflejando como tal diversos grados de adaptación a las condiciones ecológicas de Chapingo, por tal motivo no se rechaza la hipótesis planteada.

Se sugiere que todas las líneas se prueben en diferentes ambientes, en más años y con mayor número de repeticiones, para tener datos más confiables. El hecho de que ciertas líneas se muestren sobresalientes, no significa que sean las más adaptadas, en todo caso los resultados son válidos para la zona de Chapingo y para un año en particular.

VI. BIBLIOGRAFIA

- Aguilar, J y F. Alatorre. 1978. Monografía de la planta de la -  
Alegría. Grupo de estudios ambientales. a.c. 1(1): -  
157-203.
- Anónimo 1974. Diccionario Médico. Salvat editores. 2a. ed. Espa-  
ña. pp 174.
- Alejandre, I. G. 1981. Fertilización y densidad de población en  
Amaranthus hypochondriacus L. Tesis profesional. Uni-  
versidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- Alexopoulos, C.J. 1979. Introducción a la micología. Eudeba Ma-  
nuales, 3a. ed. Argentina. pp 392-409.
- Almaguer, G.J.L. 1974. Influencia de fertilización sobre el ren-  
dimiento y contenido de proteína en maíz (Zea mays -  
L.) bajo riego en el municipio de Apodaca Nuevo --  
León. Tesis profesional. Universidad Autónoma de --  
Nuevo León.
- Alvarado, M.J. 1976. Dinámica de la extracción de NPK y de algu-  
nos parámetros fisiológicos en asociación con Simsia  
amplexicaulis (Cav) pers. y Amaranthus sp. en dos --  
densidades de población con frijol. Tesis de Maes-  
tría. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- Arellano, V.J.L. 1984. Notas del curso de fisiotécnica. Sin publi-  
car. F.E.S. Cuautitlán. Ingeniería Agrícola. UNAM, -  
México.
- Benson, L. 1957. Plant classification. D.C. Hart and Company. --  
Boston. U.S.A. pp 196-198.

- Carlsson, R. 1979. Quantity and quality of Amaranthus grain from plants in temperate; cold and hot, and subtropical climates. A Review. Proc. Second Amaranth Conference. Rodale press. Pa. pp. 48-57.
- Castillo, G.F. 1980. El rendimiento de grano en sorgo (Sorghum bicolor (L) Moench) Su relación con los períodos de desarrollo y otros caracteres. Efectos de aptitud combinatoria. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- Cervantes, S.J.M. 1982. Evaluación nutricional de alegría (A. hypochondriacus L.) como alimento para rumiantes. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Chapingo. México.
- Cole, J.N. 1979. Amaranth from the past for the future. Rodale press. Emmaus. Pa. 311 p.
- Cunnard, A. 1977. Amaranth agronomy 1975-1976 In: Amaranth Round Up. Rodale. Pa. pp 35-36.
- Duncan, A.E. and B. Volak. 1979. Grain amaranth optimization of field population density. Proc. Second Amaranth Conference. Rodale press. Pa. pp 99-104.
- \_\_\_\_\_. 1980. Grain amaranth: characteristic and culture. New crops Dept. Organic Gardening and Farming Research Center. Rodale press. Pa.
- \_\_\_\_\_. 1981. The effect of plant density on the agronomic qualitis of Amaranthus cruentus, A. hypochondriacus, A. hybridus and A. caudatus. New crop dept. Organic Gardening and Farming Research Center. Rodale press. Pa.

- Early, K.D. 1977. Cultivation and uses of amaranth in contemporary México. Proc. First Amaranth Seminar. Rodale - press. Pa. pp 39-58.
- Elias, J. 1977. Food value of amaranth greens and grains; Proc. First Amaranth Seminar. Rodale press. Pa. pp 17-38.
- Espitia, R.E. 1984a. Plagas y enfermedades del cultivo del amaranto (Amaranthus spp) en México. Primer Seminario Nacional del Amaranto. Chapingo, México (en prensa).
- \_\_\_\_\_. 1984b. Situación actual y problemática del cultivo del amaranto en México. Primer Seminario Nacional del Amaranto. Chapingo, México (en prensa).
- \_\_\_\_\_. 1986. Informe final sobre estudios agronómicos de amaranto en México: período de 3 de enero de 1983 - a 2 de enero de 1986. CAEVAMEX, INIFAP. 48 p.
- Evans, L.T., I.F. Wardlaw. 1976. Aspects of the comparative -- physiology of grain yield. In cereal crops. Adv. - in agron. 28: 301-359, Trad. Arellano, V.J.L. sin - publicar.
- Feine, L.B., R.R. Harwood., C.S. Kauffman and J.P. Senft. 1979. Gentle giant of the past and future. In: New agricultural crops. Gary A. Ritchie ed. A.A.A.S. Selected symposium. pp. 41-63.
- Galvan, G.F.M. 1977. Efecto de la fertilización foliar nitrogenada en la planta de maíz, sobre el contenido de -- proteína, lisina y triptófano en el endospermo del maíz (Zea mayz L) variedad N.L. us-1. Tesis profesional. Universidad Autónoma de Nuevo León.

