

1
2 y



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
"CUAUTITLAN"**



**EFEECTO DE LA DENSIDAD DE POBLACION
Y NIVELES DE FERTILIZACION SOBRE EL
RENDIMIENTO DE GRANO DE LA LINEA
153-5-3 DE AMARANTO (*Amaranthus
hypochondriacus* L.)**

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRICOLA
P R E S E N T A :
JOSE LIBRADO BALEON ROMERO

**DIRECTORES DE TESIS
M.C. JOSE LUIS ARELLANO VAZQUEZ
ING EDUARDO ESPITIA RANGEL**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

I N D I C E

| | PAGINA |
|---|--------|
| I. INTRODUCCION | 1 |
| 1.1. Objetivos e Hipótesis..... | 3 |
| II. REVISION DE LITERATURA | 5 |
| 2.1. Origen e Historia | 5 |
| 2.2. Taxonomía y Clasificación Botánica | 7 |
| 2.3. Especies | 9 |
| 2.4. Genética | 11 |
| 2.5. Adaptación y Requerimientos Climáticos | 14 |
| 2.5.1. Características Fisiológicas | 14 |
| 2.5.2. Altitud | 15 |
| 2.5.3. Requerimientos Hídricos | 16 |
| 2.5.4. Suelo | 17 |
| 2.6. Fertilización y Densidad de Población | 18 |
| 2.7. Valor Nutritivo de Semillas y Hojas | 22 |
| 2.7.1. Semillas | 22 |
| 2.7.2. Hojas | 26 |
| 2.8. Zonas Productoras de México | 28 |
| 2.9. Rendimiento | 29 |
| III. MATERIALES Y METODOS | 32 |
| 3.1. Localización del Area Experimental | 32 |
| 3.2. Vegetación | 32 |
| 3.3. Clima | 32 |
| 3.4. Material Genético | 33 |
| 3.5. Preparación del Terreno | 33 |
| 3.6. Diseño Experimental | 33 |
| 3.7. Unidad Experimental | 38 |
| 3.8. Forma y Fecha de Siembra | 38 |
| 3.9. Fertilización | 38 |
| 3.10. Labores Culturales | 39 |
| 3.10.1. Nivelación | 39 |
| 3.10.2. Escarda | 39 |
| 3.10.3. Aclareo | 39 |
| 3.10.4. Aporque | 40 |
| 3.11. Plagas y Enfermedades | 40 |
| 3.11.1. Plagas | 40 |
| 3.11.2. Enfermedades | 41 |
| 3.12. Parámetros Evaluados | 41 |
| 3.13. Observaciones y Registro de Datos | 42 |
| 3.14. Análisis Estadístico de Datos | 43 |
| 3.15. Cosecha | 43 |
| 3.16. Análisis de Suelos | 44 |
| 3.17. Datos Termopluviométricos | 44 |
| IV. RESULTADOS Y DISCUSION | 46 |

| | PAGINA |
|---|--------|
| Rendimiento de grano | 46 |
| Rendimiento Biológico | 50 |
| Peso de Mil Semillas | 53 |
| Contenido de Proteína en el Grano | 56 |
| Índice de Cosecha | 59 |
| Altura de Planta | 62 |
| Diámetro del Tallo | 65 |
| Diámetro de Panoja | 69 |
| V. CONCLUSIONES | 75 |
| VI. RECOMENDACIONES | 77 |
| VII. BIBLIOGRAFIA | 78 |
| APENDICE | 92 |

