

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE AGRONOMIA



ESTUDIO DE LA ADAPTACION DE 8 GENOTIPOS DE
Amaranthus spp. EN 2 FECHAS DE SIEMBRA, BAJO
CONDICIONES DE RIEGO EN MARIN, NUEVO LEON,
PRIMAVERA-VERANO 1988.

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA
PRESENTA

PABLO LOPEZ SANCHEZ

MARIN, N. L.

JULIO DE 1990

T
SB191

.A4

L6

C.1



1080062200

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE AGRONOMIA



ESTUDIO DE LA ADAPTACION DE 8 GENOTIPOS DE
Amaranthus spp. EN 2 FECHAS DE SIEMBRA, BAJO
CONDICIONES DE RIEGO EN MARIN, NUEVO LEON,
PRIMAVERA-VERANO 1988.

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA
PRESENTA

PABLO LOPEZ SANCHEZ.

MARIN, N. L.

JULIO DE 1990

10435

mm

T
SB19
.A4
L6

040.63
FA11
1990
.5



Biblioteca Central
Magna Solidaridad

Tesis



UANL
FONDO
TESIS LICENCIATURA

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA

DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA

T E S I S

ESTUDIO DE LA ADAPTACION DE 8 GENOTIPOS DE
Amáranthus spp. EN 2 FECHAS DE SIEMBRA, BA
JO CONDICIONES DE RIEGO EN MARIN, N.L. PRI
MAVERA-VERANO 1988.

Elaborada por:

PABLO LOPEZ SANCHEZ

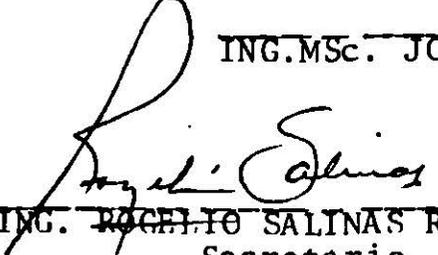
Aceptada y aprobada como requisito parcial
para optar por el titulo de:

INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

Comité Supervisor de Tesis:



ING.MSc. JOSE ELIAS TREVINO RAMIREZ
Presidente



ING. ROGELIO SALINAS RODRIGUEZ
Secretario



ING.M.C. JAIME ALSAPE BOTELLO
Vocal

MARIN, N.L.

JULIO DE 1990

DEDICATORIA

A MI PADRES:

SR. FLORENTINO LOPEZ LOPEZ

SRA. PETRA SANCHEZ DURAN

Con todo mi cariño y respeto, por haberme guiado y aconsejado durante mi trayectoria escolar.

A MIS HERMANOS:

JUAN IGNACIO (Q.E.P.D.). Aunque no estes conmigo te dedico este trabajo con todo mi corazón....

Gracias hermano.

JOSE MARIA

PEDRO

LEONARDO

MA. DE LOS ANGELES

EVANGELINA

CIAUDIO

MA. DEL ROSARIO

MA. DE LA LUZ

Por su apoyo brindado..... Gracias.

A MIS SOBRINOS, TIOS Y DEMAS FAMILIARES.

A LILEANA, por haber sido mi motivo de superación.

A MIS AMIGOS:

ING. MARIANO REYES LUCIO

ING. JAIME A. ALANIS CRISPIN

ING. RAUL PAZ MORALES

ING. ENRIQUE NAVARRO MATA
ING. M.C. APOLINAR AGUILION GALICIA
ING. M.C. JAIME ALDAPE BOTELLO
ING. RAMSES DAVILA GUZMAN
ING. ROGELIO SAJINAS RODRIGUEZ
ING. TIRSO TORRES GARCIA
ING. MARIC GUADALUPE GUAJARDO
ING. M.C. CRISTO REY ALVARADO
ING. MSc. JOSE ELIAS TREVIÑO
ING. RAMIRO HERNANDEZ VALERO
ING. RICARDO GUERRERO LOPFZ
ING. ANTONIO GAYTAN AGUIAR

A MIS AMIGAS:

MARTA, PATTY, YVONNE, DALIA, CLAUDIA, BRENDA, BETTY,
AIMA.

A LA SRA:

FRANCISCA RUIZ DE RAMIREZ (DOÑA PANCI'ITA)

Por su ayuda en momentos importantes de mi vida estudiantil.

A TODOS MIS COMPAÑEROS DE GENERACION.

A TODOS LOS MAESTROS DE LA F.A.U.A.N.L.

AGRADECIMIENTOS

AL ING. MSc. J. ELIAS TREVIÑO RAMIREZ, asesor principal,

Por su esmerada asesoría, buena amistad y sus consejos profesionales que tuvo hacia mi persona.

A LOS INGENIEROS ROGELIO SALINAS RODRIGUEZ Y JAIME ALDAPÉ BOTE LLO, asesores auxiliares.

Por el interés y apoyo brindado durante todo el desarrollo del trabajo.

AL INGENIERO EDUARDO ESPITIA RANGEL, asesor externo.

Quien proporcionó el material genético y bibliográfico -- para la elaboración del presente estudio.

AL CENTRO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA DE LA UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON (CIA--FAUANL) dirigido por el ING. M.C. LEONEL ROMERO HERRERA.

Por el apoyo económico y logístico para la realización -- del presente experimento.

AL DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA DE LA FAUANL.

Por la facilidad brindada para la realización del trabajo de campo.

AL CAMPO FITOTECNIA Y AL PMMFyS DE LA FAUANL.

Por su ayuda brindada en las labores de campo.

AL DR. CIRO G.S. VALDEZ LOZANO.

Por sus consejos y su preocupación por el aprendizaje de la base estudiantil, así como por la realización del Summary de este trabajo.

A LAS SRITAS. ROSSY Y CONNIE.

Quienes siempre mostraron un especial interés sobre mi -- persona y sobre la culminación de este trabajo.

"Cuando se contempla el Amaranto en la etapa actual se contempla el maíz hace 400 años. Tratamos de condensar en -- unos cuantos años lo que en términos - de desarrollo ocurrió con el maíz en - cuatro siglos".

Charles S. Kauffman.

INDICE

| | Pág. |
|--|------|
| I. INTRODUCCION..... | 1 |
| II. REVISION DE LITERATURA..... | 5 |
| 2.1. Resurgimiento del Amaranto..... | 5 |
| 2.2. Importancia del Amaranto..... | 7 |
| 2.2.1. A nivel general..... | 7 |
| 2.2.2. Nutritiva..... | 11 |
| 2.2.3. Económica..... | 13 |
| 2.2.4. Medicinal..... | 19 |
| 2.2.5. Religiosa..... | 20 |
| 2.2.6. Ecológica..... | 24 |
| 2.3. Origen..... | 26 |
| 2.3.1. Citogenético..... | 26 |
| 2.3.2. Geográfico..... | 31 |
| 2.4. Distribución..... | 35 |
| 2.4.1. Nacional..... | 35 |
| 2.4.2. Mundial..... | 46 |
| 2.5. Requerimientos ambientales..... | 49 |
| 2.5.1. Condiciones ambientales en Tulyehual teco, D.F..... | 51 |
| 2.5.1.1. Geología y suelos..... | 51 |
| 2.5.1.2. Clima..... | 52 |
| 2.5.2. Condiciones ambientales en Morelos.. | 52 |
| 2.5.3. Condiciones ambientales en Tlaxcala. | 52 |
| 2.5.4. Descripción de los requerimientos - ambientales..... | 55 |

| | Pág. |
|--|------|
| 2.5.4.1. Suelo y pH..... | 55 |
| 2.5.4.2. Humedad y precipitación... | 57 |
| 2.5.4.3. Temperatura..... | 59 |
| 2.5.4.4. Fotoperíodo..... | 59 |
| 2.5.4.5. Altitud..... | 60 |
| 2.5.4.6. Latitud..... | 61 |
| 2.6. Descripción Taxonómica..... | 62 |
| 2.7. Descripción Botánica..... | 65 |
| 2.7.1. Hojas, tallo, flor e inflorescencia. | 65 |
| 2.7.2. Semilla..... | 68 |
| 2.8. Fisiología del Amaranto..... | 72 |
| 2.9. Descripción de Especies..... | 80 |
| 2.9.1. Sección <i>Amaranthus</i> | 81 |
| 2.9.1.1. <i>A. hypochondriacus</i> | 81 |
| 2.9.1.2. <i>A. cruentus</i> | 83 |
| 2.9.1.3. <i>A. caudatus</i> | 85 |
| 2.9.1.4. <i>A. edulis</i> | 88 |
| 2.9.1.5. <i>A. hybridus</i> | 89 |
| 2.9.2. Sección <i>Blitopsis</i> | 91 |
| 2.9.2.1. <i>A. blitum</i> | 91 |
| 2.9.2.2. <i>A. tricolor</i> | 92 |
| 2.10. Descripción de Tipos..... | 92 |
| 2.10.1. Tipos de grano de <i>A. cruentus</i> | 93 |
| 2.10.1.1. Mexicano..... | 93 |
| 2.10.1.2. Africano..... | 94 |
| 2.10.1.3. Guatemalteco..... | 95 |

| | Pág. |
|---|------|
| 2.10.2. Tipos de grano de <u>A. hypochondriacus</u> . | 96 |
| 2.10.2.1. Nepal..... | 96 |
| 2.10.2.2. Mercado..... | 97 |
| 2.10.2.3. Azteca..... | 97 |
| 2.10.2.4. Picos..... | 98 |
| 2.10.3. Tipos de grano de <u>A. caudatus</u> | 98 |
| 2.10.3.1. Sudamericano..... | 98 |
| 2.10.3.2. Edulis..... | 99 |
| 2.10.4. Tipos de grano de <u>A. hybridus</u> | 100 |
| 2.10.4.1. Prima..... | 100 |
| 2.11. Usos del Amaranto..... | 100 |
| 2.11.1. Grano..... | 100 |
| 2.11.2. Forraje..... | 100 |
| 2.11.3. Ornamental..... | 110 |
| 2.11.4. Residuo de cosecha..... | 110 |
| 2.11.5. Nuevos usos..... | 111 |
| 2.12. Germoplasma..... | 112 |
| 2.12.1. Caracterización y evaluación de germplasma..... | 116 |
| 2.13. Mejoramiento Genético..... | 124 |
| 2.14. Investigación..... | 130 |
| 2.15. Situación actual y problemática del amaranto en México..... | 139 |
| III. MATERIALES Y METODOS..... | 145 |
| 3.1. Descripción del Sitio Experimental..... | 145 |
| 3.1.1. Localidad..... | 145 |

| | Pág. |
|---|------|
| 3.1.2. Clima de la Región..... | 145 |
| 3.1.3. Suelo..... | 147 |
| 3.1.4. Vegetación..... | 150 |
| 3.1.5. Agua..... | 150 |
| 3.2. Materiales..... | 151 |
| 3.2.1. Material genético..... | 154 |
| 3.3. Métodos..... | 155 |
| 3.3.1. Dimensiones del área experimental... | 156 |
| 3.3.2. Tratamientos..... | 156 |
| 3.3.3. Modelo estadístico..... | 157 |
| 3.4. Desarrollo del Experimento..... | 157 |
| 3.4.1. Preparación del terreno..... | 157 |
| 3.4.2. Siembra..... | 159 |
| 3.4.2.1. Rayado..... | 161 |
| 3.4.2.2. Siembra..... | 161 |
| 3.4.2.3. Tapado..... | 161 |
| 3.4.3. Riego..... | 161 |
| 3.4.4. Malezas..... | 165 |
| 3.4.5. Plagas..... | 165 |
| 3.4.6. Enfermedades..... | 168 |
| 3.4.7. Aclareo..... | 168 |
| 3.4.8. Escarda..... | 170 |
| 3.4.9. Aporque..... | 170 |
| 3.5. Cosecha..... | 171 |
| 3.5.1. Trilla..... | 171 |
| 3.5.2. Tamizado..... | 172 |

| | Pág. |
|---|------|
| 3.6. Variables Experimentales..... | 175 |
| 3.6.1. Rendimiento de grano..... | 175 |
| 3.6.2. Altura de planta..... | 175 |
| 3.6.3. Diámetro de tallo..... | 175 |
| 3.6.4. Número de hojas..... | 175 |
| 3.6.5. Longitud de panoja..... | 176 |
| 3.6.6. Número de espiguillas por panoja.... | 176 |
| 3.6.7. Número de espigas laterales..... | 176 |
| 3.6.8. Número de semillas por panoja..... | 176 |
| 3.6.9. Peso de cien semillas..... | 177 |
| 3.6.10. Índice de cosecha..... | 177 |
| 3.6.11. Peso seco del forraje..... | 177 |
| 3.6.12. Área foliar..... | 177 |
| 3.6.13. Días a floración..... | 178 |
| 3.6.14. Días a madurez fisiológica..... | 178 |
| IV. RESULTADOS..... | 179 |
| 4.1. Rendimiento de Grano..... | 179 |
| 4.2. Altura de Planta..... | 181 |
| 4.3. Diámetro de Tallo..... | 182 |
| 4.4. Número de Hojas..... | 182 |
| 4.5. Longitud de Panoja..... | 183 |
| 4.6. Número de Espiguillas por Panoja..... | 184 |
| 4.7. Número de Espigas Laterales..... | 185 |
| 4.8. Número de Semillas por Panoja..... | 186 |
| 4.9. Peso de Cien Semillas..... | 187 |
| 4.10. Índice de Cosecha..... | 188 |

| | |
|---|-----|
| 4.11. Peso Seco del Forraje..... | 189 |
| 4.12. Area Foliar..... | 190 |
| 4.13. Días a Floración..... | 192 |
| 4.14. Días a madurez fisiológica..... | 193 |
| 4.15. Correlaciones..... | 195 |
| | |
| V. DISCUSION..... | 201 |
| VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 227 |
| VII. RESUMEN..... | 231 |
| VIII. SUMMARY..... | 234 |
| IX. BIBLIOGRAFIA..... | 236 |
| X. APENDICE..... | 248 |

INDICE DE TABLAS Y FIGURAS

| Figuras del Texto. | Pág. |
|--------------------|---|
| 1 | Distribución del cultivo de amaranto en México 37 |
| 2 | Ubicación de la "Catedral de la Alegría y la Acci- tuna, Tulychualco, D.F..... 39 |
| 3 | Distribución de especies de amaranto a diversas al- titudes. 42 |
| 4 | Distribución geográfica del amaranto en la Repúbli- ca Mexicana. 44 |
| 5 | Distribución de especies de amaranto en algunos es- tados productores. 45 |
| 6 | Inflorescencia y estructura floral del amaranto.... 69 |
| 7 | Corte transversal y longitudinal que nos ilustra -- las partes de la semilla de <u>Amaranthus</u> spp..... 71 |
| 8 | Croquis del Campo Agrícola Experimental de la Facul- tad de Agronomía en Marín, N.L. donde se realizó el trabajo. "Estudio de la Adaptación de 8 genotipos - de <u>Amaranthus</u> spp. en 2 fechas de siembra bajo con- diciones de riego en Marín, N.L. ciclo primavera-ve- rano 1988"..... 146 |

9 Distribución de la precipitación mensual durante el desarrollo del experimento sobre el Estudio de la adaptación de 8 genotipos de Amaranthus spp. en 2 fechas de siembra bajo condiciones de riego en Marín, N.L. ciclo primavera-verano 1988 152

10 Temperaturas máximas, mínimas y medias mensuales que prevalecieron durante el experimento sobre - Estudio de la adaptación de 8 genotipos de Amaranthus spp. en 2 fechas de siembra bajo condiciones de riego en Marín, N.L. ciclo primavera verano 1988 153

11 Croquis experimental diseñado para la distribución al azar de los tratamientos en el campo y sus especificaciones, utilizado en el trabajo "Estudio de la adaptación de 8 genotipos de Amaranthus spp en 2 fechas de siembra bajo condiciones de riego en Marín, N.L. ciclo primavera-verano 1988" 158

- 12 Ilustra el surcado , la distancia entre surcos y la parte del surco donde se realizó la práctica del "rayado" en el experimento. "Estudio de la adaptación de 8 genotipos de Amaranthus spp en 2 fechas de siembra bajo condiciones de riego - en Marín, N.L. ciclo primavera-verano 1988".... 162
- 13 Vista frontal del bordo que nos muestra el "surco pequeño" formado por el "rayado" , así como - la tierra a utilizar para el tapado en el experimento. "Estudio de la adaptación de 8 genòtipos de Amaranthus spp en 2 fechas de siembra ba jo condiciones de riego en Marín, N.L. ciclo -- primavera-verano 1988"..... 163
- 14 Muestra como se llevo acabo la siembra de la semilla en los bordos de las parcelas del experi- mento..... 163
- 15 Se lleva a cabo el "tapado" del "surco pequeño" y posteriormente se procede a apisonar levemen- te la parte sembrada y tapada..... 163

- 16 A) Otiiorhynchus laevigatus, B) Llophloeus tessulatus.
Especies adultas que ejemplifican, el orden
y familia a la cual pertenece el gusano barrenador
que se presentó en este experimento atacando
a nuestro cultivo..... 167
- 17 A) Gorgojo de Bofil; B) Curculio del membrillo.
Tipos de larvas idénticas que nos servirán para
identificar al gusano barrenador que atacó las-
plantas de amaranto en este trabajo de investi-
gación..... 167
- 18 Escarabajo rayado ampollador (Epicauta lemnisca-
ta Fabricius), B) Epicauta vittata Fabricius y --
C) Epicauta Fáb. Son especies semejantes al defo-
liador que vulgarmente se le conoce como "Boti-
jon" o "Vinagrillo". .. 169
- 19 Esquema de larvas de Epicauta spp. que ayudan a
ejemplificar e identificar al defóliador que --
atacó de manera intensa a las plantas de Amaran-
to durante el desarrollo del experimento. "Estu-
dio. de la adaptación de 8 genotipos de Amaran-
thus spp en 2 fechas de siembra bajo condiciones
de riego en Marín, N.L. ciclo primavera-verano
1988"..... 169

| | | |
|----|--|-----|
| 20 | Estos son los 2 materiales utilizados para llevar a cabo la trilla de las espiguillas secas de amaranto..... | 173 |
| 21 | Nos ilustra el material utilizado para realizar la limpieza del grano mediante el "tamizado" -- del molido obtenido de la trilla de las espigu <u>i</u> llas en el experimento. Estudio de la adapta- - ción de 8 genotipos de <u>Amaranthus</u> spp en 2 fe- chas de siembra bajo condiciones de riego en Ma rín, N.L. ciclo primavera-verano 1988."..... | 173 |
| 22 | Abaco opcional obtenido en el experimento."Estu dio de la adaptación de 8 genotipos de <u>Amaran- thus</u> spp en 2 fechas de siembra bajo condicio- nes de riego en Marín, N.L. ciclo primavera-ve- rano 1988"..... | 174 |

FIGURAS DEL APENDICE

| | |
|--------------------|-----|
| Gráficas | 249 |
|--------------------|-----|

| Tablas del Texto. | Pág. |
|---|------|
| 1 Distribución del amaranto en México..... | 43 |
| 2 Distribución de las especies comunes de <u>Amaran-</u> <u>thus</u> | 50 |
| 3 Resultados del muestreo de suelos en el área ex perimental. "Las Rentas" Tulyehualco, D.F..... | 53 |
| 4 Características edafológicas y precipitación -- pluvial de Ixtacuixtla, Tlax..... | 54 |
| 5 Contenido de energía digerible para ovinos y bo vinos de diferentes especies de <u>Amaranthus</u> | 105 |
| 6 Especies de <u>Amaranthus</u> de la colección de INII/AP. | 115 |
| 7 Clasificación por especie y tipo de germoplasma caracterizado en 1984 y 1985..... | 118 |
| 8 Promedios de variables cuantitativas por espe- cie y tipo de germoplasma caracterizado en - - 1984..... | 121 |

| | | |
|----|--|-----|
| 9 | Correlación entre caracteres analizados en ger ^{mo} plasma de amaranto..... | 123 |
| 10 | Características físico-químicas del suelo donde se llevo acabo el experimento sobre estudio de la adaptación de 8 genotipos de <u>Amaranthus</u> spp en 2 fechas de siembra bajo condiciones de riego en Marín, N.L. primavera-verano 1988 | 149 |
| 11 | Datos climatológicos registrados durante el experimento. Estudio de la adaptación de 8 genotipos de <u>Amaranthus</u> spp en 2 fechas de siembra bajo condiciones de riego en Marín, N.L. primavera-verano 1988 | 150 |
| 12 | Especie, tipo y genealogía de los genotipos evaluados en el experimento. Estudio de la adaptación de 8 genotipos de <u>Amaranthus</u> spp..... | 155 |

| | | |
|----|---|-----|
| 13 | Comparación de medias para la variable rendimiento (\bar{X}) de grano por parcela útil del estudio de la adaptación de 8 genotipos de <u>Amaranthus</u> spp - en 2 fechas de siembra bajo condiciones de riego en Marín, N.L. primavera-verano 1988 . | 180 |
| 14 | Correlación entre variables estudiadas en los 8 genotipos de Amarantho | 200 |
| 15 | Variabes y fechas donde estas obtuvieron una mayor expresión numérica en el experimento. Estudio de la adaptación de 8 genotipos de <u>Amaranthus</u> spp en 2 fechas de siembra bajo condiciones de riego en Marín, N.L. primavera-verano 1988 | 202 |
| 16 | Comparación de resultados promedios de variables similares manejadas en este experimento y en el de Morales, R., (1990)..... | 207 |
| 17 | Rendimiento de 5 líneas utilizadas en el experimento. Estudio de la adaptación de 8 genotipos de <u>Amaranthus</u> spp en 2 fechas de siembra bajo condiciones de riego en Marín, N.L. primavera-verano 1988 | 214 |

- 18 Comparación de algunas variables de la planta --
y rendimiento de grano en 8 genotipos de Amaranthus
spp. considerando el experimento de Morales, R. --
(1990) y este trabajo experimental..... 217
- 19 Comparación de algunas variables estimadas en la
evaluación de 8 genotipos de Amaranthus spp. en el
experimento de Morales, R., (1990) y de esta inves-
tigación considerando en los dos el factor genoti-
pos..... 220
- 20 Resumen de la comparación entre este análisis y el
de Morales, R., (1990) referente a la significancia
de la interacción entre el factor fechas de siem-
bra (A) y el factor genotipos (B)..... 224

Tablas del apendice

- 1A Resumen del ANVA de los resultados del experimen-
to. Estudio de la Adaptación de 8 genotipos de -
Amaranthus spp en 2 fechas de siembra bajo condi-
ciones de riego en Marín, N.L. primavera-ve-
rano 1988 261

- 2A Comparación de medias para la variable altura de planta, considerada en el estudio de la adaptación de 8 genotipos de Amaranthus spp en 2 fechas de siembra bajo condiciones de riego en Marín, N.L. primavera-verano 1988 262
- 3A Prueba de medias para diámetro de tallo en el trabajo estudio de la adaptación de 8 genotipos de Amaranthus spp en 2 fechas de siembra bajo condiciones de riego en Marín, N.L. primavera-verano 1988 262
- 4A Prueba de medias en la variable número de hojas del estudio de la adaptación de 8 genotipos de Amaranthus spp en 2 fechas de siembra bajo condiciones de riego en Marín N.L. primavera-verano 1988 263
- 5A Análisis de medias considerando la variable longitud de panoja en el experimento estudio de la adaptación de 8 genotipos de Amaranthus spp en 2 fechas de siembra bajo condiciones de riego en Marín, N.L. primavera-verano 1988 263

- 6A Pruebas de medias de la variable número de espiguillas por panoja del estudio de la adaptación de 8 genotipos de Amaranthus spp en 2 fechas de siembra bajo condiciones de riego en Marín, N.L.
primavera-verano 1988 264
- 7A Comparación de medias para la variable número de espiguillas por panoja en la interacción (AB) del estudio de la adaptación de 8 genotipos de Amaranthus spp en 2 fechas de siembra bajo condiciones de riego en Marín, N.L. primavera-verano 1988 264
- 8A Comparación de medias de la variable número de espigas laterales en el estudio de la adaptación de 8 genotipos de Amaranthus spp en 2 fechas de siembra bajo condiciones de riego en Marín, N.L.
primavera-verano 1988 265
- 9A Comparación de medias para la variable número de semillas por panoja en el estudio de la adaptación de 8 genotipos de Amaranthus spp en 2 fechas de siembra bajo condiciones de riego en Marín, N.L.
L. primavera-verano 1988 265

- 10A Prueba de medias en la variable índice de cosecha del experimento estudio de la adaptación de 8 genotipos de Amaranthus spp en 2 fechas de siembra bajo condiciones de riego en Marín, N.L.
primavera-verano 1988 266
- 11A Análisis de medias para la interacción (AB) en la variable índice de cosecha en el estudio de la adaptación de 8 genotipos de Amaranthus spp en 2 fechas de siembra bajo condiciones de riego en Marín, N.L. primavera-verano 1988 266
- 12A Análisis de medias para la variable peso seco del forraje considerando el factor fechas del experimento estudio de la adaptación de 8 genotipos de Amaranthus spp en 2 fechas de siembra bajo condiciones de riego en Marín, N.L. primavera-verano 1988 267
- 13A Comparación de medias en la variable peso seco del forraje estimada en este experimento. Estudio de la adaptación de 8 genotipos de Amaranthus spp en 2 fechas de siembra bajo condiciones de riego en Marín, N.L. primavera-verano 1988 .267

- 14A Prueba de medias para la interacción (AB) de la variable peso seco del forraje. Estudio de la adaptación de 8 genotipos de Amaranthus spp en 2 fechas de siembra bajo condiciones de riego - en Marín, N.L. primavera-verano 1988 ... 268
- 15A Comparación de medias para la variable área -- foliar considerando el factor fechas del estudio de la adaptación de 8 genotipos de Amaranthus spp en 2 fechas de siembra bajo condiciones de riego en Marín, N.L. primavera-verano 1988 268
- 16A Comparación de medias de la variable área foliar del estudio de la adaptación de 8 genotipos de Amaranthus spp en 2 fechas de siembra - bajo condiciones de riego en Marín, N.L. primavera+verano 1988 269
- 17A Prueba de medias para la interacción (AB) en la variable área foliar del estudio de la adaptación de 8 genotipos de Amaranthus spp en 2 - fechas de siembra bajo condiciones de riego en Marín, N.L. primavera-verano 1988 269

- 18A Análisis de medias en la variable días a floración considerando el factor fechas del estudio de la adaptación de 8 genotipos de Amaranthus spp en 2 fechas de siembra bajo condiciones de riego en Marín, N.L. primavera-verano - - 1988 270
- 19A Análisis de medias para la variable días a floración del estudio de la adaptación de 8 genotipos de Amaranthus spp en 2 fechas de siembra bajo condiciones de riego en Marín, N.L. - - - primavera-verano 1988 270
- 20A Prueba de medias sobre la interacción (AB) en la variable días a floración del estudio de la adaptación de 8 genotipos de Amaranthus spp en 2 fechas de siembra bajo condiciones de riego en Marín, N.L. primavera-verano 1988 .. 271
- 21A Comparación de medias para la variable días a madurez fisiológica. Estudio de la adaptación de 8 genotipos de Amaranthus spp en 2 fechas de siembra bajo condiciones de riego en Marín, N.L. primavera-verano 1988 271

I. INTRODUCCION

Con el constante y veloz aumento de la población del planeta, y con la terrible desigualdad social que existe en el seno de esa población, el problema del suministro adecuado de alimentos y el de la justa distribución de ellos a todos los seres -- son hoy en día dos de los problemas más cruciales de la humanidad.

El problema de distribución es mucho más grave, según lo demuestran varios estudios, particularmente los que ha realizado el Grupo de Asesoría en Proteínas del Sistema de las Naciones Unidas (Protein Advisory Group: PAG). Este grupo ha enfocado su atención al estudio del problema del suministro proteínico, principalmente en los países subdesarrollados, donde las deficiencias proteínicas alcanzan niveles drásticos. La conclusión a la que llega es que "los datos numéricos confirman que la producción de proteínas en alimentos es suficiente, pero está tan mal distribuida entre países y aún regiones (1), que las deficiencias están generalizadas" (Aguilar y Alatorre, 1978).

Por otro lado, en países como México donde las principales fuentes de proteína son los cereales y las leguminosas, se les da poca importancia a estas últimas y mucha a los cereales y a los beneficios derivados de su producción. El precio de las leguminosas y el de la proteína animal aumentan, no sólo por una disminución en la producción per capita, sino también porque --

(1): La mala distribución se da también en el seno de las familias, señala el estudio.

una parte considerable de los aprovisionamientos locales se va al extranjero a alimentar con proteína vegetal al ganado y a suministrar proteína animal a la población humana (Aguilar y Alatorre, 1978).

Dentro de las diversas especies vegetales que pudieran ser una alternativa de cultivo, especialmente para las zonas semi-áridas, se encuentra el Amaranto (Amaranthus spp.) ó Alegría, la que se encargó de dar a conocer a nivel mundial el primer astronauta mexicano Rodolfo Neri Vela, al obsequiar a sus compañeros de viaje espacial la singular y nutritiva golosina (Alejandre y Gómez, 1986).

Sin embargo, desde unos años a la fecha, científicos de varios países, se han preocupado por realizar investigaciones sobre el amaranto.

Esto se ha debido a sus excelentes cualidades nutritivas, así como a su gran potencial como cultivo.

Consideremos que en el caso del amaranto, no se trata propiamente de un nuevo cultivo, puesto que en realidad su cultivo surgió hace unos 5,000 A.C., siendo México uno de sus centros de origen. Así cuando en otros países y en particular en los Estados Unidos de América se habla del amaranto como un nuevo cultivo, lo hacen desde el punto de vista de la agricultura moderna, pues ya había sido cultivado por las antiguas tribus que poblaban el Suroeste de ese país. De la investigación realizada se desprende que en realidad, sólo se está aprovechando un recurso genético, cuyo potencial de desarrollo agrícola no se había apreciado suficientemente (Alejandre y Gómez, 1986).

A raíz de la conquista española, los misioneros religiosos

buscaron la forma de prohibir el cultivo, pues el grano de amaranto estaba íntimamente ligado a los ritos religiosos paganos - así como a los sacrificios humanos que practicaban los aztecas - en ofrenda a sus dioses, especialmente a Huitzilopochtli. Así, el cultivo hubo de ser suprimido gradualmente, hasta casi llegar a desaparecer. No fué sino hasta épocas posteriores que resurge en algunas regiones, siendo aprovechado el grano para diversos fines alimenticios, pero nuevamente vuelve a decrecer el interés por su cultivo, hasta quedar reducido a pequeñas áreas, algunas de las cuales subsisten en la actualidad y que en mayor o menor grado se han considerado para este estudio (Anónimo, 1987).

En las Américas logró sobrevivir en pequeños bolsones de cultivo en regiones montañosas dispersas en México y los Andes. El maíz y los frijoles se convirtieron en los víveres básicos - mientras que el amaranto de grano se fue dejando y hoy casi esta olvidado. La conquista española acabó con el uso del amaranto como producto básico del Nuevo Mundo, dando al trasto con la posibilidad de que entrara en la alimentación mundial un producto con alto grado nutritivo. El amaranto era tan importante para la dieta azteca y de otros pueblos del Nuevo Mundo que la -- promesa que brinda para la investigación es poco común (Anónimo, 1987).

El objetivo principal de este trabajo es estudiar la adaptación del amaranto en Marín, Nuevo León, para observar la factibilidad de introducir este cultivo en esta zona.

Los objetivos particulares planteados en esta investiga--- ción son los siguientes:

- 1.- Observar si existe diferencia significativa entre genotipos de Amaranthus spp. en cada una de las variables que se sometieron a estudio.
- 2.- Observar si existe diferencia significativa entre fechas de siembra en las variables consideradas en este experimento.
- 3.- Conocer si hay efecto de interacción entre el factor genotipos y el factor fechas de siembra en algunas de las variables sujetas a análisis.

III POTESIS

- 1.- Existe diferencia significativa entre genotipos de Amaranthus spp. en cada una de las variables sometidas bajo estudio.
- 2.- Existe diferencia significativa entre fechas de siembra en las variables consideradas en este experimento.
- 3.- Si hay efecto de interacción entre el factor genotipos y el factor fechas en algunas de las variables sujetas a análisis.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1. Resurgimiento del Amaranto

La palabra del amaranto viene del griego que significa --- "inmarcesible" (que no se marchita). Su resurgimiento se inició en los pueblos de Africa Oriental que padecieron de hambre durante la década de 1960. El doctor John Robson, un cirujano-americano que ayudó a llevar el progreso de la medicina a los pobres de Tanzania, se dió cuenta de que muchos de los habitantes que habían escapado a la desnutrición comían las semillas y las hojas de una planta silvestre. Cuando volvio a la escuela de Salud Pública de la Universidad de Michigan, Robson pidió -- ayuda para financiar estudios sobre dicha planta, a la que identificó como una variedad de amaranto. Después de muchas dificultades, en 1973 Robson acudió a la Prensa Rodale en Emmaus, - Pensilvania, que publica libros y revistas sobre las virtudes - de los alimentos naturales y la horticultura orgánica. Rodale tiene ahora una granja de varias hectáreas en el Centro de In--vestigaciones de Horticultura Orgánica. Robert Rodale, direc--tor de la compañía se mostró seriamente interesado con el pro--yecto pensando que quizás su compañía llegaría a introducir una nueva cosecha en la agricultura. Financió a Robson un viaje a México y varias semanas más tarde regresó, en posesión de las - semillas de Amaranto. Rodale plantó el amaranto en unas cuen--tas hectáreas de la granja. Tuvo que luchar contra la misma resistencia que había encontrado Robson, ya que la gente pensaba que se trataba de una mala hierba (Alejandre y Gómez, 1986).

Varios años después se empezó a considerar su potencial como cosecha comercial. Es el sueño de todo horticultor a causa del número de variedades genéticas. Kauffman llegó al Centro de Investigaciones Rodale en 1978 a dirigir el programa de amaranto. Los primeros dos campos de amaranto que plantó Kauffman fueron un desastre desde el punto de vista de la agricultura comercial, ya que las cosechas deben tener características uniformes de altura, color y madurez. Ninguna planta era igual. Sin embargo, Kauffman sabía que los horticultores se habían enfrentado a los mismos problemas con otras cosechas que ahora son -- alimentos básicos. "Cuando se contempla el amaranto en la etapa actual se contempla el maíz hace 400 años", dice Kauffman. - "Estamos tratando de condensar en unos cuantos años lo que en - términos de desarrollo ocurrió con el maíz en cuatro siglos" -- (Alejandre y Gómez, 1986).

En 1983 se efectuó un convenio entre la Academia Nacional de Ciencias (NAS) de los Estados Unidos y el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas de México en el cual se contempla un objetivo general el cual consiste en desarrollar la información fundamental sobre el potencial del amaranto para contri--- buir a la producción de alimentos y su consumo en México. La - información deberá abarcar cuatro áreas: Evolución Agronómica - de variedades, procesamiento de alimentos, usos alimenticios y - actividades de extensión (Espitia, R., 1986b).

En cuanto a la evaluación agronómica se estableció un objetivo más particular que consiste en seleccionar variedades de -

materiales nacionales o introducidos con buenas características agronómicas, valor nutritivo, aceptabilidad por el consumidor, características de procesamiento y funcionalidad. En este convenio se estableció que los estudios agronómicos serían realizados y costeados por INIA, mientras que los estudios industriales serían realizados por el Dr. Alfredo Sánchez Marroquín con fondos de la NAS; en el presente informe se aborda únicamente aspectos sobre estudios agronómicos (Espitia, R., 1986b).

2.2. Importancia del Amaranto

2.2.1. A nivel general.

El amaranto es una planta que se perfila actualmente como un cultivo alternativo muy interesante e importante. A continuación, las siguientes ventajas justifican el hecho de que al amaranto se le considere un cultivo promisorio (Aguilar y Alatorre, 1978).

- Rápido crecimiento y mayor producción que las plantas con ruta C_3 de fotosíntesis.

- Gran capacidad de adaptación a diferentes ambientes.

- Buena resistencia a condiciones de sequía.

- Eficiente asimilación de N; lo que se ha demostrado por la abundancia de proteína en sus hojas y semillas y por las altas concentraciones de nitratos en el líquido vacuolar de sus células.

- Sus muchas hojas anchas y su hábito erecto proporcionan una cubierta sombreada ideal para controlar malas hierbas.

-Tienen una morfología excelente para cosechar: un solo ta
llo fácil de cortar.

-La mayoría de los granos comestibles son gramíneas. El -
que los amarantos sean dicotiledóneas puede dar nuevas posibili
dades para la rotación de cultivos así como introducir mayor di
versidad en campos de monocultivo lo que puede ser muy útil pa-
ra el control de plagas y enfermedades (Aguilar y Alatorre,1978).

Otras justificaciones se representan mediante los objeti--
vos que plantea el Gobierno del Estado de Morelos en el Progra-
ma de Amaranto que desarrollan entre otros lugares en el Munici
pio de Zacatepec y en San Rafael, Municipio de Tlatizapán, More
los. Los objetivos son los siguientes:

-Producir alimentos con alto contenido nutritivo, en cali-
dad, cantidad y variedad.

-Generar empleos permanentes y temporales, dignos y remune
rativos.

-Evitar el intermediarismo y la especulación en el área de
comercialización.

-Romper esquemas tradicionales de monocultivos.

-Dar valor agregado a la producción, mediante su procesa--
miento agro-industrial.

-Aprovechar de una manera integral y eficiente, los esquil
mos agrícolas y subproductos agro-industriales del amaranto, pa-
ra la alimentación de porcinos y aves, principalmente.

-Generar divisas para el país, por la vía de la exporta---

ción tanto de la semilla como de productos transformados.

-Rescatar y disponer de una importante fuente de proteína y energía, que coadyuve en la corrección de las deficiencias nutricionales de nuestra población, al proponer y fomentar nuevos hábitos de consumo alimenticio por la vía de la ingestión del amaranto y sus derivados (Gov. del Edo. de Morelos, 1985).

Pero es importante también considerar las desventajas que presenta este cultivo que a continuación se enlistan:

-Son muy específicos en sus requerimientos de suelos.

-El tamaño tan pequeño de la semilla hace que se tanga que sembrar superficialmente y en el caso de terrenos con un poco de pendiente, es arrastrada fácilmente por las lluvias.

-Una vez madura, la semilla se desprende debido al fruto dehiscente que poseen estas plantas. Esto causa grandes pérdidas en el rendimiento.

-El rastrojo no se puede utilizar para alimentación de ganado y es muy difícil incorporarlo al suelo porque se degrada muy lentamente.

En el futuro, Organic Gardening espera obtener variedades de alto rendimiento, resistentes a plagas y enfermedades, cuya semilla no se desprenda, que sea fácil de limpiar, de color blanco o dorado y que contenga proteína de alta calidad (Aguilar y Alatorre, 1978).

En conjunto, los amarantos de grano y foliáceas pueden proporcionar alimento muy nutritivo al mundo. El diminuto tama

ño de la semilla constituye un inconveniente en el momento de plantar como durante la cosecha y al desgranar y limpiar la semilla. Pero las experiencias modernas que se tienen de las llanuras del Norte de la India demuestran que existen buenas oportunidades de conseguir la aceptación de parte de los campesinos del Tercer Mundo donde esas semillas ya se hayan adaptado.

En la agricultura del futuro, los amarantos pueden encontrar varias aplicaciones valiosas. Pueden complementar otros cereales como sorgo, mijo y cebada, constituyendo una ayuda para aquellos países que han de importar grandes cantidades de grano de trigo y que podrán disponer de un recurso más, produciendo en su propia nación. Al mismo tiempo, los amarantos pueden constituir una fuente forrajera para las industrias de aves de corral de los países en desarrollo. Y de manera particular, el amaranto de grano constituye un cultivo prometedor para las zonas secas (con p.p. de 600-800 mm/año), las tierras altas de los trópicos hasta elevaciones de 1500 msnm y más, y como cultivo de rápida maduración para tiempo seco en las regiones de los monzones (Anónimo, 1987).

Sería un error, sin embargo, esperar que el amaranto se encuentre en la dieta de toda la gente de un día para otro. Se tardó un siglo para que la población y los agricultores norteamericanos aceptaran el frijol de soya, y se tardó dos siglos para que los europeos aceptaran la papa. Si se compara con esos dos productos el amaranto ha recibido poca atención. No obstante, con las comunicaciones y tecnología hoy existentes no se debería tardar tanto para que el amaranto encontrara acepta-

ción. En unos cuantos años parece posible que este antiguo grano de América vuelva a agraciarnos la era moderna y resulte a la postre legado tan rico de los indios americanos como el maíz y el frijol (Anónimo, 1987).

2.2.2. Nutritiva.

La especie de amaranto que parece prometedora para convertirse en una cosecha alimenticia es una planta con hojas en abundancia cuyas semillas contienen muchas proteínas y un aminoácido esencial, la lisina, que no está contenida en el trigo, el arroz, ni el maíz. Combinado con estos granos en harina o en cereal, el amaranto proporciona una calidad proteínica, cuyo balance de aminoácidos complementa al de los granos más comunes y se aproxima bastante a los estándares nutritivos de la Organización Mundial de la Salud (Alejandre y Gómez, 1986).

En cuanto a valor químico, este es superior a cinco alimentos importantes en la alimentación como son: maíz, trigo, frijol, cacahuete y leche de vaca. Cabe señalar que los valores varían de acuerdo a la especie a la que pertenezca el amaranto, pero aún así representan valores nutritivos sumamente importantes para la alimentación (SARH, 1987).

Con un contenido proteínico de un 16%, la semilla del amaranto compete bien con variedades convencionales de trigo (12-14%), arroz (7-10%), maíz (9-10%) y otros cereales de gran consumo. Los amarantos empezaron a llamar cada vez más la atención de los investigadores desde 1972 cuando el fitofisiólogo

australiano John Downton encontró que la semilla contiene además proteína de calidad poco común. Abunda en el aminoácido lisina. Los cereales se consideran "desbalanceados" por lo que hace a su composición de aminoácidos, porque de ordinario carecen suficientes cantidades de lisina para que resulten óptimamente saludables. La proteína del amaranto, en cambio, tiene casi el doble de contenido de lisina que la proteína del trigo, el triple que la del maíz y un tanto cuanto en la leche, el alimento por antonomasia. Por lo tanto el amaranto (alegría) es un complemento nutricional de los cereales ordinarios. La proteína del amaranto, por otra parte, es baja en leusina, pero este aminoácido se haya en exceso en otras fuentes de proteínas vegetales (Anónimo, 1987).

La mayor parte de la población mundial consume el grueso de las calorías y proteínas de unas 20 especies, sobre todo cereales (trigo, arroz, maíz, mijo y sorgo), tubérculos (papa, batatas y mandioca), legumbres (como los frijoles, cacahuates y frijol de soya), caña de azúcar, remolacha azucarera y plátanos. Estas plantas constituyen el principal baluarte entre la humanidad y la hambruna. ¡Exigua despensa para dar de comer a todo el planeta! (Anónimo, 1987).

Según Grubben (1975), los granos de amaranto son utilizados como alimento en ciertas regiones tropicales, donde su consumo data desde tiempos prehispánicos. Sin embargo, en algunos países, han sido sustituidos poco a poco por cereales gramíneos, debido a la pequeñez de los granos. Debemos considerar sin embargo, que en el futuro tal actitud deberá ser rectifica-

da, pues los múltiples estudios realizados respecto a la potencialidad de este pseudocereal como alimento, han demostrado que debiera darse gran atención a su cultivo y aprovechamiento en mucho mayor escala que hasta ahora. El valor nutricional de la semilla es muy bueno.

2.2.3. Económica.

La Alegría (huauhtli en Náhuatl) (2) era, en tiempos del imperio azteca, uno de los cuatro cultivos más importantes desde el punto de vista alimentación (los otros tres eran el maíz, el frijol y la chíá). Diecisiete de las veinte provincias tributarias enviaban anualmente a Moctezuma, último emperador azteca, un mínimo de 350,000 litros de huauhtli (3). De los otros productos debía enviarse más o menos la misma cantidad: un troje de cada uno por año. El tributo anual de huauhtli era, en total, de aproximadamente 7,000,000 litros, que corresponden más o menos a 7,000 toneladas (Aguilar y Alatorre, 1978).

En tiempos precolombinos, miles de hectáreas se hallaban sembradas con estas plantas altas rojizas de numerosas hojas, entre aztecas, incas y otros pueblos.

El Códice Mendocino, encargado por el Virrey español de México, Antonio de Mendoza, hacia 1541, revela que en dos tercios de las ciudades del Imperio Azteca el amaranto era parte obliga

(2) "Huautli" también designaba la semilla del huauzontle.

(3) Para medir las cantidades de Alegría se han utilizado y se siguen utilizando medidas de volúmen.

toria del tributo anual pagado al emperador Moctezuma II.

Para diversificar la base alimenticia es preciso parar --- mientes en cultivos indígenas menos conocidos como el amaranto. Algunos de estos productos pueden convertirse en recursos mun-- diales. Hace un siglo, el frijol de soya, el girasol y el ca-- huate o mani no se consideraban dignos de una investigación - concentrada. Hoy cuentan entre los cultivos más importantes -- del mundo. El amaranto debería alcanzar también esa presencia- universal (Anónimo, 1987).

Por el momento uno de los problemas mayores que enfrenta - el amaranto es lo poco que se sabe sobre la economía de la planta. Se tienen ya muchos riesgos en la agricultura, sin contar- con una cosecha que nadie conoce. Los investigadores no saben- el costo que representaría cultivar y procesar el amaranto, cu- ya pequeña semilla requiere quizás maquinaria especializada, ni el precio con el cual deberá competir en el mercado. A menos - que estos factores sean favorables, el amaranto no tiene posibi- lidades de ser un cultivo importante (Alejandre y Gómez, 1986).

Con respecto a la redituabilidad del cultivo comparada con la de otros, el amaranto supera al maíz y el frijol. Aunque -- lleva las mismas labores culturales que el maíz, algo que con-- viene volver a señalar es que en la preparación del almácigo, - trasplante y cosecha, dicho cultivo ocupa más mano de obra fami- liar.

En 1981, el precio del cuartillo de amaranto (equivalente- a 2 litros o a 1.5 kg aproximadamente) fluctuaba alrededor de --- \$60.00. Si se le compara con los precios de garantía del maíz-

y del frijol (precios de garantía en México, 1981). Maíz ----- \$6,500 por ton. y frijol a \$18,000 por ton), es notorio que además de que estos últimos ocupan más mano de obra, el precio por kilogramo del amaranto es más caro. Todo esto, aunado a que la semilla se utiliza para fabricar el famoso dulce conocido en algunas regiones de México como "Alegría", triplica el precio. La mayoría de los agricultores siembra el amaranto para después -- elaborar el dulce (Alejandro y Gomez, 1986).

Para tratar de disminuir los costos en la mano de obra se trajo a México, específicamente a la región de Amilcingo, Morelos, una separadora de semilla y residuos de tamo de amaranto, provista de un ventilador eléctrico.

Según Sánchez Marroquín (1980) "la introducción de este dispositivo permite disminuir el precio final de la semilla hasta un valor equivalente al del trigo y más bajo que el de la soya, por lo cual la diferencia ahora existente desaparecería al reducir considerablemente las operaciones durante la cosecha". Señala también que si a esto se une la práctica de aumentar los rendimientos de semilla mediante la selección de especies y variedades mejoradas y cambios adecuados en los métodos de cultivo, la industrialización del amaranto como elemento competitivo del trigo y el maíz para la producción de harinas y sus derivados estaría sustentada sobre bases firmes (Sánchez, M., 1987).

En Venezuela, la avicultura es uno de los renglones de la producción agrícola animal que se caracteriza por una gran dependencia foránea, vale decir el 80% del agregado de insumos --

proviene del exterior por lo que se podría en un futuro peligrar la continuidad de la explotación de éste rubro debido al aumento sostenido de estos insumos en el mercado internacional, lo que encarecería el producto (carne, huevos) a nivel del consumidor (Castilla, 1979).

Dentro de la producción de carne de pollo la alimentación constituye el 80% de los costos de producción y dentro de esta alimentación aproximadamente más del 80% del total de materias primas está representado por las fracciones energéticas (maíz sorgo y arroz) y la protéica de origen vegetal (harina de soya) productos estos en su mayoría importados y que además compiten con la alimentación humana y cuya producción nacional está sujeta a directrices políticas, crediticias y problemas técnicos que no aseguran satisfacer la demanda de los fabricantes de alimentos balanceados, para animales, por lo que se tiene que pensar en el empleo de especies autoctonas de gran rendimiento, costos de producción menores y alto valor biológico que podrían actuar como sustitutos en varios niveles de las materias primas tradicionales que se utilicen en la elaboración de raciones dentro de estas especies autóctonas, el amaranto podría ser una alternativa debido a su gran rendimiento por hectárea, adaptabilidad a diferentes tipos de suelos y resistencia a condiciones climáticas (Castilla, 1979).

El Instituto para el Desarrollo de Productos de Amaranto (IDPA) ha recibido presupuestos y contribuciones aproximadas a un total de \$100,000 dolares, según Edward Hubbard, administrador ejecutivo de la Brycelin, Minnesota, organización no lucra-

tiva (Amaranth today, 1988).

El cultivo del amaranto, se considera actualmente como un gran potencial agroindustrial, ya que los costos de producción pueden ser reducidos considerablemente hasta representar una materia prima accesible a las condiciones socioeconómicas actuales. La tecnología requerida para la explotación del cultivo no necesita de gran inversión y a cambio se pueden generar productos con mayor valor agregado, lo que incidiría directamente en el mejoramiento de los ingresos de los productores y en los hábitos alimenticios (SARH, 1987).

Es importante hacer notar que la mayoría de la población del mundo esta alimentada por solo siete cultivos: arroz, trigo, papas, maíz, soya, frijol común y cebada es más, ha sido práctica común, durante los pasados 15 años para los granjeros, especializarse en solo unos cultivos, el amaranto, el cual se considera un "Pseudocereal" es una planta, y no es como los verdaderos granos y el maíz, los cuales son hierbas (Weber, et. al., 1988).

Cultivos como el amaranto proveen a los granjeros la opción de incrementar la diversidad de cosechas. Incrementando la diversidad de cultivos, reduce el riesgo de insectos con enfermedades e infestación de malezas, que llegan a ser grandes y serios problemas.

Una diversidad de cultivos puede ayudar también a la empresa a protegerse de los precios bajos, al tomar solamente un ti-

po de cultivo y un solo mercado. Sin embargo, los riesgos económicos se incrementan durante los primeros años de cosechar -- un nuevo cultivo como el amaranto (Weber, et. al. 1988).

El amaranto de grano es una alternativa para los granjeros que buscan reducir los costos de irrigación.

Se repite la advertencia que se ha dicho en cada edición de la Guía de Producción del Amaranto: "El amaranto no es un -- cultivo para hacerse rico de manera rápida".

Investigadores alentan a los granjeros a experimentar a pequeña escala con amaranto, si se siembra amaranto por primera vez: se debe limitar a sembrar 25 acres (12.5 has. aprox.) o menos, se debe aprender como cultivar y manejar el amaranto, es -- importante tener un contrato con un comprador antes de plantar -- una gran cantidad de acres y se deben sembrar más acres hasta -- que se haya desarrollado una técnica de producción y comercialización para tu cultivo (Weber, et. al. 1988).

No se puede sobreenfatizar la importancia de experimentar -- con pocos acres, antes de plantar amaranto a gran escala. La -- Curva de Aprendizaje es exorbitante durante los primeros años -- de cultivo del amaranto. Se ha observado a varios granjeros -- sembrar más de 100 acres (50 has. aprox.) en su primer año. Estos perdieron su cosecha porque no tenían la experiencia ni el -- conocimiento para cultivar una planta que valiera la pena cosechar. No se quieren repetir estas fallas (Weber, et. al. 1988).

2.2.4. Medicinal.

Las plantas del género Amaranthus también tienen uso medicinal. Por ejemplo, las semillas de algunos Amaranthus silvestres se usan como remedio para la disenteria (Aguilar y Alatorre, 1978). Por otro lado, en el Estado de Guerrero se usa el extracto de raíces de A. spinosus en el tratamiento de la gonorrea (Brown, 1951)*. Así mismo, en la India, la planta entera de amaranto se usa en el tratamiento de picadura de serpiente, además las cenizas de las hojas de A. spinosus es usada como colorante (Behari y Andhiwal, 1976)*. En México, en la región de la Parca, Jalisco, algunos avicultores usan la hoja de A. hypochondriacus variedad roja, para aumentar la pigmentación de la yema de huevo en aves ponedoras (Trinidad, 1981 citado por Cervantes, S., 1982).

Early (1977) menciona que el atole o leche de amaranto es elaborado por algunos habitantes de los alrededores del Lago de Texcoco como remedio contra la disenteria, aprovechando las semillas negras de la variedad silvestre quintonil. Estas son -- tostadas sobre un comal o en un recipiente cubierto, en forma -- muy semejante a como los norteamericanos tuestan el maíz palomero. Las semillas tostadas son molidas sobre el metate. A la -- harina de amaranto se le agrega agua hirviendo, se disuelve y -- se deja hervir el líquido durante diez minutos. Se puede agregar algún edulcorante al gusto. El atole es bebido generalmente caliente, para combatir problemas estomacales menores.

*Citado por Cervantes, S., 1982).

2.2.5. Religiosa.

El amaranto, llamado también Alegría, se halla mezclado -- con la leyenda y el ritual religioso. Según diferentes fechas del calendario Azteca, las mujeres aztecas molían la semilla y la mezclaban con miel o con sangre humana y le daban forma de serpiente, pájaros, montañas, venados o dioses, que luego se comían durante las ceremonias en los grandes templos o en las reuniones familiares (Early, 1977).

Así es, durante la época prehispánica, las semillas de amaranto tuvieron gran importancia en diversos rituales que se celebraban a lo largo del año. Las semillas, previamente molidas y hechas harina, eran utilizadas para confeccionar figurillas que representaban a los distintos dioses prehispánicos, entre ellos el dios del fuego, Izcalli, en el mes de enero. A la harina le agregaban miel de maguey y una vez hecho el cuerpo de la divinidad, le ponían por ojos frijoles y por dientes pepi--tas de calabaza o granos de maíz. Posteriormente estas figuras eran despedazadas y repartidas entre los asistentes (Trujillo, 1989).

De acuerdo con Early (1977), los "chuales" son dulces que se preparan solamente en los días de fiesta mas sagrados: Día de Todos los Santos (Día de los Muertos) y la Semana Santa.

Es posible como señala el propio Early (1977), que el uso de los chuales solamente en los días más santos y su semejanza lingüística con "Tzoales" -la pasta ritual de amaranto de los -

aztecas-, sugiere una relación entre los "chuales" de la actualidad a los "zoales" elaborados por sus ancestros aztecas ---- (Early, 1977).

La selección artificial también produjo formas de color rojo brillante, lo que sugiere que los agricultores prehistóricos sentían interés tanto por la utilidad de sus plantas como por su belleza. La coloración roja aparentemente tenía connotaciones mágicas y ceremoniales; algunos grupos indígenas, particularmente los Hopi y los Zuñi, siembran los amarantos sobre todo como fuente de pigmento para colorear las "hostias" ceremoniales de pan de maíz que los personificadores de los dioses distribuyen a la gente durante las danzas tradicionales.

Otros dos pueblos ajenos al imperio azteca le daban igual importancia al huauhtli: los Matlatzincas de Toluca y los Tarascos de Michoacán. Además de ser uno de los alimentos básicos - el huauhtli era la planta ceremonial más importante de los aztecas y de otros pueblos de lo que hoy es México (Aguilar y Alatorre, 1978).

Varias crónicas de religiosos españoles y de Cortés mismo- (Segunda carta al Rey de España) relataban los ritos paganos -- que se efectuaban, por ejemplo, en la ceremonia del Sol Nuevo - (cada 52 años) o durante el principal festival del año, dedicado a Huitzilopochtli, dios de la guerra. El festival era festejado en todo el imperio pero en Tenochtitlán tenía su centro -- principal; comprendía músicas de flautas y tambores, cantos, -- danzas, procesiones y decenas de miles de sacrificios humanos. El centro de la ceremonia era un enorme ídolo del dios, confec

cionado con masa de huauhtli, miel y sangre humana (4), que se pasaba por la ciudad y sus suburbios en una tarima, para ser finalmente despedazado y comido por la gente "con reverencia, temor y lágrimas". A los ojos de los españoles este rito aparecía como una parodia diabólica de la sagrada comunión. La parte vegetativa de la planta tenía también un importante papel ceremonial: se confeccionaban con ella tamales denominados huauhquiltamalli, ofrecidos al Dios del fuego: Xiuhotecutli. Sahagún registró los principales festivales en los que intervenía el huauhtli (ó "bledo" en español) (Aguilar y Alatorre, 1978).

La masa del huauhtli se denominaba Zoale: se preparaba tostando la semilla para que reventara y moliéndola después. Se utilizaba en muchos otros festivales de mayor o menor importancia y en las pequeñas ofrendas domésticas a los dioses de la lluvia. Una variante del zoale se utilizaba también para alimentar a los esclavos que iban a ser sacrificados "...los llevaban al templo de Huitzilopochtli... y al tiempo de la media noche... apagaban el fuego y a oscuras daban de comer a los esclavos unas sopas de una masa que se llamaba tzoalli, mojadas con miel, a cada uno de ellos cuatro bocados".

Los tarascos festejaban a diosa de la tierra confeccionando panes zoomorfos llamados "tuycen". (Al llegar los españoles los tarascos los llamaron tucupachas (dioses) y a sus caballos los llamaron "tuycen") (Aguilar y Alatorre, 1978).

(4) No era sangre realmente. Era una coloración proporcionada por una variedad de amaranto que presentaba una pigmentación rojiza.

Entre los mixtecos, la semilla tenía también gran importancia; la famosa Tumba 7 de Monte Albán contenía un cráneo humano incrustado con un mosaico de turquesas. Para la incrustación se utilizó un amasijo que en un principio se creyó goma de copal; análisis subsiguientes demostraron que se trataba de masa-zoale.

El amaranto, pues, no sólo tenía un papel importantísimo en la alimentación de los antiguos mexicanos (como semilla y como verdura) sino también en su religión (Aguilar y Alatorre, 1978).

El consumo del huauhtli estaba muy asociado con las ceremonias y ritos religiosos, (y con el canibalismo: los esclavos -- que eran sacrificados y comidos representaban encarnaciones del dios que se festejaba en esa ocasión; la antropofagia constituía, lo mismo que la ingesta de ídolos de zoale, una manera de entrar en relación directa con los dioses); puede comprenderse, por lo tanto, que el violentísimo impacto del catolicismo haya conllevado un profundo trastorno en las costumbres relacionadas con el huauhtli; curiosamente desde el siglo XIX y hasta 1947 -- hay informes de la fabricación en Jalisco de rosarios con masa-de zoale (Aguilar y Alatorre, 1978).

Pero la similitud que existía entre la ceremonia indígena y la comunión católica, aunado a que una variedad de la planta -- del amaranto es rojiza, llevaron a los españoles a pensar que la semilla era mezclada con sangre humana, por lo que prohibieron su cultivo y su consumo.

Así es, se dice que Hernán Cortez prohibió el cultivo de --

amaranto pues estaba estrechamente relacionado con las prácticas religiosas de los antiguos mexicanos que negaban el cristianismo. Sin embargo, no existe ninguna evidencia. Tampoco hay noticia de cédula real o decreto alguno en que se haya expresado la prohibición del cultivo de amaranto (Trujillo, 1989).

Al parecer este uso del amaranto en los rituales paganos y en los sacrificios humanos repugnó a los conquistadores españoles, y al hundirse las culturas indígenas en seguida de la conquista, también el amaranto cayó en desuso (Anónimo, 1987).

2.2.6. Ecológica.

El amaranto tiene ciertas ventajas además de su riqueza proteínica. Necesita menos agua que otras cosechas de grano y resulta ideal en regiones semiáridas en donde el abastecimiento de agua es problemático.

Según Alejandre y Gómez (1986), el amaranto tiene una morfología extremadamente plástica. Se ajusta rápidamente su tamaño, forma y niveles de producción a las limitaciones ambientales, sobre todo a la disponibilidad de nutrientes en el suelo. Es muy notorio observar plantaciones de maíz criollo que apenas alcanzan 60-70 cm y que no forman mazorca; a pesar de ello el amaranto resiste la escasez de agua, llegando a producir algún rendimiento comercial de grano lo que permite al agricultor obtener un ingreso por la venta o procesamiento de la semilla. Este es un aspecto muy importante a considerar para la introducción de este cultivo en otras zo-

nas áridas y semiáridas de nuestro país.

En condiciones similares, maíz, frijol y otros cultivos -- son redituables y no se obtienen cosechas ni para autoconsumo. Sin embargo, con el cultivo del amaranto bien realizado, sí se pueden obtener ingresos económicos en sitios donde los demás -- cultivos no han producido ni siquiera una cosecha para recuperación de la semilla (Alejandre y Gómez, 1986).

Las pruebas demuestran que los amarantos se adaptan a muchos ambientes y toleran la adversidad porque usan un tipo de -- fotosíntesis muy eficaz que convierte la materia prima del -- suelo, luz solar y agua en tejidos vegetales. Este proceso conocido técnicamente como sistema C_4 de fijación de carbono, solo lo utilizan unas cuantas plantas bien conocidas de rápido -- crecimiento (sorgo, maíz, caña de azúcar, por ejem.). El sistema C_4 es particularmente eficiente a alta temperatura, luz solar brillante y condiciones secas. Las plantas que lo utilizan exigen menos agua que las plantas que siguen el sistema de fijación de carbono llamado C_3 . Por esto, el amaranto de grano puede ser muy promisorio en los países cálidos y secos (Anónimo, 1987).