- García, E. 1980. Apuntes de climatología. 3a. ed. Offset Larios. México, D.F. 153 p.
- García, M.L., Torres, B.C. 1978. Fertilización con NP sobre el rendimiento de cuatro variedades de trigo en el valle de Mexicali. Agricultura Técnica de México 2(4):115-126.
- Gómez, L.F. 1984. Recursos alimentarios potenciales de las zonas áridas. En: Reyna, T.T. ed. Seminarios sobre la alimentación en México. Instituto de Geografía UNAM. pp 103-110,111.
- González, L.C. 1977. Introducción a la fitopatología. IICA. San José, Costa Rica. 148 p.
- Grubben, G.J.H. 1979. Cultivation methods and growth analysis of vegetable amaranth, with special reference to south Benin. Proc. Second Amaranth Conference. Rodale press pp 63-67.
- Grubben, G.H.H., and D.H. Sloten. 1981. Genetic resources of amaranth. IBPGR. FAO-ONU, Roma, Italia. pp. 26-34.
- Haberern, J. 1977. Review of amaranth research. At new farm 1974-1977. Proc. First Amaranth Seminar. Rodale press. Pa. pp. 63-69.
- Hanson, H., N.E. Borlaug, and R.G. Anderson 1982. Wheat in the third world. Westview press. Colorado. U.S.A. 174 p.
- Harwood, R. 1977. Panel discussion (Abstract). Proc. First amaranth Seminar. Rodale press. Pa. pp. 101-104.

Hauptli, H., 1977. Agronomic potential and breeding strategy for grain amaranths. Proc. First amaranth seminar. Rodale press. Pa. pp. 71-78.

Hauptli, H., and S.K. Jain. 1978. Biosystematics and agronomic potential of some weedy and cultivated amaranths. - Theoretical and applied genetics. 52: 177-185.

\_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, 1984. Genetic Structure of landrace population of the new world grain amaranth. Euphytica. 33: 875-884.

\_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, 1985. Genetic variation in outcrossing rate and correlated floral traits in a population of grain amaranth (Amaranthus cruentus L.) Genetica. -- 66: 21-27.

Unziker, A. 1943. Las especies alimenticias de Amaranthus y chenopodium cultivadas por los indios de América. - Revista Argentina de Agronomía. 10(4): 297-353.

\_\_\_\_\_. 1952. Los pseudo-cereales de la agricultura indígena de América. Buenos Aires, Argentina.

Jain, S.K., H. Hauptli, and K.R. Vaidya. 1982. Outcrossing rate in grain amaranth. J. Heredity. 73: 71-72.

Kauffman, Ch. S. 1979. Grain amaranth research: an approach to the development of a new crop. Proc. Second Amaranth Conference. Rodale press. Pa. pp. 81-90.

\_\_\_\_\_, 1981. Grain amaranth varietal improvement: Breeding program. Organic gardening and farming research center Rodale press. 24 p.