INDICE DE FIGURAS

| | | PAGINA |
|--------|--|--------|
| FIGURA | 1. ANALISIS BIOQUIMICO DEL GRANO DE AMARANTO | 23 |
| FIGURA | 2. DISEÑO DE TRATAMIENTOS DE LA MATRIZ PLAN PUEBLA II CON SUS PROLONGACIONES | 35 |
| FIGURA | 3. RESPUESTA DE LA VARIABLE RENDIMIENTO DE GRANO DE AMARANTO A VARIOS TRATAMIENTOS DE FERTILIZACION Y DENSIDAD DE POBLACION | 48 |
| FIGURA | 4. RESPUESTA DE LA VARIABLE RENDIMIENTO BIOLOGICO DE AMARANTO A VARIOS TRATAMIENTOS DE FERTILIZACION Y DENSIDAD DE POBLACION | 51 |
| FIGURA | 5. RESPUESTA DE LA VARIABLE PESO DE MIL SEMILLAS DE AMARANTO A VARIOS TRATAMIENTOS DE FERTILIZACION Y DENSIDAD DE POBLACION | 54 |
| FIGURA | 6. RESPUESTA DE LA VARIABLE CONTENIDO PROTEINA EN GRANO DE AMARANTO A VARIOS TRATAMIENTOS DE FERTILIZACION Y DENSIDAD DE POBLACION | 57 |
| FIGURA | 7. RESPUESTA DE LA VARIABLE INDICE DE COSECHA DE AMARANTO A VARIOS TRATAMIENTOS DE FERTILIZACION Y DENSIDAD DE POBLACION | 60 |
| FIGURA | 8. RESPUESTA DE LA VARIABLE ALTURA DE PLANTA DE AMARANTO A VARIOS TRATAMIENTOS DE FERTILIZACION Y DENSIDAD DE POBLACION | 63 |
| FIGURA | 9. RESPUESTA DE LA VARIABLE DIAMETRO DEL TALLO DE AMARANTO A VARIOS TRATAMIENTOS DE FERTILIZACION Y DENSIDAD DE POBLACION | 67 |
| FIGURA | 10. RESPUESTA DE LA VARIABLE LONGITUD DE LA PANOJA DE AMARANTO A VARIOS TRATAMIENTOS DE FERTILIZACION Y DENSIDAD DE POBLACION | 70 |
| FIGURA | 11. RESPUESTA DE LA VARIABLE DIAMETRO DE LA PANOJA DE AMARANTO A VARIOS TRATAMIENTOS DE FERTILIZACION Y DENSIDAD DE POBLACION | 73 |
| FIGURA | 1a. DISTRIBUCION DE LA PRECIPITACION, EVAPORACION Y TEMPERATURA (máxima, media y mínima) MENSUAL, CICLO PRIMAVERA-VERANO DE 1988 | 93 |

INDICE DE CUADROS

PAGINA

| | | |
|------------|---|----|
| CUADRO 1. | EVALUACION PRELIMINAR DE LA LINEA 153-5-3 DE AMARANTO EN CUATRO LOCALIDADES DE LA MESA CENTRAL | 34 |
| CUADRO 2. | LISTA DE TRATAMIENTOS DE LA MATRIZ PLAN - PUEBLA II, CON PROLONGACIONES Y TRATAMIENTO ADICIONAL | 36 |
| CUADRO 3. | DISTRIBUCION DE LOS TRATAMIENTOS POR BLOQUE, MATRIZ PLAN PUEBLA II | 37 |
| CUADRO 4. | DISTRIBUCION DE LA PRECIPITACION, EVAPORACION Y TEMPERATURA (máxima, media y mínima) MENSUAL, CICLO PRIMAVERA VERANO 1988 | 45 |
| CUADRO 5. | PRUEBA DE TUCKEY PARA RENDIMIENTO DE GRANO | |
| CUADRO 6. | PRUEBA DE TUCKEY PARA RENDIMIENTO BIOLÓGICO | 52 |
| CUADRO 7. | PRUEBA DE TUCKEY PARA PESO DE 1000 SEMILLAS | 55 |
| CUADRO 8. | PRUEBA DE TUCKEY PARA CONTENIDO DE PROTEINA EN EL GRANO | 58 |
| CUADRO 9. | PRUEBA DE TUCKEY PARA INDICE DE COSECHA | 61 |
| CUADRO 10. | PRUEBA DE TUCKEY PARA ALTURA DE PLANTA | 64 |
| CUADRO 11. | PRUEBA DE TUCKEY PARA DIAMETRO DEL TALLO | 68 |
| CUADRO 12. | PRUEBA DE TUCKEY PARA LONGITUD DE LA PANOJA | 71 |
| CUADRO 13. | PRUEBA DE TUCKEY PARA DIAMETRO DE LA PANOJA | 74 |
| CUADRO 1a. | CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS DEL SUELO - DEL SITIO EXPERIMENTAL, SANTA LUCIA DE PRIAS 1988 | 94 |
| CUADRO 2a. | COMPORTAMIENTO DE LAS VARIABLES EVALUADAS EN AMARANTO, LINEA 153-5-3 SANTA LUCIA DE PRIAS, 1988 | 95 |
| CUADRO 3a. | ANALISIS DE VARIANZA PARA RENDIMIENTO DE GRANO DE AMARANTO, LINEA 153-5-3 | 96 |
| CUADRO 4a. | ANALISIS DE VARIANZA PARA RENDIMIENTO BIOLÓGICO DE AMARANTO, LINEA 153-5-3 | 96 |
| CUADRO 5a. | ANALISIS DE VARIANZA PARA PESO DE MIL SEMILLAS DE AMARANTO, LINEA 153-5-3 | 97 |
| CUADRO 6a. | ANALISIS DE VARIANZA DE EFECTOS FACTORIALES - PARA PESO DE MIL SEMILLAS DE AMARANTO, LINEA 153-5-3 | 97 |
| CUADRO 7a. | ANALISIS DE VARIANZA PARA CONTENIDO DE PROTEINA EN EL GRANO DE AMARANTO, LINEA 153-5-3 | 98 |