Desde el punto de vista histórico, el amaranto se ha cultivado en ambientes que va desde los trópicos propiamente dichos -- a las tierras semiáridas, y desde el nivel del mar a algunos de los campos agrícolas de más altura del mundo. Se han desarrollado ecotipos que toleran suelos arenosos alcalinos con un pH hasta de 8.5, así como las arcillas ácidas de las laderas montañosas de los campos de chemizal de los trópicos (Anónimo, 1987).

El amaranto de grano ha dado indicaciones de ser una cosecha muy resistente a la sequía. La planta del amaranto tiene potencial en áreas con limitada precipitación. Los investigadores en China reportan que los requerimientos de humedad para el crecimiento del amaranto de grano son menos de: 42-47% que el trigo, 51-62% que el maíz y 79% del agua que necesita el algodón (Shcoxion y Hongliang, citados por Weber, et. al., 1988).

Los granjeros de Kenia, en regiones con poca lluvia, prefieren plantar amaranto que plantar maíz, por que hay menos riesgo que falle la cosecha con amaranto (Gupta, V.K. Pers. Comm. University of Nairobi, Kenya, citado por Weber, et. al. 1988).

Observaciones realizadas en Perú, indican que se requiere la mitad del agua para el cultivo del amaranto en las costas desérticas de Perú, que para el cultivo de maíz (Sumer Luis Pers. Comm. University of San Antonio de Abad, Cusco, Perú, citado por Weber, et. al. 1988).

2.3. Origen

2.3.1. Citogenético.

El género Amaranthus incluye cerca de 50 especies salvajes nativas de los trópicos y de regiones templadas alrededor del mundo, antes de que la raza humana entrara a la historia, estas especies fueron concentradas en habitats naturalmente abiertos como pioneros de esos lugares así como bancos de ríos, desiertos lavados, costas y dunas. Unas de estas especies fueron pre

adaptadas como malezas multiplicadas y diseminadas en habitats distribuidos artificialmente creados por actividades humanas. En tiempos prehistóricos, muchos grupos de indios americanos aprendieron a coleccionar las semillas de amarantos de grano malezas y salvajes documentados por escondites arqueológicos. A través de los trópicos y subtrópicos, los amarantos malezas y amarantos salvajes, vinieron a ser potajes comunes. La conversión dentro de verdaderos cultígenos domesticados ocurrió en solamente unas cuantas regiones. En el Sureste de Asia, Amaranthus tricolor fue domesticado como un potaje y aparte fueron coleccionadas razas ornamentales brillantemente coloreadas. La domesticación de amarantos como cultivos de grano tomó lugar sólo en la América Tropical. Tres especies domesticadas de cultivo de grano fueron desarrolladas en la América Precolombina: Amaranthus caudatus (incluyendo una forma variante, A. mantegazzianus ó A. edulis) en los Andes, A. cruentus en América Central, y A. hypochondriacus en México. Todas estas especies fueron denominadas por Linneo de formas ornamentales cultivadas en jardines europeos del siglo XVIII (Sauer, 1977).

Sauer (1977) señaló: "Un paso crucial en la evolución de los amarantos de semilla domesticados fue la selección que los agricultores antiguos hicieron de las formas mutantes en las que la semilla negra de tipo silvestre fue reemplazada por una semilla blanca. Esta mutación debió ser bastante excepcional, ya que nunca se registró una mutación semejante en la historia. El resultado fue una semilla de mejor sabor y con mejor calidad.

de "reventado" (5). El tipo de mutación también permitió a los domesticadores indígenas prehistóricos evitar las cruzas entre su cultivo y los amarantos silvestres por medio de la eliminación de las semillas oscuras híbridas en la semilla utilizada para siembra; así se favoreció la evolución divergente de las formas domesticadas. La selección artificial aumentó el tamaño de las plantas y de las inflorescencias, incrementándose así la producción de semilla. El tamaño de ésta, sin embargo, no se alteró. La selección artificial produjo también formas rojas, brillosas y llamativas, los granjeros antiguos evidentemente siguen intrigados con su belleza así como con la utilidad de sus plantas (Sauer, 1977).

La conclusión de que los amarantos para grano son todos -- originarios de América parece muy probable; pero no está muy -- claro, en cambio, cuál de las especies silvestres dió origen a las cultivadas. Sólo se sabe que Amaranthus leucocarpus es morfológicamente similar a 2 especies silvestres: A. hybridus y A. powelli, ambas muy diseminadas en norte y centro américa. Amaranthus cruentus es más parecida a A. dubius de América Central y las Indias Occidentales, mientras que A. caudatus y A. edulis son más cercanas a una especie silvestre sudamericana, A. quitensis. Es muy difícil determinar si las especies cultivadas se derivaron de éstas o de otras silvestres similares por selección simple, o bien si son de origen híbrido complejo (Sanchez, M., 1980).

(5) La semilla de la Alegría "revienta" o "estalla" al calentarse de manera similar al maíz palomero,

Como lo señalan muy acuciosamente diversos investigadores la separación taxonómica definida entre las especies cultivadas y sus allegados silvestres, no es realmente fácil, dado la frecuencia de hibridación de este género y la práctica casi universal de seleccionar semillas de color claro para sembrar.

La información acerca de la genética del color y otros caracteres de la semilla es muy escaso. "Parece probable que las formas cultivadas de semilla clara son recesivas simples".

Las especies silvestres, con alguna excepción, son de semilla oscura, lo cual permite una diferenciación inmediata. Sin embargo, el asunto no es tan fácil pues es preciso tomar en cuenta otros caracteres cuantitativos (Sánchez, M., 1980).

De las dos especies para grano cultivadas en México, A. hypochondriacus es la más común y diseminada, de ella se supone que es la más antigua en el área y que probablemente pasó luego en Asia y Europa, pero se desconoce su verdadero origen, es decir, de qué especie silvestre deriva, aunque se ha especulado mucho al respecto.

Esto merece especial consideración para los que quieran discutir acerca del origen de dicha especie, tomando en cuenta que la transición de plantas silvestres a cultivadas no siempre se logró mediante un simple paso por una domesticación deliberada, y que el cultivo puede representar un largo proceso de modificaciones derivadas de la selección natural o inducida.

Respecto a la especie que indistintamente encontramos en la literatura con los nombres de A. leucocarpus, A. hypochon---

driacus y A. leucosperma, se caracterizan botánicamente por ser "plantas domésticas a menudo con coloración brillante e inflorescencia rígida". Según Sauer esta especie comprende como sinonimia a A. leucocarpus S. Watts y A. flavus L. Es probable que A. hypochondriacus esté relacionada por lo menos morfológicamente con dos especies no cultivadas: A. hybridus y A. powellii. A este respecto sugiere que la especie A. hypochondriacus deriva de A. powellii, y que en México A. powellii y A. hybridus son malezas que parecen asociadas al cultivo de A. hypochondriacus (Sánchez, M., 1980).

También menciona Sauer que la primera descripción de A. hypochondriacus fue dada por Linneo bajo el nombre de A. flavus. Respecto a México señala que distintos investigadores han dado nombres científicos muy variados: caudatus, híbridus, laucocarpus, leucospermus y paniculatus.

Existe una pequeña pero definitiva variación en caracteres florales dentro y entre muchas de las colecciones mexicanas. Algunos ejemplares de estas colecciones presentan semejanzas con A. cruentus.

Por otra parte, mediante una serie de siembras y cosechas en hábitats determinados, las plantas pueden haberse domesticado gradualmente. Los amarantos pueden, en este sentido, ser un caso de domesticación accidental de especies silvestres consumidas por los pueblos primitivos de América (Sánchez, M., 1980).

Según otros razonamientos, la presencia común en un área de dos cultivos amiláceos, uno localizado y el otro con gran --

rango de distribución, sugiere que el cultivo es el más antiguo en el área, es decir, que los amarantos para grano, cuando menos en algunas áreas, son vestigios de un cultivo amiláceo básico antiguo, suplantado por uno posterior, el maíz.

La separación específica, por tanto, es difícil de establecer aún entre las especies cultivadas en la actualidad. Así -- por ejemplo, A. caudatus y A. cruentus (A. paniculatus) son confundidas muy a menudo y lo mismo acontece con A. cruentus y A. frumentaceus, considerándose frecuentemente a ésta como variedad de la primera. La especie A. caudatus que fue cultivada extensamente en algunos países americanos antes de la conquista, no se ha estudiado ampliamente y se desconoce de qué especie -- silvestre deriva, en tanto que A. frumentaceus se considera como nativa de la India; sin embargo se sabe que existió en América y que sin duda corresponde a la especie actual A. cruentus.

En suma, no se conocen los orígenes reales de las especies cultivadas en la actualidad y, por tanto, los estudios taxonómicos correspondientes requieren mayor atención (Sánchez, M.1980).

2.3.2. Geográfico.

Varios autores (De candolle, 1883; Hooker 1885 y Merrill, 1950, citados por Singh 1961) indican que las especies para producción de grano del género Amaranthus han sido cultivadas desde tiempos inmemoriales en el Sur de Asia y probablemente -- son originarias de este lugar, sin embargo, no existen muchas evidencias que respalden esta afirmación.

Por el contrario Grubben y Sloten (1981) señalan que probablemente todas las especies para producción de grano del género Amaranthus son originarias de América, mientras que las especies para verdura son originarias de Asia y que se han formado centros secundarios de diversidad en las zonas productoras.

Las evidencias arqueológicas encontradas confirman el origen americano de las especies cultivadas para grano, ya que las hojas y semillas del género Amaranthus fueron utilizadas por los habitantes de estas plantas (Sauer, 1977). Las excavaciones realizadas por Mac Neish (1964) indican que los indígenas ya cultivaban esta planta durante la fase Coxcatlán (5200 a 3400 años A.C.), lo cual quiere decir que la domesticación del amaranto tuvo lugar en la misma época que la del maíz.

Según Grubben (1975) y Grubben y Sloten (1981) Amaranthus-cruentus L., especie para la producción de grano, es originaria de América Central, probablemente de Guatemala y sureste de México, donde se cultiva y se encuentra ampliamente distribuida.

Amaranthus caudatus es otra especie para la producción de grano; es de día corto y se adapta mejor que las otras especies a bajas temperaturas; es originaria de los Andes y de aquí se distribuyó a otras zonas templadas y subtropicales (Grubben, 1975; Grubben y Sloten, 1981 y Hunziker, 1952.).

Sauer (1950, 1977) indica que Amaranthus hypochondriacus es otra importante especie para producción de grano y es originaria de México, ya que aquí se le cultivaba desde el tiempo de los aztecas, actualmente se sigue cultivando y se encuentra am-

pliamente distribuida en México; también se cultiva en los Himayas en Nepal y en el sur de la India donde se han formado centros secundarios de diversificación.

Johnatan Sauer (1950) recopiló información con respecto al amaranto ubicando su origen, indiscutiblemente en el continente americano.

Con más precisión sitúa su origen en el suroeste de los Estados Unidos de América y Norte de México. Señala que el ama--ranto tiene aproximadamente 6,000 años de existencia en México. Existen indicios de que tribus de esas zonas cultivaban el ama--ranto para alimento; posteriores migraciones trasladaron el cultivo hacia la Mesa Central, donde alcanzó su mayor relevancia.- En Arizona se encuentran semillas e inflorescencias bien preservadas en "Tonto National Monument", región que estuvo ocupada - por los indios salado (Sauer , 1967). Existen indicaciones de que el cultivo pudo haber persistido en esta región hasta años- recientes.

M.C. Stevenson encontró como resultado de sus exploracio--nes -que los indios "hopi" de Arizona lo usaban en su alimenta--ción, así como también los indios "Suñiz" de Nuevo México. Ru--sell (1908), citado por Sauer (1950), reporta su cultivo por - los indios "Pimas".

El explorador Palmer menciona cultivos en el suroeste de - los Estados Unidos de América, donde viven los indios "Pahua---tes", Powell, en 1970, colectó semillas en Arizona (según Hunziker, 1943 citado por Alejandro y Gómez, 1986).

En varios lenguajes de los indios del Noroeste de México - el mismo cultivo fue llevado con algunas variantes de la palabra "guegui". Comenzando el siglo XVII, la denominación de "Alegria" que los españoles daban a las confecciones de amaranto tostado, gradualmente se fue extendiendo a toda la planta.

Durante el período colonial, los indios "Jova" y Tarahumaras cultivaron el amaranto en la Sierra Madre Occidental, bajo el nombre de "guegui". El grano fue usado también por los españoles -aunque de manera limitada- en forma parecida al maíz. Los indios "Mayo", "wariho" y "tepehuanes" cultivaron A. hypochondriacus en sus regiones bajo los nombres de "guegui", "huau tli", "bledo" o sus variantes (Sauer, 1967).

En la Mesa Central de México fue uno de los granos mayormente cultivados como alimento en los tiempos anteriores a la conquista. Entre los Aztecas y sus vecinos el grano tuvo además gran importancia religiosa (Sauer, 1967).

Las especies de A. hypochondriacus y A. cruentus son nativos de México y Guatemala. Actualmente se les puede hallar también en Nepal, India, Estados Unidos y China. Otras especies como A. caudatus y A. hybridus son localizadas en Perú, Argentina, Bolivia y Africa (UNAM, 1987).

El historiador azteca Tezozomoc (1598) refiere que las tribus aztecas ya conocían y cultivaban la planta mucho antes de llegar a Tenochtitlán. "Ya al tiempo que llegaron a esta ciudad habían andado y caminado muchas tierras, montes, lagunas y-

ríos... la comida que traían era maíz, frijol, calabaza, chile, jitomate y miltomate, que iban sembrando y cogiendo en los tiempos y partes que descansaban y hacían asiento, como dicho es, y como liviano que era el chian y huauhtli lo traían cargado los muchachos". Al llegar a Xaltocan, en la orilla del lago norte de la Cuenca de México, los aztecas utilizaron las chinampas para sembrar el huauhtli: "...hicieron camellones dentro del lago Chinamitl, sembraron maíz, huauhtli, frijol, calabaza, chilchotl, jitomate" (Aguilar y Alatorre, 1978).

La fecha exacta del cultivo de amaranto en Mesoamérica es imprecisa. En 1964, Richard Mc. Neish, en una cueva localizada en el valle de Tehuacán, Puebla, obtuvo los datos arqueológicos más antiguos al respecto: halló restos de amaranto, calabaza, chile, frijol y aguacate que datan de 5200-3400 años A.C., estos alimentos con seguridad eran del sustento de aquellos primitivos hombres (UNAM, 1987).

2.4. Distribución

2.4.1. Nacional.

El cultivo del amaranto fue casi suprimido por la iglesia española en su esfuerzo de erradicar las ceremonias paganas ya explicadas y que se centraban alrededor del amaranto (N.A.Sc. - 1975 citada por Alejandre y Gómez, 1986).

En la actualidad su cultivo está reducido a pequeñas zonas de las cuales las principales son el Distrito Federal, Estado de México y Morelos, que constituyen el área actual más impor--

tante del cultivo. Hoy se realiza, precisamente en la región - que fue el corazón del imperio azteca, y en el cual toda la producción se destina a la fabricación del dulce conocido como alegría. También se reporta su cultivo en pequeñas superficies de Michoacán, Jalisco, Sonora, Chihuahua, Sinaloa, Durango, Guerrero, Tlaxcala, Puebla y Oaxaca (Sánchez M., 1980). Ver figura 1.

En México la producción comercial de amaranto se encuentra concentrada en cuatro regiones: el oriente del estado de Morelos principalmente Huazulco y Amilcingo; San Miguel del Milagro en Tlaxcala; Huaquechula y Santa Clara Tetla en el estado de Puebla y Tulyehualco, Mixquic, Tetelco y Tecómitl en el Distrito Federal. Esporádicamente se llegan a encontrar algunos lotes en los estados de Oaxaca, México, Guerrero, Durango y últimamente en Chihuahua (Espitia, R., 1986).

En 1950, Jonathan D. Sauer reporta el cultivo y utilización del amaranto en los siguientes lugares:

Distrito Federal, Estado de México y Morelos: Esta es el área más importante de cultivo de Alegría. Tulyehualco (D.F.) es la "catedral de la alegría". Cada 2 de febrero se celebra "La Feria de la Alegría y la Aceituna". (En otros tiempos esta región fue gran productora de aceituna*. Ahora la traen desde California para la feria. Algunas gentes de Tulyehualco tienen sus olivares allá, según se dice). Esta dura una semana, durante la cual todos los "alegrilleros" ponen puestos en la calle y venden el dulce preparado de diferentes maneras (con cacahua-

*Ver Figura 2.

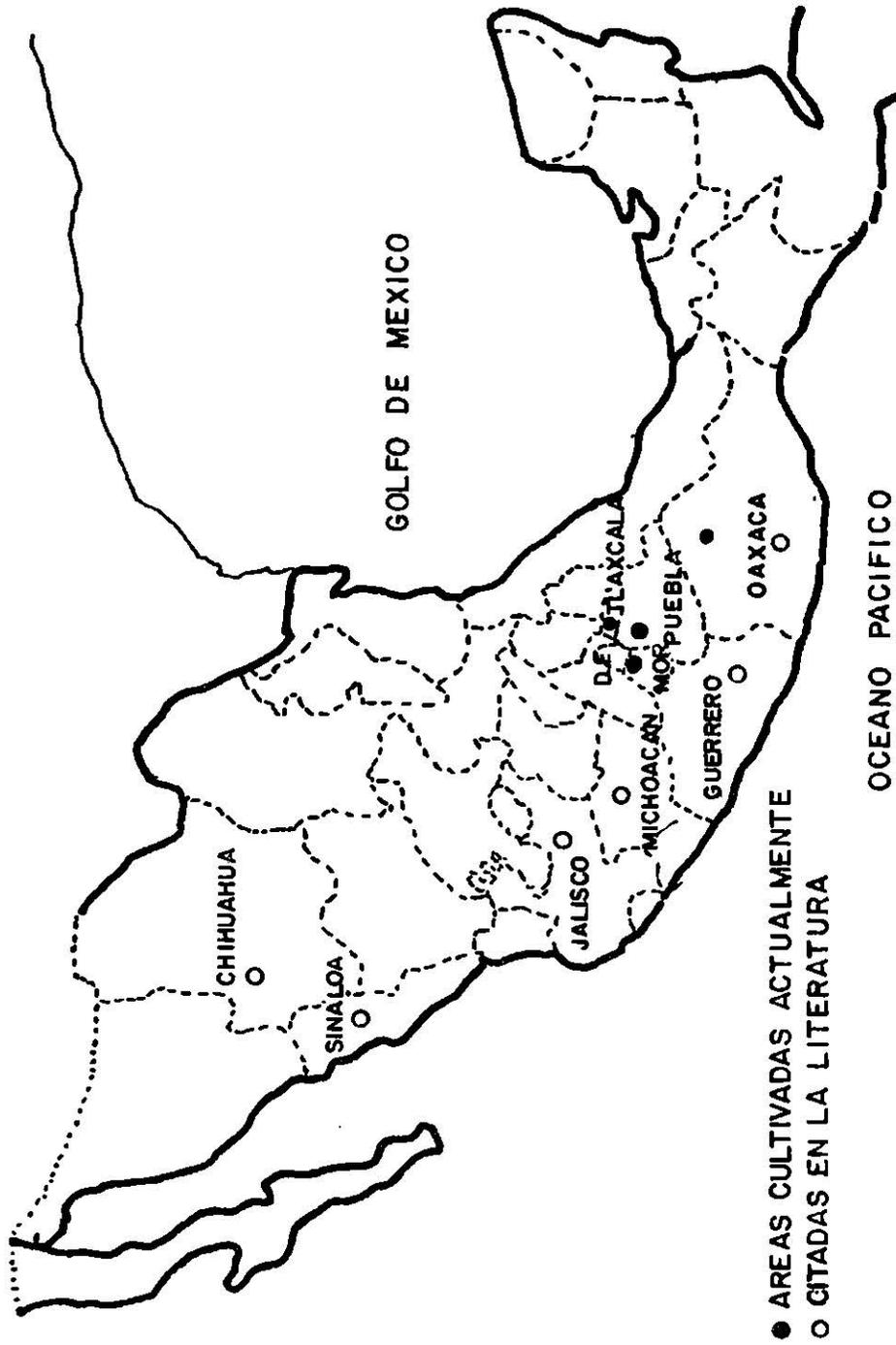


Figura 1. Distribución del cultivo de amaranto en México.
Fuente: Alejandro y Gómez, (1986).

te, con pepita de calabaza, con nuez, etc.). Otras comunidades que siembran la planta en la Cuenca de México son: San Gregorio Atlapulco, San Luis Tlaxialtemaco, Mixquic, San Juan Ixtayoapan y Milpa Alta. También aunque, en menor escala (hay que tener presente que los datos son de 1950): Chiconcuac, Tultitlán, Zumpango, Chimalcatlán, Tejupilco, Tlatlaya, Tonatico y Texcaltitlán. En estos tres últimos sitios la semilla a veces se muele para preparar una masa y atole.

En Michoacan algunos pueblos tarascos y mestizos seguían cultivándose el amaranto hasta 1948. Aunque en vías de extinción (según West), la semilla se seguía trayendo desde la sierra hasta algunos pueblos donde se sembraba. Hay registros de que se cultivaba el amaranto en Cherán y Chilchota.

Los tarascos a veces utilizaban la semilla en las fiestas de la siembra y la cosecha de maíz, preparando tamales (chapatillas) o atoles de harina negra de amaranto con masa de maíz negro. Tres variedades son cultivadas y utilizadas con fines ceremoniales (Aguilar y Alatorre, 1978).

En Jalisco existen registros de que el amaranto de grano se cultivaba en 1930 en Tlaquepaque, Zacoalco y Tuxpan; y en 1947 en Tlajomulco. Con la semilla se preparaban (y probablemente -- aún se siguen preparando) pastelillos llamados "suale", de uso principalmente ceremonial. Es posible que en la región huichola siga sembrándose el *wá-vé*: en la segunda década de este siglo los huicholes le daban a la semilla un uso ceremonial, pero también la comían como alimento ordinario cuando el maíz estaba escaso.

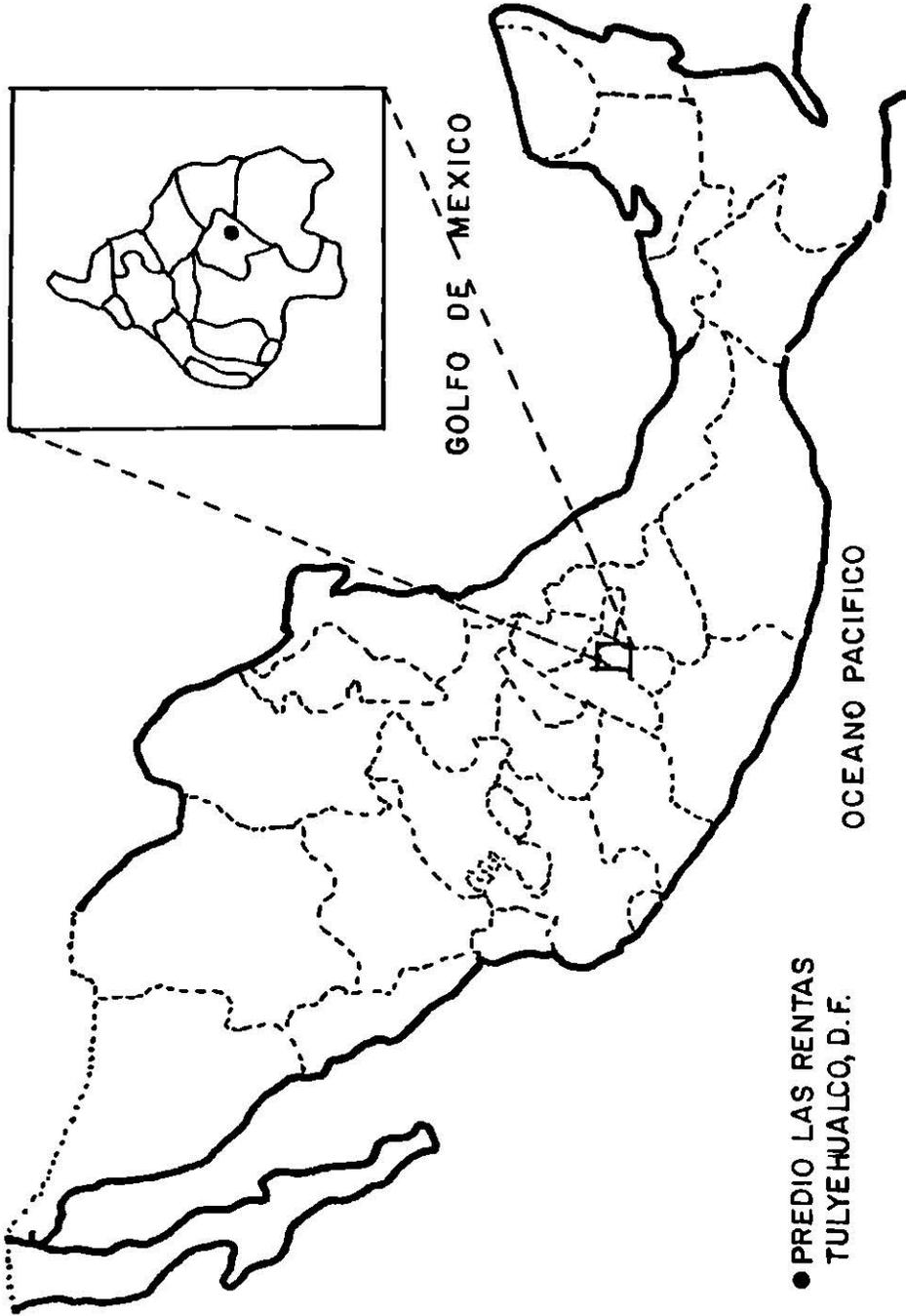


Figura 2. Ubicación de la "Catedral de la Alegría y la Aceituna", Tulyehualco, D.F.
Fuente: Alejandro y Gómez, (1986).

En Sinaloa, Chihuahua y Sonora en 1942 Gentry descubrió amarantos de semilla en las lejanas barrancas de la Sierra Madre Occidental, al oeste de Cusihuiriáchic. Colectó plantas en Guasaremos; Quebrada de Manzana y semilla en Rancho Trigo. En 1953 Bruggé* encontró cultivos de "guegui" (para su utilización en forma de pinole) cerca del pueblo Tarahumara de Metate, en Sinaloa, y averiguó que se sigue cultivando la semilla en la sierra sur de Sonora. Los Mayo, los Warihio y los Tepehuanos cultivan el Amaranthus hypochondriacus en la misma región general bajo los nombres "guegui", "huauhtli", "bledo" o variantes. Entre los yaquis de Sonora, Spicer (1954)* averiguó, conversando con las personas de edad avanzada, que las semillas de amaranto, *wa-vé* se sembraban regularmente y se utilizaban como el maíz, estas personas recordaban el *wa-vé* como un platillo especial que representaba a los espíritus de los muertos el Día de Muertos.

En Guerrero todavía en 1945 se seguía sembrando algo de amaranto en la sierra norte, dentro de las milpas; con el grano tostado y molido se prepara atole. En Xochipala se mezcla con dulce para hacer "bolitas". En Tlacotepec se prepara también atole; en Atoyac se hacen tortillas con la harina del "bledo". En diversos lugares se preparan alegrías, con el nombre de "pallanquetas" (Aguilar y Alatorre, 1978).

En Tlaxcala y Puebla en 1947 Sauer* vió cultivos de amaranto en San Miguel del Milagro Tlax. Con la semilla se preparan alegrías especialmente para la fiesta del Santo Patrón. En San --
*citado por Aguilar y Alatorre, (1978).

Fernabé Amaxac, Tlax. Hernandez X. hizo colectas de amaranto de semilla predominantemente pálida.

En Puebla hay otras comunidades que, por lo menos hasta -- 1948, seguían sembrando el amaranto: Huaquechula, Santa Clara - Tetla, Acatlán Tehuitzingo y Teocuizmanalco. Con la semilla se preparan alegrías (Aguilar y Alatorre, 1978).

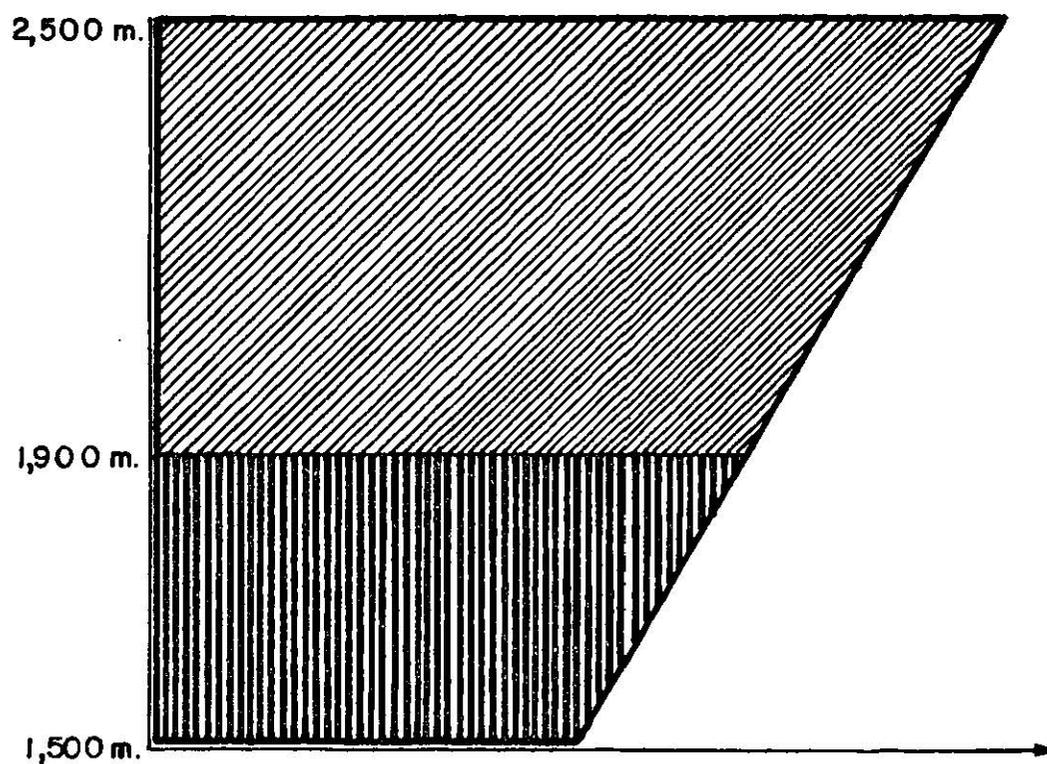
Oaxaca.- En la ciudad de Oaxaca se vendía todavía la alegría hasta 1947. Se preparaba con semilla tardía de Ixtlán de Juárez y Zimatlán. Una carta de Hernández X. a J. Sauer afirma que en San Miguel Suchistepec sigue utilizándose; en lugares re motos es posible que subsista su cultivo, sugiere Sauer.

En la Huasteca entre los huastecos el amaranto tenía por -- lo menos hasta 1953, cierta importancia en la alimentación ---- (Aguilar y Alatorre, 1978).

En la Figura 3 se muestra la distribución de dos especies de Amaranto (hypochondriacus y cruentus), a diferentes latitudes (Alejandre y Gómez, 1986).

En seguida se presenta la Tabla 1 y la Figura 4 que nos -- ayudan a comprender completamente la distribución del amaranto en territorio Mexicano (Sánchez, M., 1980).

En la Figura 5 se muestra la distribución de amaranto en -- algunos estados productores (Alejandre y Gómez, 1986).



 Amaranthus hypochondriacus
 TLAXCALA
 Tulyehualco, D. F.

 Amaranthus cruentus
 Morelos
 Puebla

Figura 3. Distribución de especies de amaranto a diversas altitudes.

Fuente: Alejandre y Gómez, (1986).

Tabla 1. Distribución del amaranto en México.

| Entidad | Lugar de cultivo |
|------------------|---|
| Distrito Federal | Tulyehualco San Gregorio Atlapulco Milpa Alta |
| Estado de México | Tultitlán Zumpango Cocotitlán Chiconcuac Tonatico Texcaltitlán |
| Morelos | Chimalacatlán |
| Tlaxcala | Apizaco Tlaxcala Contla |
| Guerrero | Atoyac Chilapa Tlacotepec |
| Puebla | Santa Clara Tetla Huaquechula Acatlán |
| Oaxaca | Ixtlán de Juárez Zimatlán San Miguel Suchitepec |
| Michoacán | Cherán Chilchota Ztintzuntzan |
| Jalisco | Tlaquepaque Tlajomulco Tuxpan Zacoalco |
| Sinaloa | Quebrada de Manzana Ymala |
| Sonora | Guirocoba Warihio |
| Chihuahua | Cusihuiriachic Guasaremos Rancho Trigo |

Fuente: Spanchez, M., (1980).

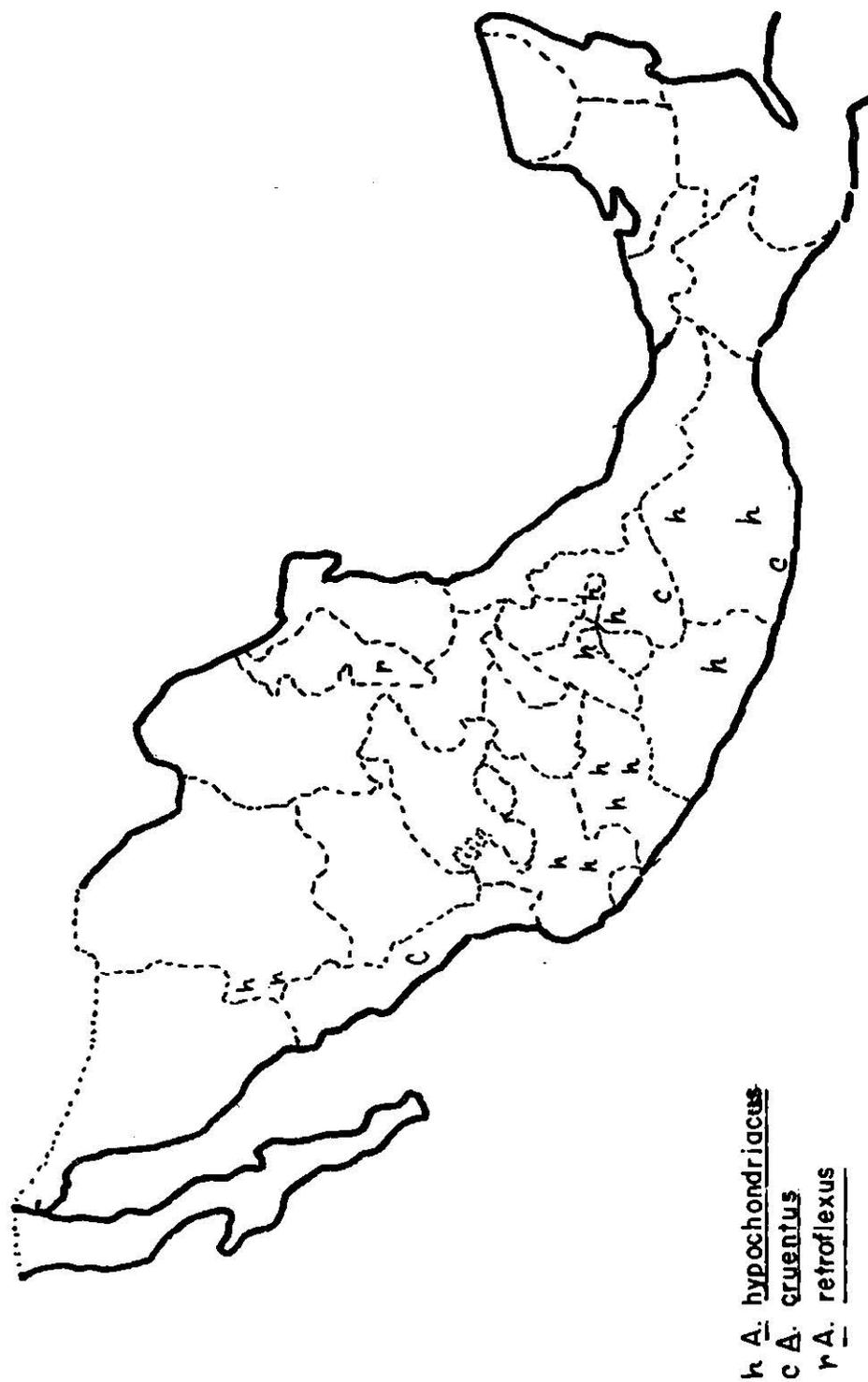


Figura 4. Distribución geográfica del amaranto en la República Mexicana.
Fuente: Sánchez, M., (1980).

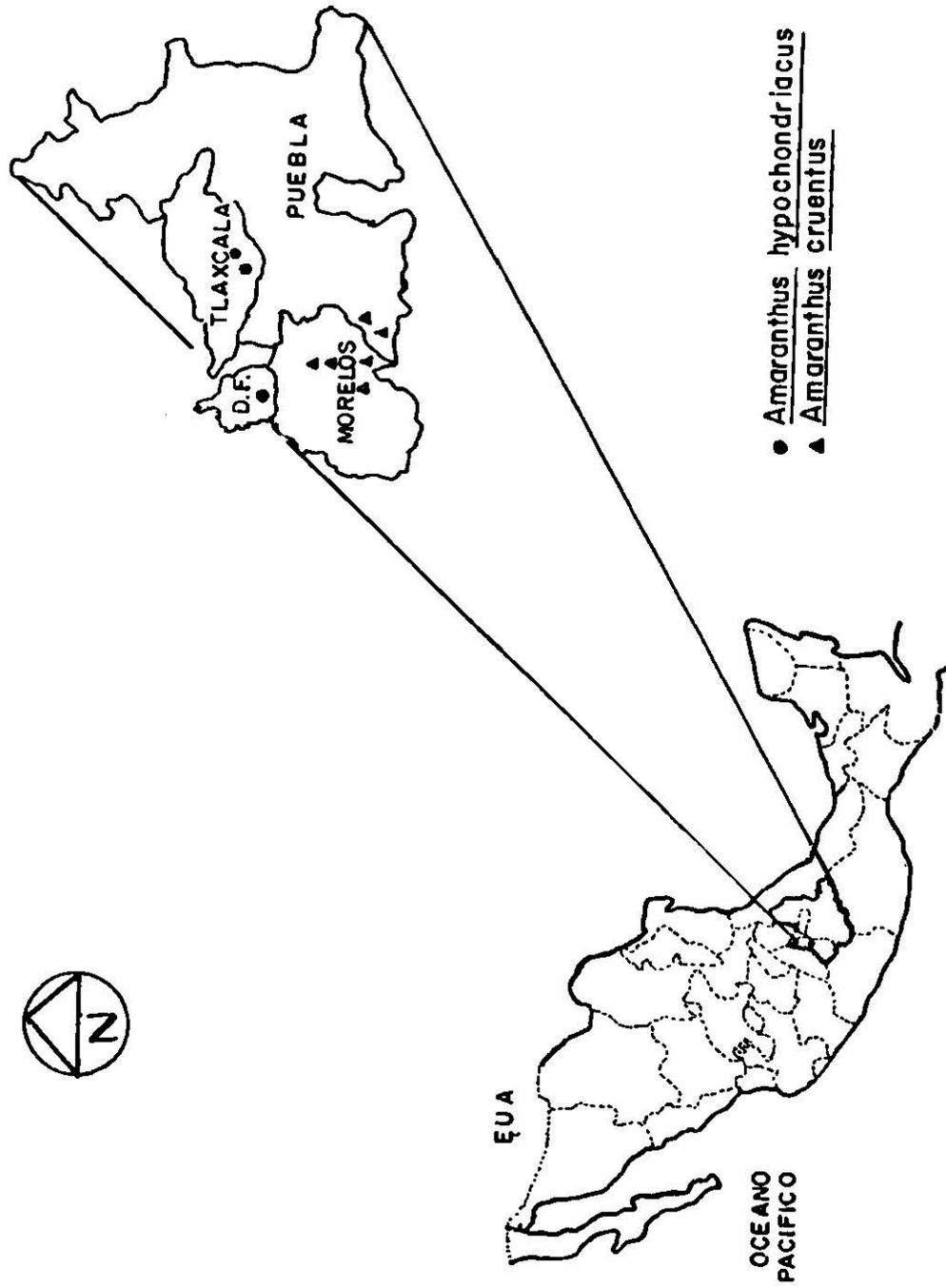


Figura 5. Distribución de especies de amaranto en algunos estados productores. Fuente: Alejandro y Gómez.(1986).

2.4.2. Mundial.

Los habitantes nativos de los amarantos de grano (en especial Amaranthus cruentus y A. hypochondriacus) ocupan todo México y se extienden a Guatemala y el Suroeste estadounidense. En Sudamérica (en especial Amaranthus caudatus) se encuentran en la franja que se extiende desde el sur del Ecuador, pasando por Perú y Bolivia, hasta el norte de Argentina, en Perú en la región Andina (Anónimo, 1987).

Aunque el amaranto de grano es una planta de las américas, hace mucho tiempo (quizá ya en tiempos del descubrimiento del Nuevo Mundo), el A. hypochondriacus realizó una notable migración hacia Asia. Durante el siglo pasado se difundió mucho entre las tribus de las colonias de la India, Paquistán, Nepal, Tibet y China. Los que han viajado por esos lugares han informado de las manchas rojas y amarillas que se ven en las laderas de las montañas, donde el amaranto "hace florear las faldas desnudas del monte". En el Himalaya esta especie de amaranto es ahora cultivo importante en ciertas regiones y ya se ha vuelto alimento común un pan aplanado hecho con sus semillas. Más aún es precisamente en esta región de tierras altas de Asia donde esta planta americana encuentra ahora su cultivo más intenso. Llega a ocupar más de la mitad de los campos de siembra de temporal de las montañas, cordillera arriba, en el noroeste de la India, por ejemplo (Anónimo, 1987).

También está ganando popularidad el amaranto, en las llanuras Noroccidentales de la India, así como en las Colinas del Sur de ese país, donde se suele llamar "raj gira" ("semilla

real"), "ramdana" ("semilla enviada por Dios") y "Keerai". Los hindúes revientan el grano y hacen con él repostería a la que le dan el nombre de "laddos", con miel o jarabe, como Aztecas y Mayas hacían hace siglos. También, entre los que profesan el hinduismo se emplea el grano reventado del amaranto, sopeado -- con leche, en aquellos días festivos en que está prohibido comer cereales tradicionales.

En las regiones húmedas y tórridas de Africa, del Sudeste Asiático (en especial, Malasia e Indonesia), en el Sur de China, el Sur de la India y el Caribe, se cultivan las especies -- A. tricolor, A. dubius y A. cruentus, como verduras para sopas o para aderezar cocidos. En los desiertos Norteamericanos, donde los veranos son demasiado tórridos para que se puedan cultivar lechugas o coles, Amaranthus palmeri ha sido siempre la --- principal verdura silvestre para los indios. Desde los días de Homero, en Grecia, las hojas hervidas de A. blitum han sido una ensalada favorita (llamada "Vleeta") (Anónimo, 1987).

Además de México, existen otros países en el mundo donde se siembran amarantos de semilla:

En Guatemala las comunidades indígenas del interior sembraban los amarantos (por lo menos hasta 1950); aparentemente sólo se cultivaban grandes cantidades cuando había escasez de maíz. Generalmente se cultivaban pequeños lotes cerca de las casas ó las plantas se dejaban crecer y reproducirse solas en los campos de maíz. Muy poca gente sabe, sin embargo, de la existen--

cia y utilización del amaranto. En Perú, Bolivia y Argentina, principalmente en la región andina, se siguen cultivando los amarantos de semilla, aunque en cantidades pequeñas y cada vez menores.

En Asia está tan difundido el cultivo de los amarantos de semilla que parecería como si fuera muy antiguo. Algunos autores han pensado incluso que el origen de los Amaranthus de semilla es asiático. Las regiones donde se cultiva son, según Sauer (1950):

El Sur de India y Ceilán. En varias regiones el amaranto de semilla constituía el principal alimento en el siglo pasado. Sobre su uso actual no tenemos datos precisos.

-El Norte de la India; Nepal y Birmania. En las colinas al pie de la cordillera del Himalaya, el amaranto se ha convertido en un cultivo común. Cerca de Delhi se cultivan intensivamente unas 120 hectáreas en tierras de riego; prácticamente toda la producción se transporta a Delhi o a otras grandes ciudades del Norte. Con este grupo se fabrican principalmente dulces, parecidos a las Alegrías de México.

Los amarantos incluso se siembran en las zonas cubiertas durante la mitad del año por una capa de nieve de dos a tres y medio de espesor.

En Africa empezó a cultivarse el amaranto a partir de la Segunda Guerra Mundial, casi exclusivamente en las comunidades hindúes de Uganda. Hay datos de que en Nigeria también se utiliza el A. cruentus (Sauer, 1950).

En los Estados Unidos recientemente ha surgido un gran interés por los amarantos de semilla y desde hace cuatro años se están haciendo investigaciones sobre todo lo concerniente a este grano; su historia, su valor nutritivo, su potencial agronómico, sus diferentes formas de preparación, etc. (Sauer, 1950).

En resumen, la distribución mundial de las especies silvestres y cultivadas se muestra en la Tabla 2 (Sánchez, M., 1980).

2.5. Requerimientos Ambientales

El amaranto tiene una distribución altitudinal muy amplia, se le puede encontrar desde el nivel del mar donde predomina el clima caliente húmedo o subhúmedo, hasta en regiones altas (mas de 2500 msnm), templadas húmedas, subhúmedas, semiáridas o áridas inclusive.

Latitudinalmente se encuentra distribuido desde en lugares próximos al ecuador hasta en las latitudes medias y altas de -- 40° en ambos hemisferios (Reyna, 1984).

En México, desde la época prehispánica fue considerado con alta calidad alimentaria y tuvo una amplia dispersión; actualmente se le ha cultivado con éxito en áreas específicas de diferentes regiones fisiográficas que conforman nuestro territorio, lo mismo en la Sierra Madre Occidental y Llanura Costera del -- Golfo de California y del Pacífico (Chihuahua y Durango; Sonora y Sinaloa) que en la Altiplanicie Mexicana (Jalisco, Michoacán, Estado de México, Morelos, Puebla, Tlaxcala y Distrito Federal) y en la Sierra Madre del Sur (Guerrero y Oaxaca) en los mas va-

Tabla 2. Distribución de las especies comunes de Amaranthus

| Distribución principal | Especie o sinonimia | Usos actuales | Nombre vulgar | Cultivo |
|------------------------|---|---|--|---------------------------------|
| México | A. hypochondriacus (A. leucocarpus) A. paniculatus, var. A. silvestus) A. cruentus (A. paniculatus) A. hybridus A. retrofolius | Conifiterfa Conifiterfa Sopas, estofados Ninguno | "Alegría" "Soforina" "Alegría" Quintonil Quelite y "Bledo" | + + - - |
| Estados Unidos | Los cuatro anteriores y además A. powellii y otros | Ornamental Ninguno | - Pigweed y comoot | - - |
| Centro y Sudamérica | Los cinco anteriores y además: A. caudatus A. quitensis A. dubius | - Hortaliza y grano, Quinoa, Cuime Hortaliza y grano, Milmi Hortaliza, | - - - | - + + + |
| Asia | A. gangeticus (A. tricolor, A. oleraceus) A. hypochondriacus A. lividus (A. ascendens, A. blitum) A. spinosus A. tristis (A. dubius) A. cruentus (A. frumentaceus, A. paniculatus) A. gracilis (A. viridis) | Hortaliza y grano Hortaliza y grano Hortaliza Hortaliza Hortaliza Hortaliza y grano Ninguno | 'Espinaca china' Tampala Tulsi, Dankhar Rajgirah, etc. - - - - - | + + - - - - - |
| Africa | A. gracilis (A. viridis) A. hypochondriacus | Hortaliza Hortaliza y ornamental | - - | - - |
| Europa | A. retroflexus A. albus A. caudatus A. leucocarpus A. melancholicus A. lividus (A. blitum) | Ninguno Ninguno Ninguno Ornamental Ornamental Ninguno | "Bledo" (España) - - - - "Bledo" (España) | - - - - - - |
| Oceanía | A. gangeticus A. caudatus (A. edulis) A. cruentus | Hortaliza y grano Hortaliza Hortaliza y ornamental | - - - | - - - |

Fuente: Sánchez, M., (1980).

riados climas, con temperaturas altas y uniformes todo el año, o extremosas con inviernos definidos con presencia de heladas a las que algunas especies han mostrado resistencia y veranos calientes; pero lo más importante, se ha cultivado en condiciones de temporal en lugares con menos de 400 mm de precipitación anual, con distribución errática y marcada sequía intraestival (más del 20%), mostrando una mejor adaptación durante su ciclo-fenológico que otros cultivos como el frijol o el maíz, con los cuales se tienen pérdidas parciales o totales en la producción (Reyna, 1984).

2.5.1. Condiciones ambientales en Tulyehuañco, D.F.

2.5.1.1. Geología y Suelos.

Según estudios de CETENAL (1976), los suelos de esa región se originaron de rocas ígneas. Corresponden según la clasificación FAO-UNESCO, modificada por la propia CETENAL a la unidad de suelos Faozem háplico, con clase textural media y se encuentran en fase pedregosa (fragmentos mayores de 7.5 cms en la superficie o cerca de ella, que impiden el uso de maquinaria agrícola. El uso potencial para estos terrenos, según CETENAL (1976), es para su utilización en reservorios para la vida silvestre, explotación forestal, práticamente intensa, agricultura moderada y limitada (Alejandre y Gómez, 1986).

Con base en los factores limitantes, estos suelos se consideran de tercera clase, por tener diversos grados de pendiente y distribuciones y de segunda clase por deficiencia de agua y

poca profundidad efectiva del suelo.

En la Tabla 3 se incluyen los resultados de un análisis de suelo realizado en 1981 en el predio "Las Rentas" Tulyehualco, D.F. (Alejandre y Gomez, 1986).

2.5.1.2. Clima.

El clima en Tulyehualco según Köppen, modificado por Enriqueta García (1973) es C(Wo) (W) b(i'), es decir, el más seco de los templados subhúmedos con lluvias en verano, verano fresco largo, temperatura del mes más caliente 6.5 y 32°C y con poca oscilación entre 5° y 7°C. Esta caracterización, sin embargo, esta basada en datos termopluviométricos de la estación localizada en la parte baja y en orientación diferente. Sin embargo, hay indicios reveladores de que en esta área prevalece un microclima semiárido BS.

2.5.2. Condiciones ambientales en Morelos.

En Morelos (otra zona importante de cultivo) presenta terreno con escasa pendiente y no se siembra asociado con algún otro cultivo. El clima es tropical seco con lluvias en verano; la vegetación es propia del trópico semiárido. La temperatura oscila entre 18°C-24°C, con una altitud de 1800-1900 msnm.

2.5.3. Condiciones ambientales en Tlaxcala.

Tlaxcala, es otro estado productor que presenta en general un clima templado subhúmedo con lluvias en verano, pero tiende a ser más seco y extremoso en los llanos centrales; las heladas

Tabla 3. Resultados del muestreo de suelos en el área experimental. "Las Rentas" Tulyehualco, D.F.

| Muestra 1 | | Fósforo | | Potasio | | Conductividad | | | | | |
|-------------|------------|---------|------|---------|-----------------|---------------|------------------|----------------|-------------------------------------|------------------------|-------------------------|
| Profundidad | Color | Arena | Limo | Arcilla | Textura | pH | Materia orgánica | N aprovechable | P ₂ O ₅ kg/ha | K ₂ O kg/ha | Conductividad eléctrica |
| 0-30 cm | café-negro | 78% | 14% | 8% | Migajón arenoso | 6.1 | 1.1 | 28 | 40 | 1,274 | 0.48 |
| Muestra 2 | | Fósforo | | Potasio | | Conductividad | | | | | |
| Profundidad | Color | Arena | Limo | Arcilla | Textura | pH | Materia Orgánica | N aprovechable | P ₂ O ₅ kg/ha | K ₂ O kg/ha | Conductividad eléctrica |
| 30-60cm | café-negro | 75% | 15% | 10% | Migajón arenoso | 6.5 | 0.8 | 20 | 24 | 1,129 | 0.38 |

Fuente: Alejandro y Gómez, (1986).

afectan en diverso grado al cultivo. La temperatura media anual de la zona oscila entre 12-18°C, su precipitación media es de 600 mm (un microclima semiárido, BS) y la altura sobre el nivel del mar es de 2100 m (Alejandre y Cómez, 1986).

En la Tabla 4 aparecen las características edafológicas y precipitación pluvial en Ixtacuixtla, Tlaxcala (Sánchez, M., 1980).

Tabla 4. Características edafológicas y precipitación pluvial en Ixtacuixtla, Tlax.

| Días | Cifras | Interpretación |
|--|-------------|----------------------|
| Color | - | Café oscuro |
| Textura | - | Migajón arenoso |
| Nitrógeno total | 0.05% | Bajo |
| Fósforo | 82.00 k/ha | Medianamente rico |
| Potasio | 150.00 k/ha | Medianamente pobre |
| Calcio | 100.00 k/ha | Extremadamente pobre |
| Magnesio | 55.00 k/ha | Medianamente pobre |
| pH | 7.3 | Ligeramente alcalino |
| Precipitación pluvial 525 a 600 mm/año | | |

Fuente: Sánchez, M., (1980).

2.5.4. Descripción de los requerimientos ambientales.

2.5.4.1. Suelo y pH.

El amaranto puede ser cultivado en una amplia variedad de suelos. Así por ejemplo en los Estados Unidos se le ha cultivado con éxito en suelos francos, suelos de pradera y en suelos salinos. El mejor tipo de suelo para el cultivo del amaranto son los suelos francos bien drenados (Kauffman et al., 1984; Weber et al., 1985, Espitia, R., 1986).

Las observaciones de campo indican que el amaranto se dá bien en suelos que contienen una amplia gama de nutrientes. Los estudios iniciales llevados a cabo en Pennsylvania muestran que los amarantos de grano jóvenes crecen más alto con fertilizante, pero su rendimiento en grano hasta el momento ha manifestado poca mejora. Los amarantos foliáceos, por otro lado, exigen elevada fertilidad del suelo sobre todo potasio y nitrógeno.

El amaranto de grano requiere lugares con buenos escurrimientos de agua (avenamiento) y parece preferir suelos neutros o básicos (valores de pH superiores a 6). Sin embargo, esto no se ha estudiado detenidamente, y dada la riqueza de germoplasma de amaranto que existe es probable que se encuentren tipos que toleren condiciones ácidas, en especial a medida que el amaranto foliáceo se cultive en las tierras tropicales bajas donde son comunes los suelos ácidos (Anónimo, 1987).

Aunque el género hasta donde se sabe no resiste bien una salinidad elevada, se patentiza cierta capacidad de resistir la salinidad y la alcalinidad ligeras en algunas especies. Además, A. tricolor ha demostrado tolerancia en el suelo con niveles al

tos de aluminio (Anónimo, 1987).

Schmidt (1977) reportó problemas con el cultivo cuando es te fue establecido en suelos arcillosos pobremente drenados.

Harwood (1977) reporta que el amaranto puede tolerar un am plio rango de condiciones de suelo. Puede crecer en suelos muy ácidos con alto contenido de aluminio, puede mantenerse sobre - suelos que fluctúan desde textura gruesa hasta textura fina,

Existen métodos para proveer una mejor cubierta de abono -- que necesitan todavía ser desarrollados. Se pueden desarrollar produciendo amaranto con una reducción en la distancia entre -- surcos.

En la Universidad de Minnesota, Robinson (1986) mante- nia una tierra abonada con avena y rastrojo de alfalfa, el cual fue destruido rociándole Glifosato. Los rendimientos de amaranto, fueron ligeramente más bajos que en la trilla convencional- debido a la emergencia lenta. La emergencia lenta fue debido a suelos fríos y secos.

Este autor aparte experimentó con una cobertura de suelo in- terponiendo semillas de amaranto y centeno, el crecimiento de - la semilla, fue restringido por las temperaturas calientes del- verano. Sin embargo, cuando este aspecto fue probado en el Centro de Investigaciones Rodale, el crecimiento del amaranto fue- impedido por competencia de humedad que tenían los granos interpuestos.

Experimentos adicionales son necesarios para proveer una mejor cubierta del suelo, después que el amaranto es cosechado.

Algunos productores estan experimentando con poner semilla extra de una leguminosa en el último cultivo, esto para proveer una mejor cubierta del terreno.

En muchas áreas del Norte de Estados Unidos, se puede asumir que las condiciones óptimas de tierra abonada seran obtenidas dos semanas después de la fecha de la última helada,

2.5.4.2. Humedad y precipitación.

Núñez y Trinidad (1984)* indican que los factores que afectan al crecimiento vegetal son de origen genético y ecológicos. Los factores ecológicos se clasifican en: temperatura, humedad, luz, atmósfera, aire del suelo, pH del suelo, factores bióticos y elementos nutrimentales (Fernández y Laird, 1958)*.

El agua es un factor clave en los tres mecanismos de asimilación de nutrimentos: intercepción radical, flujo de masas y difusión (Tisdale y Nelson, 1982)*.

En relación a la cantidad de agua que las plantas absorben para su crecimiento y desarrollo, la transpiración es el factor dominante en las relaciones hídricas de la planta. La pérdida de agua por transpiración es la causa fundamental de los déficits hídricos en las plantas. El déficit hídrico o tensión hídrica se produce siempre que la pérdida de humedad del suelo -- por transpiración es mayor que el coeficiente de absorción (Kra
*Citados por Pulido, M.. (1987).

mer y Duke, 1974)]. Esta absorción del agua en los vegetales en su mayor cuantía se realiza mediante la diferencia de potencial que se establece entre las hojas y las raíces, transmitido por toda la planta (Alvarez, 1983 citado por Pulido, M., 1987).

Para que las semillas germinen y echen raíces, el suelo tiene que estar bien húmedo; pero una vez aparecidos los retoños, los amarantos de grano se desenvuelven bien con escasa agua; más aún, llegan a crecer mejor en condiciones secas y templadas. Los amarantos foliáceos, por otro lado, requieren de humedad durante toda la temporada de crecimiento. Los amarantos de grano logran crecer en tierras agrícolas secas o de temporal donde las precipitaciones son de 200 mm/año, mientras que por el otro extremo los amarantos foliáceos se dan bien de ordinario en áreas que reciben precipitaciones anuales de 3000 mms. En efecto, en Africa Occidental, la producción del amaranto foliáceo continúa incluso durante la estación de lluvias torrenciales (Anónimo, 1987).

El amaranto es tolerante a la sequía, si bien se dice que, este cultivo no es para zonas desérticas, si tiene un excelente potencial en áreas de baja precipitación, que tradicionalmente se han venido sembrando con sorgo y mijo (Kauffman y Hass, 1984, Kauffman et al., 1984 y Weber et al., 1986).

Se ha observado que se le cultiva en condiciones de temporal aún en sitios con menos de 400 mm de precipitación al año y recibidas casi exclusivamente de mayo a octubre, pero también se le encuentra en zonas con precipitaciones de 1,300 mm (Reyna 1984; Morales, 1984*).

*citado por Pulido, M., (1987).

Las líneas de amaranto que actualmente están disponibles, mantienen un alto nivel de humedad en los tallos y hojas, aún cuando el grano está maduro (Weber, et. al., 1988).

2.5.4.3. Temperatura.

El amaranto presenta un mejor desarrollo cuando las altas temperaturas diarias alcanzan cuando menos 21°C. Muchos materiales han mostrado una germinación óptima cuando la temperatura es de 16 a 35°C. La velocidad de emergencia cuando las temperaturas se encuentran cercanas al límite superior de este rango. A. hypochondriacus y A. cruentus son tolerantes a altas temperaturas, pero no resistentes a heladas. El crecimiento cesa a temperaturas cercanas a 8°C y las plantas sufren daños por debajo de los 4°C (National Research Council, 1984).

A. caudatus es una especie con requerimientos ecológicos un poco diferentes, debido a que es originaria de zonas altas -- está mejor adaptada a condiciones de baja temperatura y por consiguiente es más resistente a heladas que las otras especies -- (Grubben y Sloten, 1981).

Para que se pueda sembrar con temperatura óptima se requiere una temperatura en el suelo de 60-65°F (16-18°C) (Weber, et. al., 1988).

2.5.4.4. Fotoperíodo.

Muchos de los amarantos son sensibles a la longitud del día. Por ejemplo algunos materiales de A. hypochondriacus ori-

ginarios del Sur de México no florecen en el verano en Pennsylvania; sin embargo, en invernadero y en condiciones de días cortos de invierno si maduran en forma normal. Con algunos materiales de A. cruentus originarios de Nigeria sucede lo contrario, ya que, en su lugar de origen permanecen por un largo período en crecimiento vegetativo y cuando son sembrados en Pennsylvania producen semilla en un período de tiempo muy corto (National Research Council, 1984).

Fuller (1949) encontró que A. caudatus floreció bajo condiciones de fotoperíodo de 8 hr. mientras que, cuando fué sometido a condiciones de iluminación continua y fotoperíodo natural (12 a 14 hr) no floreció. Por su parte Zabka (1961) menciona que A. caudatus para que pueda florecer bajo condiciones de día corto, deberá alcanzar una cierta edad o período inductivo; el cual se alcanza aproximadamente 30 días después de la germinación.