- \_\_\_\_\_, and C. Reider. 1984. Rodale amaranth germ plasm collection. New crops. Department Rodale Research Center. Rodale press. 114 p.
- Leandro, M.A. 1969. Bromatología. Tomo II. ed. Universitaria de Buenos Aires, Argentina. pp. 7-8.
- López, M.C. 1938. Estudio analítico de la semilla del Amaranthus paniculatus (alegría). Tesis profesional. Escuela Nacional de Ciencias Químicas. UNAM. (microfilm).
- López, R.G.G. 1984. El sistema agrícola de chinampas de San Gregorio Atlapulco, Xochimilco, D.F. y su trascendencia como centro de domesticación de la verdolaga (Portulaca oleracea) y semidomesticación del romerillo (Suaeda diffusa Wats). Tesis profesional. ENEP - Iztacala. UNAM.
- MacNeish, R.S. 1964. El origen de la civilización mesoamericana visto desde Tehuacán. Departamento de prehistoria. I.N.A.H. México. 36 p.
- Massieu, H.G., Guzmán, G.J., Olivera, B.H., Cabrito, R.O. 1959. Contribución adicional al estudio de la composición de los alimentos mexicanos. Ciencia. 19 (4-5): 53:66.
- Medina, D.E.K. 1982. Estudio sobre densidades de siembra y fertilización con nitrógeno y fósforo, en el cultivo de amaranto (A. hypochondriacus L). Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- Mejia, O.J. 1985. Familia Amaranthaceae. Alergia 32 (1): 17-21.
- Mera, O.F. y Vidal, L.E. 1985. Efecto de la fórmula de producción sobre las componentes de rendimiento en dos va--

riedades de maíz de riego. Tesis profesional F.E.S. Cuautitlán. UNAM.

Mis, U.V.M. 1985. Efecto del fotoperíodo natural sobre el cultivo del amaranto (Amaranthus spp) en Chapingo, México. Tesis profesional. SEP. DGETA.

Misra, P.S., M. Pal., C.R. Mitra and T.N. Khoshoo. 1971. Chemur-  
gic studies on some diploid and tetraploid grain --  
Amaranths. Reprinted from the proceedings of the --  
Indian Academy of Science. Vol LXXIV.(3B): 155-159.

Montgomery, R., R.L. Dryer., T.W. Conway., y A.A. Spector. 1979.  
Bioquímica Médica. Salvat. España pp 545-584.

Morales, P.J., Granados, S.D., Martínez, H.J. de Jesús. 1984. Re-  
puesta del amaranto (Amaranthus hypochondriacus L) a -  
la fertilización química y orgánica en condiciones de  
temporal en dos áreas del Estado de Tlaxcala. Primer-  
Seminario Nacional del Amaranto. Chapingo, México. -  
pp.316-340.

National Research Council. 1984. Amaranth; Modern prospects for  
an ancient crop. National academy press. Washington -  
D.C. pp. 1-53.

Núñez, E.R., Laird, R.J., Hernández, S.R., Arvizu, R.Z. 1960. --  
Variaciones en la humedad del suelo durante el ciclo -  
del trigo en el Bajío y su influencia en varias caracte-  
rísticas del cultivo. SAG-OEE. México. Folleto --  
técnico No. 38. 62 p.

Oke, O.L. 1979. Amaranth in Nigeria. Second Amaranth Conference,  
Rodale press. Pa. pp 22-30.

- Pal, M. 1972. Evolution and improvement of cultivated Amaranths. Breeding system and inflorescence structure. Reprinted from the proceedings of the Indian National Science Academy. Vol 38B (1-2): 28-37.
- \_\_\_\_\_ and T.N. Khoshoo. 1974. Grain Amaranths. In: Joseph Hutchinson ed. Evolutionary studies in world crops. Diversity and change in the Indian Subcontinent. Cambridge. University press. pp. 129-136.
- Poey, D.F.R. 1972. Mejoramiento genético de la calidad nutritiva del maíz. En: Simposio sobre desarrollo y utilización de maíces de alto valor nutritivo. Memoria. México. pp 69-83.
- \_\_\_\_\_. 1978. Mejoramiento integral del maíz. Valor nutritivo y rendimiento: hipótesis y métodos. SARH, Colegio de Posgraduados. Chapingo, México. 206 p.
- Reyna, T.T. 1984. Requerimientos climáticos para el cultivo del amaranto (Amaranthus spp) en México. Primer Seminario Nacional del Amaranto. Chapingo, México pp. 168-177.
- Rojas, R.T. 1983. La agricultura chinampera: Compilación histórica. Colección de cuadernos universitarios, Universidad Autónoma de Chapingo, pp.202-204.
- Sánchez, M.A. 1980. Potencial agroindustrial del amaranto. CEESTEM. México. 238 p.
- \_\_\_\_\_. 1984. Perspectivas biotecnológicas del sistema amaranto. Primer Seminario Nacional del Amaranto, Chapingo, México. pp. 28-48.

- Sauer, J.D. 1950. The grain amaranths: A survey of their history and classification. Ann. of the Missouri Botanical Garden. 37: 561-632.
- \_\_\_\_\_. 1967. The grain amaranths and their relatives: A revised taxonomic and geography survey. Ann. of the Missouri Botanical Garden. 54(2):103-137.
- \_\_\_\_\_. 1976. Grain amaranths. Amaranthus spp (Amaranthaceae) In: Simmonds, N.W. ed. Evolution of crop plants. pp. 4-6.
- \_\_\_\_\_. 1977. The history of grain Amaranths and their use and cultivation around the world. Proc. of the First Amaranth Seminar. Rodale press. Pa. pp.9-13.
- Schmidt, D. 1977. Grain Amaranth; A look at potentials. Proc. First Amaranth Seminar. Rodale press. Pa. pp.121-230.
- Secretaria de Programación y Presupuesto. 1981. Síntesis geográfica del Estado de México. 1974 p.
- Sellerier, E.A. 1952. Contribución al estudio de alimentos mexicanos (Amaranthus paniculatus var leucocarpus. saff). Tesis profesional. Escuela Nacional de Ciencias Químicas. UNAM.
- Senft, J.P. 1979. Protein quality of amaranth grain. Proc. Second Amaranth Conference. Rodale press. Pa. pp. 43-47.
- Servicio Meteorológico Nacional. 1980. Normales climatológicas SAG. 799 p.
- Torres, S.S. 1971. Influencia de la fertilización química sobre el rendimiento y contenido de proteína de ocho varie-

dades de trigo en Rio Bravo. Tamaulipas. Tesis Profesional. Escuela Nacional de Agricultura, Chapingo, México.

- Trinidad, S.A. 1980. Efecto del nitrógeno y fósforo y densidad de población en el cultivo de la alegría (A. hypochondriacus). Avances en la enseñanza y la investigación. Centro de Edafología. Colegio de Posgraduados. Chapingo, México. pp. 140-142.
- Tucker, J.B. 1986. Amaranth; the once and future crop. Bioscience 36(1): 9-13.
- Vietmeyer, N. 1982. Nueva gloria del amaranto. CERES. 15(5): 43-46.
- Walker, E. 1979. Tablas de horas luz. CIAN-INTA-CAE. Laguna. México.
- Waltón, P.D. 1968. The use of Amaranthus caudatus in simulating the breeding behavior of comercial Gossypium sp. J. Heredity 59(1):17-18.
- Watt, J.M. 1962. The medicinal and poisonous plants of southern and Easter. Africa. Livingston LTD. pp. 13-18.

V I I . A P E N D I C E

Cuadro 1.A. Composición química de las semillas de amaranto y trigo

Especies	Humedad gr %	Cenizas gr %	Proteínas gr %	Grasas gr %	F.cruda gr %	Ca mg %	P mg %	Fe mg %	Tiamina mg %	Riboflavina mg %	Niacina mg %
<u>A. paniculatus</u>	10.6	2.74	14.62	5.99	0.54	214	611	10.92	0.26	0.15	0.85
TRIGO NAZAS 48	9.9	1.63	12.94	2.31	1.83	64	396	4.03	0.36	0.05	4.63

Fuente: Massieu et al., 1959.

Cuadro 2.A. Composición química de las semillas de amaranto y otros granos.

Especies	Humedad gr %	Proteína gr %	Grasas gr %	Carbohidratos gr %	Fibra gr %	Cenizas gr %	Tiamina mg %	Riboflavina mg %	Niacina mg %	Acido ascórbico mg %	Calorías
<u>Amaranthus spp</u>	11.3	14.5	7.5	60.4	7.5	2.9	0.14	0.32	1.0	3.0	382
<u>A.hypochondriacus</u>	9.4	15.3	7.1	62.7	2.9	2.6	---	---	---	---	391
MAIZ AMARILLO	10.6	9.4	4.3	74.4	1.8	1.3	0.43	0.10	1.9	huellas	361
AVENA	8.3	14.2	7.4	68.2	1.2	1.9	0.60	0.14	1.0	0	390
ARROZ	12.0	7.5	1.9	77.4	0.9	1.2	0.34	0.05	4.7	0	360
FRIJOL (Negro)	11.2	22.3	1.5	61.2	4.4	3.8	0.55	0.20	2.2	---	339
SOYA	10.0	34.1	17.7	33.5	4.9	4.7	1.10	0.31	2.2	---	403

Fuente: Elias, 1977.