2.5.4.5. Altitud.

Las zonas de México donde se cultiva el amaranto tienen características altitudinales muy contrastantes, pues lo mismo se le encuentra a los 100 msnm que a los 2800 msnm (Pulido, M., --- 1987).

La elevación no constituye una limitación seria. Los amarantos crecen satisfactoriamente desde el nivel del mar hasta por encima de los 3200 metros; pero sólo A. caudatus, hasta donde se sabe, prospera a alturas superiores a los 2500 m (Anónimo, 1987).

Grubben y Sloten (1981) señalan que A. caudatus es cultivado en Nepal a una altitud de 3,000 msnm,

La especie A. cruentus se encuentra distribuido en los Estados de Morelos y Puebla en localidades abajo de 1800 msnm y en condiciones de trópico semiárido.

La especie A. hypochondriacus está distribuida en el Estado de Tlaxcala y Tulyehualco, D.F., cuyas localidades están situadas arriba de los 2000 msnm (Alejandre y Gómez, 1986).

2.5.4.6. Latitud.

El amaranto, latitudinalmente se encuentra distribuido desde lugares próximos al Ecuador hasta en las latitudes medias y altas de 40° en ambos hemisferios (Reyna, 1984).

Aunque el amaranto tradicionalmente se ha cultivado dentro de los 30° latitud del Ecuador, también crece a latitudes más altas con variedades que florecen no obstante la mayor duración del día (fotoperíodo) que en los trópicos. La mayor parte de los cultivos de amaranto de grano se ha concentrado en los Valles de las Tierras Altas, como los de la Sierra Madre, los Andes y el Himalaya. En general, los agricultores de esas regiones solo han intercambiado semillas con sus vecinos, de manera que los mancomunales genéticos de tierras semiáridas, altas y bajas subtropicales han permanecido en buena medida separadas (Anónimo, 1987).

2.6. Descripción Taxonómica

El género Amaranthus es un grupo difícil taxonómicamente. Ha existido mucha confusión en la nomenclatura y clasificación de estas plantas debidas a su gran semejanza y a su amplia distribución geográfica.

Los nombres que diferentes autores le han dado a estas plantas son muy variados. Sin embargo, después de varios estudios se ha llegado a la conclusión de que las especies de semillas comestibles se reducen a: Amaranthus hypochondriacus caudatus y A. cruentus (National Academy of Sciences, 1975). A A. hypochondriacus se le ha conocido también como A. leucocarpus, S. Watson; debido a la denominación errónea, la llamó más tarde A. leucospermus. Otros autores, como M. Martínez (1936) y el Dr. W.E. Safford, le llamaron posteriormente A. paniculatus L. var. leucocarpus.

La familia de las Amaranthaceae (Dicotiledoneas, orden cariofiliales) está compuesta por 60 géneros y alrededor de 800 especies; son plantas herbáceas anuales de origen tropical la mayoría pero con muy buena adaptación a climas templados (Feine et al., 1979; Sauer, 1967).

Esta familia comprende hierbas anuales o perennes, son de hojas opuestas y alternadas y sin estípulas. De acuerdo a la clasificación botánica realizada por Linneo y modificada por Saff, la planta pertenece al reino vegetal; división Embriophyta Sphorogamia; subdivisión Angiospermae; clase Dicotiledonea; subclase Arcichomydae; familia Amarantáceae; género Amaranthus.

(Medina, 1982, citado por Pulido, M., 1987).

La clasificación taxonómica del género Amaranthus ha sido difícil, debido a que se han considerado para tal efecto características como la pigmentación, la cual segrega demasiado dentro de las poblaciones; el tamaño de la planta que está ampliamente influido por la longitud del día y otras variables ambientales; cabe mencionar que la planta de amaranto es tremendamente plástica. Debido a esto se han buscado otros caracteres más constantes que faciliten la identificación de las especies, tal es el caso de la forma y proporciones de las partes de las flores pistiladas que propone Sauer (1950;1967).

El género Amaranthus está dividido en 2 secciones: sección Amaranthus y sección Blitopsis. Los caracteres usados con más frecuencia para la clasificación de esas especies, dentro de las secciones, son la forma y proporción de las partes florales pistiladas (Feine et al., 1979).

En la sección Amaranthus se incluyen los tipos que se utilizan para la producción de grano, los amarantos colorantes, la mayoría de los amarantos ornamentales, muchos de los tipos para verdura y muchos de los amarantos considerados como maleza (Grubben, 1975 y Sauer, 1967). Estos incluyen las especies A. cruentus, A. caudatus, A. hypochondriacus y A. edulis. La planta de este grupo está compuesta normalmente por una inflorescencia terminal (Sauer, 1950), la cual es de crecimiento indeterminado, excepto el A. edulis. Las flores son generalmente

pentámeras con un utrículo dehiscente que es circunsésil (Pal, 1972),

Las plantas de esta sección normalmente tienen una inflorescencia terminal compuesta. Las unidades básicas de esta inflorescencia son glomérulos: una flor estaminada inicial y un número indefinido de flores pistiladas, las cuales se encuentran sobre un eje carente de hojas llamadas espigas (Sauer, 1950).

Los amarantos para producción de grano son fácilmente reconocidos por sus brácteas relativamente cortas y frágiles, por su alta producción de semilla, por su mayor tamaño de planta e inflorescencia y por su semilla de color claro, que es encontrada únicamente en estos tipos, como resultado de la preferencia por la semilla de estas tonalidades (Sauer, 1967).

La sección Blitopsis tiene flores de crecimiento determinado, axilares y en dado caso, que exista una inflorescencia terminal, esta es muy pequeña. Las flores normalmente son bímeras o trímeras con un utrículo de dehiscencia irregular (Pal, 1972). La sección Blitopsis incluye las especies para verdura A. gangeticus, A. tricolor y A. blitum (Grubben, 1975).

La estructura floral básica para ambas secciones es un dicasio llamado comúnmente glomérulo. Una flor estaminada inicial es seguida por un número indefinido de flores pistiladas (Sauer, 1950). Los glomérulos están sobre un eje carente de hojas. Forman una panícula compleja llamada técnicamente "tirso".

Antes de la emergencia de los estambres, los pistilos dentro de un glomérulo dado son receptivos al polen (Sauer, 1950).

2.7. Descripción Botánica

2.7.1. Hojas, tallos, flor e inflorescencia.

El género Amaranthus comprende hierbas anuales procumbentes, erectas, con hojas simples, alternas, enteras y largamente pecioladas.

Plantas generalmente matizadas con un pigmento rojo llamado Amarantina, algunas formas cultivadas son intensamente coloreadas. El color se manifiesta desde las primeras etapas de crecimiento de las plántulas, poco después de la germinación.

Las unidades básicas de la inflorescencia son los llamados "glomérulos", cada uno consiste en una flor estaminada inicialmente un número indefinido de flores femeninas. Los glomérulos están agrupados en un eje sin hojas para formar complejas inflorescencias llamadas técnicamente "tirso", los cuales son llamados comúnmente espigas, panojas o "mazorcas". El eje principal de la inflorescencia es usualmente ramificado. La longitud y el número de esas ramas (espiguillas), con su ángulo y el eje principal, determinan la forma de la inflorescencia (Alejandre y Gómez, 1986).

Hay 3 especies del género Amaranthus que producen densos racimos cargados de semillas comestibles. Amaranthus hypochondriacus y A. cruentus son nativos de México y Guatemala; A. cau

datus es nativo de Perú y otros países andinos. Las 3 especies se cultivan en pequeña escala en México en valles aislados, Centroamérica y Sudamérica, donde generaciones de campesinos han seguido cultivando las plantas que cultivaron sus antepasados.

Los amarantos son plantas de hoja ancha (latifolias), una de las pocas plantas no herbáceas que producen considerable cantidad de granos comestibles tipo "cereal" (por lo cual se le suele llamar "pseudocereal"). Crecen con vigor, resisten sequías, calor y plagas; se adaptan rápido a nuevos ambientes, incluso a algunos que resultan inhospitados para los cereales propiamente dichos (Anónimo, 1987).

El amaranto es una planta de vista agradable, hojas de brillantes colores, tallos y flores de color púrpura, anaranjado, rojo y oro. Los racimos ó espigas, algunos de 50 cm, se parecen a los del sorgo. Las semillas, aunque apenas si algo mayores que las de la mostaza (diámetro de .9-1.7 mm), se dan en cantidades masivas, a veces más de 50,000 en una planta y su color puede ser crema, dorado o rosa.

En si presentan flores unisexuales, en plantas monóicas o dióicas, en densos racimos cimosos situados en las axilas de las hojas y en algunas especies en tirso terminales densos, sin hojas. Cada dicasio lleva una bráctea persistente de punta espinosa; sépalos libres, 3-5 estambres de 3-5, en flores estaminadas, 0-5 en flores pistiladas, ramificaciones del estilo 3, plumosas. La flor femenina forma un utrículo circunsésil simple e indehiscente (Anónimo, 1987).

Kauffman (1979) reporta que Feine en el mismo año, en sus estudios morfológicos encontró que cada glomérulo consta de tres a seis flores, con una flor estaminada rodeada de varias flores pistiladas. Ocasionalmente un glomérulo suele presentar únicamente flores pistiladas.

Por su parte Pal (1972) menciona que un glomérulo (cima dicásica) es la unidad básica de la inflorescencia, en el cual la primera flor se encuentra en el final de una ramificación y en base, sobre un lado, se desarrollan dos ramas secundarias y la segunda y tercera flor. Ambas flores son terminales en las ramificaciones secundarias, y en su base se desarrollan las siguientes dos flores y este proceso continúa hasta que la planta madura.

El desarrollo de un dicásio es muy simétrico en algunas especies, como A. caudatus y A. edulis donde el carácter dicásico es mantenido hasta el final. Sin embargo en otras especies la ramificación dicásica cambia gradualmente hacia el tipo monocásico. La apariencia globular de los glomérulos individuales -- que se ve en A. caudatus y A. edulis se debe a que la ramificación dicásica se mantiene. En otras especies A. dubius y algunos híbridos, debido a dos ó tres dicotomías sucesivas, se forman cuatro u ocho ramas. Sin embargo, debido a ramificaciones monocásicas repetidas resultan cuatro u ocho ramas que semejan dedos (Pal, 1972).

Los amarantos son polinizados principalmente por el viento sin embargo, las especies de grano con inflorescencias llama-

vas atraen ocasionalmente a las abejas (Khosho y Pal, 1979, citados por Alejandro y Gómez, 1986).

Las especies de grano y las emparentadas más cercanamente son monóicas y autofértiles. El arreglo y la secuencia de la antesis de las flores unisexuales favorece una combinación de autopolinización y polinización cruzada. Cada una de las variaciones de la inflorescencia se inicia con una simple flor estaminada seguida por un número indefinido de flores pistiladas, con frecuencia más de un ciento de ellas, los estigmas de las primeras flores pistiladas son receptivos antes de que abra la flor estaminada; la mayoría de las flores pistiladas tardías se desarrollan después que las flores estaminadas han caído. No obstante esto, cimas de diferentes edades están presentes en cada inflorescencia indeterminada y el polen se transfiere entre ellas, probablemente haciendo la autofecundación más común que la polinización cruzada (Sauer, 1979, citado por Alejandro y Gómez, 1986).

La figura 6 nos ilustra la inflorescencia y estructura floral del amaranto.

2.7.2. Semilla.

Las semillas de amaranto fueron usadas muy comúnmente por las tribus americanas. Pruebas arqueológicas de su proceso de domesticación surgen con la aparición de semillas blancas, contrastando totalmente con las semillas oscuras del tipo silvestre; la mutación que produjo este cambio de color se mejoró el sabor y la calidad de reventado del grano. Es común que, una -

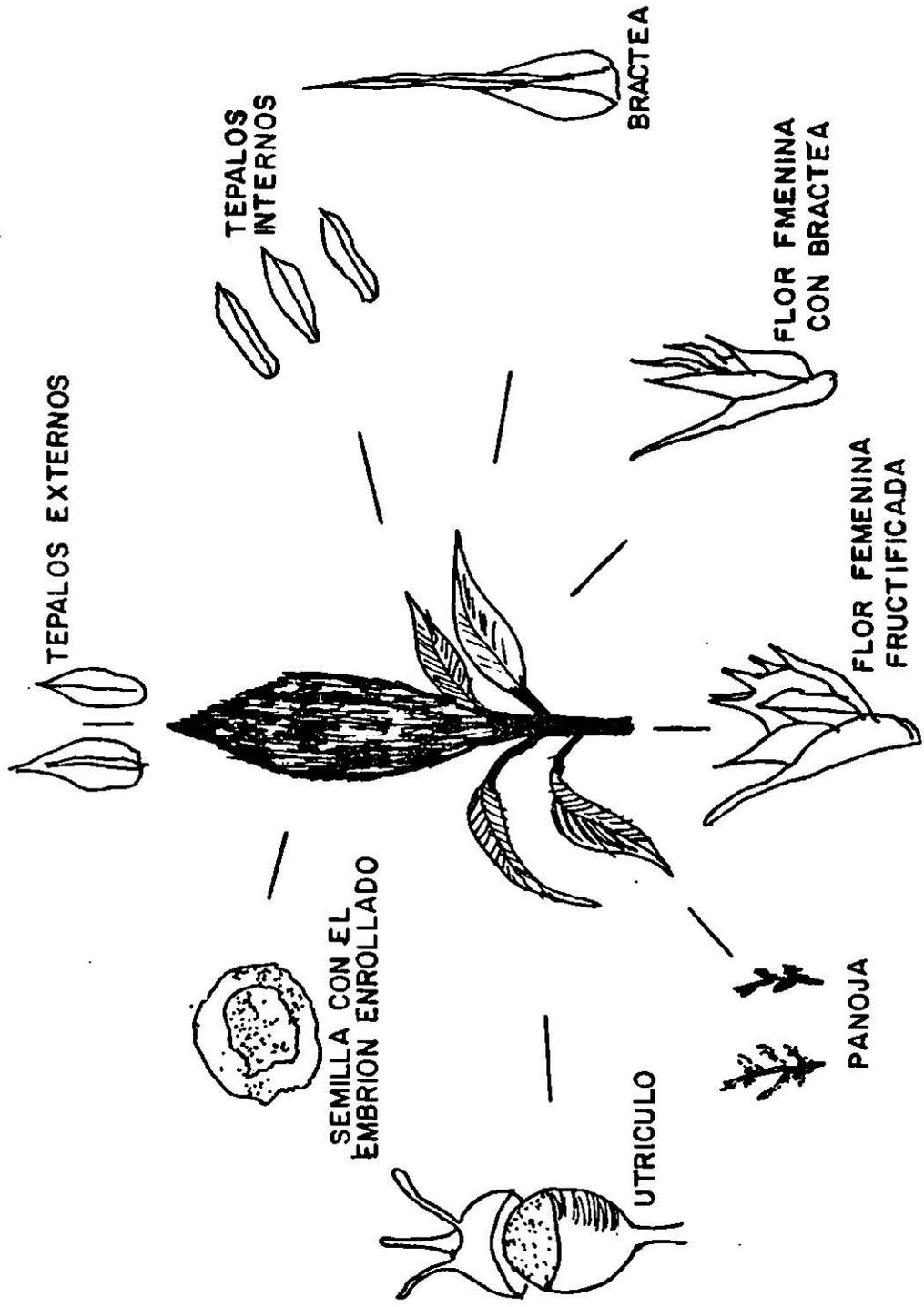


Figura 6. Inflorescencia y estructura floral del amaranto.
Fuente: Alejandro y Gómez, (1986).

pequeña proporción de semilla oscura este presente en el cultivo. La semilla oscura llega a predominar cuando se ha dejado de seleccionar la de color blanco, pero también cuando las plantas son cultivadas como ornamentales (Sauer, 1979, citado por-Alejandro y Gómez, 1986).

La semilla es lenticular blanca o café oscura, con el embrión enrollado alrededor de un endospermo amiláceo (Bailey, 1914 referido por Anónimo, 1987).

Según Feine et al., (1979) las semillas de amaranto son pequeñas, ovaladas, lisas, brillantes y ligeramente aplanadas. Su peso varia entre .06-.09 gramos por 100 semillas.

Hauptli (1977) dice que el tamaño pequeño y poco peso de la semilla (.5-.9 mg), tienen la ventaja de que solo una pequeña parte de la semilla deberá guardarse para la siembra. Esto es un ejemplo del potencial agronómico del amaranto.

El embrión (germen) circunda el perispermo en uno de sus cantos, según se observa en la Figura 7 que ilustra muestras transversales y trazos del micrografo de exploración electrónica (Scanning Electron Micrograph). La envoltura de la semilla y el perispermo están firmemente unidos el uno al otro, pero son susceptibles de separar por molienda abrasiva. El revestimiento de la semilla es una capa delgada y única, cuya porción exterior contiene el pigmento que imparte el color a la semilla. La figura 7 nos describe también las partes de la semilla (Bressani, R., 1984).

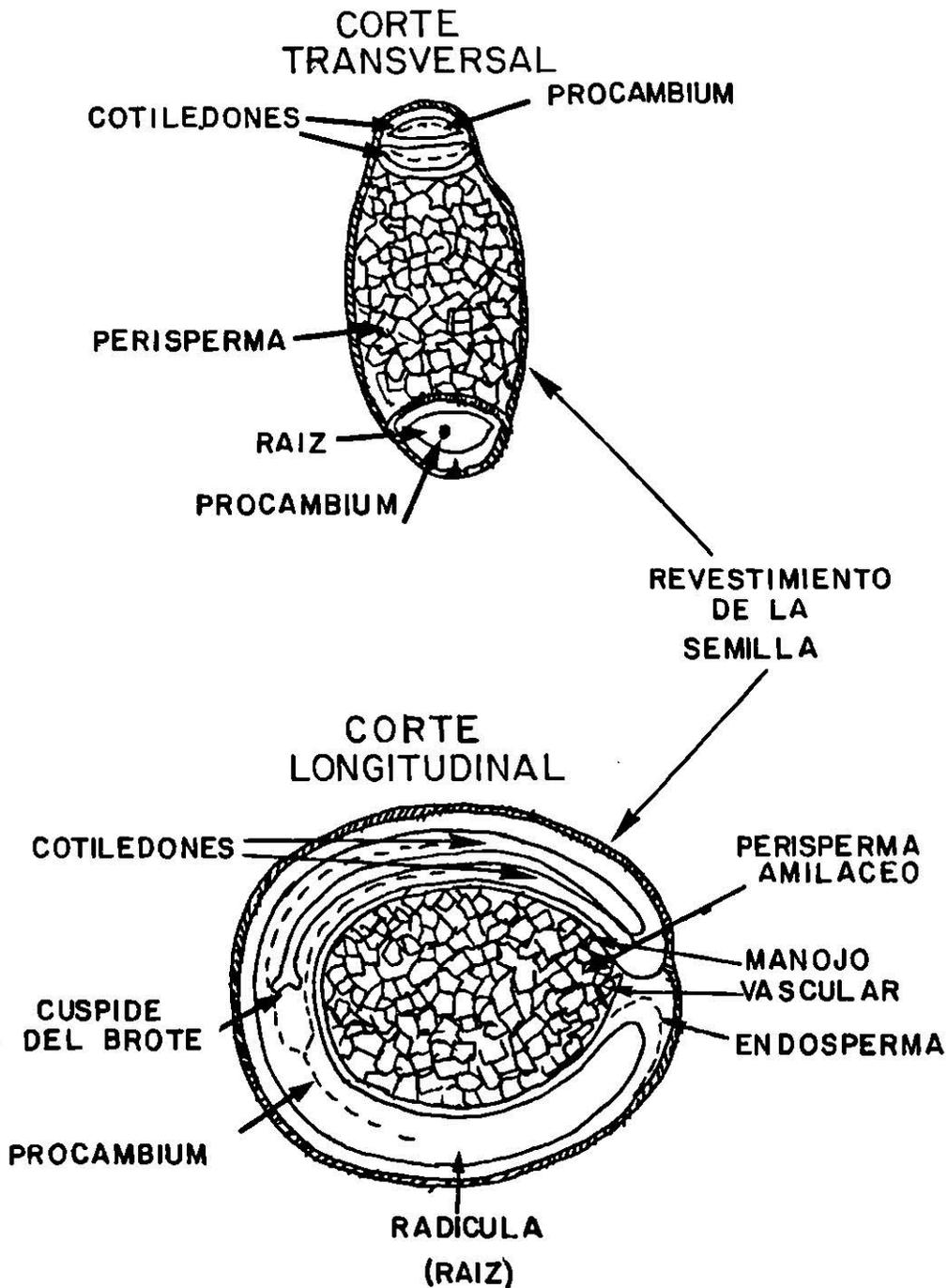


Figura 7. Corte transversal y longitudinal que nos ilustra las partes de la semilla de Amaranthus spp.

Fuente: Pressani, R., (1984).

2.8. Fisiología del Amaranto

El amaranto se encuentra dentro del grupo de plantas que realizan su fotosíntesis a través de la ruta especializada C_4 . Esta es una modificación del proceso fotosintético normal, que hace más eficiente la utilización del CO_2 disponible en el aire, concentrándolo en los cloroplastos de células especializadas que rodean las vainas vasculares de las hojas. La fotorespiración, proceso mediante el cual se elimina CO_2 , que es la unidad básica para la producción de carbohidratos, no se presenta en las plantas C_4 (National Research Council, 1985; Hauptli, 1977; Aguilar y Alatorre, 1978).

En A. edulis se determinaron niveles de actividad fotosintética y respiración, encontrándose que la fotosíntesis fue marcadamente afectada por variaciones en la iluminación, concentración de CO_2 , y por la temperatura. La temperatura óptima a todos los niveles, de CO_2 y bajo condiciones de iluminación intensa fue alrededor de $40^\circ C$. A. edulis es una especie dicotiledónea que realiza su fotosíntesis de la misma manera que ciertas monocotiledóneas tropicales; como el maíz y la caña de azúcar, las cuales se caracterizan por sus altas tasas de crecimiento y asimilación neta (El-Sharkawy et al., 1968).

Como dijimos, las especies de amaranto fotosintetizan mediante la ruta C_4 , siendo el mayor producto fotosintético inicial del ácido aspártico. El ácido aspártico es también una llave intermediaria en una importante ruta biosintética para la

formación de lisina, un aminoácido esencial en más cereales comestibles. En vista de esta relación, y las pruebas de aceptabilidad del amaranto de grano como comida para consumo humano, fué conducido un análisis de aminoácidos de la semilla y hojas de amaranto de especie edulis (Downtown, 1973).

Se han hecho algunos estudios enfocados sobre todo a tratar de averiguar los factores fisiológicos que intervienen en el rendimiento de los amarantos de semilla. Uno de los aspectos que más se han estudiado es la colocación de energía en las diferentes partes de la planta, o sea ¿Qué porcentaje de toda la biomasa que una planta produce se va a las hojas, a los tallos, a las flores y a las semillas? (Aguilar y Alatorre, 1978).

Al respecto los estudios de Hauptli Holly muestran que:

En las especies silvestres la semilla constituye del 20 al 50% de la biomasa total de la planta (medida en materia seca). En cambio las especies domesticadas dedican sólo entre 10 y 15% de su biomasa total a semilla.

- Existe una correlación negativa entre la biomasa del tallo y la de las semillas; entre mayor es la biomasa del tallo menor es la de las semillas.
- A pesar de la importancia que tiene el área foliar como lugar en donde se realiza principalmente la fotosíntesis aún no se ha logrado determinar la correlación que existe entre la biomasa foliar y la de la semilla. Tampoco se ha podido determinar si el fotosintato que contribuye al llenado del grano proviene de la flor o de las hojas (Aguilar y Alatorre, 1978).

Estos y otros aspectos de la fisiología de los amarantos - en relación con su rendimiento se están estudiando en la Universidad de California por el investigador antes mencionado (Aguilar y Alatorre, 1978).

Este autor añade que hay gran efecto del ambiente sobre la cantidad de biomasa distribuida a la semilla. Se ha visto que las plantas fertilizadas y en los lotes con altas densidades de población se incrementa el porcentaje de biomasa como semilla - (Pulido, M., 1987).

En estudios avanzados de especies dicotiledoneas, el Sharkaway et al., (1967) descubrió que en cuanto la fotosíntesis y la respiración, ciertas especies de amaranto se comportan más - como pastos tropicales como el maíz que como otras especies dicotiledoneas. Este reporte está implicado con el comportamiento de uno de esos amarantos, A. edulis el amaranto de grano. - Una caracterización de estas respuestas fotosintéticas a la luz, CO₂ y temperatura es de interés porque el potencial de las especies como material de investigación para estudios sobre maximización de productividad primaria en comunidades de plantas terrestres (El-Sharkawy, M.A. 1968).

En Tlaxcala, después de haber realizado una colecta de semilla, se encontró un problema al parecer de origen genético, - debido posiblemente a la formación de un híbrido estéril. Sin embargo, es un problema que amerita un estudio más detallado -- pues también podría deberse a la infección de un virus o quizá un micoplasma. En la panoja afectada se apreció un desarrollo-

normal de las mismas, pero al observar los utrículos se ve claramente que no existe formación de semilla. Las estructuras -- del utrículo presentan crecimiento vegetativo, de color verde, -- semejando pequeñas hojitas, por lo cual los campesinos dicen -- que las plantas están brotadas. Dentro del utrículo seco se observan restos de una membrana transparente de lo que pudo haber sido la cubierta de la semilla. Aparentemente no ocurre la fertilización y no se forma el embrión, al no haber fusión del grano de polen sólo queda el endospermo ($3n$). En algunos casos -- dentro de la misma panoja se observó un pequeño porcentaje de -- formación de la semilla (alrededor de 1-2%)(Alejandre y Gómez, 1986).

Al trabajar en invernadero con tres cultivares de amaranto, Adenike (1980) cuantificó parámetros de crecimiento y desarro--llo esenciales para una alta productividad. Encontró que todos los cultivares se comportaron de la misma forma en términos de altura de planta, número de ramificaciones y de hoja. El total de la materia seca por lo general aumentó con el tiempo y todos los cultivares tuvieron valores parecidos en las primeras nueve semanas. Después de las 11 semanas el total de materia seca declinó significativamente en las hojas, tallos y raíces; mien--tras que la acumulación de materia seca en las inflorescencias--progresivamente se incrementó de la novena a la quinceava semana.

El contenido de nitrógeno de los brotes declinó con la --- edad. La concentración de fósforo en los brotes de los cultiva--res declinó con la edad hasta la novena semana. Después fue -- constante por el resto del tiempo. (Adenike, 1980).

También, la tasa de crecimiento general aumento hasta las 9 semanas, disminuyendo posteriormente. La tasa de crecimiento foliar es máxima entre las 5 y 7 semanas y disminuye a partir de la novena semana. La tasa de asimilación neta se incrementa hasta las 9 semanas y la antesis se presenta a las 7 semanas -- (Olufolaji et al., 1980, citado por Cervantes S., 1982).

Mugerwa y Bwabye (1974), trabajando con A. hybridus (subespecie incurvatus), determinaron que la MS fue acumulándose a razón de 241 kg/ha/día hasta que se cosechó. Asumiendo un valor de calor de combustión de 4 Mcal/kg, se calculó una acumulación de 964 Mcal/ha/día, en 66 días de crecimiento. La producción fue superior a 9000 kg/ha; la relación tallo/hoja comenzó a hacerse más amplia a partir del día 42 y la producción de PC por ha comenzó a declinar después de los 46 días de crecimiento, debido a la rápida disminución del contenido de proteína cruda -- por la maduración de la planta. Por otro lado, observaron que las hojas contenían más materia orgánica y proteína cruda que los tallos, en todas las etapas de crecimiento, al igual que el EE y ELN. La concentración de fibra en las hojas fue más baja que en los tallos pero el contenido de calcio fue mayor en las hojas.

La digestibilidad in vitro de la MS (DIVMS) alcanzó su valor máximo a los 38 días de crecimiento (82.1%) y disminuyó gradualmente hasta 72.5% a los 66 días, siendo más marcada la disminución de DIVMS de los tallos que de las hojas. El contenido de proteína cruda a los 38 días fue de 15.8, 20.3 y 27.7%, en hojas, tallos y plantas enteras, respectivamente. A los 66 ---

días, la proteína cruda disminuyó a 21.9, 7.7 y 11.3, para estas mismas fracciones. El contenido promedio de ácido oxálico fué de 6.7% (Cervantes, S., 1982).

En A. cruentus, Olufolajì et al., (1980) encontraron un significativo aumento en el contenido de materia seca al incrementarse la edad de la planta. El incremento en paredes celulares a medida que la planta madura ha sido demostrada en muchas especies (Van Soest, 1965). El contenido de proteína cruda, en plantas de 90 días de edad, fué mayor en la variedad blanca (21.1%) que en la roja (19.1%). En la paja de la variedad blanca, el contenido de proteína se redujó a 12% valor que se considera alto para este tipo de material. Probablemente, a que el material empleado, tenía aún cantidades apreciables de semilla. En general, los valores de proteína cruda determinados, son similares a aquellos obtenidos por otros investigadores, tanto en A. hypochondriacus como en otras especies (Cervantes, S., 1982).

La relación inversa entre edad de la planta y contenido de proteína cruda probablemente, se debe a que la proporción de hoja, que es mayor en etapas de crecimiento activo, esta directamente relacionada con el contenido de proteína e inversamente relacionada con el contenido de paredes celulares (Beliuchenko y Febles, 1980)*. Además a medida que la planta madura, hay una translocación de nutrientes hacia los granos (Ruberte y Martin, 1975)*, lo que sumado al incremento de la lignificación (Van Soest, 1965), hace que disminuya considerablemente el contenido de proteína.

*referido por Cervantes, S., (1982).

Por otro lado, al aumentar la edad de la planta se observó una disminución del contenido de energía bruta dentro de la variedad blanca. También se observó que la variedad roja tuvo un menor contenido de energía bruta que la variedad blanca a los 90 días de crecimiento.

Kingsbury (1964)^{*}, entre otros, señaló que las plantas del género Amaranthus tendran a acumular nitratos y que estos podrían ser tóxicos para los animales si el nivel sobrepasaba 1.5% de la materia seca. Los resultados de los análisis llevados a cabo en este estudio, muestran que la variedad blanca contenía 1666 ppm de NO_3^- a los 90 días de edad, en la paja, el contenido de nitratos se redujo a 940 ppm. La variedad roja, a los 90 días de crecimiento, contenía 5860 ppm de nitratos, valor que indica una seria limitación si se desea emplear como forraje fresco para el ganado. Maderosian et al (1980), encontraron que el contenido de nitratos en distintas especies de Amaranthus fluctuaba entre .4 y 1.7% de la materia seca, siendo mayor la concentración en el tallo que en las hojas.

Cheeke (1980)^{**} señaló que el Amaranthus sp. podía contener cierto tipo de componentes tóxicos, como saponinas, que afectarían su valor nutritivo. En el presente experimento, se realizaron pruebas cualitativas para detectar la presencia de saponinas, resultando todas negativas.

Velocidades de fotosíntesis aparente y respiración fueron determinadas sobre hojas fijadas de A. edulis usando la técnica de la cámara foliar con un analizador de gas infrarojo. La má-

^{*}Citado por El-Sharkawy, M. (1968).

^{**}Citado por Cervantes, S., (1982).

xima tasa fotosintética de hojas recién abiertas de plantas no-sombreadas, en aire normal (310 ppm de CO_2) y luz intensa (7500 bujias-pie), fue de 55 ± 5 mg de CO_2 por dm^{-2} por hora $^{-1}$. La fotosíntesis fue marcadamente por variaciones en la iluminación, en la concentración de CO_2 y en la temperatura. La tasa fotosintética, se incrementó con el incremento de la iluminación --arriba de 7500 bujias-pie a concentraciones normales y altas de CO_2 . En luz intensa, el efecto de la concentración de CO_2 sobre la tasa de fotosíntesis fue lineal sobre un rango de 0-500 ppm de CO_2 . A 0 ppm de CO_2 la tasa de la fotosíntesis aparente fue cero. La temperatura óptima a todos los niveles de CO_2 bajo --intensa iluminación fué acerca de 40°C . La tasa de fotosíntesis fue disminuída marcadamente a temperaturas alrededor de --- 40°C . Cuando la fotosíntesis en hojas recién abiertas no-sombreadas fue completamente inhibido (por DCMV), la respiración de CO_2 fué realizada en luz a una tasa equivalente a la respiración oscura en CO_2 libre (El-Sharkawy , M., 1968).

Hojas viejas asimilaron CO_2 más lento que las hojas recién abiertas. A 310-500 ppm no hubo incremento en la tasa de fotosíntesis alrededor de 5000 bujias-pie y con CO_2 libre, las hojas viejas realizaron la respiración de CO_2 . Las hojas recién-abiertas de plantas sombreadas bajo sombra tomaron menos CO_2 rápidamente que hojas similares de plantas no sombreadas, y parecieron saturadas de luz con muy baja intensidad de iluminación. En contraste a las no sombreadas, hojas recientemente abiertas, las hojas sombreadas realizan la respiración de CO_2 en luz y en CO_2 liberado (El-Sharkawy , N., 1968).

Fotosintéticamente A. edulis, una especie dicotiledonea, - se comporta en la misma manera que ciertas monocotiledoneas trópicas, incluyendo maíz y caña de azúcar, las cuales tienen característicamente largo crecimiento y tasa de asimilación neta- (El-Sharkawy, M., 1968).

2.9. Descripción de Especies

Como ya se ha mencionado, el amaranto es una de las pocas plantas no herbáceas que posee potencial para convertirse en -- cultivo tipo cereal. Las principales especies en este sentido- para producción de grano son: A. cruentus, caudatus e hypochondriacus (Anónimo, 1987).

En términos generales, son nueve las especies más utilizadas: A. hybridus, A. powelli, A. retroflexus, A. spinosus, A. gracilis, A. dubiens, A. lividus, A. gangeticus y A. hypochondriacus. Además de éstas en Centroamérica se cultiva A. cruentus y en Sudamérica A. caudatus, y en la India A. tricolor, llamada comúnmente espinaca china (Sánchez, M., 1980). El A. spinosus se - utiliza en la India como forraje (Behari y Andhiwal, 1976). En el noroeste de la República Mexicana, los cerdos criados en forma extensiva consumen el quelite (A. retroflexus) cuando está - tierno (Morales, 1981, citado por Cervantes, S., 1982).

A continuación describiremos algunas especies importantes- de la Sección Amaranthus y Bliotopsis del género Amaranthus.

2.9.1. Sección *Amaranthus*

2.9.1.1. *A. hypochondriacus*

Esta especie ha sufrido muchos cambios de nombre en el transcurso del tiempo, así por ejemplo, en 1959 Linneo la llamó *A. flavus*, en 1832 Puchanan y Hamilton la denominaron *A. frumentaceus* y en 1949 estos mismos autores le dieron el nombre de *A. anardana*. En este mismo año Moquin y Tandon la llamaron *A. hybridus* var. *erysthostachys*, y por su parte Watson 1875 la denominó *A. leucocarpus* y en 1887 la llamó *A. leocospermus*. El nombre que actualmente es más aceptado es el que en 1753 le dió Linneo que es *A. hypochondriacus* (Sauer, 1950; 1967 y Singh, 1961).

Es una planta herbácea anual de 1.5-2 metros de altura, tallo ramificado desde la base y marcado con estrías longitudinales, hojas largamente pecioladas y ovadas que miden aproximadamente 15 cm de largo y 10 cm de ancho, inflorescencias en panículas terminales o axilares muy ramificadas de aproximadamente 50 cm de largo (Sauer, 1967).

Flores en panículas terminales o axilares hasta 50 cm de largo, muy ramificadas, con numerosas flores rojas o púrpuras de 4-5 mm, masculinas unas y femeninas otras. El fruto es una cápsula pequeña que se abre transversalmente y contiene una sola semilla blanca, lisa y brillante, ligeramente aplanada y del tamaño de un grano de mostaza. En la Cuenca de México se cultivan 2 variedades de esta especie: la morada y la blanca. La primera presenta espigas color rojo o púrpura y el borde de las

hojas algo rosado; la blanca tiene espigas color verde claro y hojas de color uniforme. En cuanto al tallo y semilla, no hay diferencia apreciable (Sauer, 1967).

A. hypochondriacus se derivó como un cultivo de grano, --- principalmente por selección de A. powelli, dentro de las grandes áreas de cultivo que tenían los nativos de Norteamérica. En México, A. powelli y A. hybridus son malezas comunes de A. hypochondriacus como cultivo de grano y los vestigios de la domesticación distinguibles en las poblaciones de malezas (Sauer, 1967).

El más robusto, de mayor rendimiento, de los tipos de amaranto de grano. A. hypochondriacus quizá se domesticó en el -- Centro de México, mucho más al norte y en tiempos posteriores -- al A. cruentus. Apareció por primera vez en las Cuencas de -- Tehuacán, hace unos 1500 años, como un tipo de semilla pálida -- ya del todo domesticado. También llegó a lo que hoy es Estados Unidos en tiempos prehistóricos, pero luego se extinguió en esa región. Su cultivo máximo tiene lugar actualmente en la India, de manera particular en el Sutlej Valley, en el Estado de Himachal Pradesh y en las regiones de Garhwal y Kumaon de Uttar -- Pradesh.

Algunos de los tipos de A. hypochondriacus son arbustivos; otros son altos y sin ramas. Esta especie es particularmente -- útil para las áreas tropicales, las grandes alturas y las condi -- ciones secas. Su semilla es de excelente calidad y muestra má -- xima potencia para ser usada como ingrediente en la comida. Re --

vienta y se muele bien y su sabor y olor son agradables.

Muy pronto, al parecer, los españoles se llevaron las semillas a Europa (quizá inadvertidamente), y según se muestra por los herbolarios de los siglos XVI y XVII, pronto se extendió la planta por los jardines de Europa como adorno. Para 1700 se -- cultivaba como alimento menor de grano en el Centro de Europa y Rusia, y se comía como gachas y sémola. A principios del siglo pasado fué llavado a Africa y Asia, donde ahora se siembra -- como cultivo en forma, en regiones tan distantes como las montañas de Etiopía, las montañas del sur de la India, Nepal en el -- Himalaya y las llanuras de Mongolia (Anónimo, 1987).

Aunque se trata de una planta de indudable origen americano, no se sabe con certeza cómo y cuándo fue introducida en --- Asia. Se cultiva en zonas remotas y aisladas del este del Himalaya, a donde también entró hace pocos años. Tanto esto como -- las pruebas etnobotánicas y genéticas dan la impresión de que -- se trata de un cultivo antiguo, bien establecido (Anónimo, 1987).

2.9.1.2. A. cruentus

Esta especie también ha sido conocida con algunos sinnónimos como: A. paniculatus L. en 1793, A. sanguineus L. en 1863 -- y A. speciosus Sims en 1821 pero, el más utilizado en la actualidad es el que Linneo le dió en 1759 que es A. cruentus (Sauer 1950; 1967 y Sing, 1961).

Amaranthus cruentus evidentemente se originó como una espe

cie cultivada para la producción de grano en algún lugar del suroeste de México o Guatemala ya que es la única región donde se le puede encontrar dentro del rango de distribución de su más probable ancestro A. hybridus (Sauer, 1967).

Especie conocida vulgarmente como "quelite rojo", "quelite morado" (Ornelas, U., 1982).

Planta herbácea, monóica, con los tallos ascendentes, simples o ramificados, algunas veces vellosos en la parte superior, llega a medir hasta 2 m de altura; hojas elípticas, rombo-aovadas o aovadolanceoladas, verdes o púrpuras, ligeramente vellosas o glabras, de 3.5-30 cm de longitud y de 2-10 cm de ancho, peciolo de 2-20 cm; flores en panículas de espigas terminales o axilares, de 4-18 cm de largo por 6-8 mm de grueso; brácteas lanceoladas con las puntas espiniformes, rojas o púrpuras, de 3 mm de largo, bráctea de 0.8 mm de largo, sépalos estaminales oblongo-aovados, de cerca de 1 mm de longitud, agudos; sépalos pistilados cortos, oblongos, obtusos o erosos, escariosos, púrpuras o verdes, de cerca de 1.5 mm de largo, en ambas flores con el nervio excurrente; estambres 5; estilo trifido, pixidio globoso, más largo que el perianto; semilla redondeada de 1 mm de diámetro, de color negra, café o rojiza, brillante.

Es una especie llamativa por su color y florece casi todo el año. Se localiza a la orilla de los caminos y solares abandonados. Se desarrolla entre los 990 y 1650 m (Ornelas, U., 1982).

Esta especie mexicana y guatemalteca sirve tanto como grano que como verdura. Los tipos de grano tienen las semillas -- blancas; los tipos foliáceos (lo mismo que los usados para extraer un tinte rojo) de ordinario son de semillas oscuras. Es quizá la más adaptable de todas las especies del amaranto, y -- por ejemplo florece en más diversidad de longitud del día que -- otras especies (Anónimo, 1987).

A. cruentus es un alimento muy antiguo, y en las famosas -- cuevas de Tehuacan, en el centro de México, los arqueólogos han extraído restos, tanto de granos pálidos como de manojos de --- plantas llevadas allá para desgranarlas, en 12 niveles inferiores que se remontan a hace 5,500 años. La especie se sigue cul-- tivando en esa región y por las calles de la ciudad se venden -- marquetas de semillas reventadas del amaranto. A. cruentus ha -- sobrevivido también como alimento básico en unos cuantos pobla-- dos indígenas de la región árida sudoccidental de Estados Uni-- dos, donde quizá se estableció en tiempos prehistóricos (Anóni-- mo, 1987).

2.9.1.3. A. caudatus

Dentro de las sinonimias de esta especie tenemos A. sangui-- neus L. en 1763 A. caudatus L. var. alopecurus en 1849, A. man-- tegazzianus Passerini en el año de 1865 y A. edulis Spegazzini-- en 1917 (Sauer, 1950, 1967 y Singh, 1961).

Esta especie se originó como un cultivo para producción de grano en la región andina probablemente por domesticación de A. quitensis. Al igual que el resto de las especies para produc--

ción de grano A. caudatus presenta un amplio espectro en cuanto a color y forma de planta, sin embargo, esta especie presenta algunas variaciones en cuanto a estructura de inflorescencia y color de semilla que no se presentan en las otras especies, como es el caso de la inflorescencia en forma de cauda y las semillas color marfil con los bordes rojos (Sauer, 1967).

Esta especie es una planta herbácea anual, con un tallo escasamente ramificado, llega a alcanzar hasta 2 m de altura. La forma de sus hojas es muy variable, las hay elípticas; ovatinadas; lanceoladas o rombo-ovatinadas con el ápice agudo u obtuso y la base cuneada. La inflorescencia normalmente es laxa, con panículas o espigas extremadamente largas y colgantes con una apariencia glomerular que es distintiva de esta especie, debido precisamente a que los glómérulos son grandes y muy espaciados, ocasionalmente se parece a A. cruentus. Las brácteas son cortas, más cortas aún, que las ramificaciones del estilo, con láminas anchas y con una nervadura central delgada. La flor de esta especie presenta 5 tépalos, anchos, a menudo sobrepuestos y fuertemente encurvados. Los tépalos externos son obovatados y más largos que los internos, estos últimos son espatulados con ápices mucronados u obtusos. El utrículo es circunscissil. Las ramificaciones del estilo están muy esparcidas y se juntan en la base que tiene la apariencia de una silla de montar. Las semillas son blancas, con bordes rojos ó rosas y negras. Las plantas con semilla de color claro son las que se utilizan para producción de grano (Grubben, 1976; Grubben y Sloten, 1981 y Feine, 1979).

Se trata de una especie indígena de los altiplanos andinos de Argentina, Perú y Bolivia. Tiene inflorescencias pendulantes de un color muy rojo y se suele vender en Europa y Norteamérica como planta ornamental con el nombre de moco de pavo y --- otros nombres, que a veces comparte con otras especies que no tienen parentesco con ella. Hay otras formas de la especie que dan mejores rendimientos en grano. Una buena variedad que tiene inflorescencias ahombadas es A. caudatus o edulis (a veces clasificado como A. edulis o también A. mantegazzianus) (Anónimo, 1987).

Esta especie se originó en la misma región del altiplano andino que la papa común. Los conquistadores españoles lo denominaron trigo inca, pero es mucho más antiguo que los incas. Se han encontrado algunas de las pálidas semillas como alimento para los muertos en tumbas que tienen más de 2,000 años de antigüedad (Anónimo, 1987).

La planta se sigue cultivando mucho en la región andina, sobre todo por parte de los indios de costumbres tradicionales. Se suelen plantar en pequeñas parcelas próximas a las casas, no en campos extensos como cultivo en firme.

Existe una gran diversidad genética de la planta en Sudamérica, y si bien sólo se han introducido en otros continentes pequeñas muestras, se ha observado también gran diversidad genética en el germoplasma de las plantas del norte de la India (Anónimo, 1987).

2.9.1.4. A. edulis.

Aún existe algo de controversia sobre la situación de A. edulis, pero ya se a considerado como una especie o como una variedad botánica de A. caudatus es bastante interesante, debido a que posee una característica que puede ser muy importante en un programa de mejoramiento genético y es el hecho de que su inflorescencia es de crecimiento determinado (Singh, 1961).

Se ha sugerido que la especie A. edulis descrita por Spezzani colectada en la provincia Argentina de Salta, corresponde a A. caudatus, muy probablemente. Es de semilla pálida. Se encuentra en otros lugares de la misma provincia y de las vecinas de Tucumán y Jujuy. La inflorescencia es la característica -- más distintiva de esta especie (Sánchez, M., 1980).

Se considera sin embargo, que aunque muy afín a A. caudatus A. edulis, es una buena especie, perfectamente diferenciable de la primera por los siguientes caracteres: tallo verde claro y hojas verde oscuras o sea que carece de pigmentos antocianicos; de 1.5 a 2.5 m de altura, pudiendo a un exceder esta última medida. Hojas oval-lanceoladas, acuminadas, cuyos bordes forman hacia el ápice un ángulo concavilíneo; base de la lámina atenuada en ángulo agudo. Pecíolo hasta dos veces mayor que el ancho de la línea y en ocasiones; casi tan largo como ésta.

Inflorescencias poco densas, hermosamente doradas cuando maduran, contraídas en forma de cono truncado con una flor terminal masculina 7-9 mera, erectas o encorvadas a la madurez, --

desde la mitad o el tercio superior. El alargamiento se produce debajo del ápice (Sánchez, M., 1980).

Tépalos internos de las flores fructificadas, ovalado-oblongos, y oblongo-espátulados, cuya anchura es inferior a la mitad de la longitud.

La característica más típica de A. edulis, aparte de las hojas, reside en su inflorescencia. No bien nace esta en el brote, ya se observó la flor terminal masculina cuya estructura es bien particular, pues presenta 6-9 estambres y un perigonio con 4-6 tépalos narviculares y aristados externos y de 3-4 tépalos internos, más cortos y anchos, membranaceos e incoloros. Su crecimiento en largo no es apical, si no desde la base; en cambio, la inflorescencia de A. caudatus carece de flor extrema y en su crecimiento tiene lugar por el ápice (Sánchez, M., 1980).

2.9.1.5. A. hybridus.

Recibe este nombre por su fácil hibridación. La mayoría de híbridos se han encontrado en Europa, donde especies nativas de diferentes partes del mundo han llegado a establecer contacto bien como malezas o en jardines botánicos. Aunque las posibles combinaciones híbridas son muy limitadas existen, sin embargo, formas de A. hybridus que particularmente poseen un rango muy amplio, pues se entrecruzan especies, lo que causa serias dificultades en la definición de la especie (Sánchez, M., 1980).

En México, el llamado "quintonil", de uso alimentario en algunas regiones, es probablemente una forma de A. hybridus. Hay

una raza del norte de Estados Unidos que se encuentra también en Bermudas, Japón, China, Argentina, Marruecos y Australia (Sánchez, M., 1980).

Se incluye esta especie dentro del grupo de las que se utilizan para producción de grano, debido a que actualmente se está utilizando en los programas de mejoramiento genético (Kauffman, 1981), para tratar de aprovechar algunas de sus características como precocidad y altura.

A. hybridus es nativa de las regiones templado-húmedas del este de norteamérica, México, Centroamérica y la parte norte de Sudamérica. En esta región es una maleza muy común (Sauer, 1967).

A. hybridus es una planta herbácea anual, normalmente ramificada; llega a alcanzar hasta 2 m de altura. La forma de las hojas es muy variable, las hay desde ovatinadas, lanceoladas, elípticas, oblongas hasta rómbicas; con el ápice agudo, acumulado u obtuso y base ancha ó estrecha. La inflorescencia es relativamente pequeña, está compuesta de panículas terminales laxas con numerosas espigas laterales. Las brácteas son muy largas, son del doble del tamaño de los tépalos, inclusive sobrepasan las ramificaciones del estilo y con una nervadura central que se extiende hasta las láminas. Las flores de esta especie presentan 5 tépalos más cortos que el utrículo y ligeramente curvados. Los tépalos internos son más cortos que los externos, ligeramente obovatinados con el ápice agudo, los tépalos externos son oblongos con el ápice agudo. El utrículo es circunsésil con el ápice en forma de torre y ligeramente rugoso. Las ramifica-

ciones del estilo son erectas y se juntan en la base en una en-
didura superficial. Las semillas son negras (Grubben, 1975; --
Grubben y Sloten, 1981 y Feine, 1979).

Especímenes individuales muchas veces muestran divergencias, tan-
to en apariencia superficial como en características florales.-
Algunos investigadores suponen que gran parte de esta variación
es producida por introgresión de A. retroflexus.

Originalmente esta especie es quizá pionera en las orillas
de ríos en América Tropical y las partes más templadas del este
de Norteamérica. Como maleza de hábitats artificiales se ha di-
seminado por todo el mundo, siendo uno de los amarantos más co-
munes (Sánchez, M., 1980).

2.9.2. Sección Blitopsis

2.9.2.1. A. blitum

Esta especie muy difundida (conocida también como A. livi-
dus) está muy bien adaptada a los climas templados y tiene cier-
to número de formas herbosas de hojas rojas o verdes. Promete-
permitir el desarrollo de cruza muy sabrosas. En Madhga Pra--
desh (India), las formas comestibles, conocidas como "norpa", -
son especialmente gustadas por sus tallos tiernos, y es la espe-
cie tan comida en Grecia con el nombre de "Vleeta". También -
se cultiva en Taiwán, donde se le conoce como "Amaranto de dien-
te de caballo" (Anónimo, 1987).

2.9.2.2. A. tricolor

Las variedades de esta especie son naturales de una gran región que va de la India hasta el norte de China y las Islas del Pacífico. Quizá sea la mejor desarrollada de las especies-foliáceas del amaranto, son plantas suculentas, de poca altura y compactas, de hábitos botánicos como los de la espinaca. Se pueden producir como verduras de la estación cálida en las regiones áridas cuando hay disposición de pocas verduras. En la India existe cierto número de formas domesticadas. Hay plantas ornamentales con follaje muy vistoso que también pertenecen a esta especie (Anónimo, 1987).

2.10. Descripción de Tipos

Ya desde los primeros estudios que se hacían sobre amaranto se empezaron a hacer divisiones dentro de las especies, debido tal vez a la amplia variabilidad que se presenta dentro de éstas, por ejemplo Sauer (1950) hace una clasificación por razas en A. leucocarpus (A. hypochondriacus), y menciona la raza de Arizona y la raza aberrante; mientras que, en A. cruentus menciona la raza común y la raza mexicana.

Más recientemente Hass (1979), agrupó el germoplasma de "RRC" en tipos agronómicos. Cada tipo es una agrupación basada en características morfológicas de la planta, así como al uso que tengan. De esta manera propone los tipos mexicanos y africano para A. cruentus, los tipos enano de Nepal y el alto de floración temprana de A. hybridus los tipos "edulis" y típico para A. caudatus, esto en cuanto a tipos para producción de gra

no, además, incluye otros ocho tipos que comprenden materiales para producción de verdura, ornamentales y maleza.

Esta clasificación ha sufrido algunas modificaciones para incluir germoplasma que no se había considerado en un principio o algunos tipos han cambiado de nombre. De esta manera Kauffman (1981) menciona los tipos mexicano, africano y guatemalteco en A. cruentus; los tipos Nepal el arbustivo tardío, el alto tardío y el azteca y el picos en A. hypochondriacus; el tipo bajo y precoz en A. hybridus y los tipos sudamericano, el edulis en la especie A. caudatus.

Kauffman y Raider (1984) reportan los tipos mexicano, africano y guatemalteco en A. cruentus; los tipos nepal, mercado, azteca y picos en A. hypochondriacus; el tipo prima en A. hybridus y los tipos sudamericano y "edulis" en A. caudatus, básicamente esta última clasificación es la que se está utilizando en la actualidad. A continuación se hace una descripción de cada tipo y se mencionan algunas características distintas según --- Hass (1979) Kauffman (1981), Kauffman y Reider (1984) y Weber et al., (1986).

2.10.1. Tipos de grano de A. cruentus (Espitia, R., 1986).

2.10.1.1. Mexicano

Este tipo es el de mayor potencial de producción de grano en Pennsylvania, actualmente es el que más comunmente siembran los agricultores de los Estados Unidos.

Dentro de las características más importantes de este tipo

tenemos:

-Tiene una panícula central dominante, la cual normalmente presenta ramificaciones en forma de dedo, erectas o colgantes.

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

-El índice de ramificación lateral varía a bajas densidades, las ramificaciones se inician de la mitad del tallo hacia arriba.

-Las inflorescencias laterales maduran después de la principal.

-Los materiales de este tipo son de maduración intermedia.

-El secado uniforme de la planta se extiende un poco más allá de que la semilla ha alcanzado la maduración.

-La caída de semilla es mínima.

-Las plantas de este tipo alcanzan de 1.5 a 2 m de altura.

-Es muy susceptible al ataque de Lygus

2.10.1.2. Africano

Este tipo es de semilla negra, es cultivado para producción de verdura en el oeste de Africa. Aún cuando no tenga posibilidades para producción de semilla, se ha encontrado que puede ser utilizado en programas de mejoramiento genético para aprovechar sus características de precocidad y altos rendimientos.

Dentro de las características distintivas de este tipo te-

nemos las siguientes:

-Puede ser que lleve características genéticas para secado uniforme en Pennsylvania.

-Las plantas de este tipo están fuertemente ramificadas -- desde cerca de la base del tallo.

-Presentan una gran cantidad de inflorescencias laterales y la inflorescencia central no es la que produce la mayor cantidad de semilla.

-Los tallos son delgados y más cuando están a altas densidades.

-Este tipo es muy precoz.

-La caída de semilla siempre es fuerte.

-Generalmente es resistente a infestaciones de Lygus.

-Alcanza alturas de 0.5 a 1.5 m.

2.10.1.3. Guatemalteco

Este tipo es muy parecido al mexicano, pero pueden encontrarse algunas diferencias.

-Este tipo no tiene una inflorescencia central dominante, hay tres o más inflorescencias que nacen en la parte superior de la planta.

-Existe una gran variación en cuanto a ramificación, muchas son completamente ramificadas y algunas presentan un tallo sin ramificaciones y con cierto número de inflorescencias que nacen en la parte superior de éste.

-Este tipo es sumamente precoz.

-La caída de semilla es severa.

-La producción de semilla es alta.

-La resistencia a *Lygus* es notoria. Pues a pesar de que se presenten fuertes infestaciones los daños son mínimos.

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

-El tallo principal es ligeramente más succulento que el tipo mexicano.

-Alcanza alturas de 0.5 a 2.5 m.

2.10.2. Tipos de grano de A. hypochondriacus. (Espitia, R., 1986).

2.10.2.1. Nepal

Muchos de los materiales de este tipo no son muy útiles en Pennsylvania debido a que son muy tardíos y de rendimientos sumamente bajos. Sin embargo, algunos segregantes precoces han sido encontrados, además, en pruebas de cocina, se ha mencionado que la semilla de nepal es de alta calidad. A continuación se mencionan algunas características de este tipo.

-Las plantas de este tipo son menos ramificadas que las del tipo mexicano.

-Normalmente hay una inflorescencia mayor con un cierto número de inflorescencias laterales.

-Puede decirse que algunos materiales de este tipo no tienen ramificaciones.

-Las plantas de este tipo se acaman a bajas densidades.

-Muchas de las ramas tienden a quebrarse cuando la planta está madurando.

-Muchas de las accesiones de este tipo no maduran en Pennsylvania. Pero se ha notado que dentro de algunas selecciones precoces hay algunas plantas que si maduran.

-Los tallos son gruesos, aunque menos gruesos que los del tipo mercado.

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

-Este tipo alcanza una altura de 2 m.

2.10.2.2. Mercado

Hay muy poca variación dentro de este tipo, en muchas partes de los Estados Unidos este tipo es de maduración lenta, llega a alcanzar hasta más de 2 m de altura, dificultando la cosecha mecánica. Se menciona que la semilla de este tipo es de una excelente calidad y probablemente pueda ser más versátil en la elaboración de alimentos. Este tipo es originario de México.

-La planta de este tipo da la apariencia de un matorral y no tiene una inflorescencia predominante.

-Muchas inflorescencias pequeñas nacen en la parte superior de la planta, tomando una configuración que semeja un domo

2.10.2.3. Azteca

Este tipo presenta las plantas que son de las más altas dentro del género, son muy tardías e inclusive no alcanzan a producir semilla en Pennsylvania.

-Este tipo presenta un tallo muy grueso llegando a alcanzar hasta 8 cm de diámetro en la base.

-En cuanto a la ramificación lateral existe mucha variación, aunque podemos considerar que esta es mínima, hay plantas que tienen un solo tallo sin ramificaciones.

-El follaje de las plantas de este tipo tienen la tendencia a presentar hojas cloróticas y expresar deficiencias nutricionales.

-Las plantas presentan una altura que va desde los 2.5 hasta los 3 m.

2.10.2.4. Picos

Este tipo se originó de materiales segregantes del tipo nepal. El porte de la planta de este tipo ha resultado interesante debido a que puede ser utilizado para cosecha mecánica.

-El tallo principal es a menudo rodeado por muchos pequeños tallos que salen desde la base.

-Generalmente las plantas de este tipo son pequeñas.

-Aparentemente los daños por *Lygus* son mínimos.

-El amarre de semilla es bastante bueno.

-Las plantas alcanzan una altura que va desde 0.5 a 0.75 m.

2.10.3. Tipo de grano de *A. caudatus*. (Espitia, R., 1986).

2.10.3.1. Sudamericano

Este tipo es muy extenso y podría ser dividido en dos o tres categorías más tomando en cuenta las diferencias en apariencia morfológica tales como inflorescencia colgante e inflo-

rescencia erecta, etc. Este tipo es muy importante para producción de grano en algunas partes de sudamérica, especialmente en Bolivia y Perú.

-Algunas plantas tienen inflorescencia erecta, pero otras tienen inflorescencia laxas y colgantes, aunque menos que los tipos ornamentales.

-Son plantas altas, con ramificaciones formando un ángulo recto con el tallo principal.

-La planta tiene una forma triángular muy característica.

-Tiene un tallo excesivamente grueso.

-Este tipo no madura en Pennsylvania.

-Este tipo es susceptible a enfermedades posiblemente Alternaria o un micoplasma no identificado.

-El acame a menudo es severo en este tipo.

-Alcanza alturas de 1.5 a 2 m.

2.10.3.2. Edulis

La característica definitiva de este tipo es su inflorescencia de crecimiento determinado.

-Este tipo es de plantas altas, con un tallo principal y ramificaciones en ángulo recto.

-La inflorescencia es de crecimiento determinado y de apariencia glomerular.

-Este tipo no madura en Pennsylvania.

-Susceptible a enfermedades de suelo.

-Presentan un poco de acame.

-Alcanza un altura que va de 1.5 a 2 m.

2.10.4. Tipos para grano de A. hybridus. (Espitia, R., 1986).

2.10.4.1. Prima

Hay pocos materiales que caen dentro de esta categoría. - Las plantas de este tipo son relativamente pequeñas con una inflorescencia rodeada de numerosas panículas pequeñas que nacen en las axilas de las hojas, cerca de la base.

-Este tipo aparentemente presenta resistencia a Lygus.

-Hay mucha variabilidad dentro de este tipo y puede ser dividido en categorías adicionales en el futuro.

-El tallo principal es normalmente delgado.

-Este tipo es de los más precoces.

-La inflorescencia principal es muy grande.

-Este tipo es muy propenso a la caída de semilla.

-Las plantas de este tipo tienen la tendencia a secado uniforme. Se han encontrado segregantes con esta característica en muchos materiales.

-El acame es mínimo en este tipo.

-El tamaño de planta es de 0.5 a 1 m.

2.11. Usos del Amaranto

Los usos que se dan al follaje, tallo y la panoja del amaranto son variados, los reportes señalan que se preparan ensaladas, verdura cocida, colorante (panoja), ornamento, alimento animal, como quelites, usos mágicos, medicinales y la elaboración de jabones con los tallos (Mapes, 1984; Hauptli et al. 1978; Nabhan, 1979, citados por Pulido, M., 1987).

2.11.1. Grano.

El grano de amaranto se puede emplear como cereal en el desayuno o como ingrediente en otros productos de repostería. También, se puede tostar o cocinarse como atole (gachos) o moler obteniéndose una harina dulce y suave color apta para bizcochos, panes, pastelillos y otros alimentos horneados.

Cuando se calientan los diminutos granos de alegría revientan y saben como palomitas (maíz palomero) pero con cierto sabor a nuez. Esas semillas reventadas son livianas y crocantes y se comen como merienda, como cereal frío con leche y miel, como empanadas para carnes o verduras o bien se aglutinan con miel y entonces sirven de dulce. Esta preparación es común en México y Centroamérica, donde el amaranto reventado se emplea como condimento y en repostería (Anónimo, 1987).

Es posible preparar alimento que contenga amaranto mediante técnicas de baja energía, lo mismo que para los demás granos. El grano entero, limpiado y sin procesar, sirve para hacer (como ya lo mencionamos) un atole o cereal para el desayuno con sólo hervirlo en agua poco tiempo. Si se tuesta un poco, el grano entero se convierte en un alimento de agradable sabor, que se puede comer sin más preparación. El grano entero se puede hacer germinar convirtiéndola en nutritiva verdura (Anónimo, 1987).

El amaranto es muy versátil, su fécula ayuda a espesar jaleas y budines. Sin embargo, no tiene la consistencia del trigo ya que carece de la proteína llamada "gluten" que ayuda a que

la masa de pan se esponje, y resulta mejor para elaborar galletas (Alejandre y Gómez, 1980).

En la India, la semilla de A. hypochondriacus se utiliza para la elaboración de cerveza (Sauer, 1967).

Las semillas de algunos Amaranthus silvestres se usan como remedio para la disenteria (Aguilar y Alatorre, 1978).

En Asia, principalmente la región de los Himalayas, la India y Nepal se formó un centro secundario de diversidad de las especies para producción de grano, por consiguiente también se tienen varias formas de consumir el amaranto, las más importantes son unos panes llamados "patties", se consume en un platillo denominado "phambra", el cual contiene arroz, hojas tiernas de mostaza y amaranto. La forma más importante de consumo son los "laddos", que son esferas de semilla de amaranto reventadas y mezclados con dulce o miel en esta forma se consume la gran mayoría de la producción de amaranto (Singh, 1961).

En Sudamérica el amaranto es comido en forma de pinole, en forma de harina en diferentes platillos y en Argentina se elabora un platillo denominado "tulpo de chacliá" preparado con amaranto cocido, cebolla verde y otros condimentos. También es hervido con leche y azúcar para comerlo como desayuno (Hunziker, 1952).

Debido a la promoción que ha recibido el amaranto en los últimos años se han realizado una cantidad considerable de estu---

dios sobre propiedades del amaranto, usos potenciales y sobre --
cuales son las formas adecuadas de consumo.

En Estados Unidos, el amaranto esta siendo usado en cerea--
les, pan, harinas, pastas y comidas rápidas, en combinación con
trigo y maíz (Espitia, R., 1986).

2.11.2. Forraje.

La producción ganadera en los trópicos generalmente es me--
nor que en climas templados, debido principalmente a diversos --
factores inherentes a las condiciones tropicales que limitan el
consumo de materia seca, proteína y energía digerible (Hamilton,
1971)*. El rápido crecimiento, así como su abundante producción
de MS por unidad de área y tiempo y su alto contenido de proteí--
na, hacen necesario que las especies de Amaranthus sean estudia--
das como forrajes (Mugerwa y Pwabye, 1974).

La extracción del concentrado proteínico foliar de las ho--
jas, ha quedado bien establecido (Pirie, 1957). Sin embargo, se
ha dado muy poca atención a la posible utilización del residuo -
foliar que se genera durante el proceso de extracción. Este re--
siduo incluye cloroplastos, sus productos de degradación y mine--
rales. El contenido de fibra cruda y ELN en los residuos folia--
res es mayor que en la hoja, indicando que puede ser un sustituo
potencial de carbohidratos en raciones para rumiantes (Garcha
et al., 1975)*. El ELN representa la fracción de los carbohidra--
tos que es soluble y fácilmente fermentable, por lo que puede --
ser una buena fuente de energía al inicio de la fermentación por
*citado por Cervantes, S., (1982).

los microorganismos ruminales y la fibra cruda puede proporcionar la energía durante las horas posteriores, cuando las fuentes de energía, fácilmente fermentables se han agotado. En la Tabla 5, se presenta el contenido de energía digerible para ovinos y bovinos de diversas especies de Amaranthus (Mc Dowell, et al., 1974 .referido por Cervantes,S.,1982).

Odowongo y Mugerwa (1980) compararon harina de hoja de A. hybridus con harina de alfalfa, a niveles de 5,10,15,20,25,30,35 y 40%, como ingredientes en raciones para terneros. Las ganancias de peso fluctuaron entre .5 a .4 kg/día concluyendo que A. hybridus es comparable a la harina de alfalfa en dietas para destete precoz en terneros . Además, el comportamiento de vacas lecheras no fue afectado, aún con dietas que tuvieron hasta un 40% de harina de A. hybridus. Sin embargo, el consumo diario de MS por unidad de peso metabólico, tendió a disminuir a medida que se incrementaba el nivel de dicha harina. Las ganancias diarias de peso vivo, el consumo diario de energía digerible por unidad de peso metabólico y la eficiencia de utilización del alimento para producción fue similar en todas las dietas.

Las evidencias que se han presentado, demuestran que es factible emplear a las diferentes especies de amaranto como forraje para rumiantes. Sin embargo, no se debe olvidar las limitaciones que puede producir el alto contenido de nitratos y oxalatos en algunas especies, que podrían ser causa de problemas alimenticio-nutricionales bajo determinadas circunstancias (Odowongo y Mugerwa, 1980).

Tabla 5. Contenido de energía digerible para ovinos y bovinos de diferentes especies de Amaranthus.

| Especie | Energía Dig. ovinos | Energía Dig. bovinos |
|------------------------|------------------------|-------------------------|
| <u>A. caudatus</u> | 3.72 Mcal/kg | 3.75 Mcal/kg |
| <u>A. dubiens</u> | 2.60 | 1.93 |
| <u>A. retroflexus</u> | 2.67 | 2.10 |
| <u>A. spinosus</u> | 2.40 | 2.88 |
| <u>A. spp.</u> | 2.87 | 2.90 |
| <u>A. standleyanus</u> | 3.30 | 4.03 |
| <u>A. viridis</u> | 2.59 | 2.23 |

Fuente: Mc Dowell, et al. (1974), referido por Cervantes, S., (1982).

Carlisle et al., (1980)* ensilaron A. retroflexus con buenos resultados, citando algunas ventajas como son su alto contenido de proteína, digestibilidad aceptable y su capacidad para ser -- cultivado en cualquier época, ya que se ajusta a diferentes ciclos luminosos.

En el Estado de Guerrero, se usa el extracto de raíces de - A. spinosus en el tratamiento de la gonorrea (Brown, 1951)*. Asimismo, en la India, la planta entera se usa en el tratamiento de picadura de serpiente, además la ceniza de las hojas de A. spinosus, es usada como colorante (Pehari y Andhiwal , 1970). En México, en la región de la Barca, Jalisco, algunos avicultores --- usan la hoja de A. hypochondriacus variedad rosa, para aumentar la pigmentación de la yema del huevo en aves ponedoras (Trinidad *nómbrao por Cervantes. S., (1982).

1981 citado por Cervantes, S., 1982).

En 1984, en el ITESM Unidad Querétaro, Art. C (1984) realizó una investigación que tuvo como finalidad estudiar la factibilidad de introducir el cultivo de Amaranthus hypochondriacus como alternativa en la alimentación ganadera, para lo cual se utilizó el amaranto ensilado como parte de una ración para ovinos, junto con ensilaje de maíz y concentrado.

El contenido de proteína cruda del ensilaje de amaranto fue de 10.85%, en comparación con el maíz que fue de 10.20%. La fibra ácido detergente y la lignina fueron superiores en el ensilaje de amaranto comparado con el de maíz (51.97 y 3.73 vs. 36.84 y 2.281).

El porcentaje de oxalatos encontrados en el ensilaje de amaranto fue de 8.94%.

La digestibilidad in vitro con líquido ruminal bovino fue de 65% y con líquido ruminal ovino de 52.6%.

Para evaluar el ensilaje de amaranto se utilizaron 40 corderos de raza Corriedale con una edad promedio de 5 meses y peso promedio de 22 kg.

El experimento tuvo una duración de 75 días. Las raciones fueron balanceadas a 13.5 de P.C. y 71% de TND para obtener 220-gr de ganancia diaria.

La relación forraje: concentrado en la ración fue de 40:60. En los tratamientos, la relación ensilaje de amaranto -ensilaje de maíz fue variando en una proporción de 40:0, 30:10, 20:20, 10:30 y 0:40, tomando el último como testigo. La alimentación -

fue a libre acceso. Las ganancias diarias de peso obtenidas fueron de: 203, 175, 181, 226 y 205 gr respectivamente para los tratamientos mencionados. Estos valores no fueron estadísticamente diferentes.

Las cantidades de oxalatos ofrecidas a través del ensilaje de amaranto fueron de 27, 20.20, 13.5, 6.75 gr para los tratamientos 40:0, 30:10, 20:20 y 10:30 respectivamente los cuales no se consideran como tóxicos.

Debido a la palatabilidad, consumo, nivel de oxalatos y aumento de peso observados en el presente trabajo, es factible utilizar el ensilaje de amaranto hasta en un 40% como parte de la ración de ovinos de engorda (Art, G., 1984).

Por otro lado, (Cervantes, S., 1992) con su investigación de --- muestra que es factible emplear la paja de Amaranthus hypochondriacus L. en la alimentación de rumiantes en crecimiento a niveles de hasta 65% de la ración, siempre y cuando se proporcione al mismo tiempo un suplemento proteico-energético para estimular la actividad microbiana ruminal y, probablemente, aceleran la tasa de dilución ruminal que permitiría aumentar el contenido de paja.

La circunstancia de que las hojas del amaranto sean un importante componente de la dieta humana en muchos países africanos y del sudeste asiático desde hace siglos, indica que puede servir también como planta forrajera, sobre todo para los rumiantes (Anónimo, 1987).

No se han llevado a efecto estudios extensivos para confir-

mar este hecho, y existe gran número de información en la literatura veterinaria que acusan al amaranto silvestre de envenenar - el ganado. No obstante, los casos ocurrieron en condiciones secas cuando los amarantos herbáceos, según se sabe, acumulan grandes niveles de nitratos, oxalatos y donde sobreviven mejor que - otras plantas, de forma que a los animales no les fue posible balancear su dieta. Estas observaciones suscitaron cierta preocupación acerca de la posible utilidad del amaranto como forraje; - se necesita, pues, más investigación que dilucide este particular (Anónimo, 1987).

Follaje

La semilla no es el único producto nutritivo del versátil - amaranto. También las hojas son ricas en proteínas, lo mismo -- que en vitaminas y minerales. Su sabor es suave, y en gran parte del mundo se hierven las hojas y tallos del amaranto como verdura. (En una reciente carta experimental en el Ministerio de - Agricultura de los Estados Unidos, en Pottsville, Maryland, la - mayor parte de los 60 participantes dijeron que las hojas cocidas del amaranto sabían al menos tan buenas como las espinacas. - Otros compararon el sabor con el de las alcachofas). Aunque --- prácticamente no aparezcan las estadísticas agrícolas, los amarantos foliáceos podrían convertirse en la verdura más cultivada de los trópicos (Anónimo, 1987).

Limitaciones del uso del follaje

Se sabe que las verduras contienen amplia variedad de factores antibromatológicos, y el amaranto no constituye excepción. En diversas especies de éste se ha informado de la presencia de ácido oxálico, betacianinas, alcaloides como betaína, compuestos cianogénicos, saponinas, sesquiterpenes y polifenoles (Anónimo, 1987).

Al igual que otras plantas de rápido crecimiento, el amaranto requiere grandes cantidades de nitratos, que absorbe. En ciertas condiciones, el nitrato se llega a acumular en niveles que constituyen varios porcentajes. Sin embargo, son más o menos los mismos que los existentes en las espinacas, el cardo, las hojas de la remolacha y otras verduras. Al hervir las hojas se eliminan la mayor parte de los nitratos.

Las verduras, y entre ellas el amaranto, contienen a menudo grandes cantidades de ácido oxálico. Este es un producto final de los procesos metabólicos que se va acumulando a medida que la planta envejece. Al ser comido por el hombre, se enlaza con algunos minerales, sobre todo el calcio, volviéndolo inepto para su absorción en el tracto digestivo, de manera que una persona que consumiera mucha cantidad incurriría en una deficiencia mineral (Anónimo, 1987).

Los niveles de ácido oxálico en las muestras de amaranto pueden llegar a ser incómodamente altos (1-2%), sobre todo si se trata de plantas cultivadas en condiciones de sequedad. Pero las cotas dependerán de la fertilidad del suelo y aumentan con el empleo de fertilizantes. Se debe al ácido oxálico que los amarantos (y otras muchas verduras) se tengan que hervir antes -

de comerlas. El hecho de hervirlos vuelve a los amarantos no tóxicos, porque el ácido oxálico se disuelve en agua (Anónimo, -- 1987).

2.11.3. Ornamental.

En muchas partes del mundo, las plantas del género Amaranthus son admiradas por su belleza y son usadas como adorno. En México la variedad roja de A. hypochondriacus es estimada como planta de jardín. Cabe destacar que la hermosura del A. hybridus es tal, que en jardinería se le conoce como pluma de príncipe (Medsger, 1945)*. La combinación de A. edulis con flores rojas es utilizada con fines ornamentales en los E.U. (Sánchez, M., 1980).

2.11.4. Residuo de cosecha.

El tamo es esparcido frecuentemente sobre el suelo, para incrementar su contenido de materia orgánica, aunque puede observarse que también se le deja para alimento de los caballos o mulas. Los tallos son quemados para calentar y alumbrar las frías noches de invierno (Alejandre y Gómez, 1986).

Durante la cosecha, el tamo generalmente se esparce en el campo; pero también es comido con avidez por los caballos y mulas. En nuestra opinión, este residuo puede representar un complemento utilizable para forraje, con lo cual se lograría una utilización más completa de este cultivo. En la región no se acostumbra usarlo en forma regular como forraje, porque se cuenta con alfalfa o maíz para tales necesidades, y también porque no existen caminos para transportarlo con facilidad. Por otra --
*citado por Alejandre, S., (1982)

parte, con los tallos del amaranto se podrían fabricar en el futuro pequeños trozos comprimidos para ser utilizados como combustible, en forma semejante a como se hace actualmente con el cardo ruso, Salsola kali, en Estados Unidos. También podrían venderse en bolsas de combustible, semejantes a las que se utilizan para calentar los boilers en la Mesa Central del país. Esta idea surgió debido a que en las noches frías, los campesinos acostumbran instalar hogueras avivando el fuego únicamente con tallos de amaranto, los cuales tienen muy buena combustión y proporcionan un excelente calor. Todo este vendría a dar un uso más completo a este cultivo tan olvidado (Alejandre y Gómez, 1986).

2.11.5. Nuevos usos.

Es posible que haya productos del amaranto, distintos a los aquí tratados, con importante potencial, son ejemplos:

- Tintes naturales
- Productos farmacéuticos (p. ej. laxantes)
- Escualeno (material muy preciado que se halla en la semilla del amaranto y que de ordinario se obtiene del hígado de tiburón y que se usa en cosméticos (Anónimo, 1987).

2.12. Germoplasma

El amaranto, en su actual estado de subdesarrollo, presenta más diversidad genética que muchos otros cultivos ya generalizados. El amplio espectro geográfico del género ha dado como resultado la evolución de múltiples razas por región en zonas demasiado distantes. Las distintas características de los sistemas de cruza y la biología reproductiva en general brindan toda una gama de métodos de cruzamiento de donde elegir (Anónimo, 1987).

Este enorme mancomún genético será en alto grado importante para el futuro desarrollo de las plantas de amaranto. Las características genéticas que de ahí resultarán han de poder aprovecharse en todos los programas de fomento del amaranto a un plano internacional, y por lo mismo es importante disponer de cuantos programas se pueda ya en esta primera etapa del desarrollo del amaranto. Se han de seguir haciendo más colectas de germoplasma del amaranto en Latinoamérica, el Caribe, India, Nepal, China y el Pacífico.

Tal colecta debe estar coordinada por la International Board on Plant Genetic Resources (IBPGR), Oficina Internacional de Recursos Fitogenéticos, que está llevando a cabo colectas de germoplasma en el Sudeste Asiático y ha completado una en Perú (Anónimo, 1987).

Varios investigadores extranjeros han realizado colectas y registros sobre el cultivo del amaranto en México. Actualmente el Organic Gardening and Farming Research Center, en Pennsylvania EUA, cuenta con uno de los bancos de germoplasma más completos -

en el mundo. En los últimos diez años y mediante colectas realizadas en diversos países ha logrado obtener tipos de amaranto -- que reúnen características deseables y adecuadas para sus regiones agrícolas, de tal forma que actualmente cuenta con variedades mejoradas para grano y verdura (Alejandre y Gómez, 1986).

El amaranto de grano que se cultiva en México comprende esencialmente tres especies: Amaranthus hypochondriacus, A. cruentus y A. caudatus. La variabilidad genética que se muestra en el campo es muy amplia y por consiguiente también su rendimiento de grano. Mediante la investigación realizada se pudieron precisar las características de las principales regiones productoras del país. Se determinó la distribución aproximada de especies y tipos criollos de amaranto. Se registraron las características fenotípicas susceptibles de evaluación en plantas sobresalientes de amaranto, a fin de sentar algunas bases para la realización de futuros trabajos de fitomejoramiento (Alejandre y Gómez, 1986).

Mediante la metodología desarrollada se establecen algunos lineamientos básicos para la formación de un banco de germoplasma, a fin de conservar las fuentes de variabilidad genética disponibles en nuestro país. El apoyo a este tipo de trabajos puede contribuir a acortar el tiempo necesario para lograr variedades de amaranto adaptadas a la ecología de cada región productora y al tipo de prácticas agrícolas acostumbradas por los campesinos. A un plazo mayor, parte de esta metodología puede ser la base para la producción de la semilla necesaria para impulsar al amaranto como nuevo cultivo agrícola en regiones ecológicas afines. Esto último podría realizarse dentro de esquemas de desa--

rrollo rural integral, compatibles con algunos cultivos tradicionales o nuevos cultivos que puedan surgir en cada región (Alejandre y Gómez, 1984).

El Campo Agrícola Experimental Valle de México, inició en 1980 el Programa de Cultivos Potenciales, en el que se consideraron especies que pudieran constituirse en una buena alternativa para estas áreas, de esta manera se iniciaron estudios con especies tales como: mijos (Setaria italica y Panicum miliaceum) calabacilla loca (Cucurbita foetidissima), quinua (Chenopodium quinoa) y amaranto (Amaranthus spp). Sobre esta última especie se iniciaron los estudios, evaluando el comportamiento de 20 colectas durante 1980 a 1982 en Chapingo, Méx., y Tlaxcala, Tlax. encontrándose que en ambas localidades el amaranto presentó un excelente potencial de rendimiento, solo que los materiales evaluados presentaron, características agronómicas desventajosas, por lo cual se inició la formación del banco de germoplasma de este género con el fin de buscar materiales con mejores características (Espitia, R., 1986b).

Una de las primeras acciones emprendidas por el programa de investigación de amaranto fue la formación de un banco de germoplasma, para lo cual se procedió a realizar la recolección de la variabilidad genética existente en el país, así como, de la introducción de germoplasma del extranjero (Espitia, R., 1986b).

Las colectas nacionales se han realizado de materiales tanto cultivados como silvestres en los estados de Morelos, Tlaxcala, Puebla, Oaxaca, Michoacán y Distrito Federal. En cuanto a -

la introducción de germoplasma principalmente ha sido de la colección de Rodale Research Center, aunque también se ha intercambiado germoplasma con otros países como Francia, India, Perú y Ecuador (Espitia, R., 1986b).

El banco de germoplasma de amaranto del INIFAP tiene como objetivo reunir principalmente materiales para producción de grano. Sin embargo, se cuenta también con algunas colectas para verdura. Las especies de los que se ha realizado un mayor número de colectas son A. hypochondriacus y A. cruentus como puede verse en la siguiente tabla (Tabla 6).

Tabla 6. Especies de Amaranthus de la colección de INIFAP.

| <u>Especie</u> | <u>Origen</u> | <u>Número de colectas</u> |
|---------------------------|---------------------------------------|---------------------------|
| <u>A. blitum</u> | Hong Kong | 2 |
| <u>A. caudatus</u> | Perú Nepal | 6 |
| <u>A. cruentus</u> | México, Africa Guatemala | 75 |
| <u>A. hybridus</u> | México, Ecuador Estados Unidos | 13 |
| <u>A. hypochondriacus</u> | México, India Nepal | 333 |
| <u>A. tricolor</u> | China, Hong Kong Taiwan, Tailandia | 33 |
| Híbridos | Rodale Research Center | <u>50</u> |
| | Total | <u>512</u> |

Fuente: Espitia, R., (1986b).

La vía de introducción de la mayoría fué a través de Rodale Research Center, Dr. Mohinder Pal de la India y Dr. Hugues de -- Cherisey de Francia (Espitia, R., 1986b).

En el Centro de Investigaciones Rodale; K 343 fue la línea de mejoramiento mas extensamente producida en 1987. Cerca del 15% del total de acres de amaranto fueron sembradas con esta línea. En Estados Unidos, este tipo de plantas pueden crecer hasta 6 pies de alto y requiere el mismo tiempo de madurez que la estirpe mexicana de A. cruentus, sin embargo, este fue el único tipo de amaranto que fue madurado por algunos granjeros en el -- occidente de Nebraska, quienes sembraron tardiamente en junio -- (Weler et al., 1988).

2.12.1. Caracterización y evaluación de germoplasma.

La caracterización de germoplasma en los últimos tiempos ha tomado mucha importancia, toda vez que es una fase primordial -- dentro de un programa de investigación de un cultivo, consiste -- en el registro de los caracteres altamente heredables, distinguibles a simple vista y que se manifiestan en todos los ambientes. En forma conjunta a la caracterización casi siempre se realiza -- una evaluación preliminar la cual consiste en registrar una serie de características deseables en un cultivo en particular.

De la colección de germoplasma de amaranto de INIFAP se caracterizaron y evaluaron preliminarmente 217 colectas en 1984 y 97 en 1985. Estos trabajos se realizaron en Chapingo, Méx., ambos experimentos fueron de temporal, con una fertilización de --

80-40-00 y una población de 100,000 a 150,000 plantas por hectárea dependiendo del tipo de planta

Se tomaron una serie de descriptores, basados principalmente en la lista propuesta por Grubben y Sloten 1981 . La clasificación por especies fue de acuerdo a la clave propuesta por Feine 1982 y la clasificación por tipos de acuerdo a la clasificación cualitativa propuesta por los investigadores de Rodale Research Center. Las variables que se tomaron son las siguientes:

- V₁ Especie
- V₂ Tipo
- V₃ Color de tallo
- V₄ Forma de las hojas
- V₅ Color de las hojas
- V₆ Color de inflorescencia
- V₇ Forma de la inflorescencia
- V₈ Densidad de la inflorescencia
- V₉ Color de la semilla
- V₁₀ Tipo de cubierta de la semilla
- V₁₁ Ramificación lateral
- V₁₂ Acame
- V₁₃ Incidencia de Phoma
- V₁₄ Incidencia de barrenador del tallo
- V₁₅ Diámetro del tallo
- V₁₆ Longitud de la hoja
- V₁₇ Ancho de la hoja
- V₁₈ Días a floración
- V₁₉ Longitud de la inflorescencia

*según Espitia, R., (1986b).

- V₂₀ Diámetro de la inflorescencia
 V₂₁ Altura de la planta
 V₂₂ Humedad de la semilla
 V₂₃ Contenido de proteína
 V₂₄ Rendimiento

La clasificación del germoplasma por especie y por tipos -- realizada en los años de 1984 y 1985 se presenta en la Tabla 7.- En éste podemos observar que el tipo más numeroso es el azteca -- que pertenece a la especie A. hypochondriacus éste junto con el tipo mexicano son los más ampliamente distribuidos en México, en contrándose el primero en las zonas templadas de Tlaxcala, Distrito Federal y Estado de México, mientras que, el segundo se le encuentra en las partes cálidas de Morelos y Puebla (Espitia, R., 1986b).

Tabla 7. Clasificación por especie y tipo de germoplasma caracterizado en 1984 y 1985.

| Especie | Número de colectas | Tipo | Número de colectas |
|---------------------------|--------------------|--------------|--------------------|
| <u>A. cruentus</u> | 72 | Mexicano | 52 |
| | | Africano | 11 |
| | | Guatemalteco | 9 |
| <u>A. hybridus</u> | 8 | Prima | 8 |
| <u>A. hypochondriacus</u> | 208 | Azteca | 126 |
| | | Mercado | 20 |
| | | Nepal | 62 |
| Totales | 288 | | 288 |

Fuente: Espitia, R., (1986b).

Las variables cualitativas (V_3 a V_{14}) se manejaron en frecuencias por especie y tipo encontrándose algunos casos interesantes como por ejemplo: el 100% de los materiales del tipo mercado presentan tallo verde, el 82% de las colectas del tipo azteca presentan tallo verde con estrías púrpuras, la inflorescencia de color dorado solo se presenta en el tipo mexicano, el 80% de las colectas del tipo mercado son de inflorescencia verde, los materiales del tipo mercado no presentan semilla de color negro, y la especie A. cruentus es la que presenta el mayor porcentaje (20.50%) de semilla con cubierta cristalina (Espitia. R., 1986b).

En cuanto a las variables cuantitativas (V_{15} a V_{24}) se trabajó con promedios, los cuales se presentan en la Tabla 8. En la cual se puede ver que el tipo azteca es el que presenta los valores más altos en la mayoría de las variables, así por ejemplo, es el tipo que presenta mayor altura de planta, más días a floración, mayor diámetro de tallo y mayor rendimiento por planta; estas características hacen que este tipo sea propio para zonas donde el cultivo es explotado bajo condiciones de agricultura tradicional, sin embargo, es bien claro que la tendencia actual es la de incrementar la superficie sembrada de amaranto, lo cual debe ser bajo condiciones de agricultura mecanizada para lo cual se necesitaron plantas con una altura de 0.80 a 1.40 m, que no presente ramificación lateral, ni caída de semilla en el campo y lo que es más importante estas plantas deberán presentar secado uniforme; esto es, que cuando la semilla haya llegado a madurez, la planta deberá estar seca ya que en la actualidad en la mayoría de las colectas cuando la semilla madura la planta toda-

vía tiene todo el follaje y una gran cantidad de agua, lo cual - dificulta la cosecha mecánica (Espitia, R., 1986b).

Los tipos mercado, nepal y mexicano reúnen en algunos casos varias de estas características (Tabla 8) por ejemplo ninguno de los promedios de altura de estos tipos es mayor de 1.40 m, si to mamos como índice los días a floración, estos tipos también son de los más precoces, entonces solo será necesario trabajar mediante selecciones para obtener materiales con características que permitan la mecanización del cultivo y concretamente los tipos mercado y nepal para zonas templadas y el tipo mexicano para zonas de clima cálido.

Con el propósito de conocer la relación que tienen entre sí los caracteres estudiados se realizó un análisis de correlación entre ellos. La importancia de esto estriba en que al conocer las correlaciones existentes entre las diferentes variables, en un momento dado se puede mejorar indirectamente un carácter no seleccionado (Espitia, R., 1986b).

En la Tabla 9 se presentan las correlaciones entre 10 caracteres analizados en el germoplasma estudiado, para determinar el grado de significancia de los valores de correlación se tomaron los niveles de probabilidad de .01 y .05.

Tomando como referencia el diámetro del tallo (V_{15}) tenemos que este se encuentra significativamente correlacionado (.01) -- con longitud de hoja (V_{16}), ancho de hoja (V_{17}), días a floración (V_{18}), longitud de inflorescencia (V_{19}), diámetro de inflorescencia (V_{20}), altura de planta (V_{21}) y con rendimiento (V_{24});

Tabla 8. Promedios de variables cuantitativas por especie y tipo de germoplasma caracterizado en 1984.

| Especie Tipo | Nº de colectas | V 15 cm | V 16 cm | V 17 cm | V 18 cm | V 19 cm | V 20 cm | V 21 cm | V 22 cm | V 23 cm | V 24 cm |
|---------------------------|-------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| <u>A. hypochondriacus</u> | (139) | 1.71 | 18.55 | 9.44 | 98.37 | 78.93 | 12.49 | 186.97 | 9.37 | 15.68 | 50.34 |
| Azteca | (106) | 1.86 | 19.55 | 8.81 | 94.50 | 82.84 | 13.55 | 210.52 | 9.34 | 15.45 | 58.86 |
| Mercado | (15) | 1.38 | 16.90 | 7.81 | 76.00 | 66.18 | 9.37 | 124.28 | 9.36 | 16.50 | 28.84 |
| Nepal | (17) | 1.09 | 13.65 | 6.55 | 69.76 | 68.20 | 8.77 | 97.04 | 9.61 | 16.25 | 16.34 |
| Picos | (1) | 1.60 | 17.60 | 8.30 | 75.00 | 75.70 | 10.00 | 125.00 | 9.60 | 17.14 | 35.60 |
| <u>A. cruentus</u> | (67) | 1.51 | 17.50 | 8.88 | 76.57 | 67.96 | 9.08 | 132.98 | 10.04 | 16.06 | 18.04 |
| Mexicano | (47) | 1.56 | 17.84 | 9.59 | 76.12 | 71.69 | 9.77 | 139.28 | 9.43 | 16.03 | 19.55 |
| Guatemalteco | (9) | 1.43 | 15.92 | 7.66 | 79.00 | 45.22 | 6.48 | 122.52 | 13.51 | 15.50 | 13.87 |
| Africano | (11) | 1.31 | 15.24 | 7.00 | 76.90 | 67.18 | 8.03 | 144.80 | 9.86 | 16.65 | 14.13 |
| <u>A. hybridus</u> | (8) | 0.92 | 11.73 | 5.56 | 67.00 | 67.62 | 8.75 | 87.73 | 9.86 | 15.95 | 9.51 |
| Prima | | | | | | | | | | | |
| Promedio General | (214) | 1.61 | 17.84 | 8.47 | 84.43 | 74.88 | 11.27 | 165.93 | 9.60 | 15.81 | 38.54 |

No se incluyen 3 colectas por ser mezclas de especies y tipos

Fuente: Espitia, R., (1986b).

se encuentra significativamente (.01) correlacionado en forma negativa con contenido de proteína (V_{23}). Considerando longitud de la hoja (V_{16}) tenemos que se encuentra correlacionado al .01 con diámetro de tallo (V_{15}), ancho de las hojas (V_{17}), días a -- floración (V_{18}), longitud de inflorescencia (V_{19}), diámetro de -- inflorescencia (V_{20}), altura de planta (V_{21}) y rendimiento (V_{24}). Para ancho de hoja (V_{17}) tenemos que se encuentra altamente co-- rrelacionado (.01) con diámetro de tallo (V_{15}), longitud de la -- hoja (V_{16}), días a floración (V_{18}), con largo (V_{19}) y diámetro -- (V_{20}) de inflorescencia, con altura de planta (V_{21}) y con rendi-- miento (V_{24}) (Espitia. R., 1986b).

Días a floración (V_{18}) se encontró correlacionado al .01 -- con diámetro del tallo (V_{15}), longitud (V_{16}) y ancho (V_{17}) de ho-- ja, con longitud (V_{19}) y diámetro (V_{20}) de inflorescencia y con-- rendimiento (V_{24}); se encontró altamente correlacionado (.01) pe-- ro en forma negativa con contenido de proteína (V_{23}). En cuanto a la longitud de la inflorescencia (V_{19}) tenemos que se correla-- ciona al .01 con diámetro de tallo (V_{15}) longitud (V_{16}) y ancho-- (V_{17}) de hoja, días a floración (V_{18}) diámetro de inflorescencia (V_{20}), altura de planta (V_{21}) y rendimiento (V_{24}) también esta -- correlacionado al mismo nivel pero negativamente con humedad en-- la semilla (V_{22}) (Espitia, R., 1986b).

El diámetro de inflorescencia (V_{20}) se encuentra correlacio-- nado (.01) con diámetro de tallo (V_{15}), longitud (V_{16}) y ancho -- (V_{17}) de hoja, días a floración (V_{18}), longitud de inflorescen-- cia (V_{19}), altura de planta (V_{21}) y rendimiento (V_{24}); se encuen-- tra correlacionado en forma negativa con humedad en la semilla -- (V_{22}) al .05 y con el contenido de proteína (V_{23}) al .01.

Tabla 9. Correlación entre caracteres analizados en germoplasma de amaranto.

| | V ₁₅ | V ₁₆ | V ₁₇ | V ₁₈ | V ₁₉ | V ₂₀ | V ₂₁ | V ₂₂ | V ₂₃ | V ₂₄ |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| V ₁₅ | 1.000 | 0.731* | 0.592** | 0.611** | 0.499** | 0.735** | 0.782** | -0.102 | -0.196* | 0.669** |
| V ₁₆ | | 1.000 | 0.825** | 0.542** | 0.480** | 0.552** | 0.713** | -0.095 | -0.059 | 0.624** |
| V ₁₇ | | | 1.000 | 0.295** | 0.345** | 0.307** | 0.489** | -0.087 | 0.024 | 0.366** |
| V ₁₈ | | | | 1.000 | 0.354** | 0.585** | 0.800** | -0.069 | -0.433** | 0.664** |
| V ₁₉ | | | | | 1.000 | 0.590** | 0.599** | -0.195** | 0.014 | 0.472** |
| V ₂₀ | | | | | | 1.000 | 0.739** | -0.168* | -0.185** | 0.692** |
| V ₂₁ | | | | | | | 1.000 | -0.116 | -0.372** | 0.775** |
| V ₂₂ | | | | | | | | 1.000 | -0.069 | -0.145* |
| V ₂₃ | | | | | | | | | 1.000 | -0.209** |
| V ₂₄ | | | | | | | | | | 1.000 |

* Significancia al .05

** Significancia al .01

Fuente: Espitia, R., (1986b).

Ahora tomando como referencia la altura de planta (V_{21}) notamos que se encuentra significativamente correlacionada (.01) con diámetro de tallo (V_{15}), longitud (V_{16}) y ancho (V_{17}) de hoja, días a floración (V_{18}), longitud (V_{19}) y diámetro (V_{20}) de inflorescencia y con rendimiento (V_{24}); además se encuentra correlacionada al .01 pero en forma negativa con contenido de proteína (V_{23}). Para rendimiento (V_{24}) tenemos que se encuentra correlacionado positivamente al .01 con casi todas las variables, excepto contenido de humedad (V_{22}) con la que esta correlacionado negativamente al .05 y con contenido de proteína (V_{23}) que presenta una correlación negativa al .01 (Espitia, R., 1986b).

2.13. Mejoramiento Genético

En las zonas actuales de producción de amaranto, una de las principales limitantes del rendimiento y de un mayor desarrollo de este cultivo es la falta de variedades mejoradas; por lo consiguiente la totalidad de las siembras se realiza con poblaciones criollas que el agricultor ha manejado por mucho tiempo. Estos materiales son de plantas muy altas, ciclo vegetativo largo, presentan variabilidad en altura de planta, madurez, color de inflorescencia, color de semilla y son de rendimientos bajos. En la primera etapa de mejoramiento genético de amaranto en el CAE-VAMEX se han obtenido 30 líneas seleccionadas con características agronómicas ventajosas (Espitia, R., 1986a).

No obstante las pruebas crecientes a favor del amaranto, se requiere mucha investigación para que se pueda producir a nivel comercial. Los agrónomos prácticamente parten de cero para adap

tarla a las necesidades modernas. No obstante se están investigando reacciones de la planta al clima a las condiciones edáficas, a las plagas y enfermedades. Por lo mismo, se están generando plantas de poca altura uniforme, de tallos vigorosos que resistan al viento y racimos de alto rendimiento que retengan las semillas hasta el momento de la cosecha (Alejandre y Gómez, 1986).

Se menciona que el amaranto es una planta monóica y exhibe dos tipos de arreglo de flores: las estaminadas y las pistiladas. Según este autor todas las flores de cada glomérulo son del mismo sexo. Pero los glomérulos de las flores pistiladas se desarrollan solamente en las axilas de las ramas y en la base de la inflorescencia terminal, mientras que los glomérulos de las flores estaminadas, están colocadas terminalmente sobre el eje principal y ramas laterales. El mismo autor afirma que los miembros monóicos son polinizados principalmente por sí mismos, aunque los estigmas de las flores pistiladas son receptivos varios días después de la apertura de las flores estaminadas. En este grupo de flores la emasculación es difícil. El método más satisfactorio es hacer cruza masivamente tan pronto como los estigmas estén receptivos y remover las flores estaminadas a mano. Generalmente ocurren un 5-25% de autopolinización (Murray, 1940 referido por Alejandre y Gómez, 1986).

El Centro de Investigaciones Rodale, cerca de Emmaus (Pennsylvania), Estados Unidos, es el líder en el desarrollo del amarranto. Allí se cruzan, cultivan y aquelitan más de mil variedades de todas las partes del mundo. Se ha iniciado colaboración ul

terior con científicos de Africa, Asia y Latinoamérica. Se ha logrado así obtener cepas que superan las tendencias a enmarañarse, dispersarse las semillas, crecer indiscriminadamente, succulencia en el momento de la cosecha y dependencia de la duración del día. Estas investigaciones han conducido a la obtención de cepas de mejores cualidades en lo concerniente al torneado, a la molienda, reventado y sabor, así como maquinaria adaptada a plantar, cultivar, recolectar y desgranar la planta (Anónimo, 1987).

Hasta ahora la investigación se ha circunscrito principalmente a los amarantos de grano, pero en 1967, la FAO inició pesquisas con amarantos foliáceos. Al año siguiente realizó experimentos de campo en proyectos de huerto casero en Nigeria y Benin. Posteriormente, ordenó la recolección de plasma germinal. Por esto mismo, la rama foliácea de la familia Amarantácea comienza a granjearse el reconocimiento, y la FAO ha publicado ya un informe sobre esas especies.

En Cuzco, Perú, existe un proyecto de investigación que trata de reestablecer el amaranto (Kiwicha, en el Altiplano Andino). Los investigadores de la Universidad han recogido y mejorado genéticamente variedades locales de Amaranthus caudatus hasta el grado de producir campos de plantas uniformes de alto rendimiento, que se puedan cosechar mecánicamente (Anónimo, 1987).

Hasta el momento, los agrónomos han prestado poca atención a la mejora del rendimiento de las semillas del amaranto. Las plantas son de por sí bastante productivas, por lo que los investigadores se concentran en las características -como: facilidad de cosecha, sabor y procesamiento del alimento- que son más fun-

damentales en esta etapa inicial.

Las semillas de las especies de mala hierba del amaranto -- (p. ej. A. hybridus, A. palmeri, A. retroflexus y A. spinosus) -- no se deben distribuir para cultivo. A pesar de ello, estas malas hierbas pueden ser útiles al mejorador de amaranto. Así, A. hybridus es una especie silvestre progenitora del actual A. hypochondriacus y fácilmente intercambia genes con ésta. El material genético de A. hybridus sería de gran valor para inducir -- ciertos rasgos de maduración más rápida, resistencia a las enfermedades y mayor adaptabilidad. Y A. spinosus (un diploide), si a veces es una hierba mala molesta se puede utilizar para el mejoramiento de híbridos (triploides F_1) con A. dubius (tetraploide) a escala comercial como forraje. Esto es posible por la peculiar distribución de las flores masculinas y femeninas de A. spinosus. Los híbridos son de crecimiento rápido, estériles y sus espinas son muy blandas. De todas formas antes de utilizar como forraje estas hierbas es preciso llevar a cabo experimentos bromatológicos sobre cantidad y nutrición (Anónimo, 1987).

Los amarantos foliáceos se han investigado más a conciencia que los amarantos de grano. Los productores asiáticos han venido realizando selecciones de aquéllas desde hace años. Ya hay variedades para ser cultivadas en otras partes y, que venden compañías semilleras en Hong Kong, Taiwan y Estados Unidos (Anónimo, 1987).

Como ya señalamos, los científicos están tratando de convertir la planta silvestre de amaranto, en una planta que facilite

la tarea a las máquinas cosechadoras y que, por lo tanto, tenga una altura uniforme, y madure y seque al mismo tiempo. Kauffman pretende que la altura de la planta tenga aproximadamente metro y medio, lo que evitaría que las plantas cayeran bajo el peso de su propia semilla, un problema que tienen los genotipos actuales. Debe evitarse también que el amaranto libere sus semillas tan pronto como madura. Esta característica puede facilitar su sobrevivencia en estado silvestre, pero en la agricultura comercial puede resultar en grandes pérdidas de semilla.

Además, los tipos de amaranto comerciales deben tener resistencia a las peores plagas de insectos y un alto rendimiento de semilla por hectárea. Las variedades que maduran en tres meses o menos podrían cultivarse también en climas fríos a causa de su corto período de desarrollo (Alejandre y Gómez, 1986).

Para crear una planta híbrida con las características que desea, Kauffman cruza plantas de distintas variedades en espera de que prevalezcan los rasgos genéticos que desea. Este es un proceso totalmente artificial, ya que en la naturaleza del amaranto, es predominantemente una planta que se poliniza así misma (autopolinización) haciendo difícil la aparición de nuevas combinaciones genéticas (Sauer, 1950).

Aparentemente, existe una amplia habilidad para una libre hibridación dentro del género. Sus ventajas como una herramienta para la investigación genética son, que puede crecer en un pequeño espacio debido a su morfología plástica y que es capaz tanto de autopolinización como de entrecruzamiento sin ninguna depresión del rendimiento o heterosis. El número de cromosomas di

ploides que se ha reportado ha sido 32 ó 34 (Sauer, 1950).

Sauer (1967) notó que los diferentes recuentos de cromosomas diploides dentro de especies no es necesaria una indicación de incompatibilidad en el entrecruzamiento.

Se han reportado cruzas interespecíficas dentro de la sección Amaranthus (Grant, 1959).

En algunos casos, los híbridos de la F_1 son estériles (Sauer, 1957) aunque se han anotado reportes de F_2 afortunados (Pal, 1972).

La hibridación interespecífica que ocurre naturalmente dentro del género es uno de los factores principales que ha causado la variación dentro de las especies y la complejidad taxonómica de Amaranthus spp (Feine et al., 1979).

Pal y Khoshoo (1974) discutieron el papel de la hibridación en la evolución del amaranto, debido a la baja fertilidad de sus híbridos experimentales, no obstante que pocos de sus híbridos fueron totalmente estériles y en particular las combinaciones que incluyeron A. cruentus.

Hauptli y Jain (1978) llevaron a cabo estudios biosistemáticos del género Amaranthus que proveyeron información detallada sobre la distribución de varias especies, así como aspectos iniciales de índole agronómica con el fin de mejorar el tipo de planta, rendimiento y dehiscencia de la semilla. Cualquier colección de germoplasma utilizada en el mejoramiento de los cul-

tivos requiere de un acceso a poblaciones nativas.

En 1977, Pal y Khoshoo hicieron reportes sobre poliploides inducidos por colchicina en A. edulis, hypochondriacus y caudatus. La progenie fue variada; se tuvieron especies con hojas -- más pequeñas, anchas y gruesas que sus padres diploides. Los hábitos de las flores monóicas fueron alterados. El tamaño de la semilla se incrementó significativamente en todos los tetraploides. A pesar del desbalance en la determinación del sexo, la -- fertilidad del polen permanece alrededor del 82%. Misra et al., (1971) reportó que la poliploidía no afecta adversamente al es-- pectro de aminoácidos en la semilla.

En trabajos se señala que las especies monóicas de amaranto son autopolinizables, aunque el estigma de las flores pistiladas está receptivo por varios días anteriores a la apertura de las -- flores estaminadas. Las flores pequeñas y su agrupamiento muy -- denso en las especies monóicas hacen de la emasculación una ope-- ración extremadamente difícil. El método más satisfactorio de -- hacer cruza es , por lo tanto, polinizar masivamente, tan pronto como los estigmas estén receptivos y remover las flores estamina-- das a mano. Aún así, se reporta de un 5-25% de autopolinización tanto en la planta como en la inflorescencia (Murray, 1940 referido por Alejandre y Gómez, 1986).

2.14. Investigación

Se han realizado experimentos agronómicos en diferentes par-- tes del mundo para evaluar el potencial que tiene el amaranto de

extenderse como cultivo a mayor escala. Donde más investigación se ha hecho hasta ahora es en los EE.UU. Esta ha sido promovida sobre todo por Rodale Press y Organic Gardening quienes se han propuesto como meta lograr una producción y consumo masivo de se milla de Amaranthus en todo el país. Para ello han montado expe rimentos agronómicos en sus propios campos y han promovido siem bras experimentales entre algunos de los lectores que reciben -- sus publicaciones. (Aguilar y Alatorre, 1978).

A lo largo de cuatro años han estado experimentando sobre:

- Adaptabilidad de los amarantos de semilla a diferentes condi-- ciones ambientales.
- Densidad óptima de siembra.
- Expresión genética de color y morfología.
- Rendimientos comparativos entre diferentes especies así como - el comportamiento de 123 variedades.
- Manejo extensivo con maquinaria (Aguilar y Alatorre, 1978).

Algunos de los resultados que hasta ahora han tenido son:

- Los amarantos tienen una gran capacidad genética de adaptarse- a diferentes ambientes y a diferentes ciclos de luz. Plantas- originarias de la Meseta Central de México prosperaron y die-- ron semilla en Pennsylvania aunque los rendimientos fueron me- nores. También han mostrado una impresionante resistencia a - condiciones de sequía.
- A una densidad de 40,000 plantas/ha se obtuvieron rendimientos de 1,129 kg/ha con A. hypochondriacus. Los datos de las parce las experimentales de los lectores indicaron que a mayor densi dad de población los rendimientos fueron de casi el doble, ---

1760 kg/ha. Para 1976 se probaron parcelas con densidades de hasta 80,000 plantas/ha cuyos resultados aún no se han publicado.

- Pajo las mismas condiciones de manejo A. hypochondriacus produjo más que A. cruentus. De las 123 variedades probadas existen algunas que son más adecuadas para consumirse como verduras.
- Debido a la impresionante homogeneidad genética que demostraron, se piensa que se puede hacer fitomejoramiento sencillamente seleccionando las plantas que tengan las mejores características en cada cultivar.
- El manejo del cultivo a gran escala y con maquinaria aún presenta muchos problemas. En los experimentos realizados encontraron que al sembrar directamente, las variedades domesticadas y las silvestres crecieron simultáneamente lo que provocó una fuerte competencia. Se hizo muy difícil identificar los surcos de las plantas domesticadas y fue imposible deshierbar. En la cosecha se obtuvo un alto índice de hibridación A. retro flexus fue el principal problema de malas hierbas (Aguilar y Alatorre, 1978).

Por otro lado se llevaron a cabo experimentos en Etiopía a cargo del Dr. Donald Schmidt agrónomo al servicio de International Agricultural Development Service, Katmandu, Nepal. El objetivo era evaluar el rendimiento potencial de A. hypochondriacus y su respuesta al suelo y a condiciones de manejo en comparación con el trigo, la cebada y el triticale. Los resultados obtenidos según Aguilar y Alatorre (1978), mostraron que:

- A. hypochondriacus es más específico en sus requerimientos de suelo que el trigo y la cebada. Requiere suelos bien acreados, con buen drenaje y altos niveles de nitrógeno (200 ---- kg/ha). Además deben tener un buen balance de P y N y cantidades adecuadas de K, Ca y Mg.
- Tiene potencial genético para producir altos rendimientos -- (de 5 a 6 ton/ha) cuando se cultiva en condiciones favora--- bles.
- Se adapta a un amplia rango de densidades de población: A -- densidades de 13 a 26 plantas/m² produjo lo mismo que a densidades de 300 a 500 plantas/m². En ambos casos el rendi--- miento fue de 5 ton/ha aunque en el segundo se presentó ma-- yor acame de las plantas.
- Compite bien contra malas hierbas debido a la sombra que produce su amplia área foliar (Aguilar y Alatorre, 1978).

En el CAEVAMEX se han realizado estudios sobre caracterización de germoplasma de amaranto, según Espitia, R; (1986b).

La procedencia de los materiales utilizados en los estudios son de colectas hechas en México y de introducciones realizadas principalmente de la colección de Rodale Research Center, pertenecen en su mayoría a las especies Amaranthus hypo-
chondriacus, A. cruentus y algunos a A. caudatus y A. hybridus.

La mayoría de los estudios se efectuaron en el Campo --- Agrícola Experimental Valle de México ubicado en Chapingo, --- Méx., este lugar esta ubicado a los 19°17' de latitud norte, a los 98°53' de longitud oeste y se encuentra a 2249 msnm; la --

precipitación media anual en la zona es de 670 mm y la temperatura media es de 15.2°C (Espitia, R; 1986b).

Uno de los aspectos en los que se trabajó más intensamente fue en el de caracterización de materiales, en los cuales se tomaron una serie de características botánicas de tallo, hojas, inflorescencia y semilla; conjuntamente con la caracterización se efectuó una evaluación preliminar que consistió en tomar una serie de características agronómicas tales como: ramificación lateral, rendimiento, incidencia de plagas y enfermedades, porcentaje de acame, etc. Todos estos descriptores se tomaron de acuerdo a las propuestas de Grubben y Sloten, (1981).

En los trabajos de evaluación de materiales, se hizo principalmente en base a características agronómicas tales como: altura de planta, precocidad, acame, resistencia o tolerancia a plagas y enfermedades, aptitud para mecanización y rendimiento (Espitia, R; 1986b).

En cuanto a mejoramiento genético se realizaron selecciones individuales y masales en polinización libre y en autofecundación. Para la autofecundación se utilizaron bolsas de papel para cubrir las inflorescencias cuando aparecía el primordio de estas y de esta manera evitar la polinización cruzada.

En los experimentos de calidad nutritiva del amaranto, se determinó principalmente el contenido de proteína de los materiales con el objeto de seleccionar aquellos con los niveles más elevados, el método utilizado fue el de Tsai modificado --

por Villegas, las determinaciones se efectuaron en los laboratorios del CIAMEC (Espitia, R; 1986b):

Se realizó también un experimento para conocer la calidad nutritiva de los diferentes materiales considerando: especie, tipo, color de semilla; se determinó contenido de proteína, lisina, triptofano, fibra cruda, cenizas y humedad.

Se trabajó también en la localización de áreas agrícolas donde el amaranto pudiera ser cultivado, para lo cual se realizó un ensayo uniforme con genotipos de las especies cruentus e hypochondriacus y de los tipos mexicano, azteca, mercado y nepal. Las áreas de estudio fueron principalmente los Valles Altos del centro del país que comprende los estados de México, Tlaxcala, Distrito Federal e Hidalgo, además se trabajó también en los estados de Guanajuato, San Luis Potosí, Coahuila y Oaxaca. (Espitia, R; 1986b).

En 1985 se inició un estudio con el objeto de conocer el porcentaje de cruzamiento entre los diferentes tipos. Este trabajo se realiza en Chapingo y consistió en sembrar materiales contrastantes en especie tipo y características botánicas, de aquí se cosechó dentro de cada material compuesto en polinización libre, compuesto en autofecundación, selecciones individuales en polinización libre y selecciones individuales en autofecundación, estos materiales serán avanzados a F_2 para que sea en esta generación donde se realice la evaluación final (Espitia, R., 1986b).

Es preciso llevar a cabo investigaciones sobre la fisiolog

gía del tratamiento posterior a la cosecha, sobre todo acerca de los efectos de la humedad en la calidad del grano y su almacenamiento. También se necesitan estudios que versen sobre:

- Como limpiar el grano (sobre todo en plantas piloto de tamaño medio).
- Eliminación de arena y semillas de mala hierba.
- Adaptación de maquinaria existente para el tratamiento del amaranto.
- Secado y almacenamiento del grano cosechado (el grano entero es higroscópico).

También es preciso investigar:

- El procesamiento del grano entero cocinado, molienda de la semilla entera o reventada, tueste.
- Germinación, es preciso aquilatar todo cambio que sobrevenga por la adopción de cualquiera de esos procesos.
- Requisitos para el desarrollo a nivel comercial, como molienda de semillas secas y húmedas, derivados (derivados metilados de la fécula del amaranto).
- Almacenamiento de los productos.
- Valor del grano y de los residuos para ensilar y para forraje directo (Anónimo, 1987).

Se deben investigar también las diversas prácticas del cultivo y recolección del amaranto. Muchos de los puntos que siguen dependen del lugar donde se cultive la planta.

- Selección de los tipos mejor adaptados a condiciones locales.
- Uso del amaranto en los sistemas de cultivo mixto y rotativo.

- Adaptación: es importante conocer las características más ex tremas de pluviosidad, evaporación y edafológicas en las que se puede cultivar el amaranto con un rendimiento razonable.
- Requisitos edafológicos: feracidad, tolerancia de la salini- dad, necesidad de materia orgánica, humedad máxima y mínima.
- Efecto de las condiciones de cultivo sobre composición quími- ca y valor nutritivo del producto.
- Determinación de las fechas más aptas para su siembra, densi- dad de la planta y manejo de malas hierbas y plagas.
- Desarrollo y adaptación de maquinaria: para plantar, desgra- nar, aventar y limpiar el grano.
- Control de enfermedades (p. ej. Phytium sp. y Rhizoctonia -- sp.) y plagas como el género Lygus).
- Almacenamiento de las semillas (p. ej. desarrollo de técni- cas para impedir el amazotamiento, que dificulta la planta- ción). (Anónimo, 1987).

Entre los aspectos de la investigación acerca del uso del amaranto de grano están, según Anónimo (1987):

- Las características básicas del almidón o fécula, proteína, salvado, germen y aceite de las semillas.
- Usos de los productos, incluyendo alimento para el desayuno y mezclas para el destete, además del desarrollo de recetas.
- Pruebas nutricionales humanas.
- Valor del amaranto como extensión del trigo o como componen- te en alimentos tradicionales como "chapatiés", tortillas, alimentos para el destete, chicha y "arepas".
- Uso en alimentos infantiles.

- Disponibilidad bromatológica de minerales, vitaminas y fécula.
- Características funcionales del amaranto (viscosidad, densidad, estabilidad en la congelación y descongelación, estabilidad frente al calor, propiedades de emulsión) cuando se emplea en las comidas y diferencia recíproca de los tipos de granos.
- Elementos antibromatológicos.

Al mismo tiempo, se está trabajando en otros aspectos importantes como son: formas de consumo, cualidades nutritivas, etc., sin descuidar los aspectos agrícolas (Alejandre y Gómez, 1986)

En la India, el cultivo del amaranto fue introducido, y al respecto es conveniente señalar que actualmente este pseudocereal está más estudiado en ese país que es centro de origen (México).

La investigación agrícola en este país ha hecho avances sobre este cultivo, en particular, tanto en cuestiones básicas como aplicadas; así se tienen estudios sobre citogenética, mejoramiento genético para la obtención de mejores variedades, estudios fitopatológicos, colectas de material criollo y formas de consumo en las diferentes regiones en las cuales se cultiva este pseudocereal (Alejandre y Gómez, 1986).

Sands en China, explicó que en los pueblos de la república, mucha de la investigación agrícola es conducida a nivel aldeano, esto es probar cultivos bajo condiciones actuales de cul-

tivo. Esta investigación es apoyada por estudios universitarios, estos están siendo conducidos para identificar factores antinutricionales en el forraje de amaranto. Reporta también que los chinos no se limitan a el manejo de variedades que She oxion adquirió en su visita a el Centro de Investigaciones Rorale en 1982. Los investigadores han obtenido de otras variedades de Japón, y colectas nativas, variedades semidomesticadas en China (Amaranth today, 1988).

Los mejoradores están usando este germoplasma para desarrollar variedades bien adaptadas a necesidades y condiciones locales (Amaranth today, 1988).

2.15. Situación actual y problemática del amaranto en México

Según, Epitia R; (1986b) la producción comercial de amaranto se concentra principalmente en cuatro regiones, San Miguel del Milagro y San Felipe Ixtacuixtla en el estado de Tlaxcala, el oriente del estado de Morelos, Huaquechula y Santiago Tecla en el estado de Puebla y en San Gregorio Tulyehualco en el Distrito Federal; esporádicamente se llegan a encontrar algunos lotes en los estados de México, Oaxaca y Durango.

Hasta 1983 la superficie sembrada era alrededor de 200 hectáreas, sin embargo, con la difusión que se le ha dado a este cultivo en los últimos años se ha incrementado la superficie cultivada, de tal manera, que para 1985 se sembraron en México alrededor de 1400 hectáreas, concentrándose la mayoría en

el estado de Morelos.

Factores que limitan el rendimiento y desarrollo del cultivo, mencionados por Epitia, R; (1986b):

-Uso de variedades criollas-

Las variedades criollas que siembran actualmente los agricultores son de bajo rendimiento (800 a 1500 kg/ha) y presentan una gran variabilidad en características tanto botánicas como agronómicas; de esta manera es muy común que los materiales presentan diferencias en forma de inflorescencia, altura de planta, maduración, ramificación lateral y color de semilla.

En la región productora del estado de Morelos se siembra predominantemente el tipo mexicano de la especie A. cruentus, sin embargo, frecuentemente se encuentra el tipo mercado de la especie A. hypochondriacus, mezclado con el anterior; en las regiones productoras de clima templado se siembra el tipo azteca de esta última especie.

-Forma de siembra-

A excepción de la región productora del Distrito Federal donde se utiliza el sistema de trasplante, la siembra es manual y directa; algunos agricultores siembran a chorrillo y otros mateado llegando a requerirse hasta 5 kg de semilla para sembrar una hectárea.

Bajo este sistema de siembra se hace necesario que una --

vez emergida la planta se haga un aclareo para dejar la población más adecuada; concepto por el cual se elevan considerablemente los costos de producción.

-Densidad de población y fertilización-

Existe mucha variación en cuanto a las densidades de población y dosis de fertilización que utilizan actualmente los agricultores. Así por ejemplo en las zonas productoras donde se siembra A. hypochondriacus tipo azteca se tienen poblaciones de 60,000 hasta 140,000 plantas por hectárea, mientras que en las zonas donde se siembra A. cruentus tipo mexicano se tienen poblaciones desde 150,000 hasta 200,000 plantas por hectárea.

En cuanto a fertilización la situación es más incierta, ya que hay agricultores que no fertilizan, algunos fertilizan a la siembra y otros fertilizan a la siembra y al segundo cultivo. La mayoría de los agricultores utilizan fertilizantes químicos y algunos abonos orgánicos; en cuanto a dosis en la zona productora de Morelos la fórmula más generalizada es la 100-50-00.

-Plagas y enfermedades-

Los agricultores que de manera tradicional han sembrado amaranto, no conocen muy bien las plagas y enfermedades del cultivo, solamente algunas que son muy evidentes como el gusano telarañero (Lepidóptero) que es una plaga de importancia en la mayoría de las zonas productoras y la germinación (creci-

miento secundario") que parece ser un disturbio fisiológico -- que se presenta principalmente en las zonas productoras de clima cálido.

Los agricultores nuevos, conocen un poco más sobre las plagas y enfermedades del cultivo y es muy común que hagan aplicaciones para controlar el barrenador del tallo y chinche-Lygus.

La cosecha es otro de los factores que estan limitando el desarrollo del cultivo ya que tradicionalmente la trilla y limpieza de la semilla se han hecho en forma manual, lo cual requiere mucha mano de obra, elevando considerablemente los costos de producción. Para 1985 en la zona productora de Morelos se utilizó para la cosecha la trilladora combinada que se usa para cosechar sorgo y otros cereales, solo que todavía fué estacionaria requiriéndose que el corte y alimentación de la trilladora fuera manual.

-Uso y comercialización-

En la actualidad el uso que se le da al amaranto es casi-exclusivamente para la elaboración de dulces y solo esporádicamente se le llega a utilizar en la elaboración de atoles, tamales y últimamente se está adicionando a granolas.

Los agricultores tradicionales utilizan una parte de la cosecha para la elaboración de dulces, que ellos mismos venden en ferias y días festivos de poblaciones cercanas; la otra parte de la cosecha la venden a personas que acaparan la gran ma-

yoría de la población. Cuando el agricultor no quiere vender su cosecha a estos acaparadores, le es muy difícil venderla ya sea por que no cuenta con los medios de transporte para llevarla a los lugares de consumo o de plano porque no existe mercado (Espitia, R; 1986b)

La falta de mercado; es tal vez, uno de los factores más importantes que estan limitando el desarrollo del cultivo del amaranto y una muestra palpable de esto, es el hecho de que el total de la producción de 1985 del estado de Morelos se encontraba en bodega por falta de compradores.

Durante el transcurso del presente convenio se ha tenido la oportunidad de lograr relaciones con la gran mayoría de los investigadores de diversas partes del mundo que se encuentran trabajando sobre diferentes tópicos relacionados al amaranto.

Por ejemplo en 1984 se recibió la visita de los Drs. Charles Kauffman y Leon Weber de Rodale Research Center, Dr. Luis Sumar Kalinowski de la Universidad de Cusco, Perú, Dra. Robin L. Lutz de la Universidad de Davis California y un grupo de investigadores de la FAO. Con todos ellos se intercambiaron --- ideas que resultaron muy provechosas para nuestras investigaciones; la Ing. Marie Odile Lebeau de la Universidad Laval de Québec Canadá estuvo comisionada de tiempo completo en los trabajos de investigación sobre amaranto durante el período de mayo a diciembre de este año (Espitia, R; 1986b).