Cuadro 3.A. Efecto de la especie, tipo, color y cubierta de la semilla, sobre la calidad nutritiva del amaranto.

No. Colectas	Especie	Tipo	Color	Testa	Proteína %	Lisina %	Triptofano %	Cenizas %	F.c. %
3	hypoch	Azteca	Negro	Opaca	14.41	5.14	1.38	2.23	7.10
9	hypoch	Azteca	Blanco	Opaca	14.09	6.43	1.53	3.18	2.07
5	hypoch	Mercado	Dorada	Opaca	14.41	6.67	1.56	3.85	2.32
2	hypoch	Mercado	Blanco	Opaca	13.93	6.91	1.56	4.21	2.49
3	hypoch	Nepal	Negro	Opaca	13.74	4.24	1.23	4.26	8.33
3	hypoch	Nepal	Blanca	Opaca	14.59	7.32	1.51	3.48	2.50
9	cruentus	Mexicano	Blanca	Opaca	14.50	6.22	1.50	2.05	2.24
8	cruentus	Mexicano	Blanca	Cristalina	14.22	6.08	1.50	3.38	1.84
6	cruentus	Africano	Negro	Opaca	14.9	4.13	1.25	3.87	7.72
5	hybridus	Prima	Negra	Opaca	14.08	4.54	1.26	3.91	6.38

Fuente: Espitia, 1986.

Cuadro 4.A. Comparación del valor alimenticio de las hojas de amaranto y espinaca. gr/100 gr de peso fresco

Especies	Proteína	Grasa	Carbohidratos	Fibra	Cenizas
AMARANTO	1.5 - 5.6	0.1-0.8	4.5-17.9	1.0-2.1	1.0-2.5
ESPINACA	3.2	0.3	4.3	0.6	1.5

Fuente: Feine et al., 1979.

Cuadro 5.A. Contenido de minerales en amaranto y espinaca mg/100 gr de peso seco.

Especies	Ca	P	Fe	Na	K
AMARANTO	146-476	45-123	2.2 - 16.0	4-115	411-575
ESPINACA	93	51	3.1	71	470

Fuente: Feine et al., 1979



Cuadro 7.A. Análisis de varianza de altura de planta

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F.c.	F.t. .05	F.t. .01
TRATAMIENTOS	14	4512.362	322.311	3.64 <sup>**</sup>	2.48	3.70
REPETICION	1	177.147	177.147	2.0 <sup>n.s.</sup>	4.60	8.86
ERROR	14	1238.438	88.459			
TOTAL	29	5927.94				

\* = significativo

n.s. = no significativo

Cuadrado 8.A. Análisis de varianza de longitud de inflorescencia

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F.c.	F.t. .05	F.t. .01
TRATAMIENTOS	14	419.282	29.94	1.29 <sup>n.s.</sup>	2.48	3.70
REPETICION	1	6.53	6.533	0.28 <sup>n.s.</sup>	4.60	8.86
ERROR	14	325.716	23.265			
TOTAL	29	751.53				

n.s. = no significativo

Cuadro 9.A. Análisis de varianza para ancho de inflorescencia

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F.c.	F.t. .05	F.t. .01
TRATAMIENTOS	14	332.95	23.783	4.21 <sup>**</sup>	2.48	3.70
REPETICION	1	1.083	1.083	0.19 <sup>n.s.</sup>	4.60	8.86
ERROR	14	79.122	5.651			
TOTAL	29	413.155				