En septiembre de este mismo año el Dr. Uriel Maldonado -- Amaya, asistió a la tercera conferencia sobre amaranto celebra

da en los Estados Unidos en la que presentó el trabajo titulado "La variación genética del amaranto en México y su utilización". (Espitia, R; 1986b).

En septiembre de 1985 el Ing. Eduardo Espitia Rangel, visitó la estación experimental Rodale Research Center con el objeto de conocer las técnicas y métodos de mejoramiento, observar comportamiento de materiales, intercambiar experiencias y discutir metodologías sobre investigación de amaranto con los señores Charles S. Kauffman y Leon Weber. Posteriormente se viajó a los Estados de Colorado, Wyoming, Nebraska y Kansas con el propósito de visitar técnicos y agricultores que están trabajando con amaranto.

Se ha mantenido comunicación con investigadores de otros países con el objeto de intercambiar tanto germoplasma como experiencias en investigación (Espitia, R., 1986b).

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. Descripción del Sitio Experimental

3.1.1. Localidad.

El presente trabajo se realizó durante el ciclo primavera verano de 1988 en el Campo Agrícola Experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, ubicado en el municipio de Marín, N.L. sobre el km. 17 de la carretera Zuázua-Marín, cuyas coordenadas geográficas son 25°53' latitud norte y 100°03' longitud oeste del meridiano de Greenwich; con una altitud de 367 msnm. Sus límites políticos son: al norte, Figueras, al sur Pesquería, al este Dr. González, y al oeste Gral. Zuázua municipios del estado de Nuevo León.

En la Figura 8, aparece la localización del lugar del experimento en el Campo Agrícola Experimental de la Facultad de Agronomía en Marín, N.L.

3.1.2. Clima de la región.

El clima predominante de la zona es semiárido, esto es de acuerdo con la clasificación climática de Köppen y modificado por García (1973). Esta clasificación es la siguiente:

$BS_1(h')(e')$, donde:

BS_1 : Clima seco o árido, con régimen de lluvias en verano - siendo el más seco de los PS.

$(h')h$: Temperatura anual sobre 22°C y bajo 18°C en el mes más frío.

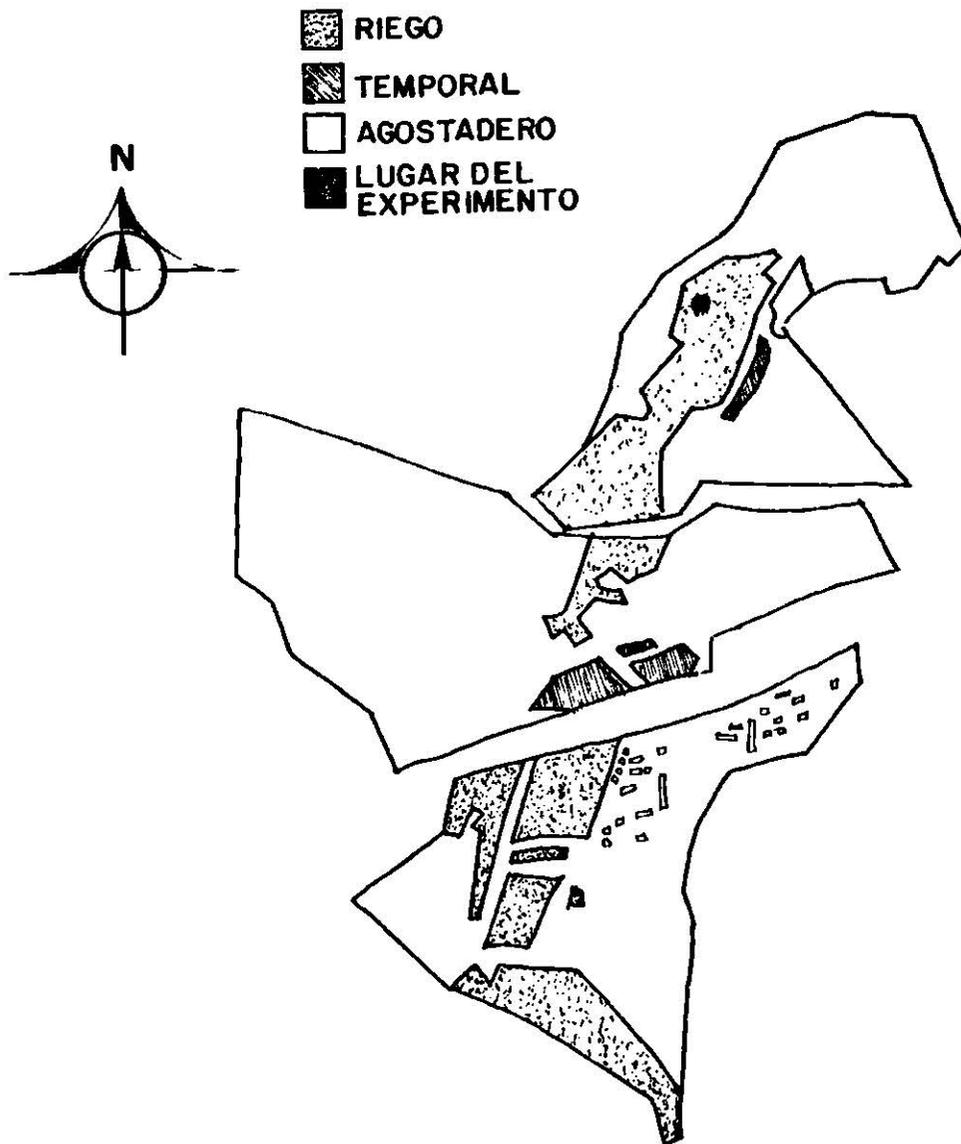


Figura 8. Croquis del Campo Agrícola Experimental de la Facultad de Agronomía en Marín, N.L. donde se realizó el trabajo. "Estudio de la adaptación de 8 genotipos - de Amaranthus spp. en 2 fechas de siembra bajo condiciones de riego en Marín, N.L. ciclo primavera-verano 1988."

(x'): El régimen de lluvias se presenta como intermedio entre el verano e invierno con porcentaje de lluvia invernal mayor de 18%.

(e'): Oscilación anual de las temperaturas medias mensuales - mayor de 18 °C, siendo las más extremas.

Las temperaturas medias anuales son de 22°C, y en los meses más fríos (diciembre y enero) las temperaturas son menores de 18°C y la noche es mayor de 14°C, mientras que las temperaturas más altas (julio y agosto) son mayores de 28°C. Las heladas tempranas se establecen en el mes de noviembre y las tardías hasta el mes de marzo, siendo las más severas las que se presentan en el mes de enero. La precipitación pluvial es de 500 mm anuales, con una máxima de 600 mm y una mínima de 200 mm. La mayor parte de éstas se distribuyen de agosto a octubre; la otra porción son lluvias eventuales que caen en los meses restantes.

En lo referente al granizo, la intensidad anual media es de un día, manifestandose durante el periodo de lluvias. El fenómeno de las nevadas casi nunca se presenta en planicies de esta zona. La nubosidad varía de 90-110 días al año, presentandose en los meses lluviosos. Los vientos son masas de aire marítimo tropical provenientes del noreste y del norte, cuyas intensidades son de alrededor de 20 km/hr (Reyes, L., 1989).

3.1.3. Suelo.

El suelo es calcáreo, con una profundidad de 125 cm, la textura es migajon (40% de arcilla, 32% de limo y 28% de are--

na), presenta una buena condición de drenaje, el pH del agua es de 8.3 y presenta un 16% de Materia orgánica (Rodríguez , - E., 1989).

El Centro de Investigaciones Urbanísticas de la U.A.N.L. - reporta que el suelo de la región de Marín, N.L. considerando la clasificación de los grandes grupos de suelos en el mundo, - corresponden al grupo de los chestnut o castaños, que se caracterizan por presentarse en áreas con clima seco estepario (BS) y vegetación de estepa matorral, la humedad de éstos es deficiente y el contenido de materia orgánica representa una escasa acumulación. En toda su gran extensión, estos suelos son arcilloso-arenosos de profundidad media.

Considerando la clasificación FAO-UNESCO, se tiene en Marín, N.L., el tipo Kastañosem (castaño) y el subtipo Kastañosem cálcico, el cual tiene acumulaciones importantes de cal y yeso en el perfil del suelo. Este tipo de suelos es bueno para la agricultura, en la medida que se apliquen técnicas adecuadas y cultivos que se adapten a las condiciones climáticas, -- principalmente a altas temperaturas, lluvias esporádicas y sequías prolongadas (Díaz, G., 1988).

El suelo de la región es del tipo Foacen calcárico (Ceternal, 1977). La región es de topografía plana, formada por llanuras de tipo semidesértico, interrumpidas frecuentemente por lomeríos y mesetas (Reyes, L; 1989).

Las características físico-químicas del suelo donde se llevó a cabo el experimento se muestran en la Tabla 10.

Tabla 10. Características físico-químicas del suelo donde se llevó a cabo el experimento sobre estudio de la adaptación de 8 genotipos de *Amaranthus* spp. en 2 fechas - de siembra bajo condiciones de riego en Marín, N.L. primavera-verano 1988.

| Determinación | Análisis | | Clasificación agronómica | |
|--|---|---|---|---|
| | Suelo (0-30 cm) | Subsuelo (30-60 cm) | Suelo (0-30 cm) | Subsuelo (30-60 cm) |
| Color (Escala Munsell) | seco 10YR 6/2 húmedo 10YR 3/2 | seco 10YR 5/2 húmedo 10YR 4/2 | Gris cafésáceo claro Café grisáceo muy obscuro | Café grisáceo Café grisáceo obscuro |
| Reacción (relación suelo:agua 1:2) | pH 7.8 | pH 7.7 | Ligeramente alcalino | Ligeramente alcalino |
| Textura (Método del Hidrómetro) | arena 32.60% limo 23.72% arcilla 43.68% | arena 29.88% limo 25.44% arcilla 44.68% | Arcilloso | Arcilloso |
| Materia orgánica (Método Walkley y Black) | 0.414% | 0.345% | Extremadamente pobre | Extremadamente pobre |
| Nitrógeno total (Método Kjeldahl) | 0.2070% | 0.01725% | Extremadamente pobre | Extremadamente pobre |
| Fósforo aprovechable (Método Olsen) | 1.1 80ppm | 1.19489ppm | Bajo | Pajo |
| Potasio aprovechable (Método Peech y English) | 283.72 kg/ha | 247.807 kg/ha | Medianamente rico | Mediano |
| Salas solubles totales (Puente Wheatstone) | 1.3 mmhos/cm | 0.5 mmhos/cm | No salino | No salino |
| | | a 25°C (CEX10 ⁶) | | |

Fuente : Reyes, L; (1989)

3.1.4. Vegetación.

El tipo de vegetación dominante consiste en asociación de cactáceas y matorral espinoso o inerme.

3.1.5. Agua.

El agua que se utilizó para el riego fué obtenida de la presa "Las Gemelas" ubicada en el Campo Experimental, la cual es clasificada como C_3S_1 (agua altamente salina y baja en sodio) con un promedio de 1322.30 micromohos/cm ($CE \times 10^6$) a 25°C.

La Tabla 11 nos describe las condiciones climáticas que se presentaron durante el desarrollo del experimento en el período abril-septiembre de 1988.

Tabla 11. Datos climatológicos registrados durante el experimento. Estudio de la adaptación de 8 genotipos de *Amaranthus* spp. en 2 fechas de siembra bajo condiciones de riego en Marín, N.L. primavera-verano 1988.

| | Precipitación total mensual (mm) | Temperatura media mensual (°C) | Evaporación total (mm) | Humedad relativa mensual (%) |
|------------|--|--------------------------------------|------------------------------|------------------------------------|
| Abril | 22.70 | 23° | 205.71 | 64.0 |
| Mayo | 30.50 | 28° | 207.71 | 62.0 |
| Junio | 48.90 | 27° | 214.2 | 63.0 |
| Julio | 66.00 | 29.5° | 197.9 | 66.0 |
| Agosto | 160.5 | 28° | 148.00 | 68.0 |
| Septiembre | 144.62 | 26° | 133.01 | 68.0 |

Fuente: Estación de Climatología y Meteorología de la F.A.U.A. N.L.

La Figura 9 nos describe la distribución de la precipitación mensual que se presentó durante el desarrollo del experimento. Estudio de la adaptación de 8 genotipos de Amaranthus-spp.

Figura 10. Esta nos indica la T° media mensual prevalente durante el desarrollo del experimento. Estudio de la adaptación de 8 genotipos de Amaranthus spp....

3.2. Materiales

Los materiales utilizados durante todo el desarrollo de este trabajo, que fueron empleados en labores diferentes, los podemos enlistar de la manera siguiente:

- 1.- Bolsas de polietileno
- 2.- Plumas
- 3.- Balanza analítica
- 4.- Espátula
- 5.- Grapas
- 6.- Tractor
- 7.- Rastra
- 8.- Arado de discos
- 9.- Arado de reja
- 10.- Pordeadora
- 11.- Cinta métrica
- 12.- Cordon ó soga
- 13.- Estacas
- 14.- Cal
- 15.- Rayador

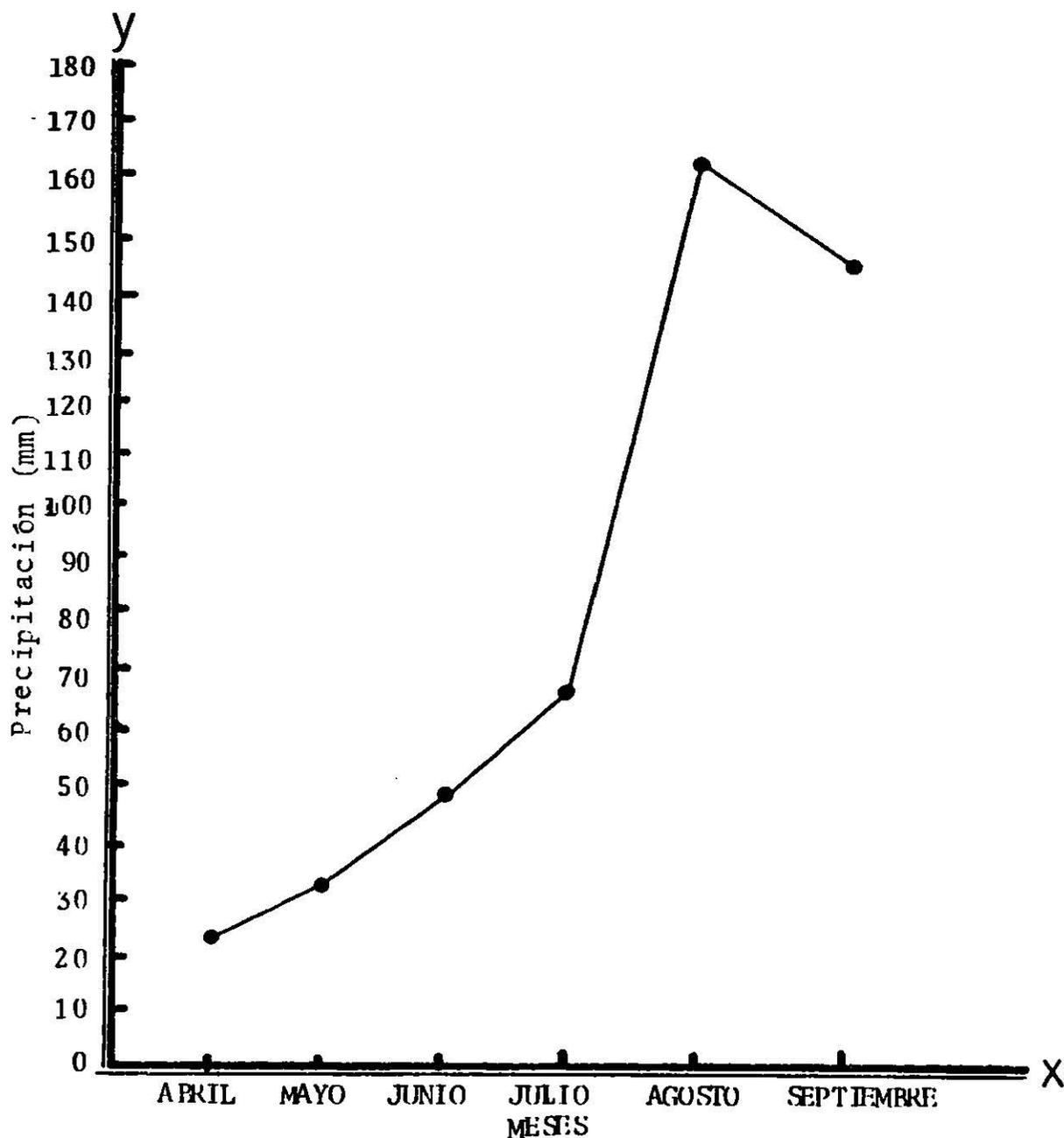


Figura 9. Distribución de la precipitación mensual durante el desarrollo del experimento sobre el Estudio de la adaptación de 8 genotipos de *Amaranthus* spp. en 2 fechas de siembra bajo condiciones de riego en Marín, N.L. ciclo Primavera-Verano 1988.
Fuente: Departamento de Meteorología y Climatología de la FAUANL. Marín, N.L.

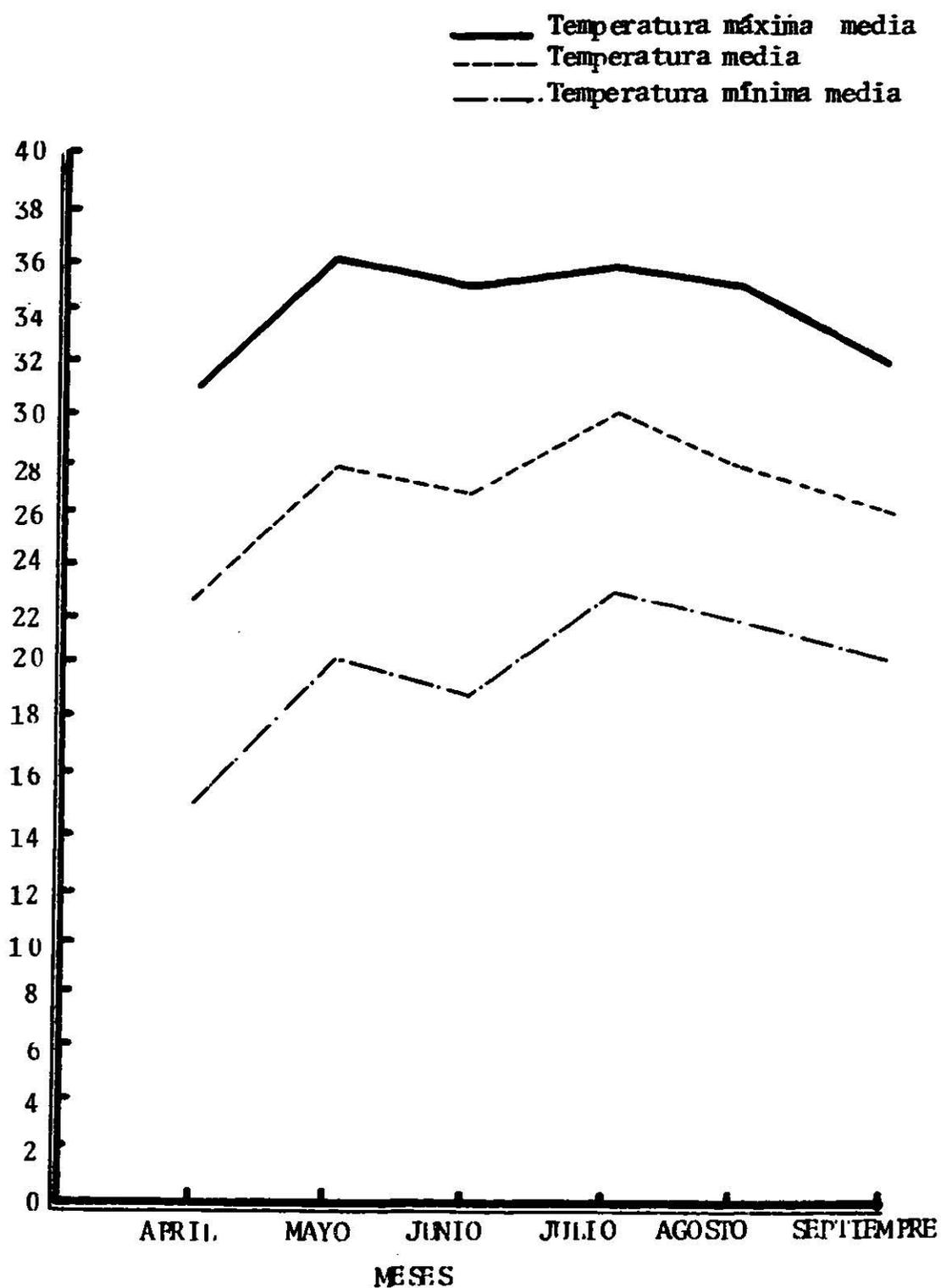


Figura 10. Temperaturas máximas, mínimas y medias mensuales que prevalecieron durante el experimento sobre Estudio de la adaptación de 8 genotipos de *Amaranthus* spp. - en 2 fechas de siembra bajo condiciones de riego en Marín, N.L. ciclo primavera-verano 1988.

- 16.- Machete
- 17.- Etiquetas de hule y enceradas
- 18.- Costales de papel
- 19.- Molino y trilladoras manuales
- 20.- Vernier y regla
- 21.- Balanza digital
- 22.- Azadón y palas
- 23.- Libro de campo
- 24.- Camioneta

3.2.1. Material genético.

El material genético utilizado en este experimento fue -- proporcionado por el Ing. Eduardo Espitia Rangel, quien es jefe del Programa de Amaranto y jefe de Campo del Centro Agrícola Experimental del Valle de México (CAEVAMEX), el cual está ubicado en el municipio de Texcoco del Estado de México.

Cabe señalar que estos materiales se solicitaron por escrito especificando las condiciones ambientales del sitio de experimentación, por lo cual el Ing. Espitia realizó una selección de varias líneas resultando más adecuadas y de mayor interés 8 líneas del total sometido a selección.

A continuación, en la Tabla 12 se presentan los materiales genéticos utilizados en este trabajo.

Tabla 12. Especie, tipo y genealogía de los genotipos evaluados en el experimento. Estudio de la adaptación de 8 genotipos de Amaranthus spp...

| Género | Especie | Tipo | Genealogía | Procedencia |
|----------------------|------------------------|----------|------------|-------------------|
| 1. <u>Amaranthus</u> | <u>hypochondriacus</u> | Mercado | 153-5-3 | CAEVAMEX |
| 2. <u>Amaranthus</u> | <u>hypochondriacus</u> | Mercado | 10-2-14 | CAEVAMEX |
| 3. <u>Amaranthus</u> | <u>hypochondriacus</u> | Mercado | 78S-82-1 | CAEVAMEX |
| 4. <u>Amaranthus</u> | <u>hypochondriacus</u> | Nepal | 78S-1 25 | CAEVAMEX |
| 5. <u>Amaranthus</u> | <u>hypochondriacus</u> | Azteca | Criollo | Tulyehualco, D.F. |
| 6. <u>Amaranthus</u> | <u>cruentus</u> | Mexicano | 1018C-11 | CAEVAMEX |
| 7. <u>Amaranthus</u> | <u>cruentus</u> | Mexicano | 142-2-1-5 | CAEVAMEX |
| 8. <u>Amaranthus</u> | <u>cruentus</u> | Mexicano | 142-2-1-4 | CAEVAMEX |

3.3. Métodos

El diseño experimental que se usó en este trabajo de investigación fue bloques al azar utilizando un arreglo en parcelas divididas. Designando en parcela grande el factor fechas (menos importante) y en parcela chica se designó el factor genotipos buscando la mayor precisión de éste por ser más importante.

El experimento constó de 4 repeticiones y 16 tratamientos, teniendo un total de 64 parcelas experimentales. Cada parcela experimental estuvo constituida por 3 surcos de 7 metros de largo, pero para la toma de datos se quitaron 2 metros por surco para eliminar el efecto de borde en el experimento, resul-

tando finalmente surcos con una longitud de 5 metros con una distancia de 75 cm entre éstos y una distancia entre plantas definitiva de 10 cm. La parcela útil la formó el surco central de cada parcela, procurando evaluar plantas con competencia completa.

3.3.1. Dimensiones del área experimental.

Area Total (37m x 32m): 1184 m^2

Area Total de regaderas (36m x 4m): $144 + 32 = 176$

Area Total sembrada (7m x 4 x 36m) : 1008 m^2

Area por repetición (7m x 36m) : 252 m^2

Área por parcela grande (18m x 7m) : 126 m^2

Area por parcela chica (.75m x 3 x 7m) : 15.75 m^2

Area útil por parcela chica (.75m x 5m) : 3.75 m^2

3.3.2. Tratamientos.

Los tratamientos que se obtuvieron considerando el factor fechas (F) y el factor genotipos (G) fueron los siguientes:

$$T_1 = F_1 G_1$$

$$T_2 = F_1 G_2$$

$$T_3 = F_1 G_3$$

$$T_4 = F_1 G_4$$

$$T_5 = F_1 G_5$$

$$T_6 = F_1 G_6$$

$$T_7 = F_1 G_7$$

$$T_8 = F_1 G_8$$

$$T_9 = F_2 G_1$$

$$T_{10} = F_2 G_2 \quad \text{Donde:}$$

$$T_{11} = F_2 G_3 \quad F_1 = 20/\text{abril}/1988$$

$$T_{12} = F_2 G_4 \quad F_2 = 5/\text{mayo}/1988$$

$$T_{13} = F_2 G_5$$

$$T_{14} = F_2 G_6$$

$$T_{15} = F_2 G_7$$

$$T_{16} = F_2 G_8$$

$G_1, G_2, \dots, G_8 = \text{Genotipos}$

3.3.3. Modelo estadístico.

El modelo estadístico que corresponde al diseño de bloques al azar con un arreglo en parcelas divididas es el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \underbrace{r_k + F_i + E(a)}_{P.G.} + \underbrace{G_j + (FG)_{ij} + E(b)}_{P.Ch.}$$

Donde:

Y_{ijk} = observación de la variable bajo estudio en la fecha i , genotipo j y en la repetición k .

P.G. = factores en Parcela Grande.

P.Ch. = factores en Parcela Chica.

μ = Media general del experimento.

r_k = efecto de la k -ésima repetición.

F_i = efecto de la i -ésima fecha de siembra.

$E(a)$ = es el error generado en parcela grande.

G_j = efecto del j -ésimo genotipo.

$(FG)_{ij}$ = efecto de la interacción entre la i -ésima fecha y el j -ésimo genotipo.

$E(b)$ = error generado en parcela chica.

La Figura 11 nos ilustra el croquis con el cual trabajamos en el área de experimentación, así como la distribución al azar de los tratamientos y sus especificaciones.

3.4. Desarrollo del Experimento

3.4.1. Preparación del terreno.

En esta labor se llevó a cabo el barbecho, rastreo y raya

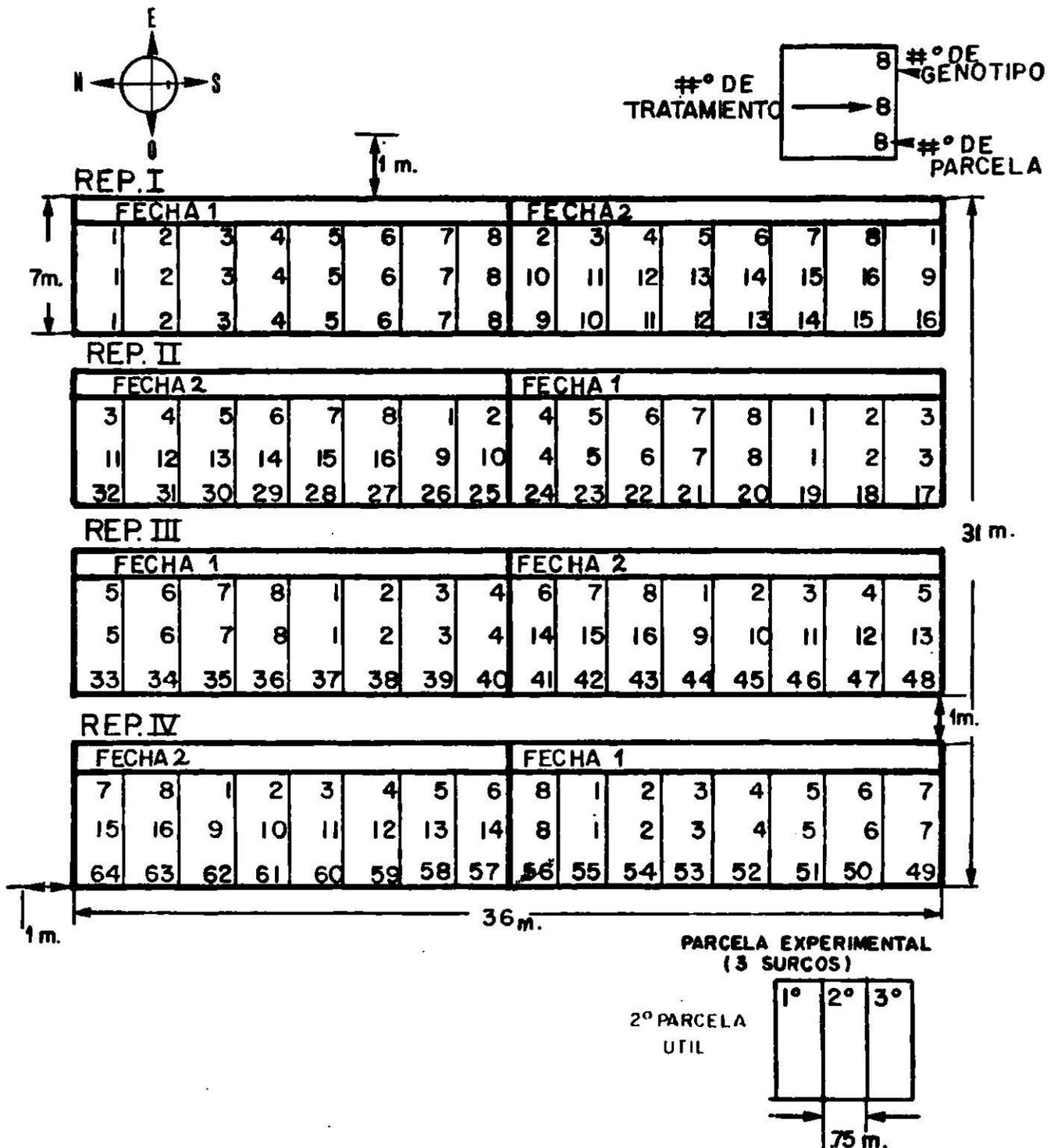


Figura 11. Croquis experimental diseñado para la distribución al azar de los tratamientos en el campo y sus especificaciones, utilizado en el trabajo. "Estudio de la adaptación de 8 genotipos de *Amaranthus* spp. en 2 fechas de siembra bajo condiciones de riego en - Marín, N.L. ciclo primavera-verano 1988."

do ó surcado. La primera operación se realizó con un arado de discos, la segunda con una rastra y la tercera operación con un arado de vertedera. Una vez surcado el terreno procedimos a formar las regaderas con una bordeadora quedando a una distancia, la una de la otra, de 7 metros. Posteriormente, procedimos a realizar la práctica llamada "pegar bordo" y una vez terminada se continuó con otra labor nombrada ó bautizada por nosotros como "afinar bordo", que consiste en levantar el bordo del surco con el fin de facilitar el rayado, evitar la incidencia de malezas, manejar el agua eficientemente, ayudar a un mejor anclaje de las plantas, etc.

Luego, se dió un riego de presiembra 5 días antes y esperamos a que el terreno "diera punto" para sembrar "a tierra venida" en las 2 fechas.

3.4.2. Siembra.

Se utilizó en este experimento el sistema de siembra directa en su variante "siembra a chorrillo", la cual se realiza en forma manual a hilera sencilla, tal y como se acostumbra en los estados de Morelos, Tlaxcala y Puebla.

Una vez que el terreno "dio punto", procedimos a realizar el encalado y división de las repeticiones y parcelas, así como también se colocaron las bolsitas de polietileno con la densidad de siembra adecuada a 7 metros de longitud de surco en cada parcela experimental.

Cabe señalar que la densidad de siembra utilizada en ----

CAEVAMEX (Centro Agrícola Experimental del Valle de México) -- por el Ing. Espitia es de .5 gr/metro lineal, la cual nos recomendo obteniendo nosotros 3.5 gr/7 metros de longitud de surco.

Considerando lo anterior, los gramos de semilla utilizados en el experimento fueron:

-para la parcela experimental:10.5 gr.

-para el área efectiva del experimento: 672.0 gr.

Tomando como datos el área efectiva experimental y los gramos de semilla utilizados en ésta, nos permitimos calcular la densidad de siembra por hectárea.

Si en 1008 m^2 usamos 672.0 gr de semilla ¿Cuántos gramos de semilla necesitamos para una hectárea?

$$\begin{array}{rcl} 1008 \text{ m}^2 & 672 \text{ gr} & \\ 10,000 \text{ m}^2 & x & x = 3809.52 \text{ gr} \\ & & = 4 \text{ kg de semilla} \end{array}$$

En cuanto a la densidad de población, la recomendada por el CAEVAMEX y manejada en este trabajo fué de 10 plantas por metro lineal, donde la distancia entre surcos fue de .75 m, dándonos una densidad de población aproximada de 133,333 plantas por hectárea.

Tomando de nuevo como dato el área efectiva experimental y lo expuesto anteriormente, se calculará la densidad de población con la cual se trabajó en este experimento.

$$\begin{array}{rcl} \text{Si en : } 10,000 \text{ m}^2 & 133,333 \text{ plantas} & \\ & x & \\ x = 13,440 \text{ plantas} & & \end{array}$$

3.4.2.1. Rayado.

Esta práctica se realizó una vez que se terminó de designar la semilla a su respectiva parcela. Consistió en un pequeño "surcado" ó "rayado" en la parte media del bordo del surco, a una profundidad aproximada de 5 cm (Figura 12 y 13).

3.4.2.2. Siembra.

Inmediatamente después de efectuado el rayado se llevo a cabo la siembra a chorrillo como ya se mencionó, se procuró -- que la semilla quedara distribuída de una manera uniforme a lo largo del surco (Figura 14).

3.4.2.3. Tapado.

Esta labor cultural se realizó también inmediatamente después de sembrar, esto con el fin de evitar la pérdida de humedad. Esta practica consiste en arrimar tierra y tapar el pequeño surco a todo lo largo de éste y a la vez apisonar lentamente para que el suelo esté en contacto con la semilla y que los pequeños remolinos que se formen con los riegos no arrastren la semilla (Figura 15).

3.4.3. Riego.

Una vez dado el riego de presiembra en las 2 fechas se -- procedió de nuevo a preparar el riego, el cual se manejo en un arreglo de 3 surcos (1 parcela) y con una contra apisonada lentamente en la mitad de cada uno de los surcos, esto para todo el experimento. El espejo de riego utilizado fue de aprox. 5 cm. medi-

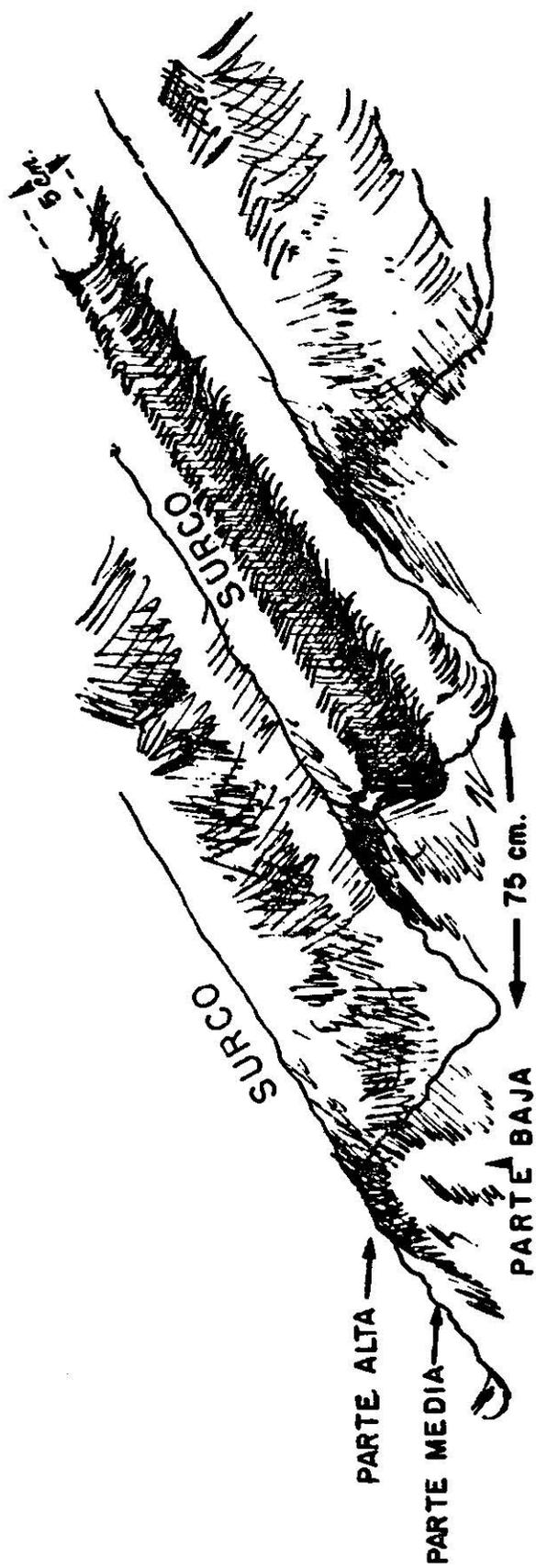


Figura 12. Ilustra el surcado, la distancia entre surcos y la parte del surco donde se realizó la práctica del "rayado" en el experimento. "Estudio de la adaptación de 8 genotipos de Amaranthus spp. en 2 fechas de siembra bajo condiciones de riego" en Marín, N.L. ciclo primavera-verano 1988".

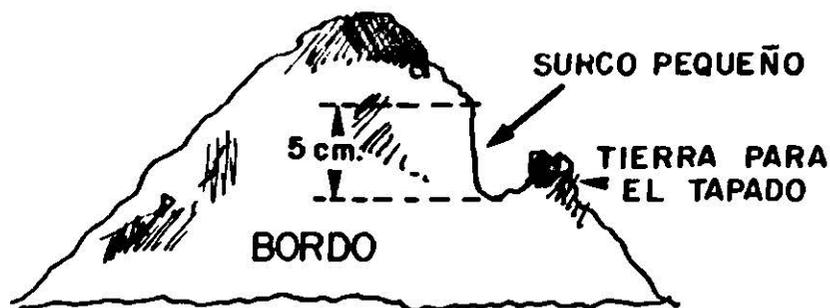


Figura 13. Vista frontal del borde que nos muestra el "surco pequeño" formado por el "rayado", así como la tierra a utilizar para el tapado en el experimento. "Estudio de la adaptación de 8 genotipos de *Amaranthus* spp. en 2 fechas de siembra bajo condiciones de riego en Marín, N.L. ciclo primavera-verano 1988."

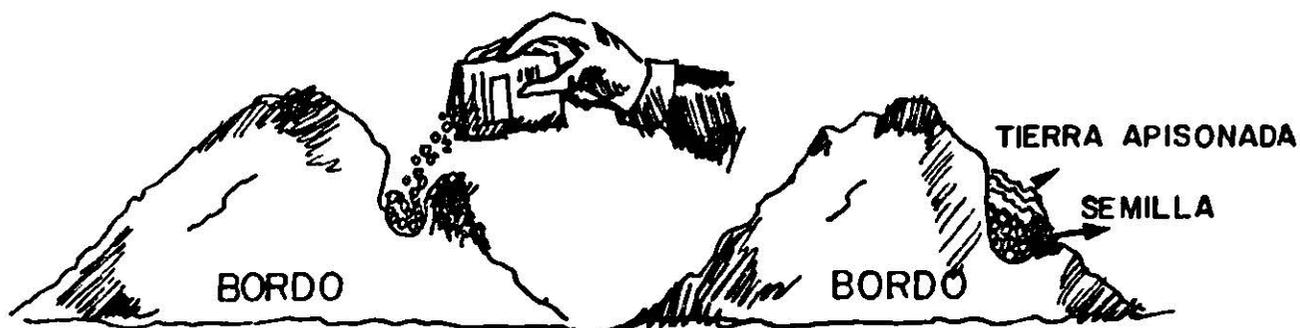


Figura 14. Muestra como se lleva a cabo la siembra de la semilla en los bordos de las parcelas del experimento.

Figura 15. Se lleva a cabo el "tapado" del "surco pequeño" y posteriormente se procede a apisonar levemente la parte sembrada y tapada.

dos sobre un canal principal revestido de concreto a 2 metros del tubo de salida.

Una vez preparado el riego la distribución cronológica de éstos fue, para las 2 fechas de siembra, de la manera siguiente:

| | Riegos | Fechas |
|-----------|---------------------------|---------------|
| Fecha I: | 1) riego de presiembra | 15/abril/1988 |
| | 2) riego de preemergencia | 21/abril/1988 |
| | 3) 1er. riego de auxilio | 26/mayo/1988 |
| | 4) 2do. riego de auxilio | 11/junio/1988 |
| | 5) 3er. riego de auxilio | 31/julio/1988 |
| Fecha II: | 1) riego de presiembra | 3/mayo/1988 |
| | 2) riego de preemergencia | 7/mayo/1988 |
| | 3) 1er. riego de auxilio | 26/mayo/1988 |
| | 4) 2do. riego de auxilio | 11/junio/1988 |
| | 5) 3er. riego de auxilio | 31/julio/1988 |

Cabe recalcar que el riego de preemergencia debe de proporcionarse de una manera muy cuidadosa para no provocar el arrastre de la semilla, y que el uso de contras en los surcos va a disminuir la velocidad del agua en terrenos con pequeña pendiente y a contribuir con lo referente al no arrastre de la semilla. El intervalo entre riegos estara determinado por las condiciones ambientales y por el grado de marchitamiento del cultivo.

3.4.4. Malezas.

Este fue un problema muy grande, el cual consideramos un factor que afectó en gran medida el crecimiento del cultivo y por ende también el rendimiento de éste.

Debido a que las condiciones ambientales prevalecientes durante toda la fase de campo, fueron ideales para el desarrollo de tipos de malezas como: especies silvestres de amaranto (Amaranthus spp.) conocidas éstas como quelites, que incidieron en gran cantidad y de manera agresiva en comparación a las otras especies de malezas, comprobándose de nuevo el principio de competencia llamada afinidad específica.

El zacate Johnson (Sorghum halepensis), girasol silvestre o polocote (Helianthus annuus), huizachillo (Desmanthus spp.) y otras especies se presentaron también en cantidades considerables.

Considerando lo dicho anteriormente, justificamos el hecho de haber realizado semanalmente el control cultural y manual de malezas. Este se realizó de manera prioritaria antes y después de cada riego, ya que era cuando el terreno del experimento se encontraba muy infestado.

3.4.5. Plagas.

Durante el desarrollo del trabajo de campo se presentaron 2 plagas que provocaron daños considerables que extrapolados a extensiones comerciales traerían pérdidas económicas importantes.

-Gusano barrenador del tallo (orden Coleóptera; familia: Curculionidae).- Plaga a la cual consideramos de mayor importancia debido a que su daño fue de una manera total. Esto se refiere a que la planta en la etapa de llenado de grano fue atacada y dañada totalmente, por lo cual se considera la pérdida de ésta.

La forma de ataque empieza cuando el adulto oviposita en el tallo introduciendo un estilete para después depositar los huevecillos. Estos últimos maduran y eclosionan formándose la(s) o larva(s), en esta fase metabólica este insecto se alimenta barrenando el cilindro central del tallo desde el cuello de la planta hasta la base de la inflorescencia, trayendo con esto la flacidez y el desfibre de la planta y posteriormente una coloración típica de marchitez y por fin se torna necrótica totalmente, por lo cual no alcanza a haber un buen llenado de grano lo que redunda en un bajo rendimiento.

Cuando la larva completa su ciclo, comienza y termina la etapa de pupa en la inflorescencia.

Se recomienda controlar químicamente con productos residuales cuando se induzca y se presente la floración y con productos de acción inmediata cuando se detecte la presencia del coleoptero adulto. Para su identificación se presentan las Figuras 16 y 17, que son miembros de la misma familia.

-Botijones ó vinagrillos (orden Coleoptera, familia: Meloidae).- Insecto defoliador que ataca de una manera agresiva al follaje de la planta, dejando solamente la nervadura cen-

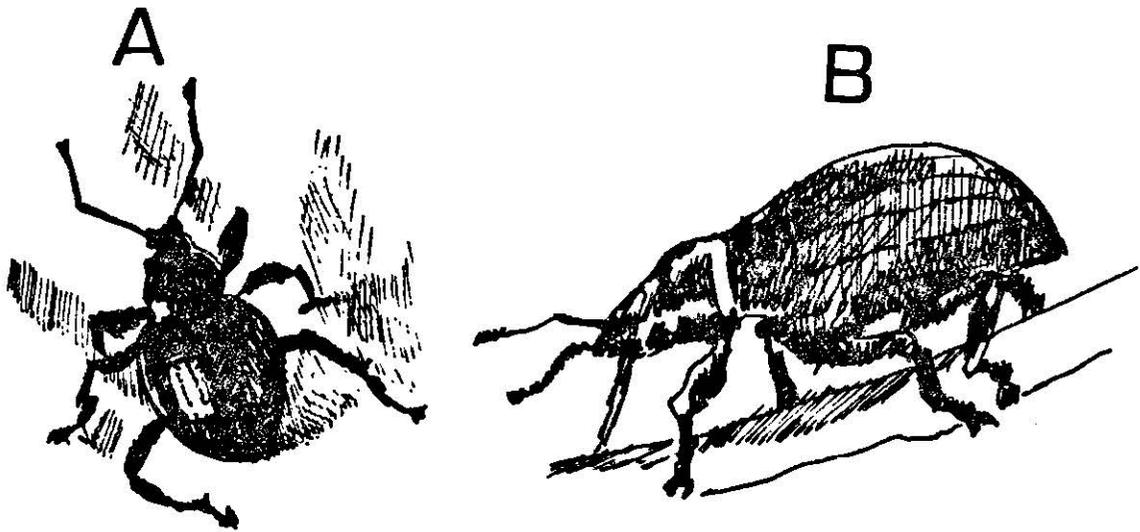


Figura 16. A) *Otiorhynchus laevigatus*, B) *Llophloeus tessulatus*. Especies adultas que ejemplifican el orden y familia a la cual pertenece el gusano barrenador que se presentó en este experimento atacando a nuestro cultivo.

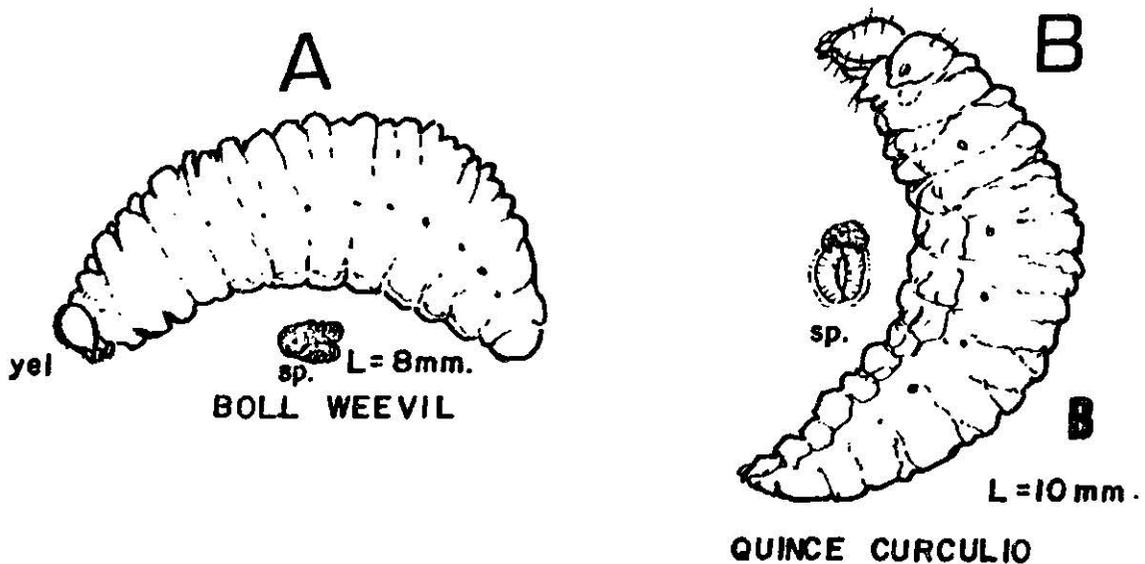


Figura 17. A) Gorgojo de Boll; B) Curculio del membrillo. Tipos de larvas idénticas que nos servirán para identificar al gusano barrenador que atacó las plantas de amaranto en este trabajo de investigación.

tral de las hojas, fue otra de las plagas que atacaron las plantas de amaranto en este caso, de manera genotípicamente selectiva. Esto se refiere a que hubo un genotipo al cual arrasaron de manera agresiva, dicho material genético fue el correspondiente a la especie *cruentus*, tipo mexicano. Aún así como quiera atacó con menos intensidad a los otros genotipos. En las Figuras 18 y 19, se presentan esquemas que nos ayudaran a identificar este insecto.

Para el control de este insecto se recomienda aplicar paration metílico a una dosis de 10 lt/ha utilizando una mochila aspersora, o se puede utilizar cualquier otro producto con efectos efectivos sobre este insecto. Así como también es importante eliminar al hospedero alternante que en esta plaga se observo que fue el trompillo (*Solanum eleagnifolium*) especie de maleza que se presentó en grandes cantidades.

Cabe señalar que en este experimento no se realizó un control químico sobre estas plagas.

3.4.6. Enfermedades.

En este aspecto no se presentaron problemas debido a que no hubo presencia de éstas.

3.4.7. Aclareo.

Esta práctica se llevo a cabo de manera definitiva para todo el experimento a los 35 días después de la siembra o cuando las plantas alcanzaron la altura aproximada de 15 cm. La distancia entre plantas a la cual se aclareo definitivamente

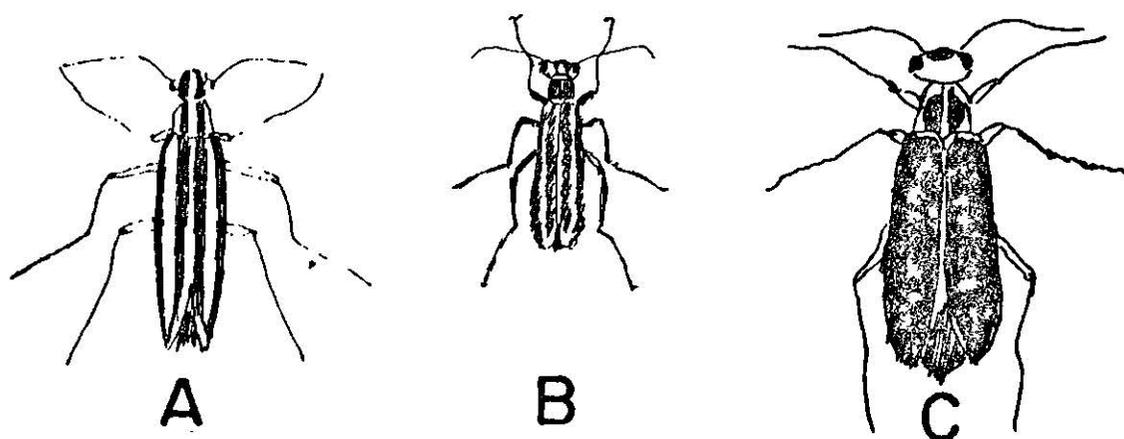


Figura 18. Escarabajo rayado ampollador (*Epicauta lemniscata* Fabricius), B) *Epicauta vittata* Fabricius y C) *Epicauta* Fab. Son especies semejantes al defoliador que vulgarmente se le conoce como "Botijón" ó "Vinagrillo".

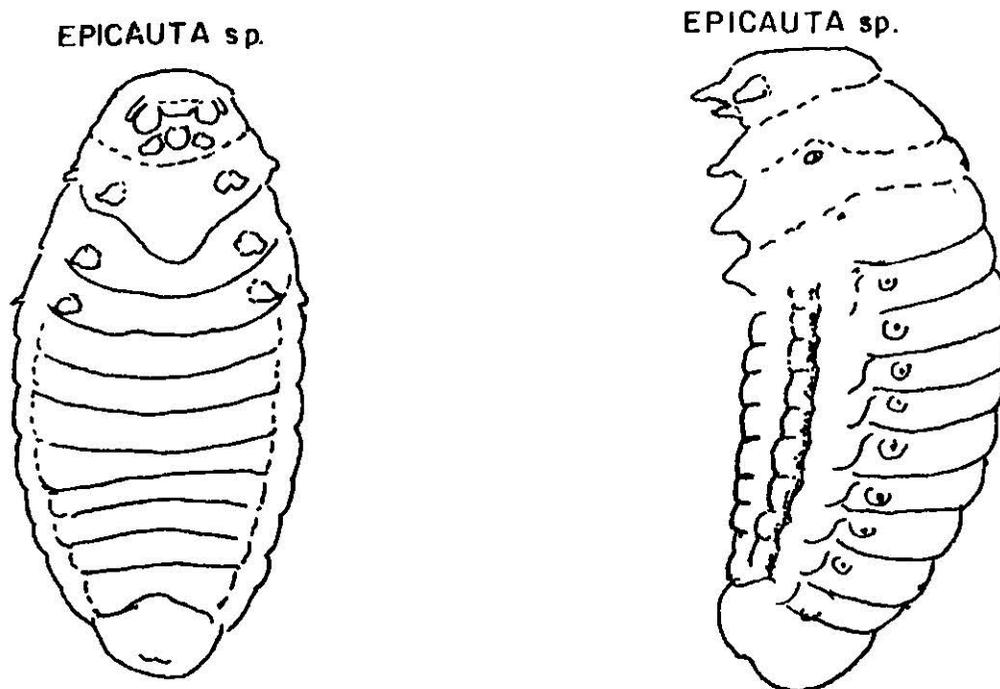


Figura 19. Esquema de larvas de *Epicauta* spp. que ayudan a ejemplificar e identificar al defoliador que atacó de manera intensa a las plantas de Amarantho durante el desarrollo del experimento. "Estudio de la adaptación de 8 genotipos de *Amaranthus* spp. en 2 fechas de siembra bajo condiciones de riego en Marín, N.L. ciclo primavera-verano 1988."

fue a los 10 cm.

Aquí se presentó un problema debido a que hubo plantas de quelite que se confundían al momento de aclarar con plantas de amaranto, es por eso que se recomienda un control riguroso de malezas durante todo el ciclo.

3.4.8. Escarda.

Una vez terminado el aclareo se procedió a dar una escarda, esto con el fin de eliminar malezas existentes después del aclareo, así como también para arrimar algo de tierra a las plantas. Esta operación se realizó con tiro de tracción animal.

3.4.9. Aporque.

Este no se realizó como debió haberse realizado, ya que se pensó que con la tierra arrimada durante la escarda era suficiente. La principal consecuencia que se observó fue el acame que se dio cuando las plantas aumentaban de tamaño, todos los genotipos así presentaron una alta resistencia al acame cuando se presentaron altas velocidades del viento. Esto no sucedió con el criollo de Tulyehualco (genotipo 5) que no presentó resistencia al acame y por ende se dificultó su manejo, el motivo de su no resistencia al acame puede ser aparte de no haber sido aporcado, porque es un material genético de mayor altura.

3.5. Cosecha

Esta se realizó cuando el cultivo llegó a madurez fisiológica. El criterio para realizar la cosecha se describe de una manera detallada a continuación:

Cuando las inflorescencias empezaron a cambiar de color se empezaron a realizar muestreos en las parcelas útiles del experimento, dichos muestreos consistieron en golpear la panoja principal sobre la palma de la mano provocando con esto la caída de algunas semillas. Cuando las semillas que caían se observaban en su mayoría como "semillas llenas" y que al morderlas "tronaban" se consideraba que ya era tiempo de cosechar.

Se recomienda seguir este criterio debido a que es el más indicado para realizar la cosecha, obteniéndose con esto buenos rendimientos.

La forma en que se realizó la cosecha en este experimento fue extrayendo las plantas seleccionadas desde su raíz a las cuales se les midió las variables experimentales consideradas. Posteriormente las plantas cosechadas se colocaron en sacos de papel a los cuales se les rotulo la fecha de siembra y el número de parcela cosechada. Estos sacos fueron llevados a un almacén, se midieron las variables, se dejaron secando las espiguillas y después de aproximadamente 5 días se llevó a cabo la trilla.

3.5.1. Trilla.

Una vez secas las espiguillas, se empezó con la trilla o-

molido de éstas mediante la utilización de un implemento improvisado en forma de tallador, en el cual se colocaban las espiguillas y luego de forma manual con otro aditamento (semejante a un cepillo con estrias de hule) se empezó a llevar a cabo la trilla, resultando un molido de fácil tamizado (Figura 20).

3.5.2. Tamizado.

Para extraer el grano del molido obtenido, se utilizó un tamiz que es simplemente un marco de madera con dimensiones de 40x40 cm cubierto éste por una tela de mosquitero.

El molido se ponía sobre el tamiz y se empezaba a mover de un lado para otro mientras el grano y algo de residuos caían a una charola metálica pero antes de caer eran sometidas al efecto del viento que era proporcionado por un abanico doméstico que se encontraba entre el tamiz y la charola.

Se tomaba una y otra vez el grano de la charola haciendo se pasar contra el viento hasta que el grano quedara lo más limpio posible, posteriormente el grano se puso en bolsas de papel de 6 gr y se procedió a obtener los datos para la variable rendimiento (Figura 21).

Esperamos que esta descripción experimental pueda contribuir en posteriores trabajos semejantes a éste, y que haya sido satisfactoria.

Para este propósito incluimos en la Figura 22 la descripción cronológica del trabajo de investigación referente al estudio de la Adaptación de 8 Genotipos de Amaranthus spp. mediante la utilización de un abaco opcional.

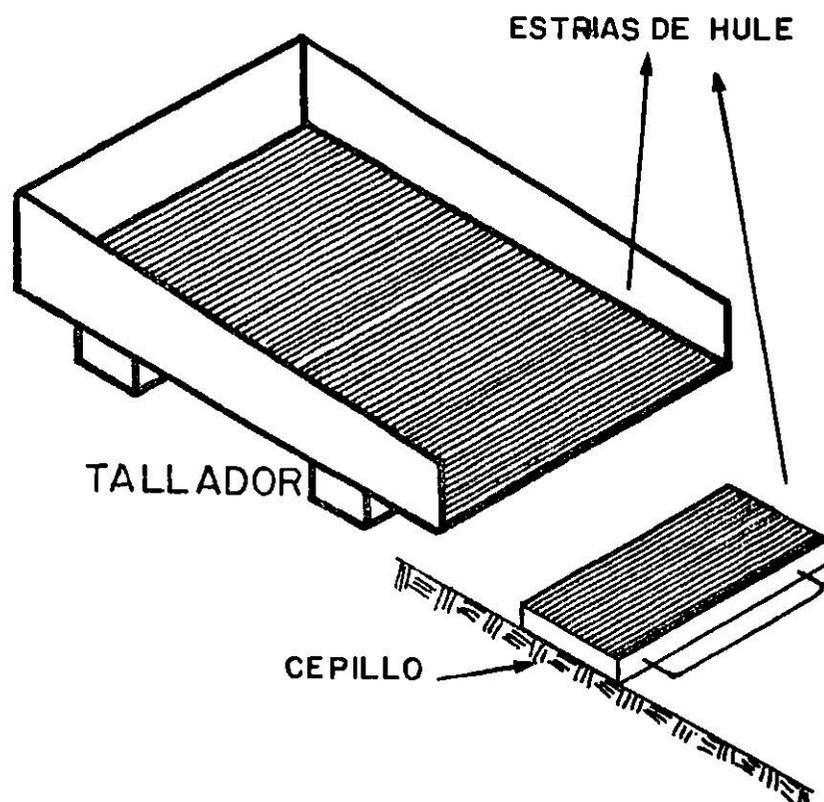


Figura 20. Estos son los 2 materiales utilizados para llevar a cabo la trilla de las espiguillas secas de amaranto.

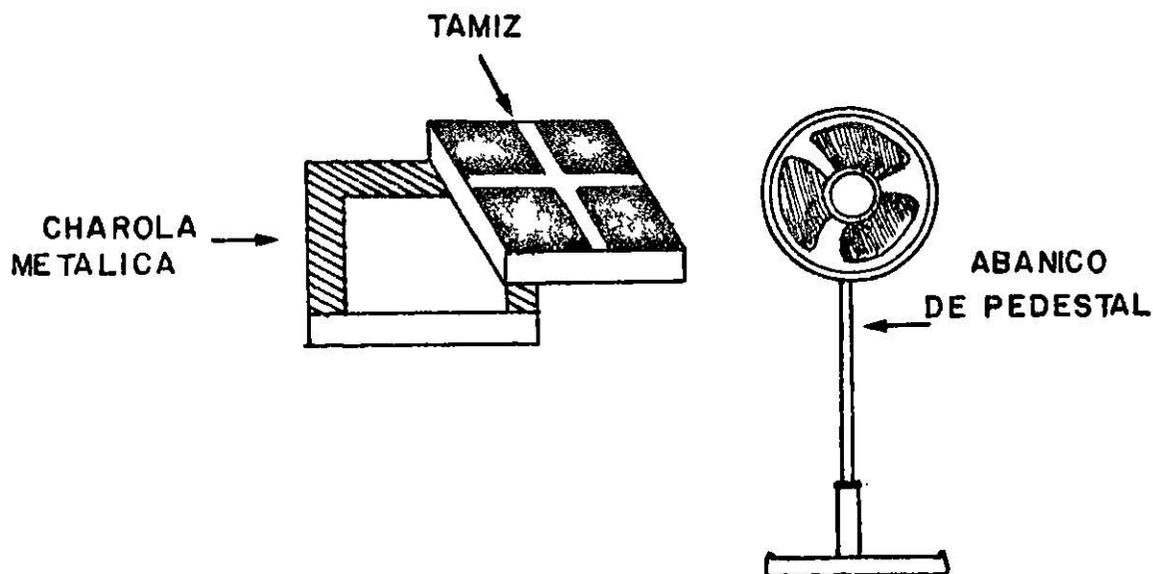


Figura 21. Nos ilustra el material utilizado para realizar la limpieza del grano mediante el "tamizado" del molido obtenido de la trilla de las espiguillas en el experimento. "Estudio de la adaptación de 8 genotipos de Amaranthus spp. en 2 fechas de siembra bajo condiciones de riego en Marín, N.L. ciclo primavera-verano 1988."

VARIETADES A UTILIZAR: 6,7,8 (PARA PRODUCCION DE GRANO Y FORRAJE), LA 1,2,3,4 TAMBIEN EN LA FECHA1 (20 DE ABRIL)
 NOTA: SE UTILIZA TAMBIEN LA VARIEDAD No.5 QUE RESULTO SER BUENA PRODUCTORA DE FORRAJE.

R.P.S. RIEGO PRESEMBRA
 R.P.E. RIEGO PREMIERGENCIA

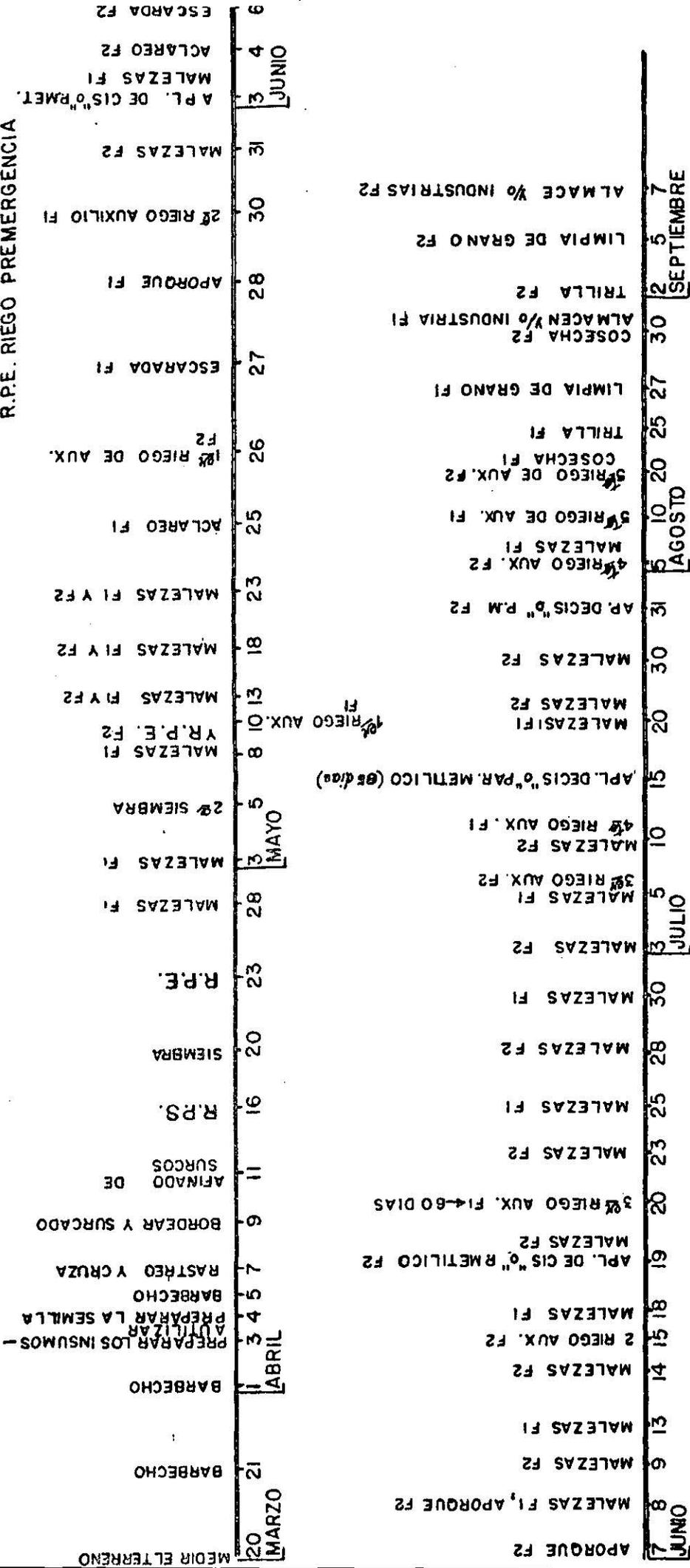


Figura 22. Abaco opcional obtenido en el experimento. "Estudio de la adaptación de 8 genotipos de Amaranthus spp. en 2 fechas de siembra bajo condiciones de riego en Marín, N.L. ciclo primavera-verano 1988."

3.6. Variables Experimentales

Las variables que fueron medidas antes y después de la cosecha fueron las siguientes:

3.6.1. Rendimiento de grano.

Una vez extraídas y limpiadas las semillas, se colocaron en bolsas de 6 gr. Posteriormente con la ayuda de una balanza digital se procedió a pesar estas bolsas obteniendo así el rendimiento en gramos por parcela útil.

3.6.2. Altura de planta.

Importante variable. Esta se midió desde el cuello del tallo hasta el ápice de la inflorescencia. Se expreso en centímetros.

3.6.3. Diámetro de tallo.

El instrumento de medición utilizado para la obtención de esta variable fué un vernier metálico común y corriente. Se hizo la medición a 2 cm del cuello del tallo. Se recomienda llevar a cabo la medición del diámetro antes de que el tallo pierda humedad y se lignifique.

3.6.4. Número de hojas.

Se contaron las hojas existentes y para considerar las que ya habían caído se tomo en cuenta para el conteo a los nudos foliares presentes en el tallo.

3.6.5. Longitud de panoja.

Se midió desde donde se consideraba la base de la inflorescencia hasta el ápice de la ramificación principal. Este criterio se tomó así debido a que se presentaron genotipos que ramificaron complicando la medición de esta variable.

3.6.6. Número de espiguillas por panoja.

Se cortó la panoja y se fueron arrancando y contando cada una de las espiguillas hasta terminar con toda la panoja para posteriormente ponerlas a secar.

3.6.7. Número de espigas laterales.

Espigas laterales son aquellas que se presentaron ramificándose después de la aparición de la panoja principal, que por lo regular se originan por debajo de la base de la inflorescencia principal. Mediante el conteo de estas espigas laterales obtuvimos los datos de esta variable.

3.6.8. Número de semillas por panoja.

Esta variable se obtuvo para cada parcela siguiendo el procedimiento que a continuación se detalla.

- 1) Calculamos el rendimiento de la parcela útil.
- 2) Este rendimiento lo dividimos entre las 50 plantas de la parcela útil, para obtener un promedio por planta.
- 3) Tomando el dato de peso de cien semillas nos permitimos a hacer la siguiente regla de tres simple:

Si 100 semillas pesan "x" gramos ¿cuántas semillas se tienen por planta (panoja) o sea:

100 semillas x gramos
 x y gramos (de una planta o panoja)

3.6.9. Peso de cien semillas.

Se hizo el conteo de 100 semillas por parcela y se pesaron en la balanza analítica obteniendo así este dato.

3.6.10. Índice de cosecha.

Para obtenerla recurrimos a la siguiente fórmula:

$$I.C. = \frac{R.E.}{R.B.} \quad \text{donde:}$$

R.E. es el rendimiento económico
(gramos de grano/parcela útil)

R.B. es el rendimiento biológico
(gramos de materia seca/parcela útil)

Para calcular el R.B., se muestrearon 5 plantas con competencia completa.

3.6.11. Peso seco del forraje.

Una vez estimada el área foliar, las hojas junto con el resto de la planta se pusieron a secar alrededor de 3-4 días en la estación de primavera. Luego, procedio a llevar a cabo la obtención del peso con la utilización de una balanza granataria expresándose éste en gramos.

3.6.12. Area foliar.

Se obtuvo cortando todas las hojas de 5 plantas que se ---

muestrearon en la parcela útil de las parcelas de todo el experimento. Posteriormente se llevó a cabo la medición utilizando el integrador de área foliar en el cual se introducían las hojas de manera ordenada y cuidadosa. Una vez introducidas todas las hojas de una parcela al integrador, se tomaba como resultado la última lectura que se presentaba en la pantalla del aparato y posteriormente se reportaba.

3.6.13. Días a floración.

Esta variable es importante que se le considere en este tipo de trabajos. El criterio para determinar cuando entra el cultivo en floración es cuando la inflorescencia presenta el 50% de su longitud con flores abiertas considerándose del ápice de ésta hasta su parte media. Y también cuando el 50%+1 de las plantas de la parcela útil presentan la condición descrita anteriormente, inmediatamente se reporta la fecha en que se midió y se saca la diferencia en días con respecto al día en que se sembró.

3.6.14. Días a madurez fisiológica.

También es importante en trabajos como este. Esto se refiere a los días que tienen que transcurrir para llevar a cabo la cosecha. El criterio que se siguió se describió anteriormente en el punto referente a la cosecha (3.5.). Terminada esta labor inmediatamente se reportó la fecha de cosecha que por diferencia con la fecha de siembra se obtuvieron los días a madurez fisiológica o cosecha.

IV. RESULTADOS

A continuación se enuncian los resultados a través de la realización del análisis de varianza, cuyo resumen se encuentra en la Tabla 1A, para todas las variables evaluadas. Así como la prueba de comparación de medias por el Método de Tukey para cada una de las variables en las que se encontró diferencia significativa o altamente significativa, para el factor B o en la interacción AB, ya que para el factor A solo se seleccionó la mejor media por ser solo dos niveles.

En esta descripción de los resultados, se simbolizó y numeró a los genotipos de acuerdo con la Tabla 12 que se encuentra en la sección de materiales y métodos, así como también la simbología de las fechas de siembra.

4.1 . Rendimiento de Grano (R.G.)

El análisis de varianza mostró que no existe diferencia significativa entre fechas de siembra, sin embargo si hay diferencias numéricas importantes entre fechas pues en la fecha 1, se obtuvo un rendimiento promedio de 552 kg/ha y en la fecha 2 fueron 301 kg/ha (Tabla 1A).

En el factor B (genotipos), existe una diferencia altamente significativa (.01) entre los mismos. De acuerdo con la comparación de medias por Tukey (.01) se observó que las varie

dades con un mayor rendimiento promedio fueron los genotipos 6 con 728 kg/ha, el 7 con 552 kg/ha y el 8 con 536 kg/ha. El genotipo 6 fué el que obtuvo el mas alto promedio en rendimiento de grano, y el genotipo que presentó el valor más bajo de rendimiento promedio fue el 5 con 200 kg/ha (Tabla 13).

Para la interacción (AE), el análisis de varianza reporta que no hubo efecto de interacción entre los 2 factores bajo estudio, lo cual nos dice que para esta variable, los factores actúan de manera independiente. (Tabla 1A).

Tabla 13. Comparación de medias para la variable rendimiento (\bar{x}) de grano en kilogramos/ha. del estudio de adaptación de 8 genotipos de *Amaranthus* spp. en 2 fechas de siembra bajo condiciones de riego en Marín, N.I. primavera-verano 1988

| Genotipos | Medias |
|-----------|--------|
| 6 | 728 A |
| 7 | 552 AB |
| 8 | 536 AB |
| 2 | 381 BC |
| 3 | 349 BC |
| 1 | 333 BC |
| 4 | 331 BC |
| 5 | 200 C |

Factor genotipos (P)

Debido a la importancia que reviste esta variable, a continuación analizamos esta considerando los tratamientos.

Según los resultados obtenidos, los mejores tratamientos-

fueron: el 6 (F_1G_6) con un promedio de 795 kg/ha; 7 (F_1G_7) con una media de 699 kg/ha; 14 (F_2G_6) el cual obtuvo 664 kg/ha; 8 (F_1G_8) que presento 568 kg/ha de promedio y el 2 (F_1G_2) con -- una media de 557 kg/ha.

Como punto de comparación citamos los tratamientos con -- los rendimientos de grano promedio más bajos:

| Tratamiento | Fecha/genotipo | Rendimiento promedio |
|-------------|----------------|----------------------|
| T_{13} | F_2G_5 | 125 kg/ha |
| T_9 | F_2G_1 | 149 " |
| T_{11} | F_2G_3 | 171 " |
| T_{12} | F_2G_4 | 176 " |
| T_{10} | F_2G_2 | 205 " |

4.2. Altura de Planta (A.P.)

En lo que respecta al factor A (fechas), no existe dife-- rencia significativa entre fechas de siembra, a un nivel de -- .05. Como dato agregamos que en las fechas 1 y 2 se obtuvo -- una altura promedio de 108 cm (Tabla 1A).

Considerando el factor B (genotipos), existe una diferen-- cia altamente significativa (.01) entre variedades. Al reali-- zar la comparación de medias se observó que los genotipos 6 -- con 131 cm, el 5 con 123 cm y el 7 con 122 cm, resultaron ser-- de los materiales genéticos con una mayor altura promedio, mos-- trándose sobresaliente el genotipo 6. Las variedades que se -- observaron como las de una menor altura promedio fueron, la 2-

con 94 cm, 1 con 90 cm y destacando como la de menor altura, - la variedad 3 con 89 cm (Tabla 2A).

Tomando la interacción (AB), el ANVA mostró que no hubo - efecto de interacción entre el factor A y el factor B (Tabla - 1A).

4.3. Diámetro de Tallo (D.T.)

El ANVA para el factor A (fechas de siembra), arrojó que - no existe una diferencia significativa entre fechas, a un ni-- vel de significancia de .05, por lo cual la fecha 1 reportó un diámetro promedio de 1.29 cm y la fecha 2 una media 1.26 cm -- respectivamente (Tabla 1A).

En el factor B (genotipos), al realizar el ANVA se mostró que existe una diferencia altamente significativa (.01) entre - genotipos. Al realizar la comparación de medias, se observó - que los materiales 6 con 1.5 cm, 7 con 1.4 cm y 8 con 1.4 cm, - se presentan como los genotipos que obtuvieron los promedios - mas altos, destacando la variedad 6 en esta variable.

Las variedades que se presentan como las que resultaron - con menor diámetro de tallo promedio, fueron los genotipos 1,2 y 3, todos con una media de 1.1 cm (Tabla 3A).

No se presentó en esta variable efecto de interacción en- tre el factor fechas de siembra y el factor genotipos (Tabla 1A).

4.4. Número de Hojas (N.H.)

Considerando el factor fechas (A), el análisis de varian-

za nos mostró que no existe una diferencia significativa entre fechas de siembra, a un nivel de significancia de .05, en donde la fecha 1 registró un número de hojas promedio igual a 29-hojas y la fecha 2 un promedio igual a 30 (Tabla 1A).

El ANVA, en el factor P (genotipos) reportó que existe -- una diferencia altamente significativa (.01) entre genotipos, mediante la comparación de medias se obtuvo que los materiales genéticos, 5 con 37 hojas, 4 con 34 hojas y el 6 con 33 hojas, son considerados como los que presentaron los promedios mas altos, destacando el genotipo 5 en esta variable y los genotipos que resultaron con promedios mas bajos fueron los materiales 1 con 25 hojas y 2 con 24 hojas, destacando en este caso el genotipo 1 como el más bajo (Tabla 4A).

Según el Análisis de Varianza, no se presentó efecto de interacción entre los 2 factores considerados en el experimento, lo que nos indicó que los factores son independientes para la producción de hojas (Tabla 1A).

4.5. Longitud de Panoja (L.P.)

Según el ANVA en el factor fechas (A) mostró que no existe una diferencia significativa a un nivel de significancia de .05, por esto agregamos como dato que en la fecha 1 se observó una longitud de panoja promedio de 39 cm y en la fecha 2 un -- promedio de 33 cm (Tabla 1A).

Para el factor B (genotipos), al realizar el análisis de varianza nos mostró que existe una diferencia altamente signi-

ficativa (.01) entre genotipos. Al realizar la comparación de medias, se observó que el material genético que destacó como el que presentó el mayor promedio fué el genotipo 4 con 42 cm y las variedades que se consideran dentro de las que resultaron con una menor longitud de panoja promedio fueron los genotipos 5 y 8 con 34 cm y 6 y 7 con 33 cm, sobresaliendo estos últimos como los más bajos (Tabla 5A).

En cuanto a la interacción (AB), el ANVA reporta que no hubo efecto interaccional entre el factor A y el factor B (fechas y genotipos) para generar un cambio en la longitud de panoja (Tabla 1A).

4.6. Número de Espiguillas por Panoja (N.E.P.)

Al realizar el análisis de varianza para el factor fechas (B), nos mostró que no existe una diferencia significativa entre fechas de siembra a un nivel de significancia de .05, por esto incluimos como dato que la fecha 1 resultó con un número promedio de 56 espiguillas por panoja y la fecha 2 con un promedio de 54 espiguillas por panoja (Tabla 1A).

Tomando el factor genotipos (B), el ANVA arrojó que existe una diferencia altamente significativa (.01) entre genotipos, en la comparación de medias se determinó que los materiales genéticos que obtuvieron en promedio un número mayor de espiguillas por panoja fueron los genotipos 6 con 70 espiguillas y el 5 con 64 espiguillas, sobresaliendo como mayor el genotipo 6. Los materiales genéticos que resultaron con un menor nú

mero promedio de espiguillas por panoja fueron los genotipos 2 con 45 espiguillas y 4 con 41 espiguillas por panoja, considerando como el más bajo al genotipo 4 (Tabla 6A).

Considerando la interacción (AB), el análisis de varianza dió como resultado que si se presentó efecto de interacción -- (.01) entre el factor fechas y el factor genotipos.* Por lo -- cual al realizar la comparación de medias se observó que, en -- la fecha 1,** los materiales que se consideraron dentro de los -- que obtuvieron en promedio un número mayor de espiguillas por -- panoja fueron los genotipos 5 con 77 espiguillas y 6 con 65 es -- piguillas, sobresaliendo el 5 como el más alto en esta fecha. -- Entre las variedades que presentaron los promedios más bajos, -- se considera al genotipo 2 con 43 espiguillas y 4 con 45 espi -- guillas, destacando el 2 como el más bajo en esta fecha.

En la fecha 2, los materiales genéticos que obtuvieron en promedio un número mayor de espiguillas por panoja, fueron los genotipos 6 con 75 espiguillas, 8 con 65 espiguillas y 7 con -- 63 espiguillas, sobresaliendo el 6 como el más alto. Como el -- genotipo que presentó en promedio un menor número de espigui -- llas por panoja se encuentra liderando para esta fecha el ma -- terial 4 con 37 espiguillas por panoja (Tabla 7A).

4.7. Número de Espigas Laterales (N.E.L.)

Al realizar el análisis de varianza se observó que para -- el factor fechas de siembra (A), no existe diferencia signifi -- cativa entre éstas con un nivel de significancia de 0.05. Co --

* Ver Tabla 1A

** Ver tabla 7A

mo dato tenemos que las fechas 1 y 2 presentaron la misma media que es igual a 8 espigas laterales (Tabla 1A).

Para el factor B (genotipos), el ANVA reportó que existe una diferencia altamente significativa (.01) entre genotipos, haciendo la comparación de medias tuvimos como resultado que los materiales genéticos considerados dentro de los que presentaron la media más alta para número de espigas laterales fueron los genotipos 4 con 11 espigas y 1,2, 3 con 10 espigas cada uno, destacando aquí el genotipo 4 como el mayor y las variedades que están dentro de los que registraron en promedio un número menor de espigas laterales están el genotipo 6 con 4 espigas, el 8 con 5 espigas y el 7 con 6 espigas (Tabla 8A).

La interacción AB, según el ANVA no se presentó efecto de interacción entre el factor fechas de siembra y el factor genotipos considerados en este experimento para el desarrollo de espigas laterales (Tabla 1A).

4.8. Número de Semillas por Panoja (N.S.P.)

En el factor fechas (A), el análisis de varianza arrojó que no existe una diferencia significativa entre fechas de siembra, a un nivel de significancia de .05, por esto como referencia citamos que la fecha 1 obtuvo el mayor promedio que es igual a 10516 semillas y la fecha 2, resultó con el promedio de 6110 semillas (Tabla 1A).

En lo que respecta al factor genotipos (B), al realizar el ANVA se mostró que existe una diferencia altamente signifi-

cativa (.01) entre genotipos, lo cual ameritó la realización de la comparación de medias cuyos resultados nos dicen que los materiales genéticos que obtuvieron en promedio un número mayor de semillas por panoja fueron los genotipos 8 con 13295 semillas, 6 con 11847 semillas y 7 con 11583 semillas, destacando como se puede ver el genotipo 8 como el de mayor promedio.

El material genético que observó los valores de medias más bajos fue el genotipo 3 con 4236 semillas y el 5 con 4867 semillas, sobresaliente el 3 como el de la media más baja (Tabla 9A).

El ANVA para la interacción AB arrojó como resultado que no hubo efecto de interacción entre los 2 factores analizados en este trabajo de investigación, lo que nos indica que ninguno se ve afectado por el otro para la producción de semillas (Tabla 1A).

4.9. Peso de Cien Semillas (P.C.S.)

Al realizar el análisis de varianza, sobre el factor A (fechas) se observó que no existe diferencia significativa entre fechas de siembra, siendo así se considera como aportación que la fecha 1 alcanzó un peso promedio de .053 gr por 100 semillas y la fecha 2 una media de .060 gr por 100 semillas, sobresaliendo esta segunda fecha como la de mayor promedio (Tabla 1A).

En cuanto al factor genotipos (P), al realizar el ANVA se presentó que no existe diferencia significativa entre genotipos por lo tanto numéricamente podemos considerar como el que obtuvo el mayor peso promedio en 100 semillas, al genotipo 3 con .070 gr y al genotipo 8 como el que presentó la media más baja-

que fue de .045 gr. Sin embargo estas diferencias promedio no se deben al factor genotipos sino a otras fuentes de variación. El análisis estadístico en la interacción AB, reportó que no hubo efecto de interacción entre el factor fechas de siembra y el factor genotipos, para la diferencia de peso de 100 semillas (Tabla 1A).

4.10. Índice de Cosecha (I.C.)

Según el análisis de varianza para el factor A, nos muestra que no existe una diferencia significativa entre fechas de siembra a un nivel de significancia de .05. Como dato tenemos que las fechas 1 y 2 presentan la misma media que es igual a .64 (Tabla 1A).

El ANVA para el factor B mostró que existe una diferencia altamente significativa (.01) entre genotipos. Al realizar la comparación de medias se obtuvo que los materiales genéticos que mostraron los valores medios mas altos fueron los genotipos 3 con .75 y 6 con .71, sobresaliendo como el más alto el genotipo 3. Los genotipos que se consideraron como los que presentaron las medias más bajas fueron el 1 con .58 y el 2 con .54, destacando este último como el más bajo (Tabla 10A).

Para la interacción AB, el ANVA reporta que si hubo efecto de interacción entre los 2 factores considerados en este experimento, donde la comparación de medias mostró lo siguiente:

En la fecha 1, los genotipos que presentaron un mayor índice de cosecha fueron el 5 con un valor promedio de .70 y el 1

con un promedio de .67, destacando como el más alto el genotipo 5 y los materiales genéticos que se obtuvieron como los de mas bajo promedio son el 3 con .62 y el 2 y 7 con .61 sobresaliendo éstos 2 últimos como los más inferiores (Tabla 11A).

En la fecha 2, el germoplasma que se considero entre las medias más altas, para esta variable fueron los materiales 6 - con un promedio de .74, el 7 con .69 y el que sobresalió como la media superior fue el genotipo 3 con .89. Los genotipos que -- quedaron dentro de los promedios bajos fueron el 1 con una media de .48 y el 2 con .47, siendo éste último el de menor valor para esta fecha (Tabla 11A).

4.11. Peso Seco del Forraje (P.S.F.)

En el factor A (fechas), al realizar el análisis de va---rianza se mostró que existe una diferencia altamente significativa (.01) para esta variable. Como solo son 2 fechas, la fecha 1 es la que obtuvo el valor promedio más alto que es igual a 87 gr; y la fecha 2 resulto con la media más baja que fue de 51 gr. Lo obtenido es un promedio de promedios de los 8 genotipos en cada una de las fechas de siembra (Tabla 12A).

Para el factor genotipos (B), el ANVA arrojó como resultado que las variedades que se mostraron superiores en promedio fueron los genotipos 6 con 97 gr, 7 con 95 gr y 8 con 77 gr, - mostrandose como el más superior el genotipo 6. El material - genético considerado entre los de bajo promedio fué el genotipo 4 con 57 gr, el 3 con 54 gr y expresándose como el que obtu

vo la media más baja estuvo el genotipo 5 con 35 gr (Tabla 13A).

El análisis de varianza en la interacción (AB) nos reporta que si hubo efecto de interacción con alta significancia - entre el factor fechas de siembra y el factor genotipos, lo -- cual amerito la comparación de medias (Tukey) obteniéndose los siguientes resultados (Tabla 1A).

En la fecha 1, los genotipos que obtuvieron los mejores - promedios fueron el 6 con 121 gr y el 7 con 131 gr, siendo es- te último el de más alto promedio. Los materiales que observaron las medias más bajas fueron los genotipos 2 con 61 gr y el 5 con 39 gr, sobresaliendo el genotipo 5 como el peor para es- ta fecha (Tabla 14A).

En la fecha 2, el material genético que obtuvo las medias superiores fueron los genotipos 2 y 7 con un promedio de 74 gr y el genotipo 8 con una media de 75 gr, aparece como sobresa-- liente en esta fecha para esta variable. Los genotipos com--- prendidos entre los que reportaron la media más baja estan el- 4 con 31 gr, el 5 con 32 gr y el 3 con un promedio de 6 gr, -- destacando como la media más baja en esta fecha. Lo anterior- refleja el efecto de la interacción en el cambio de respuesta- de los genotipos para esta variable en las 2 fechas (Tabla 14A).

4.12. Area Foliar (A.F.)

En el factor fechas (A), el ANVA arrojó como resultado -- que no existe diferencia significativa entre fechas de siembra a un nivel de significancia de .05. Por lo cual se considera-

a la fecha 1 como la que presentó el promedio más alto para esta variable con 1592 cm^2 y a la fecha 2 como la de menor promedio, el cual fué igual a 1404 cm^2 (Tabla 15A).

Tomando el factor genotipos (B), al realizar el ANVA se mostró que existe una diferencia altamente significativa (.01) entre genotipos. En la comparación de medias se obtuvo que los materiales genéticos que presentaron los promedios superiores resultaron ser el genotipo 6 con 2748 cm^2 como el promedio superior y el genotipo 7 con 2458 cm^2 . El germoplasma en el que se obtuvieron las medias más bajas fueron los genotipos 5 con 770 cm^2 y 3 con 657 cm^2 sobresaliendo este último como el más bajo (Tabla 16A).

De acuerdo con el análisis de varianza, hubo efecto de interacción entre los 2 factores (A y B) tomados en cuenta en este trabajo de investigación y que al realizar la comparación de medias se obtuvo que:

En la fecha 1, los materiales genéticos que alcanzaron las medias más altas fueron el genotipo 6 con 2748 cm^2 y el genotipo 7 con 3120 cm^2 , destacando este último. Los genotipos que obtuvieron los promedios más bajos fueron el 3 con 1049 cm^2 , el 2 con 976 cm^2 y de manera sobresaliente el genotipo 5 con una media de 786 cm^2 (Tabla 17A).

En la fecha 2, el germoplasma que expresó las medias más altas resultó ser el genotipo 2 con 1802 cm^2 , el 7 con 1797 cm^2 y como el superior se observó el genotipo 6 con 3182 cm^2 . El lado opuesto corresponde a los genotipos que resultaron con los promedios inferiores, estos materiales son el genotipo 4 con 766 cm^2 , el 5 con 753 cm^2 y como el de la media mas

baja el genotipo 3 con 265 cm² (Tabla 17A).

4.13. Días a Floración (D.F.)

En el factor fechas (A), según el ANVA se mostró que existe una diferencia altamente significativa (.01) entre fechas de siembra y que al llevar a cabo la comparación de medias por Tukey, resultó que la fecha 1 mostró el promedio alto que fue de 65 días y la fecha 2 obtuvo el promedio bajo de 63 días, esto fue lo que arrojó el análisis estadístico, pero como se observa tan solo hay una diferencia de 2 días (Tabla 18A).

Considerando el factor genotipos (B), al realizar el análisis de varianza se mostró que existe una diferencia altamente significativa (.01) entre genotipos, esto ameritó la comparación de medias donde se observó que los materiales genéticos que obtuvieron los más altos promedios para esta variable resultaron ser los genotipos 5 y 6, los dos con una media igual a 74 días. Los genotipos que mostraron los promedios más bajos son el 1, 2 y 3 con 58 días como los más inferiores y el genotipo 7 con 59 días (Tabla 19A).

En la interacción (AB), según el análisis de varianza se presentó efecto de interacción (.01) entre el factor fechas de siembra y el factor genotipos, con la comparación de medias se pudo obtener que:

En la fecha 1, el germoplasma que se considero dentro de los que obtuvieron los promedios superiores se representa por los genotipos 4 con 74 días y como los más altos promedios es-

tuvieron los genotipos 5 y 6 con 75 días. Los materiales que alcanzaron las medias más bajas fueron los genotipos 7 con 58 días, 2 con 55 días y como el más bajo el genotipo 3 con 53 días (Tabla 20A).

En la fecha 2, los materiales genéticos que obtuvieron -- las medias más altas fueron los genotipos 5 con 74 días, 6 con 72 días y 8 con 67 días, siendo el más alto el genotipo 5. Los genotipos que mostraron los promedios inferiores fueron el genotipo 6 con 61 días, el 4 con 59 días, el 1 con 56 días y 2 -- como el más bajo con 53 días (Tabla 20A).

4.14. Días a Madurez Fisiológica (D.M.F.)

En el factor fechas (A), el ANVA dió como resultado que -- no existe una diferencia significativa entre fechas de siembra, a un nivel de significancia de .05, es por esto que como dato -- la fecha 2 presentó el promedio más alto que es igual a 141 -- días y la fecha 1 obtuvo el más bajo, siendo este de 126 días.

Para el factor B (genotipos), el análisis de varianza nos -- mostró que existe una diferencia altamente significativa (.01) -- entre genotipos. Al realizar la comparación de medias se obtu -- vo que los materiales genéticos que presentaron las medias mas -- altas fueron el genotipo 5 con 149 días, 6 con 146 días, 7 con -- 148 días y el 8 con 143 días, sobresaliendo en este caso el -- genotipo 5. Los genotipos que observaron los promedios bajos -- fueron el 4 con 124 días, el 2 con 121 días y sobresaliendo co -- mo el más bajo se encontró al genotipo 3 con una media de 118 -- días (Tabla 21A).

En cuanto a la interacción (AB), según el ANVA resultó - que no hubo efecto de interacción entre los 2 factores considerados en este trabajo experimental, lo que nos indica que no - hubo un cambio en los días a madurez fisiológica entre las 2 - fechas (Tabla 1A).

Para ayudar a la interpretación y comparación de los resultados se presenta en el apéndice la sección de gráficas, - donde se representa a cada una de las variables con los factores que se consideraron en este trabajo de investigación.

4.15. Correlaciones

Para tener una referencia e interpretar bien estas correlaciones, a continuación enlistaremos las variables bajo análisis con su correspondiente clave.

- X_1 : Rendimiento de grano
- X_2 : Altura de planta
- X_3 : Diámetro de tallo
- X_4 : Número de hojas
- X_5 : Longitud de panoja
- X_6 : Número de espiguillas por panoja
- X_7 : Número de espigas laterales
- X_8 : Número de semillas por panoja
- X_9 : Peso de cien semillas
- X_{10} : Índice de cosecha
- X_{11} : Peso seco del forraje
- X_{12} : Área foliar
- X_{13} : Días a floración
- X_{14} : Días a madurez fisiológica

En la Tabla 14 se presentan las correlaciones entre 14 caracteres analizados en el germoplasma estudiado, para determinar el grado de significancia de los valores de correlación se tomaron los niveles de probabilidad de .01 y .05.

Tomando como referencia el rendimiento de grano (X_1) tenemos que este se encuentra altamente correlacionado (.01) con: altura de planta (X_2), diámetro de tallo (X_3), longitud de panoja (X_5), número de espiguillas por panoja (X_6), número de se

millas por panoja (X_8), índice de cosecha (X_{10}), peso seco del forraje (X_{11}) y área foliar (X_{12}), para días a madurez fisiológica (X_{14}) está significativamente correlacionado (.05) de manera negativa. No está significativamente correlacionado (NS) con número de hojas (X_4), número de espigas laterales (X_7), peso de cien semillas (X_9), y días a floración (X_{13}).

Altura de planta (X_2), está altamente correlacionada ---- (.01) con: diámetro de tallo (X_3), número de hojas (X_4), número de espiguillas por panoja (X_6), número de semillas por panoja (X_8), área foliar (X_{12}), días a floración (X_{13}). Estuvo -- significativamente correlacionado (.05) con índice de cosecha (X_{10}), peso seco del forraje y no hubo correlación significativa (N.S.) con, longitud de panoja (X_5), número de espigas laterales (X_7), peso de cien semillas y días a madurez fisiológica (X_{14}).

Diámetro de tallo (X_3), está altamente correlacionado --- (.01) con, número de hojas (X_4), número de espiguillas por panoja (X_6), peso seco del forraje (X_{11}), área foliar (X_{12}) y -- días a floración (X_{13}). Significativamente correlacionado --- (.05) con, longitud de panoja (X_5), número de semillas por panoja (X_8), e índice de cosecha (X_{10}). Correlación no significativa con, número de espigas laterales (X_7), peso de cien semillas (X_9) y días a madurez fisiológica (X_{14}).

Número de hojas (X_4), está altamente correlacionado (.01) con, número de espiguillas por panoja (X_6) y días a floración (X_{13}). Correlacionado significativamente (.05) con, área fo--

liar (X_{12}) y con días a madurez fisiológica (X_{14}). Correlación no significativa (N.S.) con, longitud de panoja (X_5), número de espigas laterales (X_7), número de semillas por panoja (X_8), peso de cien semillas (X_9), índice de cosecha (X_{10}) y peso seco del forraje (X_{11}).

Longitud de panoja (X_5), esta altamente correlacionada (.01) con, días a madurez fisiológica (X_{14}), pero de una manera negativa. Correlacionada significativamente (.05) con, número de espigas laterales (X_7), número de semillas por panoja (X_8) e índice de cosecha (X_{10}). No hubo correlación significativa (N.S.) con, número de espiguillas por panoja (X_6), peso de cien semillas (X_9), peso seco del forraje (X_{11}), área foliar (X_{12}) y días a floración (X_{13}).

Número de espiguillas por panoja (X_6), esta altamente correlacionado (.01) con, índice de cosecha (X_{10}) y días a floración (X_{13}). Correlacionado significativamente (.05) con, número de semillas por panoja (X_8). No correlacionado significativamente (N.S.) con, número de espigas laterales (X_7), peso de cien semillas (X_9), peso seco del forraje (X_{11}), área foliar (X_{12}) y días a madurez fisiológica (X_{14}).

Número de espigas laterales (X_7), esta altamente correlacionado (.01) con, área foliar (X_{12}) y días a madurez fisiológica (X_{14}), pero de forma negativa. Correlacionado significativamente (.05) con, peso seco del forraje (X_{11}) y días a floración (X_{13}), pero de forma negativa. No hubo correlación significativa (N.S.) con, número de semillas por panoja (X_8), pe-

so de cien semillas (X_9), e índice de cosecha (X_{10}).

Número de semillas por panoja (X_8) esta altamente correlacionado (.01) con, peso seco del forraje (X_{11}), área foliar (X_{12}) y de forma negativa con, peso de cien semillas (X_9). Correlación significativa (.05) con, índice de cosecha (X_{10}) solamente. No hubo correlación significativa (N.S.) con, días a floración (X_{13}) y con días a madurez fisiológica (X_{14}).

Peso de cien semillas (X_9), no esta altamente correlacionado (.01) con otra variable. Correlacionado significativamente (.05) de forma negativa con, área foliar (X_{12}).

No correlacionado significativamente (N.S.) con, índice de cosecha (X_{10}), peso seco del forraje (X_{11}), días a floración (X_{13}) y días a madurez fisiológica (X_{14}).

Índice de cosecha (X_{10}), no esta altamente correlacionado (.01) con otra variable. Correlacionado significativamente (.05) con días a floración (X_{13}). No correlacionado significativamente (N.S.) con, peso seco del forraje (X_{11}), área foliar (X_{12}) y días a madurez fisiológica (X_{14}).

Peso seco del forraje (X_{11}), esta altamente correlacionado (.01) con, área foliar (X_{12}). No hubo correlación significativa (.05) y no esta correlacionado (N.S.) con, días a floración (X_{13}) y días a madurez fisiológica (X_{14}).

Área foliar (X_{12}), solamente no esta correlacionada significativamente (N.S.) con días a floración (X_{13}) y días a madurez fisiológica (X_{14}).

Días a floración (X_{13}) esta altamente correlacionada ----
(.01) con días a madurez fisiológica (X_{14}).

En resumen, considerando la variable de importancia en es
te trabajo de campo (rendimiento), observamos que esta varia--
ble se encuentra altamente correlacionada a más de un 50% con--
las variables: número de semillas por panoja y peso seco del -
forraje y aproximadamente a un 50% con diámetro de tallo e in--
dice de cosecha.

Tabla 14. Correlación entre variables estudiadas en los 8 genotipos de Amarantho.

| X ₁ | X ₂ | X ₃ | X ₄ | X ₅ | X ₆ | X ₇ | X ₈ | X ₉ | X ₁₀ | X ₁₁ | X ₁₂ | X ₁₃ | X ₁₄ |
|-----------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| X ₁ | .4666** | .4598** | .1964 ^{NS} | .3929** | .3924** | -.2012 ^{NS} | .5596** | -.1539 ^{NS} | .4680** | .6502** | .5202** | .1649 ^{NS} | -.2631* |
| X ₂ | .8322** | .7303** | .1916 ^{NS} | .6217** | .6217** | -.0538 ^{NS} | .3183** | -.1491 ^{NS} | .2627* | .2183* | .4358** | .5470** | .1282 ^{NS} |
| X ₃ | .6497** | .6497** | .2132* | .5293** | .5293** | .0326 ^{NS} | .2157* | -.0653 ^{NS} | .2112* | .3090** | .4585** | .3998** | .0576 ^{NS} |
| X ₄ | .0320 ^{NS} | .4885** | .0760 ^{NS} | .4885** | .4885** | .1129 ^{NS} | .1415 ^{NS} | -.0987 ^{NS} | .1422 ^{NS} | .0860 ^{NS} | .2719* | .4776** | .2785* |
| X ₅ | .2172* | .2429* | .2633* | .2429* | .2429* | .2172* | .2429* | -.0351 ^{NS} | .2975* | .1587 ^{NS} | .0618 ^{NS} | .0194 ^{NS} | -.6317** |
| X ₆ | -.1595 ^{NS} | .2633* | .2633* | .2633* | .2633* | -.1595 ^{NS} | .2633* | -.1841 ^{NS} | .3507** | .1421 ^{NS} | .2067 ^{NS} | .4071** | .1897 ^{NS} |
| X ₇ | .1842 ^{NS} | .1842^{NS} | .1842^{NS} | .1842^{NS} | .1842^{NS} | .1842^{NS} | .1842^{NS} | .1899 ^{NS} | .0462 ^{NS} | -.2365* | -.3348** | -.2170 ^{NS} | -.3214** |
| X ₈ | -.6802** | .2674* | .2674* | .2674* | .2674* | -.6802** | .2674* | -.6802** | .2674* | .4268** | .4465** | .1878 ^{NS} | -.1091 ^{NS} |
| X ₉ | -.0547 ^{NS} | -.0547^{NS} | -.0547^{NS} | -.0547^{NS} | -.0547^{NS} | -.0547^{NS} | -.0547^{NS} | -.0547^{NS} | -.0547^{NS} | -.1448 ^{NS} | -.2336* | -.1429 ^{NS} | -.1471 ^{NS} |
| X ₁₀ | -.2033 ^{NS} | -.2033^{NS} | -.2033^{NS} | -.2033^{NS} | -.2033^{NS} | -.2033^{NS} | -.2033^{NS} | -.2033^{NS} | -.2033^{NS} | -.2033^{NS} | -.1822 ^{NS} | .2503* | -.2058 ^{NS} |
| X ₁₁ | .7957** | .7957** | .7957** | .7957** | .7957** | .7957** | .7957** | .7957** | .7957** | .7957** | .7957** | .7957** | -.1392 ^{NS} |
| X ₁₂ | .1156^{NS} | .1156^{NS} | .1156^{NS} | .1156^{NS} | .1156^{NS} | .1156^{NS} | .1156^{NS} | .1156^{NS} | .1156^{NS} | .1156^{NS} | .1156^{NS} | .1156 ^{NS} | .1243 ^{NS} |
| X ₁₃ | .2574** | .2574** | .2574** | .2574** | .2574** | .2574** | .2574** | .2574** | .2574** | .2574** | .2574** | .2574** | .2574** |
| X ₁₄ | .2574** | .2574** | .2574** | .2574** | .2574** | .2574** | .2574** | .2574** | .2574** | .2574** | .2574** | .2574** | .2574** |

* Significancia al .05

** Significancia al .01

N.S. No Significancia

V. DISCUSION

En lo que respecta al factor fechas de siembra se observó que en las variables, rendimiento de grano, altura de planta, diámetro de tallo, número de hojas, longitud de panoja, número de espiguillas por panoja, número de espigas laterales, número de semillas por panoja, peso de cien semillas, índice de cosecha, área foliar y días a madurez fisiológica, no se presentaba diferencia significativa entre las 2 fechas de siembra al momento de realizar el ANVA.

Para situaciones prácticas, la tabla 15 nos muestra la mejor fecha en la cual se obtuvieron las mayores cantidades de cada una de las variables que no tuvieron diferencia significativa en el ANVA para el factor fechas.

En las variables, peso seco del forraje y días a floración, si se presentó una diferencia altamente significativa (.01), por lo cual se considero a la fecha 1 (87 gr) como en la que se obtuvo un mayor peso seco del forraje y la fecha 2 (51gr) como la que presento un menor peso seco del forraje.

En días a floración, las 2 fechas son estadísticamente diferentes, donde se obtuvo para la fecha 1, 65 días y para la fecha 2, 63 días a floración.

En la variable peso de cien semillas, no hubo diferencia significativa, así que para propósitos prácticos se puede considerar la fecha 1 (.053 gr) o la fecha 2 (.057 gr).

Tabla 15. Variables y fechas donde estas obtuvieron una mayor expresión numérica en el experimento. Estudio de la adaptación de 8 genotipos de *Amaranthus* spp. en 2 - fechas de siembra bajo condiciones de riego en Ma--rín, N.L. primavera-verano 1988.

| Variable | Fecha óptima |
|----------------------------------|----------------|
| Rendimiento de grano | F ₁ |
| Altura de planta | F ₂ |
| Diámetro de tallo | F ₁ |
| Número de hojas | F ₂ |
| Longitud de panoja | F ₁ |
| Número de espiguillas por panoja | F ₁ |
| Número de espigas laterales | F ₂ |
| Número de semillas por panoja | F ₁ |
| Peso de cien semillas | F ₂ |
| Índice de cosecha | F ₁ |
| Área foliar | F ₁ |
| Días a madurez fisiológica | F ₂ |
| Fecha 1 (F ₁): | 20/abril/1988 |
| Fecha 2 (F ₂): | 5/mayo/1988 |

Espitia, R., (1986), con el objeto de determinar la fecha -- óptima de siembra para el amaranto en 1984 se llevó a cabo un estudio con las especies *A. hypochondriacus*, *A. cruentus* y *A. caudatus* en Chapingo, Méx. Las fechas de siembra estudiadas -- fueron 16 de abril, 30 de abril, 15 de mayo, 30 de mayo, 14 de junio y 29 de junio; en las primeras cuatro fechas de siembra--

las primeras fases del cultivo fueron bajo condiciones de riego, hasta el inicio de las lluvias y las dos últimas fueron -- completamente de temporal.

En cuanto a días a floración tenemos que la siembra del - 29 de junio fue en la que los materiales se tardaron más días- (91) en llegar a floración seguida de las del 16 de abril (86), 30 de abril (84) y 15 de mayo (83) respectivamente hasta lle-- gar a las del 30 de mayo (82) y 14 de junio (80) que son las - que presentan un menor número de días a floración (Espitia, R., 1986a). En Marín, N.L. las 2 fechas de siembra evaluadas en -- comparación con las evaluadas en Chapingo, presentaron menos - días a floración por ejemplo:

| | Días a floración | Localidad |
|---------------------|------------------|----------------|
| $F_1=20$ abril 1988 | 65 | Marín, N.L. |
| 16 abril 1986 | 86 | Chapingo, Méx. |
| 30 abril 1986 | 84 | Chapingo, Méx. |
| $F_2= 5$ mayo 1988 | 63 | Marín, N.L. |
| 15 mayo 1986 | 83 | Chapingo, Méx. |
| 30 mayo 1986 | 82 | Chapingo, Méx. |

Espitia, R.,(1986), dice que en cuanto a la variable altura de planta puede verse claramente que a medida que la fecha fue más temprana la altura fue mayor y conforme la fecha de -- siembra fue más tardía la altura de planta disminuyó (Espitia, R.,1986b).

En Marín, N.L. esta variable resultó no tener diferencia-

significativa, pero se incluye para hacer una comparación con las otras fechas V. gr.:

| | Altura (cm) | Localidad |
|--------------------------------|-------------|----------------|
| F ₁ = 20 abril 1988 | 108 | Marín, N.L. |
| 16 abril 1986 | 200 | Chapingo, Méx. |
| 30 abril 1986 | 190 | Chapingo, Méx. |
| F ₂ = 5 mayo 1988 | 108 | Marín, N.L. |
| 15 mayo 1986 | 190 | Chapingo, Méx. |
| 30 mayo 1986 | 170 | Chapingo, Méx. |

Espitia, R., dice que para rendimiento, la mejor fecha de siembra fue la del 15 de mayo (2281 kg/ha) seguida por las del 30 de mayo (1871 kg/ha) y 30 de abril (1844 kg/ha). La fecha en la que se tuvieron los rendimientos más bajos fue en la del 29 de junio ya que solo alcanzó un promedio de 567 kg/ha, todo esto en la localidad de Chapingo, Méx. (Espitia, R., 1986b).

En Marín, N.L., se presentó en esta variable una diferencia no significativa pero prácticamente si la hay. Observemos la comparación:

| | Rendimiento (kg/ha) | Localidad |
|--------------------------------|---------------------|----------------|
| F ₁ = 20 abril 1988 | 552 | Marín, N.L. |
| 16 abril 1986 | 1738 | Chapingo, Méx. |
| 30 abril 1986 | 1844 | Chapingo, Méx. |
| F ₂ = 5 mayo 1988 | 301 | Marín, N.L. |
| 15 mayo 1986 | 2281 | Chapingo, Méx. |
| 30 mayo 1986 | 1871 | Chapingo, Méx. |

Morales, R., (1990), en su trabajo "Comportamiento de 8 genotipos de...", donde considero 2 factores (fechas y genotipos) y su interacción, manejando 2 fechas de siembra con un intervalo de 15 días (20 de marzo y 5 de abril). Observó en el análisis de varianza que solamente para la variable longitud de inflorescencia no hubo diferencia significativa entre fechas de siembra. Encontrándose diferencias altamente significativas para las variables: rendimiento de grano, ancho de inflorescencia (variable que no se consideró en este trabajo), altura de planta, diámetro de tallo, área foliar, rendimiento por planta, peso de 100 semillas, número de semillas por inflorescencia y materia seca (en este trabajo es: peso seco del forraje). Diferencias significativas se obtuvieron en días a floración e índice de cosecha.

Supone Morales, R., (1990), que por características genéticas (herencia simple) la variable longitud de inflorescencia no es influenciada por el ambiente. En las comparaciones de medias para aquellas variables en las cuales hubo diferencias significativas, se encontró que la fecha de siembra del 20 de marzo (F_1) fué la que obtuvo los promedios más altos para la gran mayoría de las variables; exceptuando a las variables peso de cien semillas e índice de cosecha, que presentaron una media más alta en la fecha de siembra del 5 de abril (F_2).

En la Tabla 16 se comparan los resultados de las variables similares tanto de este trabajo como el realizado por Mo-

rales, R., (1990) considerando el factor fechas de siembra (A). A continuación se establece una simbología para un mejor manejo de estas variables.

R.G.: Rendimiento de grano

D.T.: Diámetro de tallo

L.P.: Longitud de panoja (o inflorescencia).

N.S.P.: Número de semillas por panoja

I.C.: Índice de cosecha

P.S.F.: Peso seco del forraje

A.F.: Área foliar

D.F.: Días a floración

A.P.: Altura de planta

P.C.S.: Peso de cien semillas

Como se observa en la Tabla 16, en este experimento las variables: rendimiento de grano, diámetro de tallo, número de semillas por panoja, índice de cosecha, área foliar, altura de planta y peso de cien semillas, no presentaron diferencia significativa entre fechas de siembra. Caso contrario sucedió en el experimento de Morales, R., (1990), quien al menos presentó en 2 variables (I.C. y D.F.) una diferencia significativa ---- (.05) y en el resto de estas obtuvo una diferencia altamente significativa (.01), excepto longitud de panoja.

La variable que coincidió en presentar una diferencia altamente significativa (.01) entre fechas en los dos experimentos fue, peso seco del forraje.

Tabla 16. Comparación de resultados promedios de variables similares manejadas en este experimento y en el de Morales, R., (1990).

| Variables | FECFA 1 | | FECFA 2 | | FECFA 3 | | FECFA 4 | |
|----------------------------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|
| | Signifi- cancia | valor promedio | Signifi- cancia | valor promedio | Signifi- cancia | valor promedio | Signifi- cancia | valor promedio |
| R.G. (kg/ha) | ** | 8.98 | ** | 354 | N.S. | 552 | N.S. | 301 |
| D.T. (cm) | ** | 1.67 | ** | 1.21 | N.S. | 1.29 | N.S. | 1.26 |
| L.P. (cm) | N.S. | 34 | N.S. | 33 | N.S. | 39 | N.S. | 33 |
| N.S.P. | ** | 24,994.25 | ** | 8,334.05 | N.S. | 10,516 | N.S. | 6,110 |
| I.C. | * | .14 | * | .19 | N.S. | .64 | N.S. | .64 |
| P.S.F. (gr) | ** | 124.094 | ** | 25.63 | ** | 87 | ** | 51 |
| A.F. (cm ²) | ** | 2942.50 | ** | 656.25 | N.S. | 1,592 | NS | 1,404 |
| D.F. | * | 66 | * | 63 | ** | 65 | ** | 63 |
| A.P. (cm) | ** | 124 | ** | 98 | NS | 108 | NS | 108 |
| P.C.S. (gr) | ** | .06264 | ** | .07021 | NS | .053 | NS | .060 |

F₁ y F₂: Fechas del experimento de Morales, R., (1990) * : Significativo
 ** : Altamente Significativo
 NS : No Significativo

La variable días a floración, obtuvo en el experimento de Morales, R., (1990) una diferencia significativa (.05) y en este trabajo se presentó una diferencia altamente significativa.

Coincidió, en este trabajo y en el de Morales, R., (1990), que la variable longitud de panoja no presentó diferencia significativa entre fechas de siembra.

Considerando solamente la variable de importancia en este trabajo de investigación (rendimiento), se considera para las cuatro fechas de los dos experimentos el siguiente orden:

| Fechas | Rendimiento (kg/ha \bar{x}) |
|--------|--------------------------------|
| 1 | 898 |
| 3 | 552 |
| 2 | 354 |
| 4 | 301 |

Por lo cual, podemos considerar a la fecha 1 (20 marzo de 1988) del experimento de Morales, R., (1990), como la fecha más idónea para llevar a cabo la siembra de amaranto en Nuevo León.

Las fechas que consideró Morales, R., (1990) en su trabajo sí tuvieron influencia en la expresión de los genotipos de Amaranthus spp., en la variable rendimiento de grano. Esto no sucedió en las 2 fechas de este experimento, por lo cual el rendimiento obtenido se debe a efectos genéticos y de manejo.

En forma general, se vio como las condiciones ambientales variaron durante el desarrollo de los dos estudios de adaptación, cuyos cambios se reflejaron en los valores obtenidos por

las variables similares del trabajo de Morales, R., (1990) y de éste.

Considerando ahora el factor genotipos (B), se observó que en las variables, rendimiento de grano, altura de planta, diámetro de tallo, número de hojas, longitud de la panoja, número de espiguillas por panoja, número de espigas laterales, índice de cosecha, peso seco del forraje, área foliar, días a floración y días a madurez fisiológica, hubo una diferencia altamente significativa (.01) entre los 8 genotipos utilizados en este experimento.

La variable número de semillas por panoja presento una diferencia significativa (.05) entre genotipos y la variable peso de cien semillas no presento diferencia significativa en los 8 genotipos.

Los genotipos 6, 7 y 8 se encuentran predominando en las variables, rendimiento, diámetro de tallo, número de semillas por panoja, peso seco del forraje y área foliar, que es donde estos genotipos registraron las cantidades más altas. Esto es interesante para aquellos que pretendan utilizar estos genotipos tanto para producción de grano como para producción de forraje ó para continuar con otros trabajos de investigación, donde se consideren a las variables anteriores. Otra ventaja de estos genotipos es que obtuvieron un menor número de espigas laterales, lo cual es bueno teniendo como referencia que esta característica es considerada por los investigadores del amaranto, como una característica indeseable.

Lo que se podría considerar como una desventaja para estos genotipos es que presentan un mayor número de días a madurez fisiológica. El hecho de que presenten una longitud de panoja menor no significa que estos no sean rendidores y aunque el rendimiento se encuentre altamente correlacionado con esta variable.

Para la variable rendimiento de grano, el genotipo 6 (728 kg/ha) fue el más alto, así como para altura de planta (131cm) diámetro de tallo (1.5 cm), para longitud de panoja resultó ser el genotipo más bajo al igual que el genotipo 7 (33 cm). - Obtuvo el genotipo 6, un mayor número de espiguillas por panoja (70), mayor índice de cosecha (71), peso seco del forraje (97 gr), área foliar (2748 cm²), días a floración, al igual -- que el genotipo 5 (74). El genotipo 8 resultó de manera sobresaliente con el mayor número de semillas por panoja (13295).

Para número de espigas laterales, el genotipo 6 fué el -- más bajo con 4 espigas, lo cual es un dato muy importante para que junto con las anteriores variables se facilite mas la --- elección de este material genético.

El genotipo 7 destaca en que presento una menor cantidad de días a floración (59) en comparación con los genotipos 6 -- (74) y 8 (67).

El genotipo 5 esta considerado dentro de los que obtuvieron - una mayor altura de planta, destacó como el que presentó el ma yor número de hojas (37), junto con el genotipo 6, como los -- que obtuvieron un mayor número de espiguillas por panoja. Una

nota importante es que destaco como el que presento un número mayor de días a madurez fisiológica. Con esto consideramos -- que este genotipo fue el más tardío en comparación con los --- otros genotipos. Se considero también a este genotipo como -- uno de los que obtuvieron una menor longitud de panoja, un menor número de semillas por panoja, una menor área foliar. Este genotipo destacó también por ser el que presentó el peso seco del forraje más bajo (35 gr) de los demás genotipos.

En cuanto a los genotipos 1, 2 y 3 se encuentran predominando estos, como los que obtuvieron los más bajos niveles en las variables, altura de planta y diámetro de tallo. Podemos considerar que estos 3 genotipos, presentan 2 ventajas muy interesantes como lo son: obtuvieron el número más bajo de -- días a floración y de días a madurez fisiológica. Esto nos -- ayuda en el momento de seleccionar materiales genéticos que -- presenten la característica de precocidad.

Para la variable diámetro de tallo, estos 3 genotipos obtuvieron el valor más bajo (1.1 cm).

Particularmente el genotipo 1, resultó como el que presentó el mas bajo número de hojas (23) que el resto de los genotipos.

Una desventaja de los genotipos 1, 2 y 3 es que sobresalen entre los demás como los que obtuvieron un mayor número de espigas laterales, lo cual es indeseable.

Continuando con el genotipo 1, tenemos que este se considerá dentro de los que obtuvieron un índice de cosecha menor.

El genotipo 2, se considera dentro de los que presentaron una menor altura de planta, menor número de hojas, menor número de espiguillas por panoja, destaca como el que resultó con el nivel más bajo (54) para la variable índice de cosecha.

Junto con el genotipo 1 y 2 el genotipo 4 obtuvo el más bajo nivel de días a floración (58).

Tomando el genotipo 3, sobresale de los demás porque presentó el nivel más bajo (89 cm) para las variables, altura de planta y número de semillas por panoja (4236).

Para índice de cosecha, este genotipo mostró el nivel más alto (75) comparado con los otros 7 materiales genéticos. Se considera al genotipo 3 dentro de los que obtuvieron un menor peso seco del forraje, destaca porque obtuvo el nivel más bajo (657 cm^2) para la variable área foliar. Es importante hacer referencia a que este genotipo, presentó el más bajo número de días a madurez fisiológica por lo cual se le considera como el material más precoz del resto de los demás.

El genotipo 4, se mostró sobresaliente en la variable longitud de panoja (42 cm) contra el resto de los genotipos. Destaca también como el que obtuvo el más bajo nivel (41) para la variable número de espiguillas por panoja, el que presentó el nivel más alto (11) para la variable número de espigas laterales, lo cual esto último es indeseable.

Para peso seco del forraje, se considera el genotipo 4 entre los más bajos, para días a floración y días a madurez fisiológica sucede lo mismo, pero en esta última variable es una

característica importante de tener en cuenta.

En cuanto a la variable, peso de cien semillas, el genotipo 3 fue el que registró un mayor peso (.070 gr) y el genotipo 8 mostró el peso más bajo (.045).

Espitia, R.,(1986), en la primera etapa de mejoramiento genético de amaranto en el CAEVAMEX ha obtenido 30 líneas seleccionadas con características agronómicas ventajosas. Los 30 genotipos evaluados pertenecen a las especies A. hypochondriacus y A. cruentus y a los tipos mercado, nepal y mexicano (Espitia, R., 1986 a).

Cinco de estas 30 líneas son las mismas líneas que manejamos en este trabajo de investigación. A continuación comparamos los rendimientos (kg/ha) obtenidos por las cinco líneas en Marín, N.L. y en otras localidades experimentales (Tabla 17).

En general, se puede observar que los rendimientos de estos 5 genotipos obtenidos en Marín, N.L. están muy por debajo del rendimiento mínimo obtenido en cada una de las otras cuatro localidades. Esto es, debido a que las condiciones ambientales son mejores, en las otras cuatro localidades para el cultivo del amaranto.

En Marín, N.L., las variedades que más destacaron en rendimiento y en otras variables, pertenecen a la especie cruentus, tipo mexicano.

Tabla 17. Rendimiento de 5 líneas utilizadas en el experimento. Estudio de la adaptación de 8 genotipos de Amaranthus - spp. en 2 fechas de siembra, bajo condiciones de riego en Marín, N.L. primavera-verano 1988.

| Genealogía | Especie | Tipo | Localidad | Rendimiento x kg/ha |
|------------|---------------------------|----------|-----------|------------------------|
| 78 S-82-1 | <u>A. hypochondriacus</u> | Mercado | L1 | 349 |
| | | | L2 | 2,418 |
| | | | L3 | 3,508 |
| | | | L4 | 2,148 |
| | | | L5 | 1,053 |
| 10-2-14 | <u>A. hypochondriacus</u> | Mercado | L1 | 381 |
| | | | L2 | 2,295 |
| | | | L3 | 4,048 |
| | | | L4 | 1,400 |
| | | | L5 | 1,731 |
| 1018-C-11 | <u>A. cruentus</u> | Mexicano | L1 | 728 |
| | | | L2 | 1,490 |
| | | | L3 | 3,034 |
| | | | L4 | 1,158 |
| | | | L5 | 1,062 |
| 142-2-1-4 | <u>A. cruentus</u> | Mexicano | L1 | 536 |
| | | | L2 | 1,193 |
| | | | L3 | 2,844 |
| | | | L4 | 1,512 |
| | | | L5 | 823 |
| 142-2-1-5 | <u>A. cruentus</u> | Mexicano | L1 | 552 |
| | | | L2 | 1,780 |
| | | | L3 | 2,843 |
| | | | L4 | 1,762 |
| | | | L5 | 910 |

Localidades:

- L1: Marín, N.L.
 L2: Chapingo, Méx.
 L3: La Aguajaja, Tlaxcala
 L4: San Nicolás Tetelco, D.F.
 L5: Zacapalco, Morelos

Morales, R.,(1990), en su trabajo "Comportamiento de 8 genotipos de Amaranto...", como ya se dijo manejó 2 factores y su interacción, en el factor genotipos (R), que incluye siete genotipos mejorados y un criollo, se encontraron diferencias altamente significativas en todas las variables evaluadas, --- además se tuvo un coeficiente de variación de parcela chica -- (Eb) igual a 14.44% (en promedio) que indica que las diferencias encontradas entre genotipos es debida a la capacidad adaptativa y productiva propia de los individuos de cada genotipo.