\*\* = altamente significativo

n.s. = no significativo

Cuadro 10A. Análisis de varianza de grosor de tallo

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F.c.	F.t. .05	F.t. .01
TRATAMIENTOS	14	1.918	0.137	1.69 <sup>n.s.</sup>	2.48	3.70
REPETICION	1	0.0003	0.0003	0.003 <sup>n.s.</sup>	4.60	8.86
ERROR	14	1.134	0.081			
TOTAL	29	3.033				

n.s. = no significativo

Cuadro 11.A. Análisis de varianza de largo de hoja

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F.c.	F.t. .05	F.t. .01
TRATAMIENTO	14	138.828	9.916	1.6 <sup>n.s.</sup>	2.48	3.70
REPETICION	1	18.408	18.408	2.97 <sup>n.s.</sup>	4.60	8.86
ERROR	14	86.716	6.194			
TOTAL	29	243.953				

n.s. = no significativo

Cuadro 12.A. Análisis de varianza de ancho de hoja

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F.c.	F.t. .05	F.t. .01
TRATAMIENTO	14	42.664	3.07	10.57 <sup>**</sup>	2.48	3.70
REPETICION	1	1.008	1.008	3.49 <sup>n.s.</sup>	4.60	8.86
ERROR	14	4.038	0.288			
TOTAL	29	243.953				

\*\* = altamente significativo

n.s. = no significativo

Cuadro 13.A. Análisis de varianza para días a madurez

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F.c.	F.t. .05	F.t. .01
TRATAMIENTOS	14	4394.866	313.919	775.56 <sup>**</sup>	2.48	3.70
REPETICION	1	0.833	0.833	2.05 <sup>n.s.</sup>	4.60	8.86
ERROR	14	5.666	0.404			
TOTAL	29	4401.366				

\*\* = altamente significativo

n.s. = no significativo

Cuadro 14.A. Análisis de varianza de rendimiento por planta

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F.c.	F.t. .05	F.t. .01
TRATAMIENTOS	14	9460.71	675.76	5.17 <sup>**</sup>	2.48	3.70
REPETICION	1	336.005	336.005	2.57 <sup>n.s.</sup>	4.60	8.86
ERROR	14	1828.65	130.6181			
TOTAL	29	11625.37				

\*\* = altamente significativo

n.s. = no significativo

Cuadro 15. A. Comparación de medias para altura de planta.

Tratamiento	Promedio	Significancia
9	116.8	A
1	114.3	A
8	112.95	A
2	110.8	A
4	107.65	AB
6	103.95	AB
13	103.00	AB
5	100.30	AB
12	99.60	AB
7	94.95	AB
11	91.30	AB
14	89.65	AB
10	88.30	AB
15	86.30	AB
3	70.80	B

DSH 0.05 % = 38

Promedios con la misma letra no son significativamente diferentes.

Cuadro 16.A. Comparación de medias para ancho de inflorescencia

Tratamiento	Promedio (cm)	Significancia
10	26.45	A
14	19.75	AB
7	19.60	AB
4	18.60	AB
6	18.60	AB
11	18.50	AB
15	17.35	AB
3	17.20	AB
2	16.95	AB
1	15.00	B
13	14.75	B
8	14.35	B
9	13.75	B
5	13.45	B
12	12.95	B

DSH 0.05% = 9.60

Promedios con la misma letra no son significativamente diferentes.

Cuadro 17.A. Comparación de medias para ancho de hojas

Tratamiento	Promedio (cm)	Significancia
6	8.30	A
2	7.70	AB
12	6.80	ABC
13	6.25	ABCD
10	6.05	BCD
9	6.05	BCD
8	5.85	BCD
7	5.50	CDE
4	5.35	CDE
15	5.15	CDE
14	5.05	CDE
5	4.90	CDE
11	4.65	CDE
1	4.30	DE
3	3.65	E

DSH 0.05 % = 2.16

Promedios con la misma letra no son significativamente diferentes.

Cuadro 18. A. Comparación de medias de días a madurez

Tratamiento	Promedio (cm)	Significancia
2	155	A
4	152	B
12	152	B
13	142	C
8	140	C
9	140	C
7	138	D
10	136	D
6	136	D
15	127	E
5	125.5	EF
11	124	F
14	124	F
3	116	G
1	116	G

DSH 0.05 % = 2.57

Promedios con la misma letra no son significativamente diferentes

Cuadro 19. A. Comparación de medias para rendimiento por planta

Tratamiento	Promedio (cm)	Significancia
6	72.45	A
2	62.25	AB
12	32.50	ABC
4	30.60	ABC
7	27.50	ABC
14	26.15	BC
8	25.90	BC
9	21.50	BC
15	20.60	BC
5	16.75	BC
10	14.95	C
13	13.55	C
11	13.55	C
1	13.20	C
3	4.45	C

DSH 0.05 % = 46.17

Promedios con la misma letra no son significativamente diferentes.