Menciona, Morales, R.,(1990) que el amaranto no presentó los resultados esperados, probablemente porque se presentaron condiciones ambientales muy adversas (temperatura media de 25° C, oscilación térmica promedio de 13°C, precipitación total de 168 mm y evaporación total de 1,010 mm) en el ciclo agrícola en el cual se realizó el experimento; que obligaron a aplicar 4 riegos, uno de presembrado y 3 de auxilio. Por otro lado, el cultivo fue severamente atacado por plagas; no se fertilizó -- siendo que los suelos de Marín, N.L. son pobres en elementos nutricionales y de baja calidad agrícola (Morales, R.,1990).

En este trabajo experimental, se reafirma lo dicho anteriormente por Morales, R.,(1990) con la excepción de que la incidencia de plagas no fue un factor que influyó de manera determinante, otra diferencia es que aquí fue necesario aplicar 1 riego de presembrado y 4 de auxilio, se justifica esto debido a que aumentó la temperatura y la insolación en las fechas evaluadas.

Cita Morales, R., (1990) que solamente el genotipo criollo de Tulyehualco no produjo grano, es decir, no se adaptó bajo las condiciones que prevalecieron durante el experimento; estudiándose por lo tanto su comportamiento sólo para las variables altura de planta, diámetro de tallo, área foliar y materia seca; ya que se pensó que sería sobresaliente como forraje. Este material pertenece a la especie A. hypochondriacus tipo azteca, de ciclo largo y requiere de días cortos para la iniciación floral (Espitia, 1987; Weber, 1987), y esto podría ser por lo tanto la causa de la no floración.

El mismo criollo presentó un rendimiento promedio de 200-kg/ha, lo cual nos dice que en este trabajo de investigación si se obtuvo rendimiento de grano comparado con el experimento de Morales, R., (1990), que no se obtuvo nada. Debido a esto, la justificación que da este sobre la no floración del criollo no es muy acertada, debido a que en esta investigación no se tuvieron días cortos y si hubo rendimiento de grano por parte del criollo. Se coincide en la opinión de que se podría mejorar y producir este genotipo para contar con una fuente de forraje.

Morales, R., (1990) comparó los resultados que obtuvo en rendimiento de grano, días a floración y altura de planta con los obtenidos por Sethong (1984) y Espitia (1987) y dice que los rendimientos obtenidos son bajos; en días a floración y altura de planta se comportaron como intermedios.

En la Tabla 18 se comparan los resultados del presente trabajo con los obtenidos por Morales, R., (1990).

Tabla 18. Comparación de algunas variables de la planta y rendimiento de grano en 8 genotipos de *Amaranthus* spp. considerando el experimento de Morales, R., (1990) y este trabajo experimental.

| Rendimiento de grano (kg/ha) | | | | | | |
|------------------------------|---------|----------|---------------------------|---------------------------|------|------|
| Genealogía | Especie | Tipo | Marín, N.L. F. de S.=1 | Marín, N.L. F. de S.=2 | XA | XB |
| 153-5-3 | hy | mercado | 1058 | 279 | 659 | 333 |
| 10-2-14 | hy | mercado | 834 | 424 | 629 | 381 |
| 78S-82-1 | hy | mercado | 950 | 198 | 574 | 349 |
| 78S-125 | hy | nepal | 271 | 279 | 275 | 331 |
| 142-2-1-4 | cr | mexicano | 974 | 484 | 729 | 201 |
| 142-2-1-5 | cr | mexicano | 1108 | 325 | 717 | 207 |
| 1018C-11 | cr | mexicano | 1108 | 485 | 797 | 273 |
| Criollo Tulyehualco | hy | azteca | 0 | 0 | 0 | 200 |
| Días a Floración | | | | | | |
| 153-5-3 | hy | mercado | 69 | 57 | 63 | 59 |
| 10-2-14 | hy | mercado | 59 | 58 | 59 | 54 |
| 78S-82-1 | hy | mercado | 60 | 67 | 64 | 61 |
| 78S-125 | hy | nepal | 71 | 58 | 65 | 63 |
| 142-2-1-4 | cr | mexicano | 70 | 70 | 70 | 74 |
| 142-2-1-5 | cr | mexicano | 59 | 61 | 60 | 60 |
| 1018C-11 | cr | mexicano | 73 | 74 | 74 | 67 |
| Criollo Tulyehualco | hy | azteca | N.A. | N.A. | N.A. | 75 |
| Altura de planta (mt.) | | | | | | |
| 153-5-3 | hy | mercado | 1.15 | .75 | .95 | .90 |
| 10-2-14 | hy | mercado | 1.10 | .92 | 1.01 | .94 |
| 78S-82-1 | hy | mercado | 1.14 | .74 | .94 | .89 |
| 78S-125 | hy | nepal | 1.47 | .94 | 1.21 | 1.02 |
| 142-2-1-4 | cr | mexicano | 1.28 | .99 | 1.13 | 1.14 |
| 142-2-1-5 | cr | mexicano | 1.31 | .99 | 1.15 | 1.22 |
| 1018C-11 | cr | mexicano | 1.48 | 1.08 | 1.28 | 1.31 |
| Criollo Tulyehualco | hy | azteca | 1.24 | .98 | 1.11 | 1.23 |

N.A.: No analizada F1 y F2: fechas del experimento de Morales, R., (1990)

XA: Promedio F1 y F2

XB: Promedio F3 y F4 de este experimento

En forma general observamos que las variedades, 153-5-3, -10-2-14, 78 S-82-1, 142-2-1-4, 142-2-1-5 y 1018C-11, presentaron en el trabajo de Morales, R., (1990) un mayor rendimiento promedio que el de este trabajo.

El genotipo 78S-125 con (275 kg/ha) de rendimiento promedio resultó menor comparado con el rendimiento obtenido en este experimento (331 kg/ha). Otro punto importante es que el criollo Tulyehualco, no presentó rendimiento en las fechas consideradas por Morales, R., (1990) y en las que se consideraron para esta análisis se presentó un rendimiento promedio de 200-kg/ha.

Siguiendo el orden de la genealogía en la Tabla 18 para la variable días a floración, los primeros cuatro genotipos y el séptimo presentaron menos días a floración en este experimento que en el de Morales, R., (1990), el quinto obtuvo menos días en el experimento de este último y el sexto genotipo resultó con el mismo número de días a floración promedio para los 2 trabajos experimentales.

Los primeros cuatro genotipos obtuvieron una mayor altura de planta en el análisis de Morales, R., (1990) y los otros cuatro genotipos fueron menores comparados con el análisis de las fechas 3 y 4.

En la Tabla 19 se compara la significancia que se presenta en las variables similares tanto de este análisis experimental como el de Morales, R., (1990), así como el valor promedio correspondiente para cada uno de los 8 genotipos. Se observa en

esta tabla que todas las variables, con excepción de peso de cien semillas (P.C.S.), presentaron igualmente una diferencia altamente significativa (.01) tanto en este análisis como en el de Morales, R., (1990).

Peso de cien semillas, resultó con una diferencia altamente significativa (.01) para el estudio de Morales, R. (1990), todo lo contrario sucedió con este trabajo.

Considerando la variable de importancia (rendimiento), citamos lo mencionado por Morales, R., (1990) para esta variable. El ANVA en su experimento mostró una diferencia altamente significativa (.01) entre genotipos o niveles de B. Lo mismo paso en nuestro análisis.

Al comparar las medias de los genotipos estudiados, se observó que fueron cinco los genotipos más rendidores, los cuales no difieren estadísticamente entre sí. Estando entre estos los genotipos 1018C-11 (G_6), con una media de 796.67 kg/ha, el 142-2-1-4 (G_8) que presentó una media igual a 728.82 kg/ha, el material 142-2-1-5 (G_7) con una media de 714.42 kg/ha, el genotipo 153-5-3 (G_1) con una media de 658 kg/ha y el material 10-2-4 (G_2) con una media igual a 629.04 kg/ha (Morales, R., 1990).

Los genotipos 6, 7 y 8 en este experimento y en el de Morales, R., (1990) se presentaron como los que obtuvieron el mayor rendimiento promedio. Estas variedades pertenecen a la especie cruentus, tipo mexicano. Los materiales genéticos 1 y 2 (hypochondriacus, tipo mercado) obtuvieron un mayor rendimiento

Tabla 19. Comparación de algunas variables estimadas en la evaluación de 8 genotipos de *Amaranthus* spp. en el experimento de Morales, R., (1990) y de esta investigación considerando en los dos el factor genotipos.

| Variables | | | | | | | | | | | |
|-----------|-----------|-----------------|--------------|--------------|-----------|-------|----------------|----------------------------|-------|--------------|----------------|
| Fechas | genotipos | R.G. (kg/ha) | D.I. (cm) | L.P. (cm) | N.S.P. | I.C. | P.S.F. (gr) | A.F. (cm ²) | D.F. | A.P. (mt) | P.C.S. (gr) |
| F1-F2 | 153-5-3 | ** 658 | ** 1.34 | ** 31 | ** 16,782 | ** 20 | ** 45 | ** 1182.5 | ** 63 | ** .95 | ** .07 |
| | 10-2-14 | 629 | 1.35 | 35 | 17,236 | 18 | 91 | 1668.20 | 58 | 1.01 | .07 |
| | 78S-82-1 | 198 | 1.50 | 33 | 12,757 | 15 | 59 | 1047.01 | 63 | .94 | .08 |
| | 78S-125 | 275 | 1.30 | 39 | 7,794 | 7 | 70 | 1792.02 | 64 | .96 | .06 |
| F3-F4 | Criollo | 0 | 1.81 | N.A. | N.A. | N.A. | 79 | 1188.00 | N.A. | 1.42 | N.A. |
| | 1018C-11 | 797 | 1.62 | 24 | 24,451 | 17 | 108 | 2638.23 | 74 | 1.30 | .07 |
| | 142-2-1-5 | 714 | 1.51 | 32 | 19,143 | 17 | 63 | 1279.00 | 60 | 1.15 | .07 |
| | 142-2-1-4 | 729 | 1.42 | 33 | 18,486 | 18 | 83 | 1761.20 | 70 | 1.14 | .07 |
| F1-F2 | 153-5-3 | ** 333 | ** 1.1 | ** 37 | ** 6141 | ** 58 | ** 66 | ** 1145 | ** 58 | ** .90 | NS |
| | 10-2-14 | 381 | 1.1 | 37 | 5945 | 54 | 67 | 1384 | 54 | .94 | .06 |
| | 78S-82-1 | 349 | 1.1 | 36 | 4236 | 75 | 54 | 657 | 58 | .89 | .07 |
| | 78S-125 | 331 | 1.2 | 42 | 8592 | 64 | 57 | 1421 | 66 | 1.02 | .05 |
| | Criollo | 200 | 1.3 | 34 | 4867 | 65 | 35 | 770 | 74 | 1.23 | .05 |
| | 1018C-11 | 728 | 1.5 | 33 | 11,847 | 71 | 97 | 2748 | 74 | 1.31 | .05 |
| | 142-2-1-5 | 552 | 1.4 | 33 | 11,583 | 65 | 95 | 2458 | 59 | 1.22 | .05 |
| | 142-2-1-4 | 536 | 1.4 | 34 | 13,295 | 67 | 77 | 1399 | 67 | 1.14 | .05 |

F1-F2: fechas consideradas por Morales, R., (1990)

F3-F4: fechas de este experimento

N.A.: No analizada

*: Significativo

** : Altamente Significativo

NS: No Significativo

promedio en el análisis de Morales, R., (1990) que en el de este trabajo (Tabla 19).

Cita Morales, R. (1990), que los genotipos con un menor -- rendimiento fueron el 78S-125 (G_4) que presentó una media igual a 274.72 kg/ha, y el 78S-82-1 (G_3) resultó con un promedio de 198 kg/ha.

Comparando las variedades 3 y 4 en los dos experimentos, - observamos que el rendimiento promedio es mayor en este experimento para los dos genotipos, que en el de Morales, R., (1990) - (Tabla 19).

Observamos en la Tabla 19 que Morales, R., (1990) no obtuvo rendimiento en el criollo (0 kg/ha) y que en este estudio si se presento un rendimiento promedio el cual fue de 200 kg/ha.

En los trabajos realizados por Sethong (1986), similares a este estudio se permitio apreciar que las variedades de tipo mexicano (A. cruentus) bajo régimen de lluvias (temporal) y estación calurosa se comportaron más rendidoras que las demás variedades del tipo mercado, nepal y azteca (A. hypochondriacus); por el contrario, en la estación fría, bajo riego el tipo mercado fue el más rendidor, el tipo nepal mejoro notablemente y el tipo mexicano decayo. Estos resultados coincidieron con los obtenidos por Morales, R., (1990) y con los de Espitia (1987) que obtuvo un mejor rendimiento en las variedades del tipo mercado- en las áreas templadas en donde probó los diferentes tipos de amaranto antes mencionados.

Los resultados obtenidos en este análisis confirman lo dicho por los autores anteriores, de que en la estación calurosa responde mucho mejor la especie A. cruentus, tipo mexicano.

Espitia, R., (1987) señala que las variedades criollas son las que se han estado sembrando en México; estas son de bajos rendimientos (800-1500 kg/ha) y presentan una gran variabilidad en características botánicas y los rendimientos obtenidos en este experimento apenas se acercan al valor mínimo de este rango, ya que el rendimiento promedio máximo obtenido fué de 728 ---- kg/ha. las razones de esto ya se explicaron anteriormente.

Interacciones.- Se observó en la variable número de espiguillas por panoja que el genotipo 6 se encuentra de manera sobresaliente ocupando el lugar de los más altos valores, fecha 1 (65) y fecha 2 (75), y que el genotipo 4 se presenta en las 2 fechas como el que resulto con los más bajos niveles (fecha 1:45 y fecha 2:37) para esta variable.

Para índice de cosecha el genotipo 1 se considera en la fecha 1 dentro de los que obtuvieron un valor alto, pero en la fecha 2 se coloca con los que obtuvieron un valor bajo.

El genotipo 3 en la fecha 1 resultó entre los valores bajos y en la fecha 2 entre los altos. Lo mismo ocurrió con el genotipo 7.

El genotipo 2 resultó con un menor índice de cosecha en las 2 fechas.

En la variable peso seco del forraje, el genotipo 6 estuvo dentro de los valores más altos para esta variable en las 2

fechas de siembra. El genotipo 2 en la fecha 1 estuvo entre los valores bajos y en la fecha 2 entre los más altos. El genotipo 5 coincidió en las 2 fechas entre los valores más bajos.

Con respecto a la variable área foliar, los genotipos 6 y 7 se encuentran entre los valores más altos en las 2 fechas de siembra, destacando en la primer fecha el genotipo 7 (3120cm^2) y en la segunda el genotipo 6 (3182cm^2). El genotipo 2 en la fecha 1 ocupa lugar entre los más bajos (976cm^2) y en la fecha 2 entre los más altos (1802cm^2).

En cuanto a días a floración, los genotipos 5 y 6 se encuentran entre los que obtuvieron los valores más altos, en la fecha 1, los dos genotipos son iguales (75) y en la fecha 2, el genotipo 5 es el mayor con 74 días. El genotipo 4 se presentó entre los más altos (74) en la fecha 1 y entre los más bajos en la fecha 2 (59). El genotipo 2 se presenta en las 2 fechas como el que presenta las cantidades más bajas de días a floración, obteniendo en la fecha 1, 55 días y en la 2, 53 días.

La Tabla 20 muestra la comparación entre este estudio y el de Morales, R., (1990), donde se reporta si hubo o no efecto de interacción para las variables similares.

Se observa que en las variables, índice de cosecha, peso seco del forraje, área foliar y días a floración, presentaron en los dos experimentos efecto de interacción con alta significancia. Coincidieron también en no presentar efecto de interacción en la variable peso de cien semillas (P.C.S.) y longi--

Tabla 20. Resumen de la comparación entre este análisis y el de Morales, R., (1990) referente a la significancia de la interacción entre el factor fechas de siembra - (A) y el factor genotipos (B).

| Variables | | | | | | | | | | |
|-----------|------|------|------|--------|------|--------|------|------|------|--------|
| Fechas | R.G. | D.T. | L.P. | N.S.P. | I.C. | P.S.F. | A.F. | D.F. | A.P. | P.C.S. |
| F1 y F2 | ** | * | N.S. | ** | ** | ** | ** | ** | * | N.S. |
| F3 y F4 | N.S. | N.S. | N.S. | N.S. | ** | ** | ** | ** | N.S. | N.S. |

F1 y F2: fechas manejadas por Morales, R., (1990)
 F3 y F4: fechas de este estudio

* : Significativo
 ** : Altamente Significativo
 N.S. No Significativo

tud de panoja (L.P.). El resto de las variables, en el estudio de Morales, R., (1990), presentaron al menos (.05) un efecto de interacción de manera significativa, todo lo contrario sucedió en el análisis de este trabajo donde no se presentó efecto de interacción para estas variables.

Debido a que en nuestro estudio la interacción para la variable rendimiento no presentó diferencia significativa, tomamos la siguiente discusión.

Menciona Morales, R., (1990) que en la interacción genotipo-fechas de siembra (AB), se presentaron diferencias para la gran mayoría de las variables estudiadas incluyendo a la variable rendimiento de grano; solamente las variables longitud de inflorescencia y peso de cien semillas presentaron diferencias no significativas para la interacción.

Según Morales, R., (1990), las diferencias significativas en las variables se debió a que los genotipos no se comportaron en igual forma en las dos fechas de siembra, es decir, que si en la fecha de siembra del 20 de marzo fueron sobresalientes sobre los demás genotipos y en la fecha de siembra del 5 de abril fueron mediocres, o según sea el caso, sucedió en forma inversa.

Menciona, que en la variable rendimiento de grano se mostró la interacción genotipo-fecha de siembra; pues en la fecha del 20 de marzo (F₁) los genotipos: 78S-82-1 (G₃) con 950.43 kg/ha, el 10-2-14 (G₂) que rindió 834 kg/ha y el 785-125 (G₄)-

que peso 270.76 kg/ha, fueron entre todos, los de menor rendimiento, pero, en la fecha de siembra del 5 de abril (F₂) los mismos genotipos: el 10-2-14 (G₂) con 424.05 kg/ha y el ----- 78S-125 (G₄) rindió 278.67 kg/ha se comportaron entre los mejores; el 78S-82-1 (G₃) fué el de menor rendimiento, con 197.54 kg/ha.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A continuación se dan a conocer las conclusiones obtenidas en este experimento:

1.- Todos los genotipos probados se adaptaron a las condiciones ecológicas de Marín, N.L.

2.- Para el factor genotipos se presentó una diferencia altamente significativa en las variables: Rendimiento de grano, Diámetro de tallo, Altura de planta, Número de hojas, Longitud de panoja, Número de espiguillas por panoja, Número de espigas laterales, Índice de cosecha, Peso seco del forraje, Área foliar, Días a floración y Días a madurez fisiológica.

3.- En fechas de siembra se encontró una diferencia altamente significativa solamente para las variables: Peso seco del forraje y Días a floración, el resto de las variables no tuvieron significancia estadística.

4.- Para el efecto de interacción, fechas-genotipos (AB) se encontró una diferencia altamente significativa para las variables: número de espiguillas por panoja, índice de cosecha, peso seco del forraje, área foliar y días a floración, el resto de las variables no tuvieron significancia estadística.

5.- La fecha de siembra que presentó el rendimiento promedio más alto fue la fecha 1 (20 de abril de 1988) con 552 kg/ha.

6.- Para el factor B (genotipos) el máximo rendimiento alcanzado fue el obtenido por el genotipo 6 (1018C-11) con 728

kg/ha, seguido por el 7 (142-2-1-5) y 8 (142-2-1-4) con 552 y 536 kg/ha respectivamente. El genotipo que presentó el rendimiento promedio más bajo fué el 5 (criollo) con 200 kg/ha.

7.- Para algunas de las variables estudiadas los genotipos más sobresalientes en base a los datos numéricos y estadísticos son el 6 (1018C-11), 7 (142-2-1-5), y 8 (142-2-1-4).

8.- La fecha 1 (20 de abril de 1988) obtuvo los datos numéricos más sobresalientes para la mayoría de las variables.

9.- Las temperaturas y precipitaciones registradas afectaron en forma determinante los resultados obtenidos en el presente experimento, sobretodo en las variables Rendimiento de grano, Altura de planta, Días a floración, Días a madurez fisiológica y Peso seco del forraje.

10.- Se pudieron apreciar características cualitativas -- que permiten diferenciar fácilmente los genotipos entre sí.

RECOMENDACIONES

Considerando los anteriores resultados experimentales y la experiencia que se fue adquiriendo durante el desarrollo de este trabajo, nos permitimos recomendar los siguientes puntos:

1.- Se debe tener en cuenta el propósito que buscamos en los genotipos de amaranto estudiados, para así facilitar la selección de éstos al momento de llevar a cabo una siembra comercial.

2.- Continuar con la búsqueda de fechas de siembra donde responda satisfactoriamente el cultivo.

3.- Hacer más intensiva-extensiva la labor de seguir creando variabilidad en los genotipos existentes en México, mediante programas de mejoramiento genético.

4.- Ampliar el número de experimentos referentes al mejoramiento y perfeccionamiento del paquete técnico existente para el amaranto.

5.- Tratar de buscar una relación más estrecha con la industria y el comercio, los cuales serian pieza clave en la continuidad y desarrollo de la producción e investigación del amaranto.

6.- Para lograr lo anterior se deben confeccionar todo tipo de alimentos que puedan ser utilizables tanto por el ser humano como por el ganadero en general. Esto es, tratar de encontrar otras formas de utilización del amaranto.

7.- Es importante que a los primeros 30-40 días de sembrado el cultivo, se mantenga éste completamente libre de malezas. Esto debido a que se observó que éstas si inciden fuertemente sobre el rendimiento de grano como de forraje.

8.- Llevar a cabo promoción y difusión referente a las -- bondades en general que presenta este cultivo, mediante conferencias, seminarios, demostraciones de campo y otros medios, - dirigidos a todos los sectores de la sociedad mexicana.

VII. RESUMEN

Desde años atrás, se ha puesto gran interés en la búsqueda de plantas que, de alguna forma puedan contribuir al desarrollo de nuevas fuentes de alimentos, debido al gran incremento de la población y la problemática que éste trae consigo.

Existe un grupo de plantas que fueron de gran importancia en civilizaciones antiguas. Dentro de este grupo se encuentra el amaranto (Amaranthus spp.), que constituyó uno de los cuatro cultivos principales junto con el maíz, el frijol y la chíá para los pueblos prehispánicos en América. Además era de importancia sagrada para los aztecas, y por esta razón fué erradicada con la llegada de los Españoles. De no haber sido por esto, es casi seguro que el amaranto sería un cultivo estable en México.

Su inesperada superioridad alimenticia, está basada en su particular combinación de lisina y otros aminoácidos esenciales. Como la mayoría de los cereales, el grano de amaranto tiene un alto contenido de carbohidratos y bajo porcentaje de grasa.

La razón de su importancia como cultivo aparte de su contenido de proteínas, es su gran adaptabilidad a diferentes suelos y climas. Actualmente existen más de sesenta especies.

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo principal estudiar la adaptación de 8 genotipos de Amaranthus spp. a las condiciones ecológicas de Marín, N.L. en las fechas-

de siembra del 20 de abril y 5 de mayo de 1988.

Este trabajo de investigación se realizó en las instalaciones del Campo Agrícola Experimental de la Facultad de Agronomía de la U.A.N.L., ubicada en el municipio de Marín, Nuevo León.

El material genético estudiado fué proporcionado por el Centro Agrícola Experimental del Valle de México (CAEVAMEX). Estos genotipos pertenecen a las especies A. hypochondriacus y A. cruentus y a los tipos mercado, nepal, azteca y mexicano. El diseño experimental utilizado fué un arreglo en parcelas divididas, con 4 repeticiones quedando en parcela grande el factor fechas de siembra y en parcela chica el factor genotipos.

La siembra se realizó en forma directa, en surcos de 7 m separados cada uno a 75 cm. Se aclareo a una distancia entre plantas de 10 cm. Posteriormente se dieron labores de deshierbes, aporques y riegos para posteriormente esperar a que madurara el cultivo y cosecharlo, para obtener los datos de las variables consideradas para este estudio.

Los genotipos más sobresalientes para algunas de las variables (incluyendo el rendimiento) fueron el 6, 7 y 8 pertenecientes a la especie A. cruentus y al tipo mexicano, pero presentaron un número mayor de días a floración y de días a madurez fisiológica, lo cual podría considerarse como una desventaja.

Los genotipos 1, 2 y 3 resultaron sobresalientes porque presentaron un número menor de días a floración y días a madu-

rez, lo cual se considera una ventaja bajo el ambiente de Marín N.I. Estos pertenecen a la especie A. hypochondriacus, tipo -- mercado.

El genotipo 5, resultó ser el que presentó un menor rendimiento de grano, es de la especie A. hypochondriacus y del tipo nepal.

No hubo diferencia significativa entre fechas a excepción de las variables, peso seco del forraje, donde dominó la fecha 1 y días a floración con el dominio de la fecha 1.

Hubo efecto de interacción en las variables, número de espiguillas por panoja, índice de cosecha, peso seco del forraje, área foliar y días a floración.

VIII. SUMMARY

Due to the tremendous population increasing and its consequences, since several years ago it has been great interest to search plants that, in some way could contribute to the development of new food sources.

There are several plants that were important in ancient civilizations. Among these, amaranth (Amaranthus spp.) was one of the four main crops together with maize, dry beans and chia for prehispanic people in America. Amaranth had a sacred meaning among aztecs and for this cause it was eradicated by the spaniard priests. If this was not happened, by sure, amaranth could be a stable crop in Mexico.

Its unexpected food superiority is based upon its particular combination of lysine and other essential aminoacids. As most of cereals, amaranth has a high carbohydrate content and a low fat percentage.

Its crop importance beside of its protein content, is its large adaptability to different soils and climates. Actually there are more than sixty amaranth species.

The present research work has as a main objective to study the adaptation of eight Amaranthus spp. genotypes to the ecological conditions at Marín, Nuevo León, México, planted in april 20 and may 5 of 1988 in the experimental station of the Facultad de Agronomía UANL at the same location.

The genotypes were obtained from the Centro Agrícola Expe

rimental del Valle de Mexico (CAEVAMEX). These genotypes belong to A. hypochondriacus y A. cruentus and to the types of Mercado, Nepal, Azteca and Mexicano.

The experimental design used was a split plot with four replications and as main plot were allocated dates of planting and as sub plot genotypes.

The planting was by hand, in three row plots of 7 m length and wide of 0.75 m., the plant distance was of 10 cm.

A cultivation, several hoeings and five waterings were made before harvest the central row of each plot.

The best genotypes for some of the variables including yield were 6, 7 and 8 all of them A. cruentus and mexicano type, but were late. This could be a disadvantage.

The genotypes 1, 2 and 3 were outstanding because of their earliness which is an advantage under Marin, N.L. environment. These belong to A. hypochondriacus, and mercado type.

The genotype 5 presented the lowest grain yield and belongs to A. hypochondriacus and nepal type.

There was no statistical difference between dates of plantings for all the variables, except for a higher straw yield and more days to flowering in the planting of april 20.

There was interaction genotype x date of planting for number of spiketles per panicle, harvest index, straw weight, leaf area and days to flowering.

VIII. BIBLIOGRAFIA

- ADENIKE, O. 1980. Growth Development and Mineral contents of three cultivars of amaranth. *Scientia Horticulture*. 13: 181-189.
- AGUILAR, J. y ALATORRE, F.G. 1978. Monografía de la planta de la alegría. México, D.F. Grupo de Estudios Ambientales. Memoria. año 1. p.p. 166-177, 179, 181.
- ALEJANDRE, I.G. y GOMEZ, L.F. 1984. Variabilidad en tipos criollos de Amarantho Amaranthus spp. en la región central de México. Memoria del Primer Seminario Nacional del Amarantho. Chapingo, México. p.p. 26 y 27.
- _____. 1986. Cultivo del amarantho en México. Texcoco, Edo. México. U.A.C.H. p.p. 12,19,21,22,27-33,48,49,58,59,61,62,65,103,133,134,141,142,161,171,173,179,204,206-214,216 y 229.
- AMARANTH TODAY. 1988. 'Amaranth's Uncertain Future in Mexico, East or West Amaranth's Best'. Vol. 4. no. 1. Kutztown, Pennsylvania, Rodale Research Center, 1,2,6 p.
- ANONIMO. 1987. El amarantho, perspectivas modernas para un cultivo olvidado. México, D.F. Villicaña, S.A. p.p. 17,18,20,22-24,26,27,29,32,33,37-39,51,53,62,64,65,66,68,70,74,75,77-84.

ART, G.L. 1984. Utilización del amaranto (Amaranthus hypochondriacus L.) ensilado para la alimentación de ovinos. Querétaro, Qro. México. ITESM-Campus Querétaro. Tesis de licenciatura. p. 204.

BEHARI, M. y C.K. ANDPIWAL. 1970. "Chemical examination of -- Amaranthus spinosus Linn". Curr. Sci. p. 45.

BRESSANI, R. 1984. "El amaranto: su morfología, composición y usos como alimento y forraje". (El amaranto y su potencial). Boletín no. 1. Marzo 1984. Washington, D.C. E.U.A. Archivos Latinoamericanos de Nutrición-N.A.S. p. 2.

CASTILLA, CH. F. 1979. Combatir al hambre, no al hombre. Texcoco, Edo. México. CAEVAMEX- CIAMEC-INIFAP. p.p. 1 y 2.

CERVANTES, S.J.M. 1982. Evaluación nutricional de alegría ---- (Amaranthus hypochondriacus L.) como alimento para rumiantes. Tesis maestría. Texcoco, Edo. México. C.P.U.A.CF. p. p. 10-12, 27-33, 37, 51-52 y 74.

CETENAL. 1976. Cartas. Secretaría de la Presidencia. México, D. F. Esc. 1: 50,000.

_____. 1977. Carta edafológica. Apodaca, N.L. México.

- DIAZ, G.J. 1988. Evaluación de 9 variedades introducidas de --
maíz (Zea mays L.) en el ciclo de primavera 1987. Tesis -
licenciatura. Marín, N.L. México. F.A.U.A.N.L. p.p. 40 y -
41.
- DONALD, J.B. et al. 1976. An introduction to the study of in-
sects. 4a. ed. E.U.A. Holt, Rinehart and Winston. p. 411.
- DOWNTOWN, V.J. 1973. "Amaranthus edulis: a high lysine grain -
amaranth". (World crops). Camberra, Australia. Australian
National University. p. 20.
- EARLY, D.K. 1977. "Cultivation and uses of Amaranth in Contem-
porary México" In: Proceedings of the First Amaranth Semi-
mar. p.p. 39-60. Rodale Research Center. Kutztown, Penn--
sylvania. U.S.A.
- EL-SHARKAWY, M.A. et al. 1968. "Photosynthetic and respiratory
exchanges of CO₂ by leaves of the grain amaranth". (App--
lied ecology). Davis California, E.U.A. no. 5. University
of California. Davis. Department of Agronomy. p.p. 243---
250.
- ESPITIA, R.E. 1986. Caracterización y evaluación de germoplas-
ma de Amaranthus spp. Tesis licenciatura. Saltillo, Coa -
huila, México. U.A.A.A.N. División Agronomía. p.p. 5-27,-
35-38, 44, 45, 58.

_____. 1986a. Evaluación de 30 genotipos de amaranto (Amaranthus spp.) en cuatro localidades de la Mesa Central. Texcoco, Edo. de México. CAEVAMEX-CIAMEC-INIFAP. p. 73.

_____. 1986b. Informe final sobre estudios agronómicos de amaranto en México. Texcoco, Edo. de México. CAEVAMEX-CIAMEC-INIFAP. p.p. 1,3-9, 10-20, 47 y 48.

_____. 1987. Caracterización y evaluación preliminar de germoplasma de Amaranthus. Memoria Coloquio Nacional del Amaranto. Querétaro, México. p.p. 113-126.

FAINE et al. 1979. Amaranth: gentle giant of the past and future. In: New Agricultural Crops. Gary A. Ritchie ed. A.A. A.S. Selected Symposium. Trad. del inglés por Dr. Federico Gómez Lorence. Depto. Zonas Aridas, U.A.CH. Chapingo, México.

FULLER, H.J. 1949. Photoperiodic responses of Chenopodium quinoa Wild and Amaranthus caudatus L. American Journal of Botanic. 36:175-180.

GARCIA, E. 1973. Modificaciones al Sistema de Köppen. U.N.A.M. México.

GENTRY, H.S. 1942. Rio Mayo plants. Carnegie Institute Wash. Publ. 527:1-316.

- GOBIERNO DEL EDO. DE MORELOS. 1985. Programa de amaranto. Morelos, México. Gob. del Estado de Morelos. p.p. 5 y 6.
- GRANT, W.F. 1959. Cytogenetic studies in *Amaranthus*; III: chromosome numbers and phylogenetic aspects. *Canadian Journal of Genetics and Cytology*. 1(4): 142-144.
- GRUBBEN, G.J.H. 1975. Culture of the amaranth, a tropical leaf vegetable, with special reference to south Dahomey. *Mededelingen Landbouwhogeschool Wageningen* 75(6): p. 223.
- _____. and D.H. VAN SLOTEN. 1981. Genetics Resources of -- amaranths International Board for Plant Genetic Resources, Rome, Italy . p. 57.
- HARWOOD, R. 1977. Panel discussion; Abstract. In: Proceedings of First Amaranth Seminar; Emmaus, Pennsylvania. p.p. -- 105, 120.
- HASS, P.W. 1979. The Rodale Germoplasm Collection. In: proceedings of the second amaranth conference. Rodale Press. -- Inc. Emmaus. Pennsylvania. p.p. 135-141.
- HIAUPTLI, H. 1977. Agronomic potencial and breeding amaranth. - In: Proceedings of first Amaranth Seminar. Emmaus, Pennsylvania. p.p. 105-120.

- _____ and S.K. JAIN. 1978. Phytosystematics and agronomic potential of some weedy and cultivated amaranth. Theor. and appl. Genet. 52:177-185.
- HUNZIKER, A.T. 1952. Los pseudocereales de la agricultura indígena de América. p. 104.
- JAQUES, H.E. 1947. How to know the insects. 2a ed. Dubuque. -- Iowa. U.S.A. W.M.C. Brown Company Publishers. p. 94.
- KAUFFMAN, C.S. 1979. Grain amaranth research: An approach to the development of a new crop. In: Proceedings of the Second Amaranth Conference. Rodale Press Inc. p.p. 81-90.
- _____. 1981. Grain amaranth varietal improvement: breeding program: Rodale Press, Inc. Emmaus, Pennsylvania. U.S.A. - p. 24.
- _____. 1984. Amaranth grain production guide. Rodale Research Center. Kutztown, Pennsylvania. U.S.A. p. 35.
- _____ and C. REIDER. 1984. Amaranth germoplasm collection. Rodale Press. Inc. Emmaus, Pennsylvania. p. 114.
- _____ and P.W. HASS. 1984. Grain Amaranth: An overview of research and production methods. Rodale Research Center. - Kutztown, Pennsylvania. U.S.A. p. 21.

- MACNEISH, R.S. 1964. Ancient mesoamerican civilization Science. -
143 (3606). p.p. 531-537.
- MARTINEZ, M. 1936. Las plantas útiles de México. Edic. Botánicas, México, D.F.
- MISRA, P.S. et al. 1971. Chemurgic studies on some diploid and tetraploid grain amaranths. In: Proc. Indian Academic of Sciences. 74E: 155-160.
- MORALES, R.M. 1990. Comportamiento de 8 genotipos de amaranto- (Amaranthus hypochondriacus L. y A. cruentus L.) en dos fechas de siembra del ciclo temprano 1988, en Marín, N.L. Tesis licenciatura. F.A.U.A.N.L. p.p. 104-147.
- MUGERWA, J.S. and R. BWABYE. 1974. Yield composition and in vitro digestibility of Amaranth hybridus subspecies incurvatus. Tropical Grass L. 8(1): 49-53.
- NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. 1975. Underexploited tropical plants with promising economic Value. Washington, D.C. U.S.A.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. 1984. Amaranth: Modern Prospects for an Ancient Crop. National Academy Press. Washington, D.C. p. 80.

ODOWONGO, W.O. and J.S. MUGERWA. 1980. Performance of Calves on diets containing Amaranthus Leaf meal. *Animal Feed Sciences and Technology* 5:193-204. Amsterdam, Netherlands.

CRNELAS, U.R. 1983. El Género Amaranthus. Guadalajara, México. Programa de Difusión Científica y Tecnológica. Cuaderno de Divulgación. Universidad de Guadalajara. p. 10.

PAL, M. y KHOSHOHO, T.N. 1968. Cytogenetic of the raw autotetraploid Amaranthus edulis. Tech. Comm. Nat. Bot. Gdns. Lucknow. 25-36. India.

_____. 1972. Evolution and improvement of cultivated amaranths I. Breeding system and inflorescence structure. *Indian National Science Academic*. 38:28-37.

_____ y KHOSHOHO, T.N. 1977. *Pflanzenzuchty*. 78:135.

PETERSON, A. 1960-1965. Larvae of insects (An introduction to nearctic species) 4a. ed. Columbus, Ohio. E.U.A. Edwards Brothers, Inc. p.p. 199 y 121 .

PIRIE, N.W. 1978. Leaf protein and other aspects of fodder fractionation. Cambridge University Press. Cambridge.

PULIDO, M.L. 1987. El nitrógeno y la humedad en el rendimiento de grano, materia seca y calidad de proteína de Amaranthus

hypochondriacus y A. cruentus. Tesis maestría. Texcoco, -
Edo. de México. C.P.-U.A.CH. 4,5,7,9,10 y 16 p.

REYES, L.M. 1989. Evaluación de la adaptación de 7 cultivares-
de coliflor (Brassica oleracea var. botrytis) en la re--
gión de Marín, N.L. en el ciclo verano-invierno 1986-1987.
Tesis licenciatura. Marín, N.L. México. F.A.U.A.N.L. 124,
125, 190, 191, 199 p.

REYNA, T.T. 1984. Requerimientos climáticos para el cultivo --
del amaranto (Amaranthus spp.) en México. Memoria del Pri
mer Seminario Nacional del Amaranto. Chapingo, México. p.
p. 81-89.

ROBINSON, R. 1986. Amaranth, quinoa, ragi, tef, and niger: ---
tiny seeds of ancient history and modern interest. Sta---
tion Bulletin AD-SE-2949. Agricultural Experiment Station.
University of Minnesota. s.p.

RODRIGUEZ, E.J. 1989. Evaluación de 11 variedades introducidas
de maíz (Zea mays L.) para grano, en el ciclo primavera--
verano de 1988. Marín, N.L. Tesis licenciatura. Marín, N.
L. México. F.A.U.A.N.L. p.p. 47 y 48.

SANCHEZ, M.A. 1980. Potencialidad agroindustrial del amaranto.
México, D.F. C.E.E.S.T.M. 18,41-43,58-60,66,67,103 y 105 p.

S.A.R.H. 1987. "Amaranto: alto contenido proteínico". (Serranía del Ajusco) no. 8. Septiembre-Diciembre. México, D.F. S.A.R.H. p. 31..

SAUER, J.D. 1950. The grain amaranth: A survey of their history and clasification. Ann. Miss. Bot. Gard. 37:561-616.

_____. 1957. Recent migration and evolution of dioecius --- amaranths . Evolution. 11:11-33.

_____. 1967. The grain amaranths and their relatives: revised taxonomic and geographic survey. Ann. Miss. Bot. Gard. 54(2):103-137.

_____. 1977. The history of the grain amaranths and their -- use and cultivation around the world. In: Proceedings of the First Amaranth Seminar: Rodale Press Inc. p. 9-13.

SCHMIDT, D.Q. 1977. Grain amaranths: a look at some potentials In: Proceedings of First Amaranths Seminar. Emmaus, Pennsylvania. p. 21.

SETHONG, C. 1986. Yield improvment, agronomy and local use of amaranth. In: Proceedings of the third amaranth conference. Rodale Research Center and National Academy of Science. p.p. 108-133.

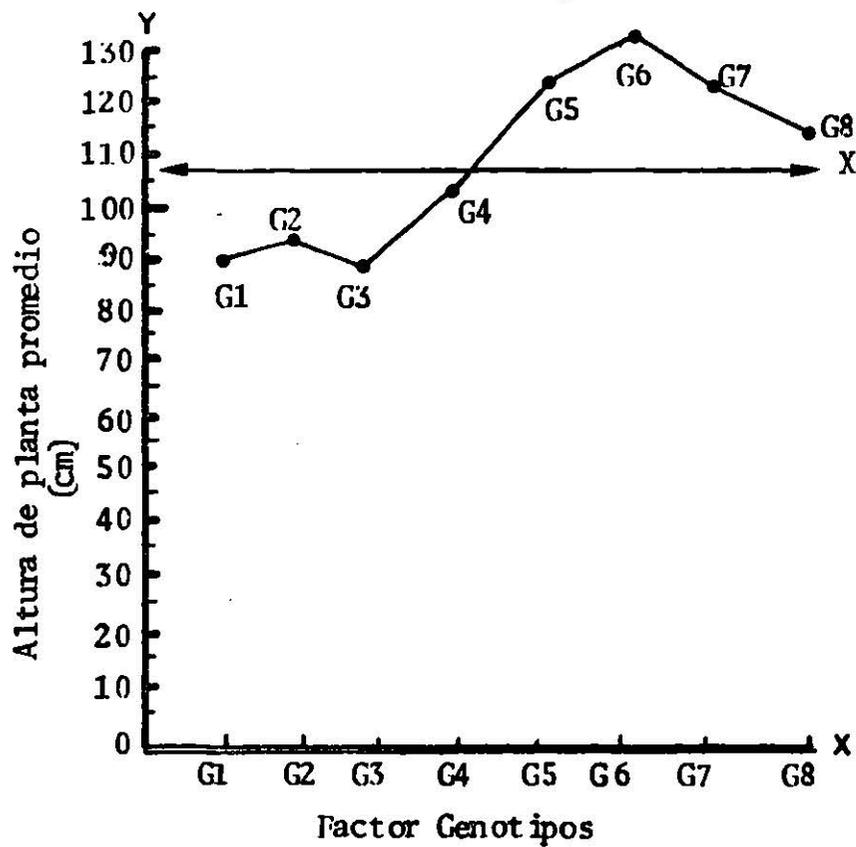
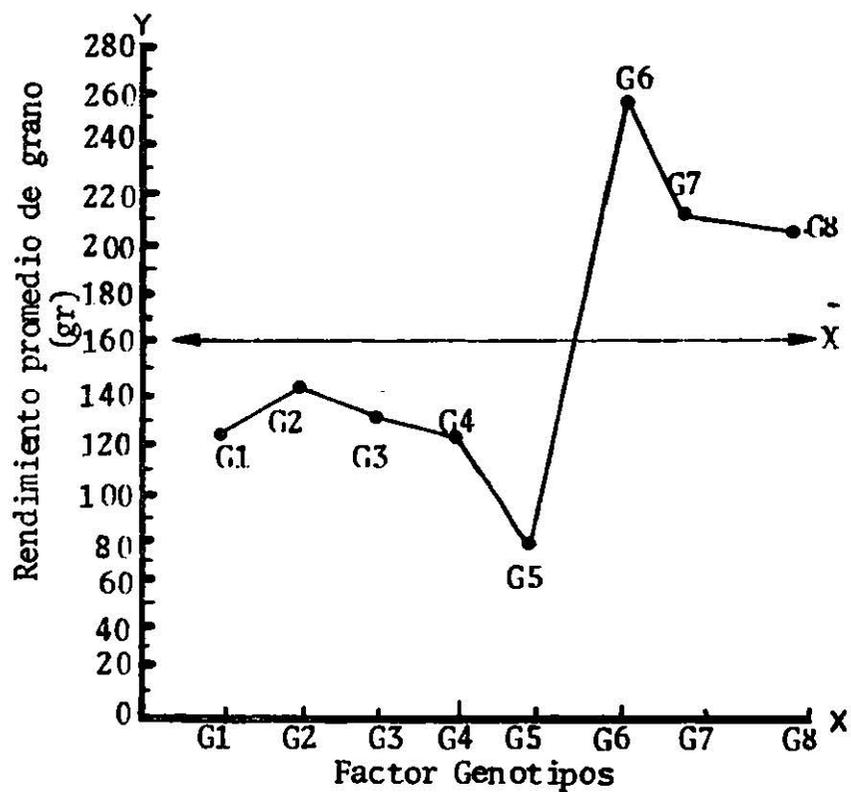
- SINGH, H. 1961. Grain amaranths. Buck wheat and chenopods. Indian Council of Agricultural Research. Cereal Crop. Series no. 1. New, Delhi.
- STANEK, J.V. 1970. Gran enciclopedia ilustrada de los insectos. Caracas, Venezuela, Lectura. p. 246.
- TRUJILLO, A. 1989. "La alegría del amaranto". (México desconocido). no. 144. México, D.F. Jilgueros, S.A. 12, 14 y 28 p.
- U.N.A.M. 1987. "Tecnología para el procesamiento continuo de semillas de amaranto". (Noticiero de Desarrollo Tecnológico en Alimentos). Boletín. México, D.F. Programa Universitario de Alimentos. U.N.A.M. p. 26.
- VAN SOEST, P.J. 1965. Symposium of factors influencing the voluntary intake of herbage by Ruminant: Voluntary intake in relation to chemical composition and digestibility. Journal Animal Science. 24: 834.
- WEBER, E.L. et al. 1986. Amaranth grain production guide. Rodale Press, Inc. p. 43.
- _____. 1987. Amaranth grain production guide. Rodale Research Center. Kutztown, Pennsylvania. U.S.A. s.p.

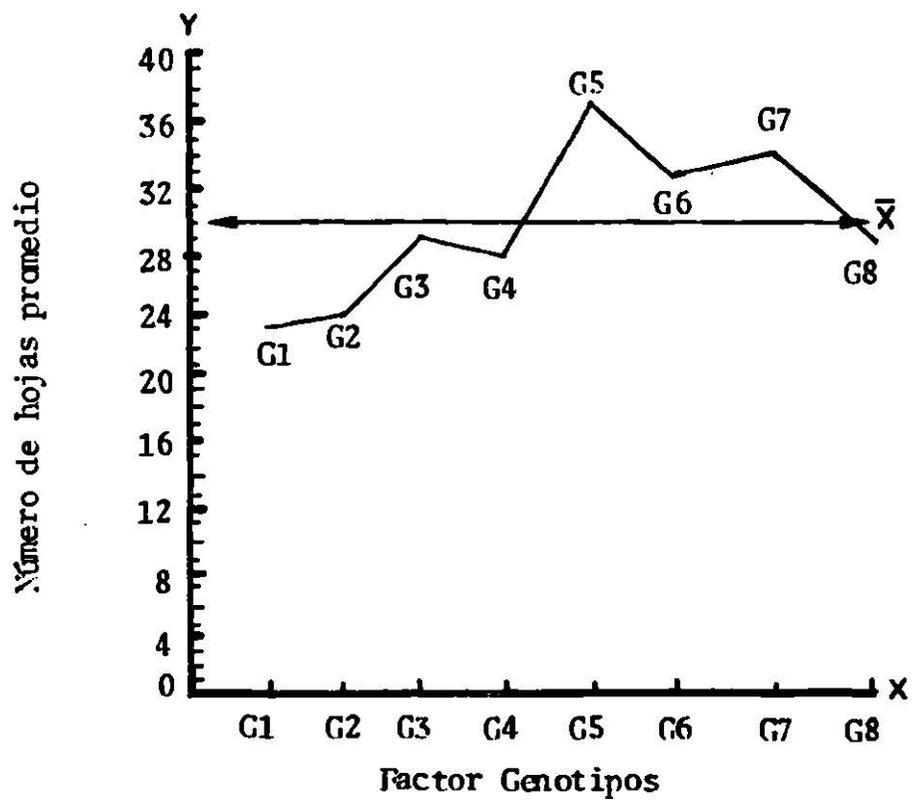
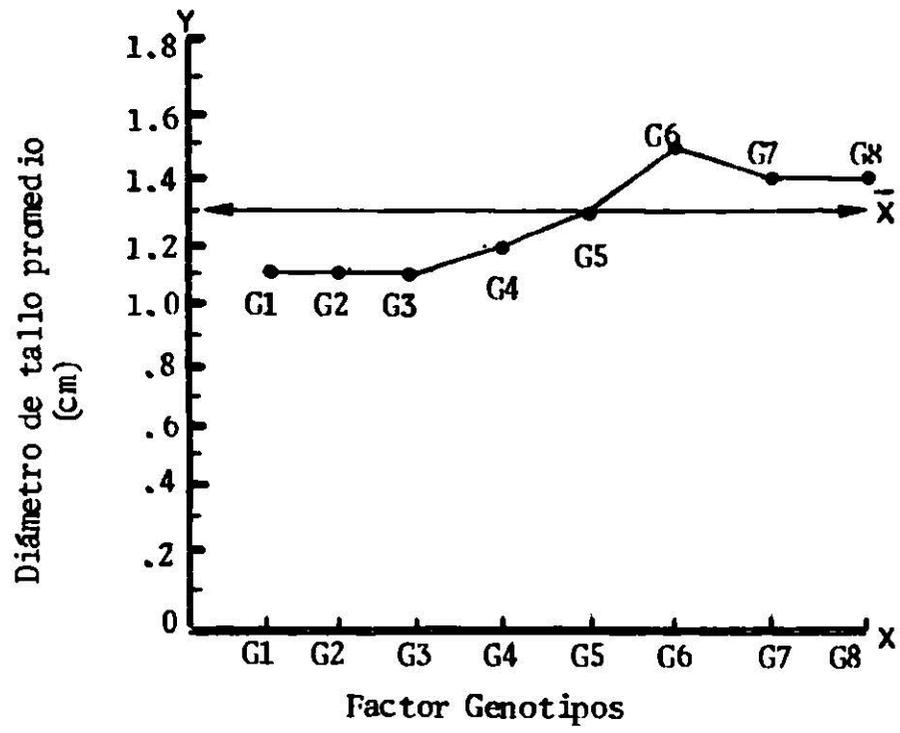
_____, et al. 1988. Amaranth grain production guide. Brycelin, Minnesota, E.U.A. Rodale Research Center-American Amaranth-Institute. p.p. 3-6, 10, 11 y 16.

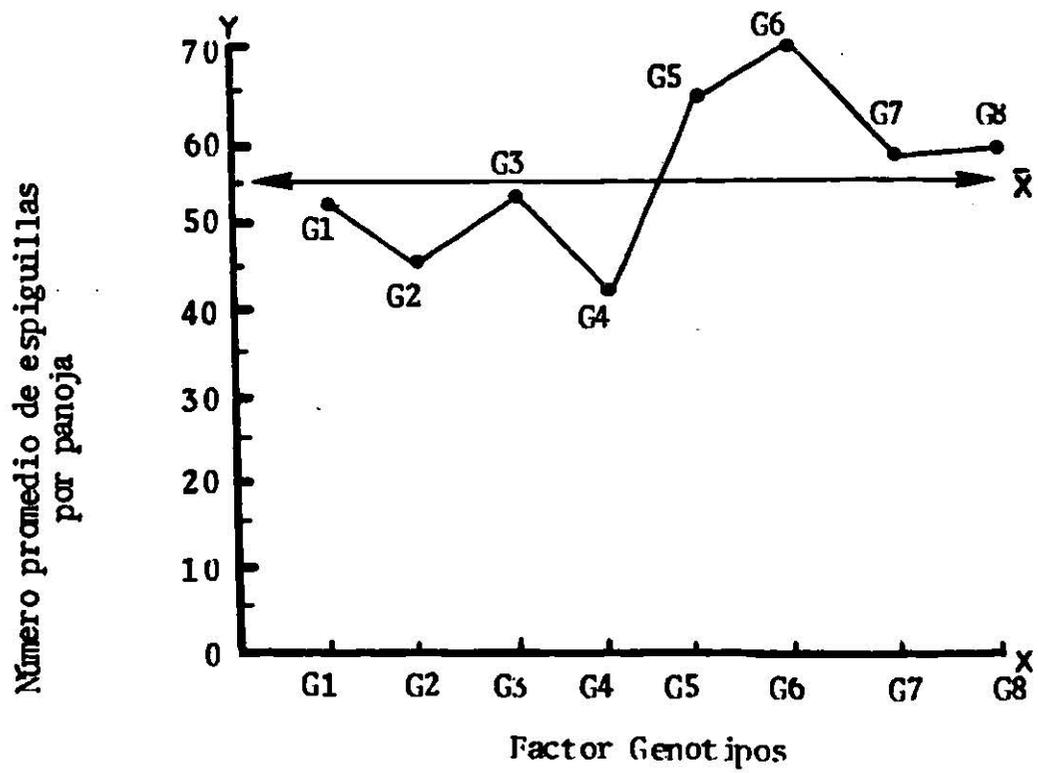
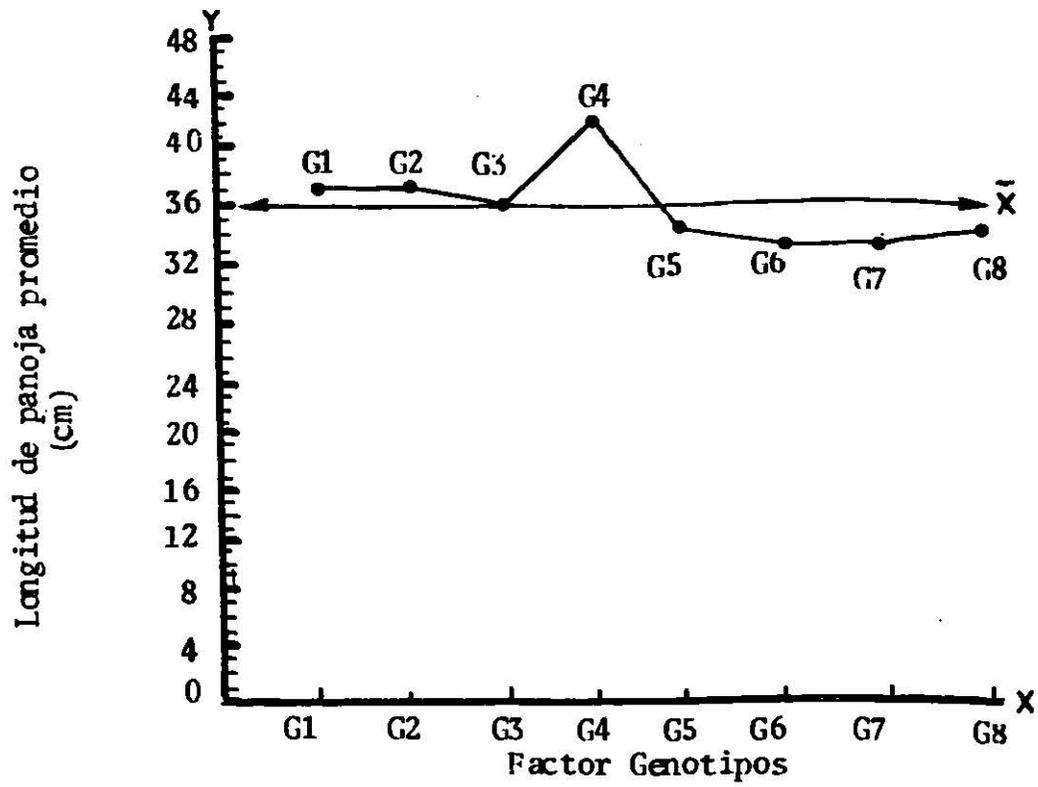
ZABKA, G.G. 1961. Photoperiodism in Amaranthus caudatus Part. 1. A re-examination of the photoperiodic response. American -- Journal of Potanic. 48:21-28.

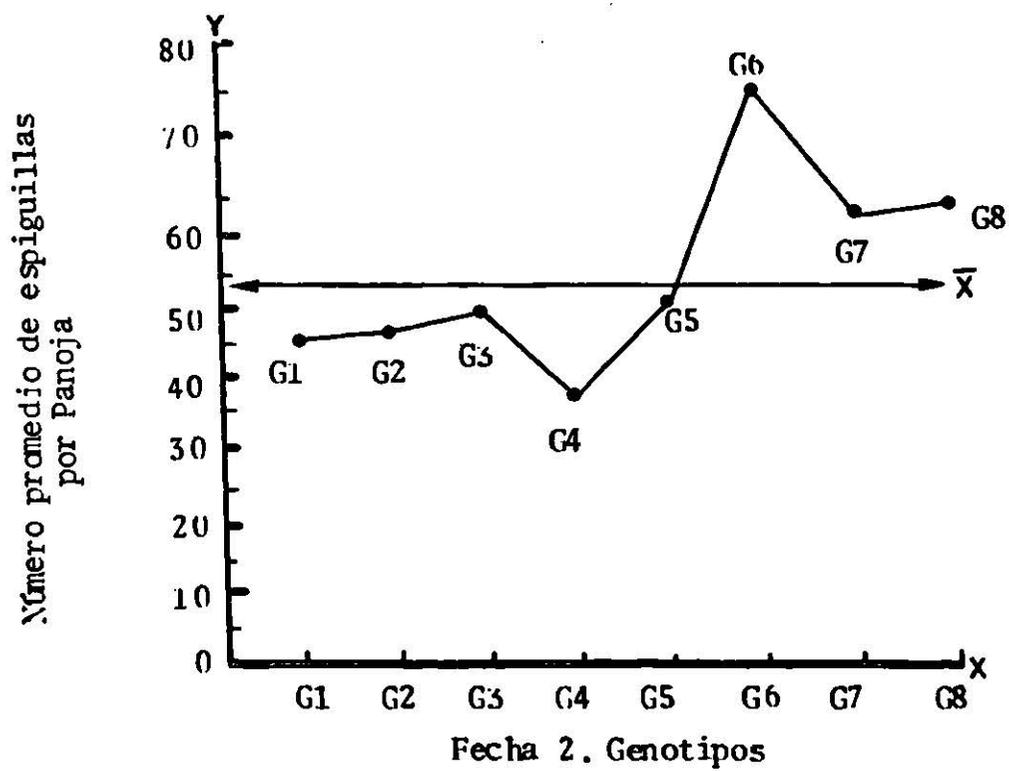
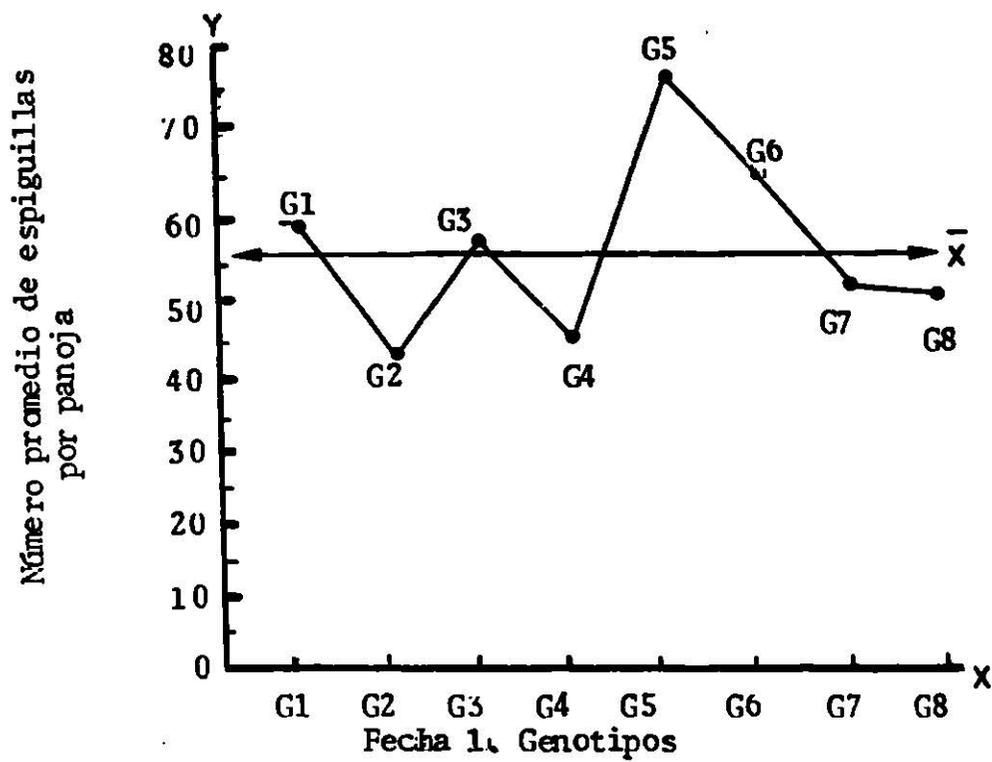
X. APENDICE

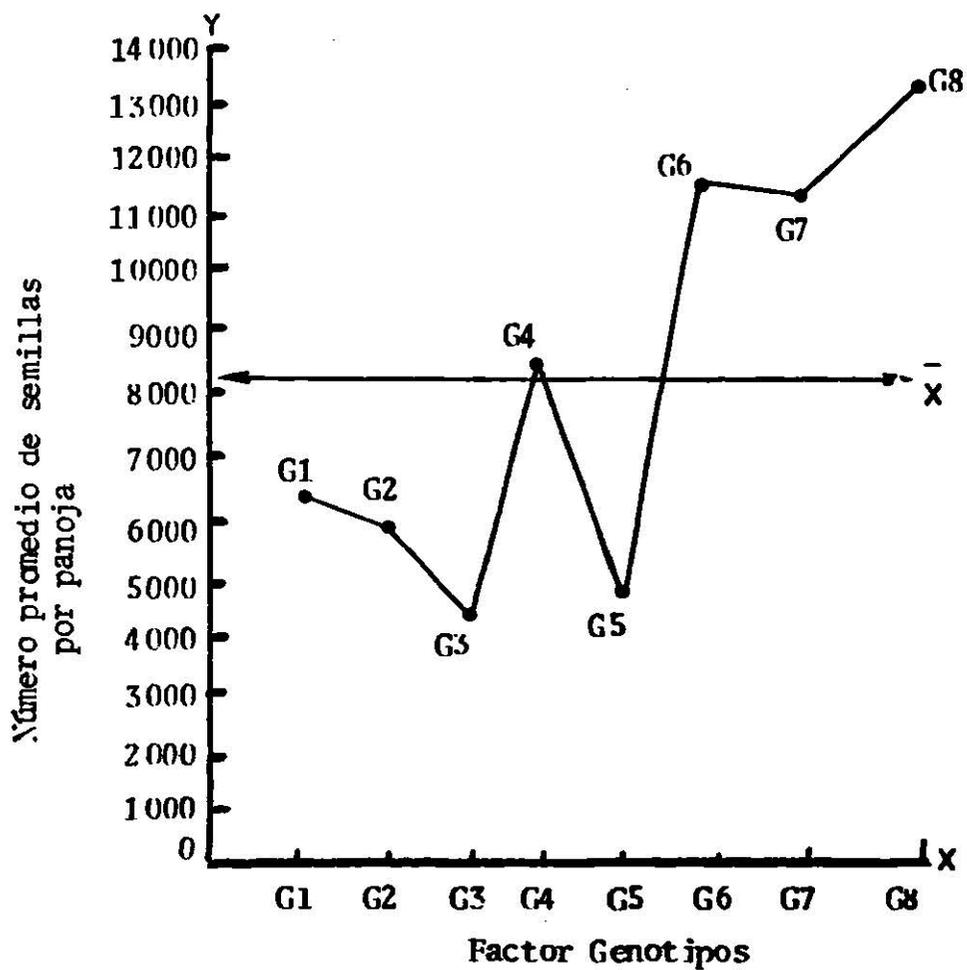
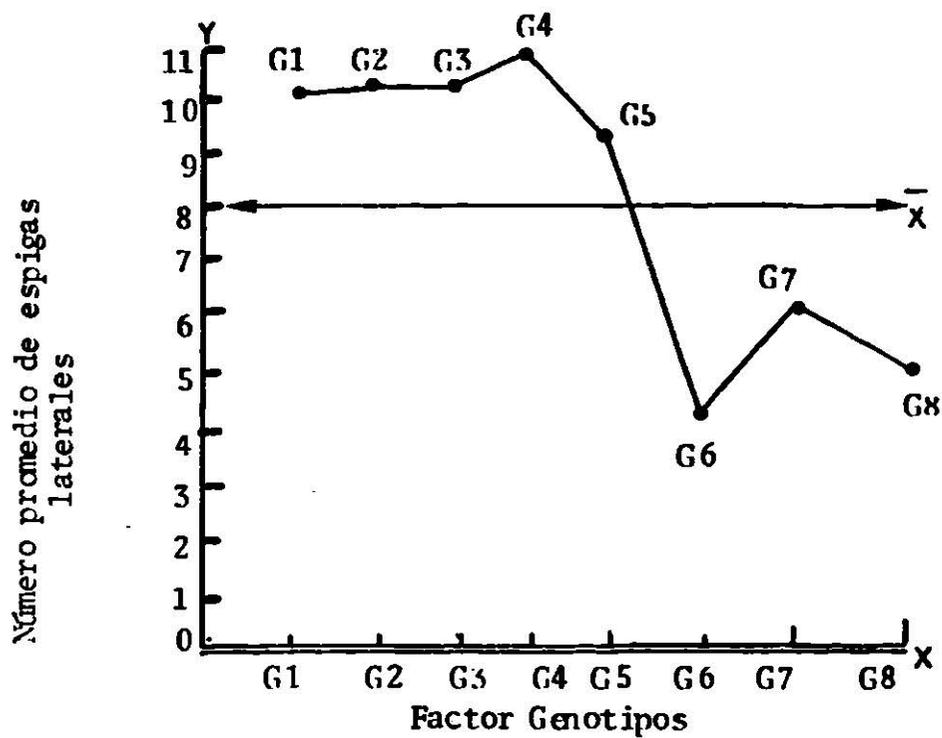
Gráficas

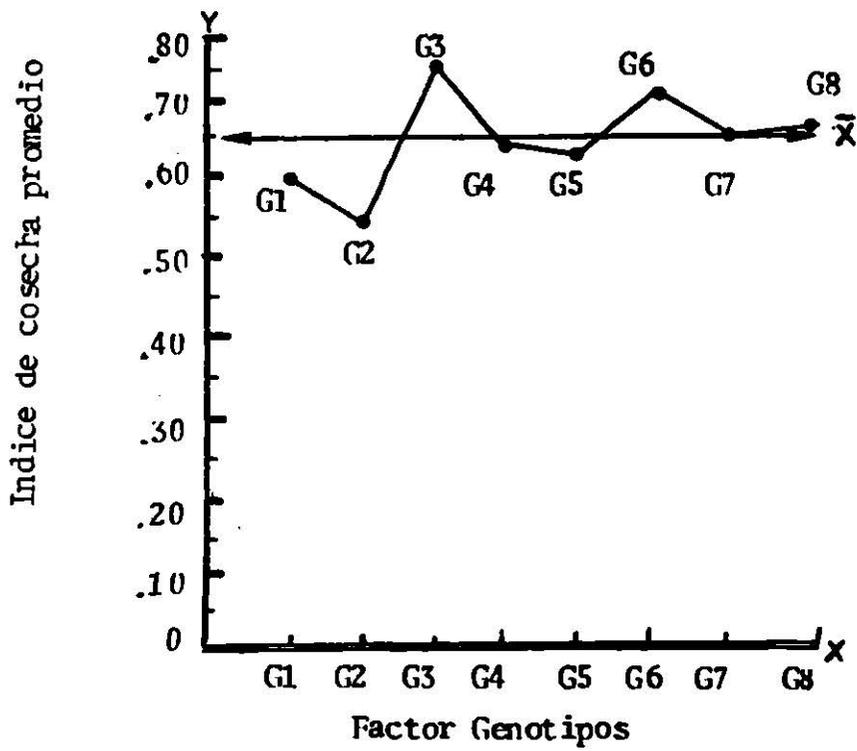
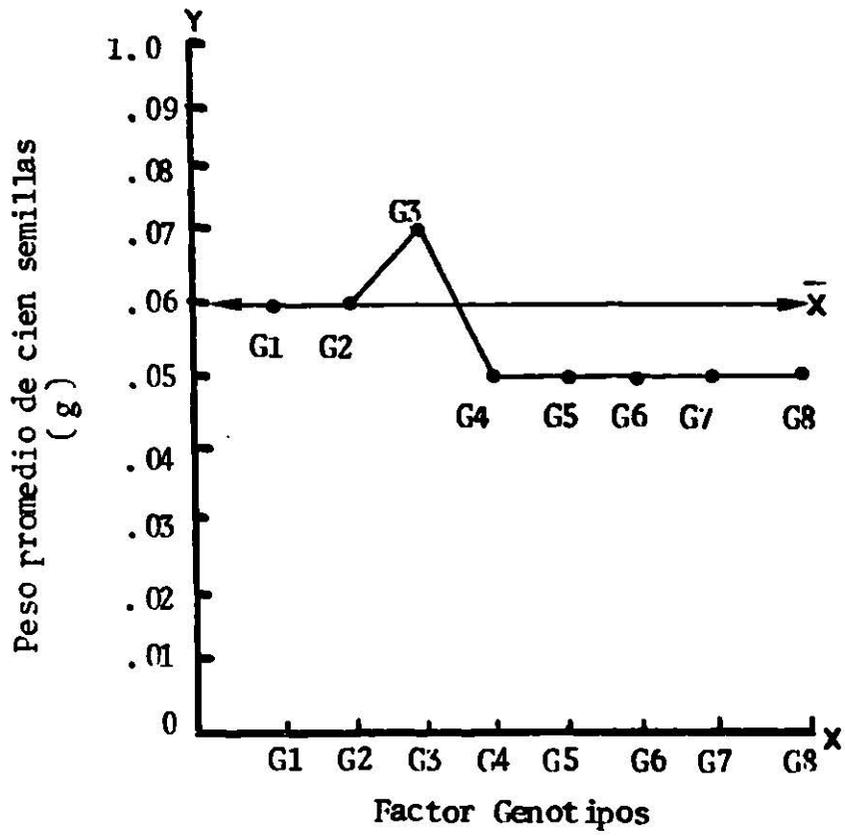


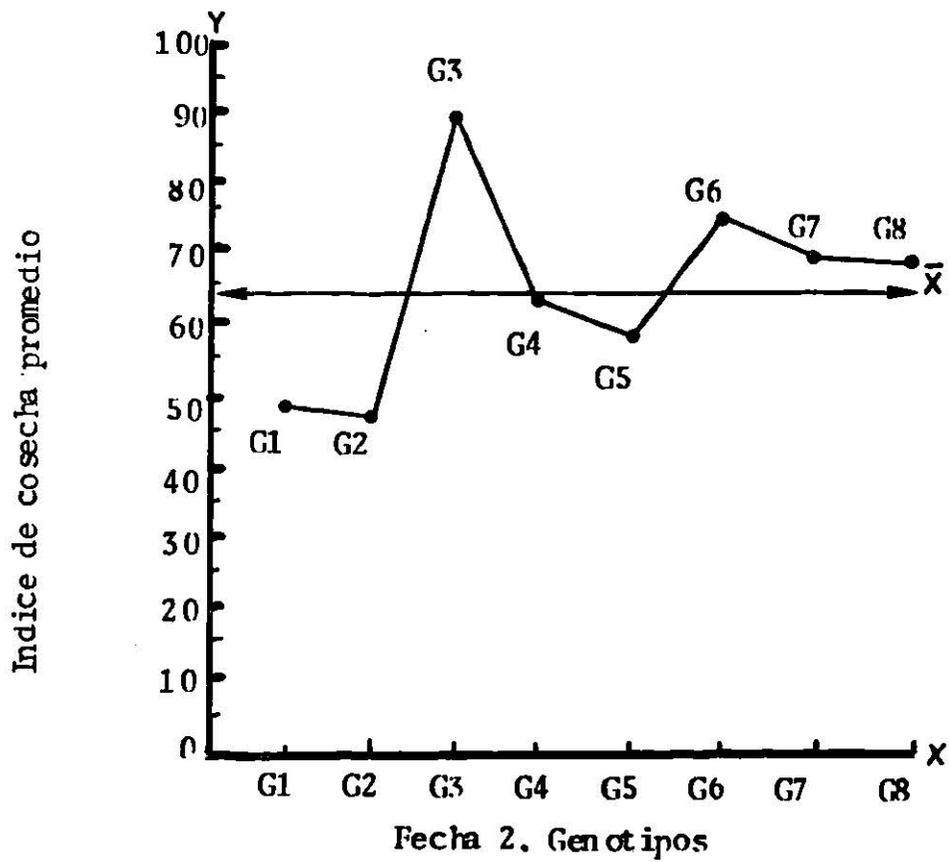
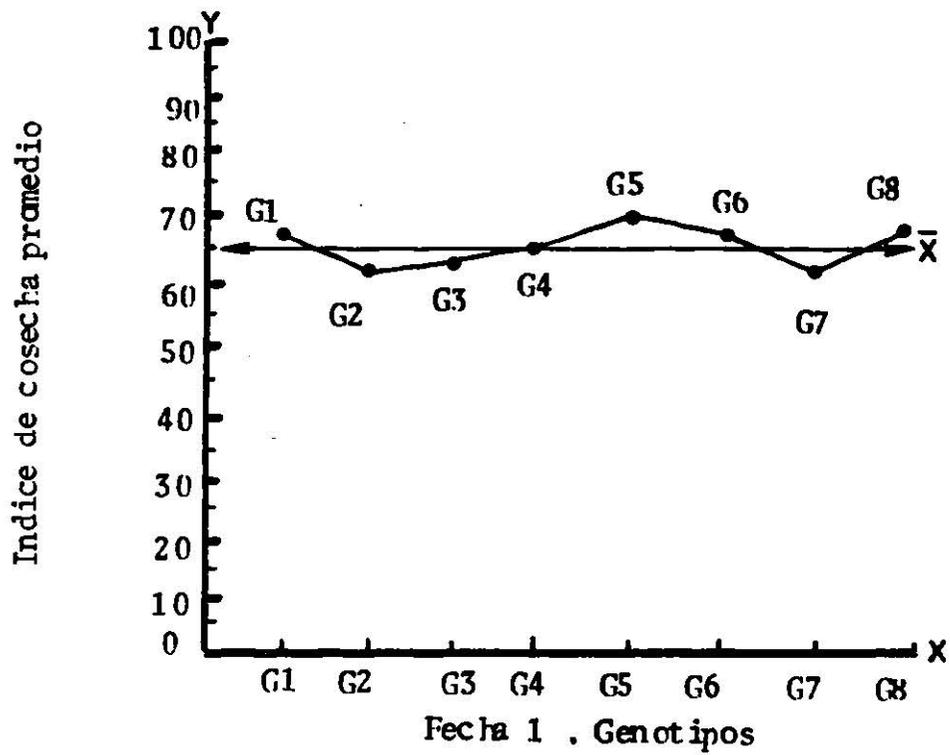


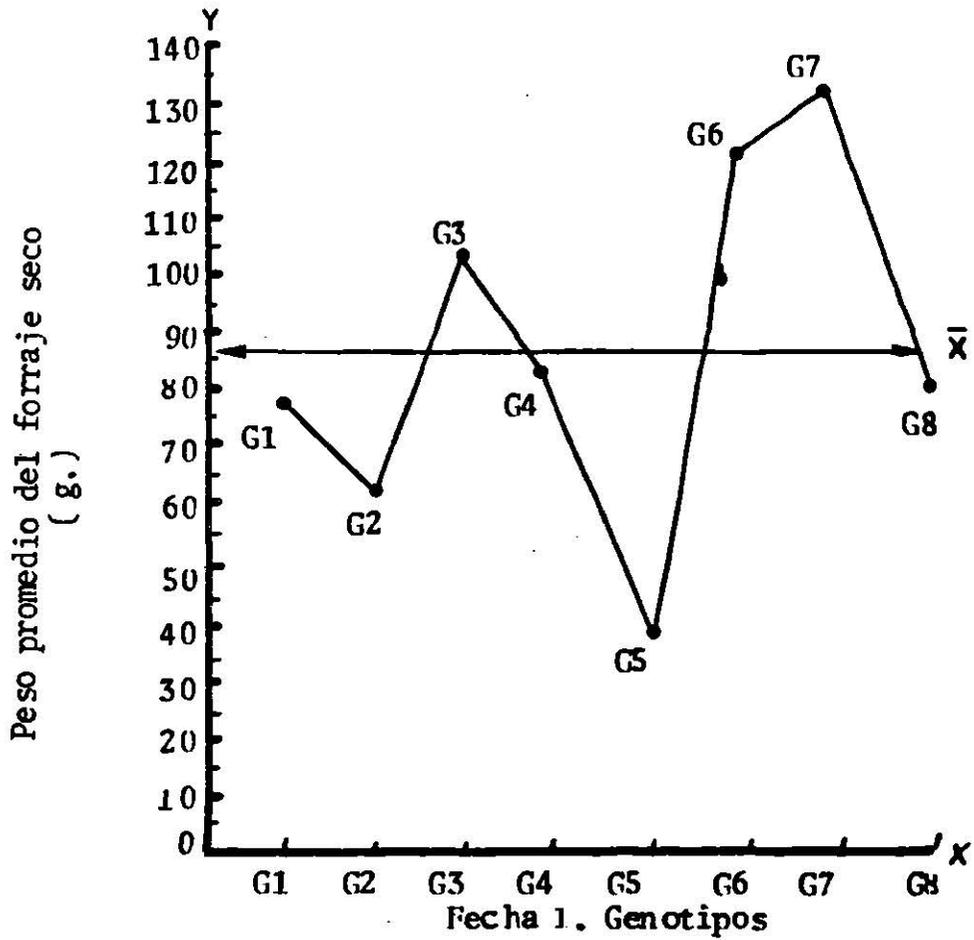
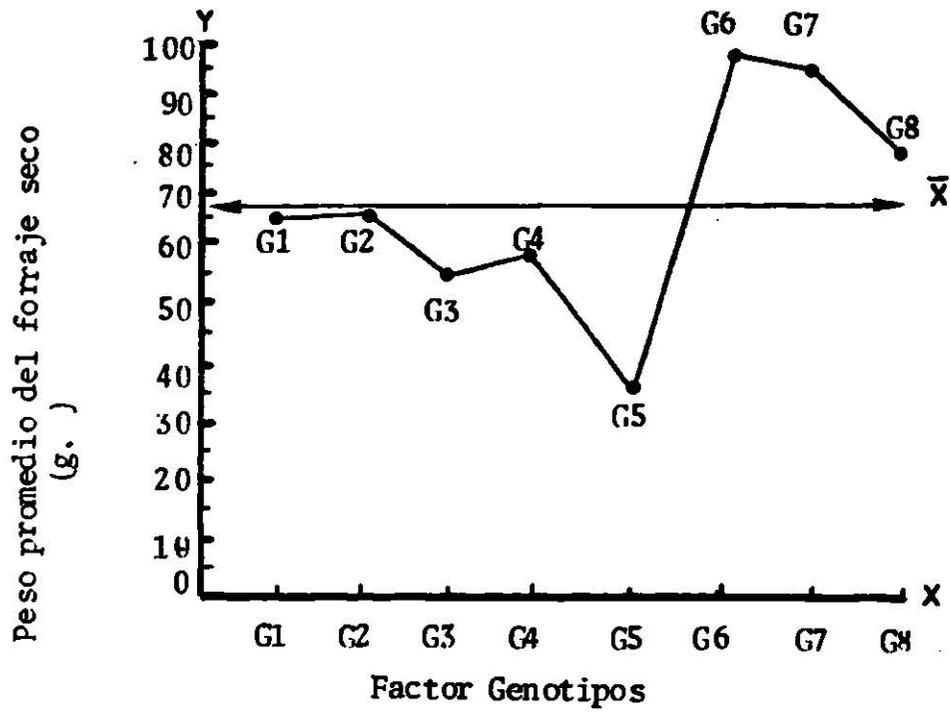


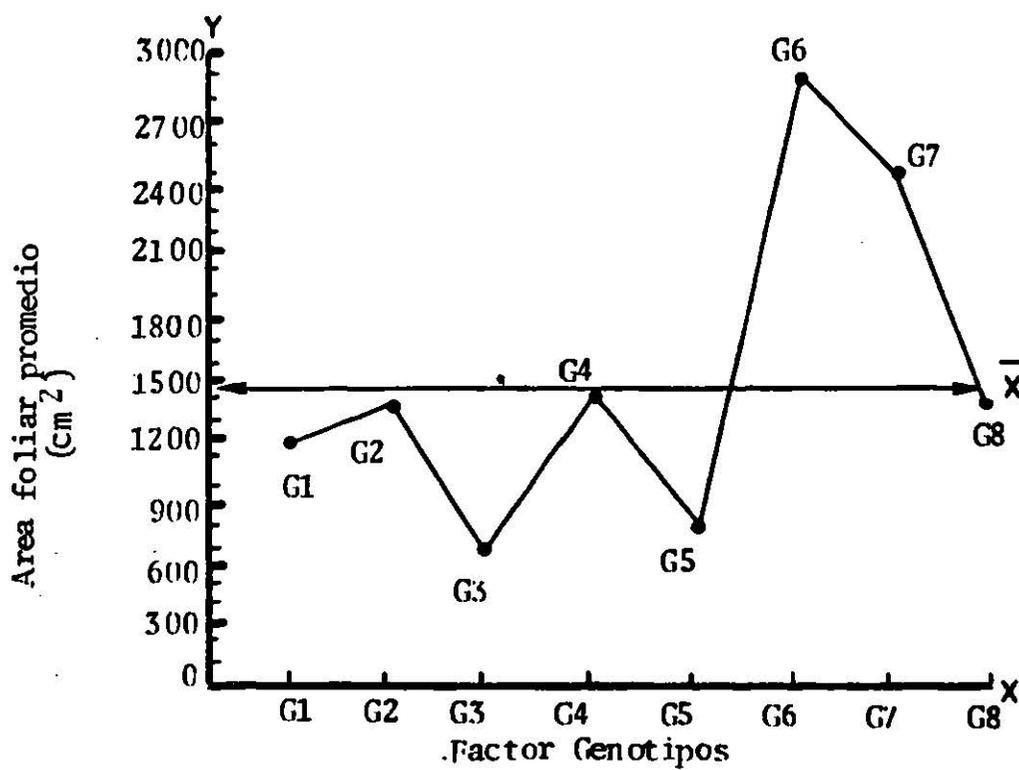
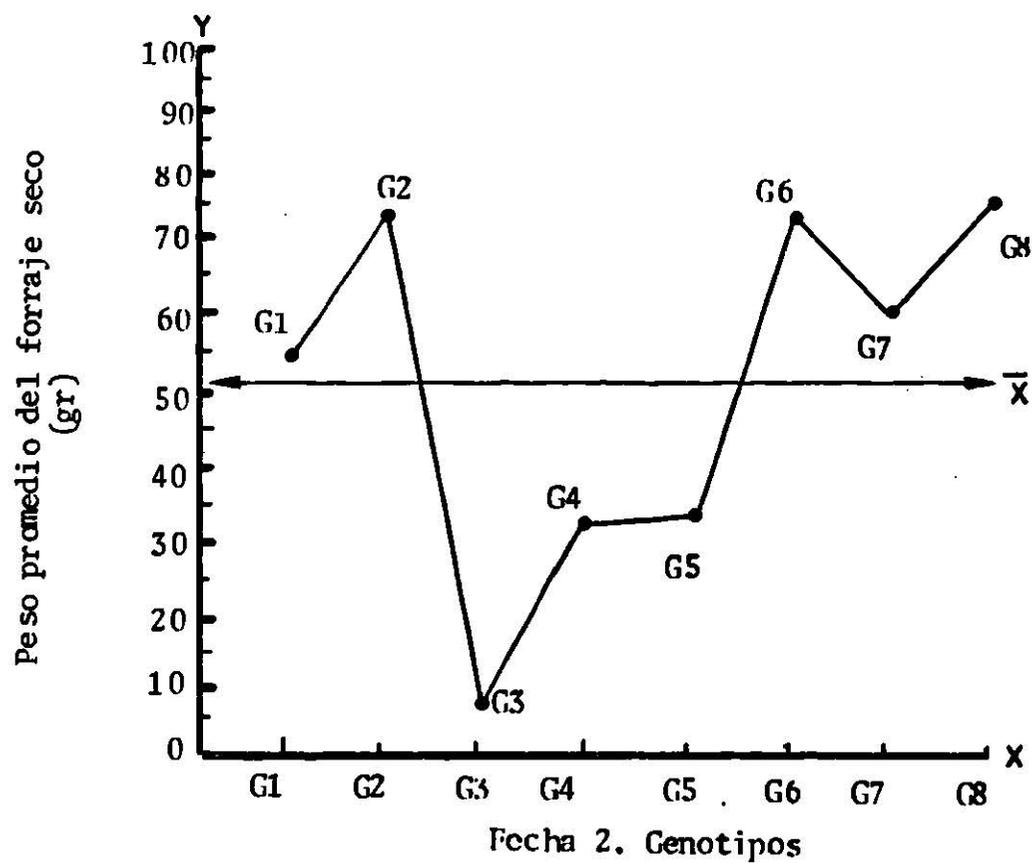


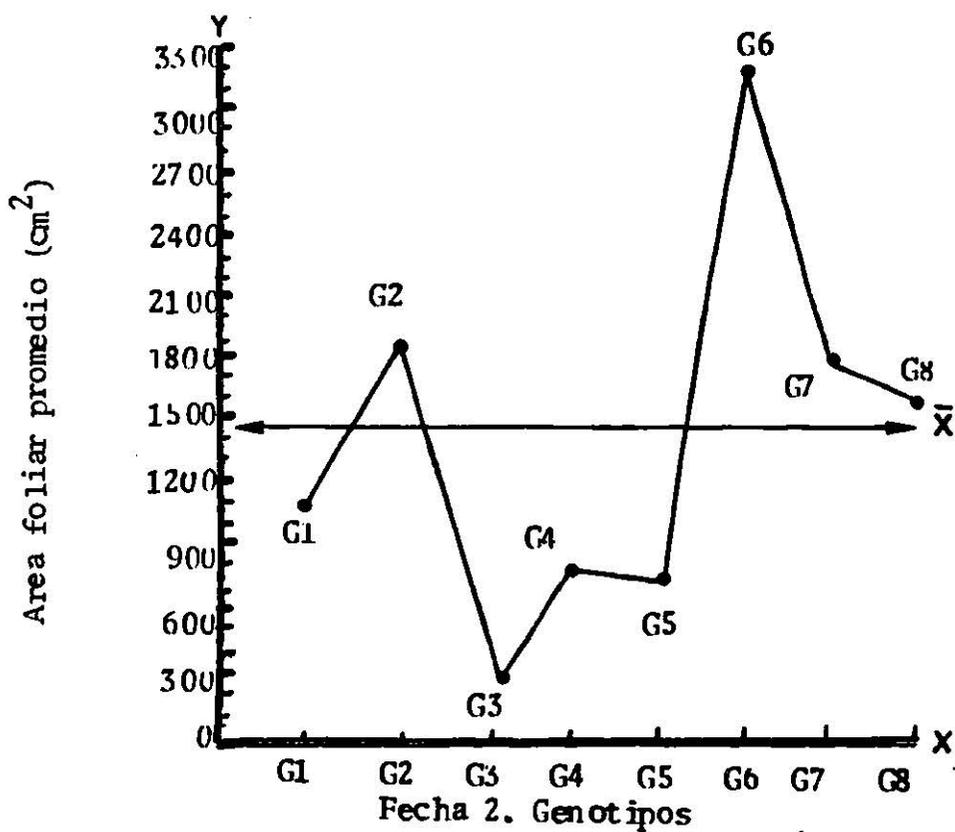
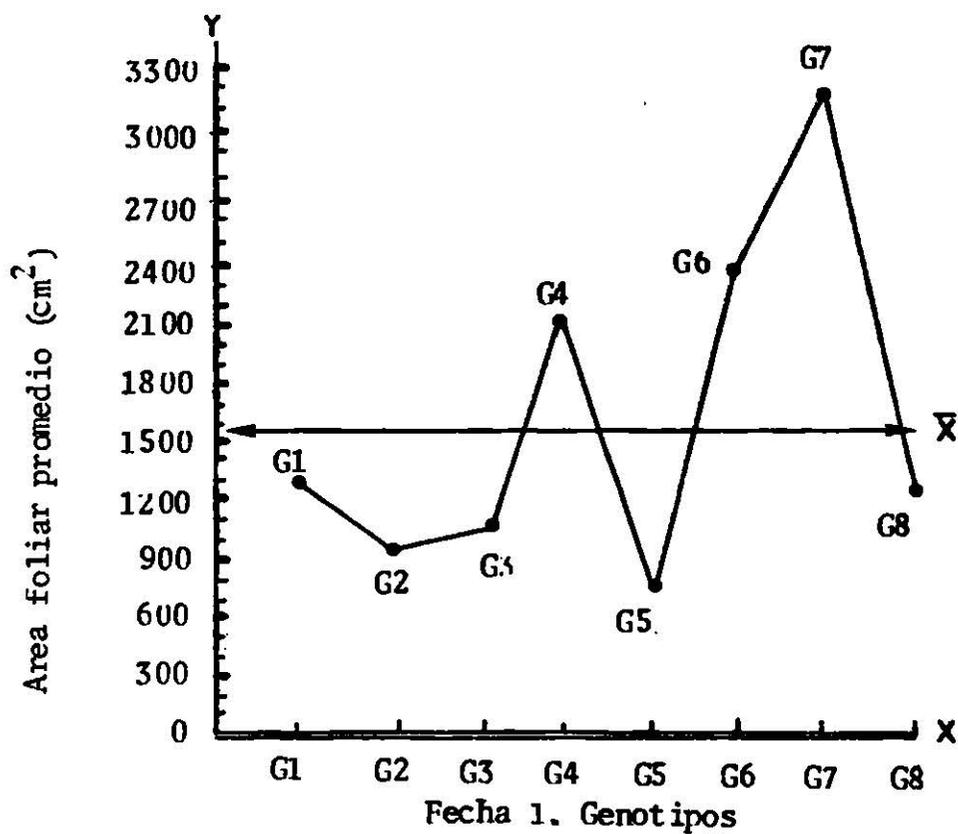


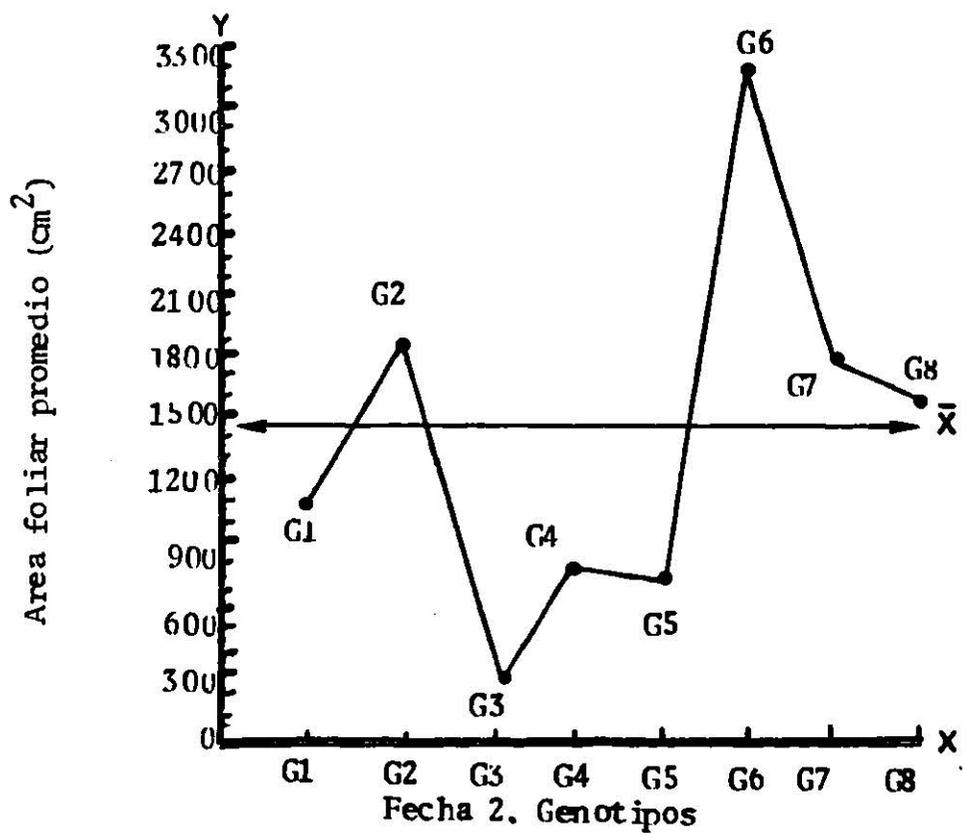
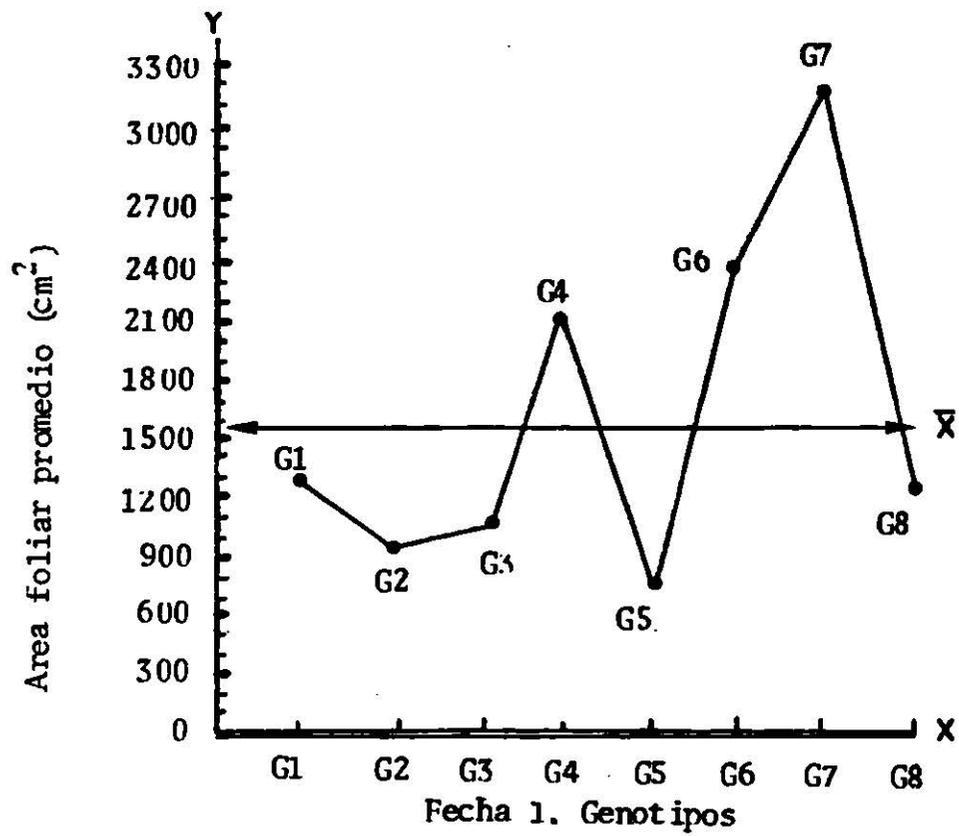


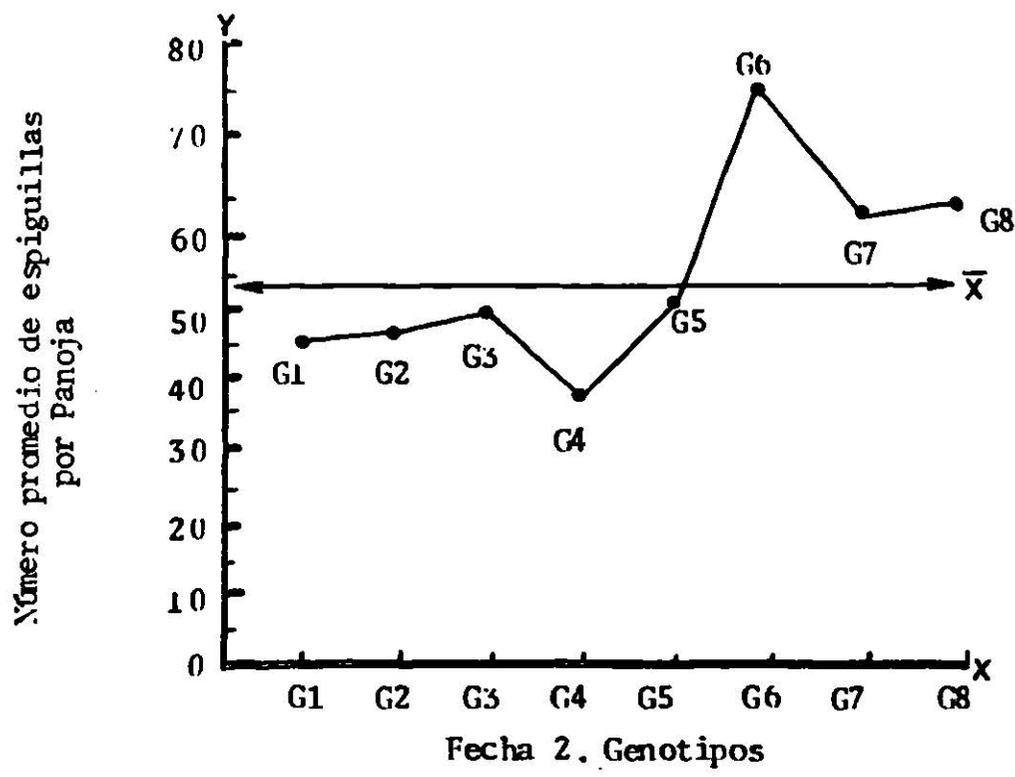
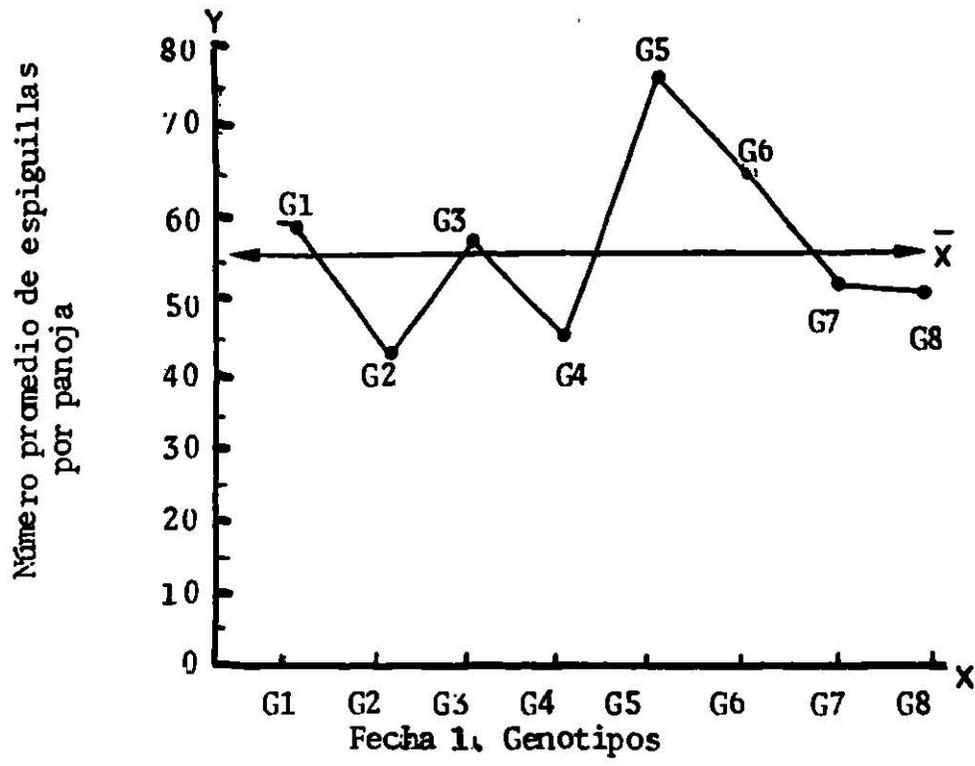












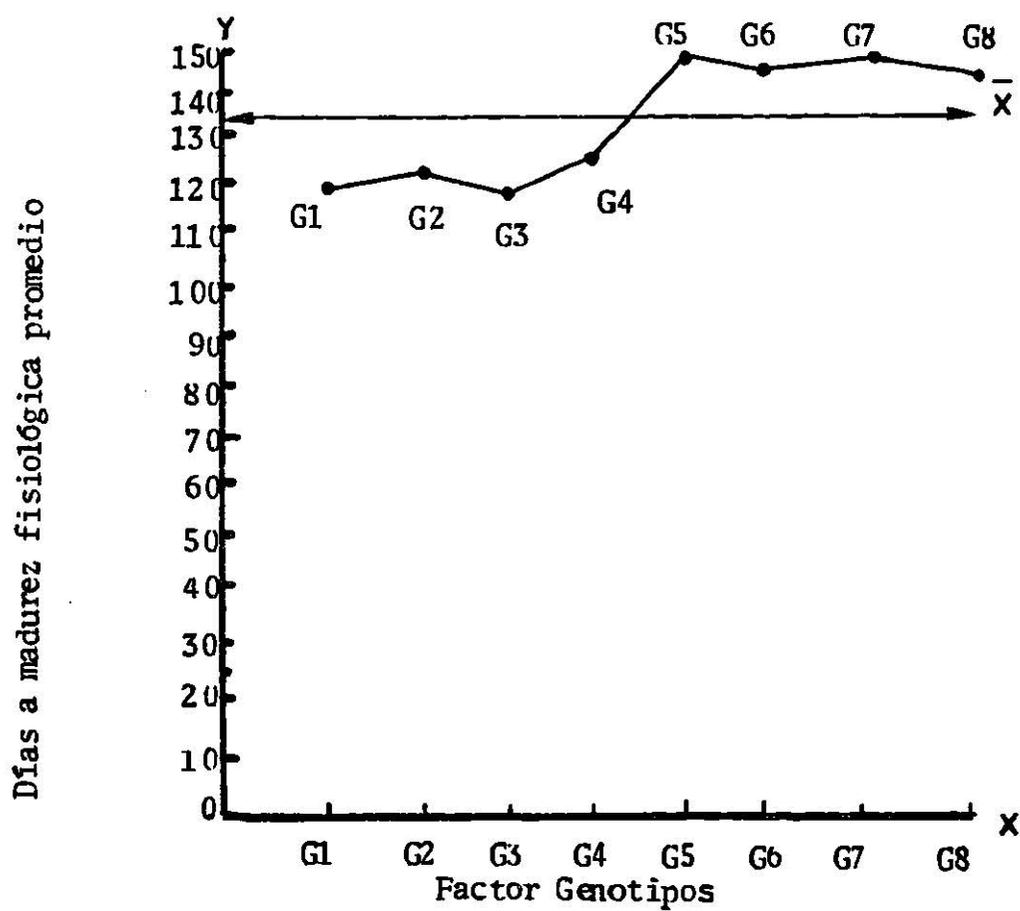
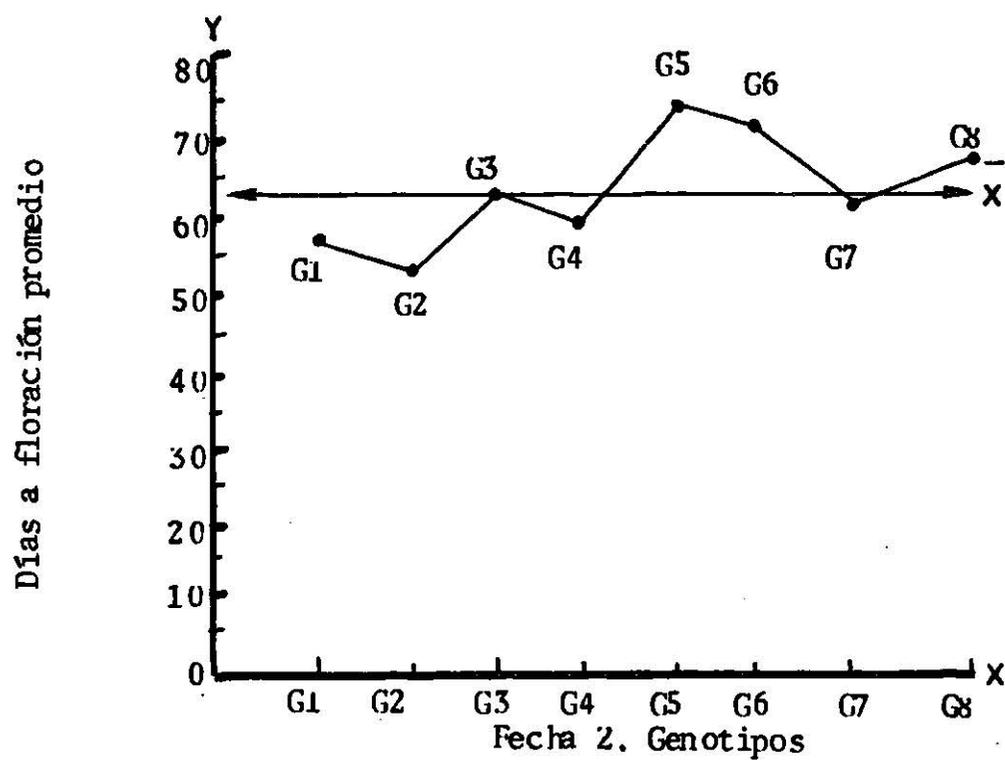


Tabla 1A. Resumen del ANVA de los resultados del experimento.
Estudio de la adaptación de 8 genotipos de *Amaranthus* spp. en 2 fechas de siembra bajo condiciones de riego en Marín, N.L. primavera-verano 1988.

| Variable | Fuentes de variación | Cuadrados medios | nivel de significancia | C.V. |
|----------------------------------|----------------------|------------------|------------------------|-------|
| Rendimiento de grano (gr.) | Factor A | 142884.000000 | N. S. | 2.36 |
| | Factor B | 31749.107422 | ** | 34.78 |
| | Interacción AB | 4067.821533 | N. S. | 34.78 |
| Altura de planta (cm) | Factor A | 4.000000 | N.S. | .02 |
| | Factor B | 2058.740967 | ** | 8.84 |
| | Interacción AB | 99.107140 | N.S. | 8.84 |
| Diámetro de tallo (cm) | Factor A | .013237 | N.S. | .08 |
| | Factor B | .188105 | ** | 11.42 |
| | Interacción AB | .026765 | N. S. | 11.42 |
| Número de hojas | Factor A | 7.562500 | N. S. | .09 |
| | Factor B | 199.383926 | ** | 16.66 |
| | Interacción AB | 51.741070 | N. S. | 16.66 |
| Longitud de panoja (cm) | Factor A | 534.765625 | N.S. | .65 |
| | Factor B | 77.694199 | ** | 11.56 |
| | Interacción AB | 37.801338 | N.S. | 11.56 |
| Número de espiguillas por panoja | Factor A | 40.640625 | N. S. | .11 |
| | Factor B | 723.283508 | ** | 16.92 |
| | Interacción AB | 379.890625 | ** | 16.92 |
| Número de espiguillas laterales | Factor A | 1.000000 | N. S. | .12 |
| | Factor B | 48.178570 | ** | 48.39 |
| | Interacción AB | 6.000000 | N. S. | 48.39 |
| Número de semillas por panoja | Factor A | 310561280.000000 | N. S. | 2.11 |
| | Factor B | 99330632.000000 | * | 75.72 |
| | Interacción AB | 72931696.000000 | N. S. | 75.72 |
| Peso de cien semillas (gr.) | Factor A | .000299 | N. S. | .31 |
| | Factor B | .000738 | N. S. | .50 |
| | Interacción AB | .000530 | N. S. | .42 |
| Índice de cosecha | Factor A | 2.093750 | N. S. | .02 |
| | Factor B | 368.513397 | ** | 14.13 |
| | Interacción AB | 463.125000 | ** | 14.13 |
| Peso seco del forraje (gr.) | Factor A | 20880.250000 | ** | 2.11 |
| | Factor B | 3481.848145 | ** | 12.30 |
| | Interacción AB | 2775.750000 | ** | 12.30 |
| Área foliar (cm ²) | Factor A | 566448.000000 | N.S. | .50 |
| | Factor B | 4430795.000000 | ** | 36.20 |
| | Interacción AB | 1540269.750000 | ** | 36.20 |
| Días a floración | Factor A | 37.515625 | ** | .10 |
| | Factor B | 457.051331 | ** | 4.91 |
| | Interacción AB | 99.979912 | ** | 4.91 |
| Días a madurez fisiológica | Factor A | 3306.250000 | N. S. | .43 |
| | Factor B | 1622.321411 | ** | 13.24 |
| | Interacción AB | 135.892853 | N. S. | 13.24 |

Factor A: Fechas de siembra
 Factor B: Genotipos de *Amaranthus* spp.
 Interacción AB: Genotipos-Fechas
 N.S. = No significativo
 ** = Altamente significativo
 * = Significativo

Tabla 2A. Comparación de medias para la variable altura de planta, considerada en el estudio de la adaptación de 8 genotipos de Amaranthus spp. en 2 fechas de siembra, bajo condiciones de riego en Marín, N.L. primavera-verano 1988.

| Genotipos | medias |
|-----------|-------------|
| 6 | 130.6250 A |
| 5 | 122.6250 A |
| 7 | 121.5000 A |
| 8 | 113.6250 AB |
| 4 | 102.3750 BC |
| 2 | 94.5000 C |
| 1 | 90.1250 C |
| 3 | 89.8750 C |

Factor genotipos (B)

Tabla 3A. Prueba de medias para diámetro de tallo en el trabajo estudio de la adaptación de 8 genotipos de Amaranthus spp. en 2 fechas de siembra, bajo condiciones de riego en Marín, N.L. primavera-verano 1988.

| Genotipos | medias |
|-----------|-----------|
| 6 | 1.5287 A |
| 7 | 1.4200 A |
| 8 | 1.3613 AP |
| 5 | 1.2663 AR |
| 4 | 1.2550 AB |
| 2 | 1.1350 B |
| 1 | 1.1200 B |
| 3 | 1.1087 B |

Factor genotipos

Tabla 4A. Prueba de medias en la variable número de hojas del estudio de la adaptación de 8 genotipos de Amaranthus spp. en 2 fechas de siembra, bajo condiciones de riego en Marín, N.L. primavera-verano 1988.

| Genotipos | Medias |
|------------------|------------|
| 5 | 36.8750 A |
| 7 | 34.1250 A |
| 6 | 33.3750 A |
| 3 | 28.6250 AB |
| 8 | 28.5000 AB |
| 4 | 28.3750 AB |
| 2 | 23.8750 B |
| 1 | 22.5000 B |
| Factor genotipos | |

Tabla 5A. Análisis de medias considerando la variable longitud de panoja en el experimento estudio de la adaptación de 8 genotipos de Amaranthus spp. en 2 fechas de siembra, bajo condiciones de riego en Marín, N.L. primavera-verano 1988.

| Genotipos | Medias |
|----------------------|------------|
| 4 | 42.3780 A |
| 1 | 37.1250 AB |
| 2 | 36.8750 AB |
| 3 | 35.7500 AB |
| 8 | 34.1250 B |
| 5 | 33.6250 B |
| 7 | 33.1250 B |
| 6 | 33.1250 B |
| Factor genotipos (B) | |

Tabla 6A. Pruebas de medias de la variable número de espiguillas por panoja del estudio de la adaptación de 8 genotipos de Amaranthus spp. en 2 fechas de siembra, bajo condiciones de riego en Marín, N.L. primavera-verano 1988.

| Genotipos | Medias |
|-----------|-------------|
| 6 | 69.5000 A |
| 5 | 64.3750 AB |
| 8 | 57.8750 ABC |
| 7 | 57.1250 ABC |
| 3 | 52.7500 ABC |
| 1 | 51.2500 BC |
| 2 | 45.0000 C |
| 4 | 40.7500 C |

Factor genotipos (B)

Tabla 7A. Comparación de medias para la variable número de espiguillas por panoja en la interacción (AB) del estudio de la adaptación de 8 genotipos de Amaranthus spp. en 2 fechas de siembra, bajo condiciones de riego en Marín, N.L. primavera-verano 1988.

| Fechas | Genotipo | Medias |
|---------|----------|-------------|
| Fecha 1 | 5 | 76.5000 A |
| | 6 | 64.5000 AB |
| | 1 | 57.7500 AB |
| | 3 | 57.0000 AB |
| | 7 | 51.5000 B |
| | 8 | 50.5000 B |
| | 4 | 44.5000 B |
| | 2 | 42.7500 B |
| Fecha 2 | 6 | 74.5000 A |
| | 8 | 65.2500 AB |
| | 7 | 62.7500 AB |
| | 5 | 52.2500 ABC |
| | 3 | 48.5000 BC |
| | 2 | 47.2500 BC |
| | 1 | 44.7500 BC |
| | 4 | 37.0000 C |

Interacción fechas-genotipos

Tabla 8A. Comparación de medias de la variable número de espigas laterales en el estudio de la adaptación de 8 genotipos de *Amaranthus* spp. en 2 fechas de siembra, bajo condiciones de riego en Marín, N.L. primavera-verano 1988.

| Genotipos | Medias |
|-----------|-----------|
| 4 | 10.5000 A |
| 3 | 9.8750 A |
| 2 | 9.7500 A |
| 1 | 9.5000 A |
| 5 | 9.3750 A |
| 7 | 5.8750 A |
| 8 | 5.2500 A |
| 6 | 4.3750 A |

Factor genotipos

Tabla 9A. Comparación de medias para la variable número de semillas por panoja en el estudio de la adaptación de 8 genotipos de *Amaranthus* spp. en 2 fechas de siembra, bajo condiciones de riego en Marín, N.L. primavera-verano 1988.

| Genotipos | Medias |
|-----------|--------------|
| 8 | 13295.3750 A |
| 7 | 11583.0000 A |
| 4 | 8591.6250 A |
| 1 | 6140.7500 A |
| 2 | 5945.0000 A |
| 5 | 4866.8750 A |
| 3 | 4235.5000 A |
| 6 | 1847.3750 A |

Factor genotipos

Tabla 10A. Prueba de medias en la variable índice de cosecha del experimento estudio de la adaptación de 8 genotipos - de Amaranthus spp. en 2 fechas de siembra, bajo condiciones de riego en Marín, N.L. primavera-verano 1988.

| Genotipos | Medias |
|-----------|-------------|
| 3 | .75 4225 A |
| 6 | .70 5113 AB |
| 8 | .67 2137 AB |
| 7 | .64 9600 AB |
| 4 | .64 3450 AB |
| 5 | .62 8712 AB |
| 1 | .57 6225 B |
| 2 | .54 0313 B |

Factor genotipos

Tabla 11A. Análisis de medias para la interacción (AB) en la variable índice de cosecha en el estudio de la adaptación de 8 genotipos de Amaranthus spp. en 2 fechas de siembra, bajo condiciones de riego en Marín, N.L. primavera-verano 1988.

| Fechas | Genotipos | Medias |
|---------|-----------|--------------|
| Fecha 1 | 5 | .69 6950 A |
| | 1 | .66 9175 A |
| | 6 | .66 5425 A |
| | 8 | .66 1750 A |
| | 4 | .65 3050 A |
| | 3 | .61 6900 A |
| | 2 | .61 1375 A |
| | 7 | .60 9975 A |
| Fecha 2 | 3 | .89 1550 A |
| | 6 | .74 4800 AB |
| | 7 | .68 9225 ABC |
| | 8 | .68 2525 ABC |
| | 2 | .63 3850 BC |
| | 5 | .56 0475 BC |
| | 1 | .48 3275 C |
| | 2 | .46 9250 |

Interacción fechas-genotipos

Tabla 12A. Análisis de medias para la variable peso seco del forraje considerando el factor fechas del experimento- estudio de la adaptación de 8 genotipos de Amaranthus spp. en 2 fechas de siembra, bajo condiciones de riego en Marín, N.L. primavera-verano 1988.

| Fechas | Medias |
|--------|-------------|
| 1 | 86.593750 A |
| 2 | 50.468750 B |

Factor Fechas

Tabla 12A. Comparación de medias en la variable peso seco del forraje estimada en este experimento. Estudio de la adaptación de 8 genotipos de Amaranthus spp. en 2 fechas de siembra, bajo condiciones de riego en Marín, N.L. primavera-verano 1988.

| Genotipos | Medias |
|-----------|------------|
| 6 | 97.2500 A |
| 7 | 94.7500 A |
| 8 | 77.3750 B |
| 2 | 67.1250 BC |
| 1 | 65.5000 BC |
| 4 | 56.6250 C |
| 3 | 54.2500 C |
| 5 | 35.3750 D |

Factor genotipos

Tabla 14A. Prueba de medias para la interacción (AB) de la variable peso seco del forraje. Estudio de la adaptación de 8 genotipos de *Amaranthus* spp. en 2 fechas de siembra, bajo condiciones de riego en Marín, N.L. primavera-verano 1988.

| Fecha | Genotipos | Medias |
|------------------------------|-----------|-------------|
| Fecha 1 | 7 | 130.7500 A |
| | 6 | 120.5000 AB |
| | 3 | 102.7500 BC |
| | 4 | 82.0000 CD |
| | 8 | 79.7500 D |
| | 1 | 77.7500 D |
| | 2 | 60.7500 D |
| | 5 | 38.5000 D |
| Fecha 2 | 8 | 75.0000 A |
| | 6 | 74.0000 A |
| | 2 | 73.5000 A |
| | 7 | 58.7500 A |
| | 1 | 53.2500 AB |
| | 5 | 32.2500 B |
| | 4 | 31.2500 B |
| | 3 | 5.7500 C |
| Interacción fechas-genotipos | | |

Tabla 15A. Comparación de medias para la variable área foliar - considerando el factor fechas del estudio de la adaptación de 8 genotipos de *Amaranthus* spp. en 2 fechas de siembra, bajo condiciones de riego en Marín, N.L. primavera-verano 1988.

| Fechas | Medias |
|---------------|----------|
| 1 | 15 91.87 |
| 2 | 14 03.72 |
| Factor Fechas | |

Tabla 16A. Comparación de medias de la variable área foliar del estudio de la adaptación de 8 genotipos de Amaranthus spp. en 2 fechas de siembra, bajo condiciones de riego en Marín, N.L. primavera-verano 1988.

| Genotipos | Medias |
|-----------|-----------|
| 6 | 2748.29 A |
| 7 | 2458.31 A |
| 4 | 1421.00 B |
| 8 | 1399.24 B |
| 2 | 1384.26 B |
| 1 | 1144.93 B |
| 5 | 769.50 P |
| 3 | 656.84 B |

Factor genotipos

Tabla 17A. Prueba de medias para la interacción (AB) en la variable área foliar del estudio de la adaptación de 8 genotipos de Amaranthus spp. en 2 fechas de siembra, bajo condiciones de riego en Marín, N.L. primavera-verano 1988.

| Fechas | Genotipos | Medias |
|---------|-----------|------------|
| Fecha 1 | 7 | 3120.06 A |
| | 6 | 2314.12 A |
| | 4 | 2075.73 A |
| | 8 | 1222.85 A |
| | 1 | 1201.38 A |
| | 3 | 1049.18 A |
| | 2 | 975.97 A |
| | 5 | 785.69 A |
| Fecha 2 | 6 | 3182.45 A |
| | 2 | 1802.54 AB |
| | 7 | 1796.56 AP |
| | 8 | 1575.63 BC |
| | 1 | 1088.47 BC |
| | 4 | 766.26 BC |
| | 5 | 753.31 BC |
| | 3 | 264.71 C |

Interacción fechas-genotipos

Tabla 18A. Análisis de medias en la variable días a floración -- considerando el factor fechas del estudio de la adaptación de 8 genotipos de *Amaranthus* spp. en 2 fechas de siembra, bajo condiciones de riego en Marín, N.L. - primavera-verano 1988.

| Fechas | Medias |
|--------|--------|
| 1 | 65 |
| 2 | 63 |

Factor Fechas

Tabla 19A. Análisis de medias para la variable días a floración del estudio de la adaptación de 8 genotipos de *Amaranthus* spp. en 2 fechas de siembra, bajo condiciones de riego en Marín, N.L. primavera- verano 1988.

| Genotipos | Medias |
|-----------|---------|
| 5 | 74.25 A |
| 6 | 73.63 A |
| 8 | 66.50 B |
| 4 | 66.25 B |
| 7 | 59.13 C |
| 1 | 58.25 C |
| 3 | 58.13 C |
| 2 | 54.00 C |

Factor genotipos

Tabla 20A. Prueba de medias sobre la interacción (AB) en la variable días a floración del estudio de la adaptación de 8 genotipos de Amaranthus spp. en 2 fechas de siembra, bajo condiciones de riego en Marín, N.L. primavera-verano 1988.

| Fechas | Genotipos | Medias |
|---------|-----------|-----------|
| Fecha 1 | 6 | 75.25 A |
| | 5 | 75.00 A |
| | 4 | 73.75 AB |
| | 8 | 66.00 BC |
| | 1 | 60.50 CD |
| | 7 | 57.50 D |
| | 2 | 55.00 D |
| | 3 | 53.25 D |
| Fecha 2 | 5 | 73.50 A |
| | 6 | 72.00 A |
| | 8 | 67.00 AB |
| | 3 | 63.00 BC |
| | 7 | 60.75 BCD |
| | 4 | 58.75 BCD |
| | 1 | 56.00 CD |
| | 2 | 53.00 D |

Interacción fechas-genotipos

Tabla 21A. Comparación de medias para la variable días a madurez fisiológica. Estudio de la adaptación de 8 genotipos de Amaranthus spp. en 2 fechas de siembra, bajo condiciones de riego en Marín, N.L. primavera-verano 1988.

| Genotipos | Medias |
|-----------|----------|
| 5 | 149.13 A |
| 7 | 148.38 A |
| 6 | 146.00 A |
| 8 | 143.25 A |
| 4 | 123.75 A |
| 2 | 121.00 A |
| 1 | 119.38 A |
| 3 | 117.70 A |

Factor genotipos