| | PAGINA |
|--|--------|
| CUADRO 8a. ANALISIS DE VARIANZA DE EFECTOS FACTORIALES PARA CONTENIDO DE PROTEINA EN EL GRANO DE AMARANTO, LINEA 153-5-3 | 98 |
| CUADRO 9a. ANALISIS DE VARIANZA PARA INDICE DE COSECHA DE AMARANTO, LINEA 153-5-3 | 99 |
| CUADRO 10a. ANALISIS DE VARIANZA PARA ALTURA DE PLANTA DE AMARANTO, LINEA 153-5-3 | 99 |
| CUADRO 11a. ANALISIS DE VARIANZA PARA DIAMETRO DEL TALLO DE AMARANTO, LINEA 153-5-3 | 100 |
| CUADRO 12a. ANALISIS DE VARIANZA PARA LONGITUD DE LA PANOJA DE AMARANTO, LINEA 153-5-3 | 100 |
| CUADRO 13a. ANALISIS DE VARIANZA PARA DIAMETRO DE LA PANOJA DE AMARANTO, LINEA 153-5-3 | 101 |

RESUMEN

Con el propósito de evaluar el comportamiento del amaranto (Línea -- 153-5-3-, tipo mercado) a diferentes niveles de fertilización y densidad de población, se planteó el presente estudio que se realizó bajo condiciones de temporal en terrenos del Campo Experimental Valle de México, en -- Coatlinchan, Estado de México.

El diseño experimental empleado fué una matriz Plan Puebla II con -- distribución en bloques al azar; que arrojó un total de 15 tratamientos, -- un tratamiento adicional (80-40-60-120) se incluyó para conocer hasta que punto la aplicación de potasio influye la expresión del cultivo. Los elementos nutritivos evaluados fueron nitrógeno y fósforo a niveles de 40 a -- 160 y 20 a 80 Kg/ha respectivamente, la densidad de población presentó niveles de 80 a 200 mil plantas/ha.

La evaluación de la respuesta del cultivo a los tratamientos empleados se realizó con base al rendimiento del grano, rendimiento biológico, -- peso de mil semillas, contenido de proteína en el grano, índice de cosecha, altura de planta, diámetro del tallo, longitud de la panoja y diámetro de la panoja. En los resultados obtenidos, no se detectó diferencia -- estadística para el rendimiento del grano, aún cuando se observó un aumento de 430 Kg, empleando la fórmula 120-60-00-160 respecto a la 00-00-00-- 120, lo que indica que de alguna manera, la fertilización conjugada con -- la densidad de población favorecieron este comportamiento.

En el rendimiento biológico aunque estadísticamente no se detectó diferencia estadística entre tratamientos, se registró un incremento de --- 1.24 Ton/ha con la aplicación del tratamiento 80-40-60-120 respecto a la fórmula aplicada de 00-00-00-120.

El análisis de varianza reportó diferencias significativas para peso de mil semillas y contenido de proteína en el grano. En el primer caso, - la variación obtenida fué de 772 a 890 mg con las fórmulas 00-00-00-120 y 40-40-00-120 respectivamente. El contenido de proteína en el grano varió de 16 a 21% cuando las fórmulas aplicadas fueron 80-40-60-120 y 00-00-00-120.

Los parámetros, índice de cosecha, altura de planta, diámetro del tallo longitud de la panoja y diámetro de la panoja, no manifestaron dife--rencias estadísticas entre tratamientos, lo que pudo ser consecuencia del descenso de temperatura (helada negra) que se presentó cuando el cultivo estaba en período de llenado de grano; afectando hoja y panojas, lo que - de alguna manera pudo reducir la expresión a los tratamientos en estudio.

I. INTRODUCCION

El incremento poblacional que se ha agudizado con el transcurso de los años, ha planteado una serie de interrogantes difíciles de resolver, entre estas, se encuentra la cada vez mayor escasez de alimentos y la ampliación del área urbana, que ha ocasionado que los terrenos con características favorables para la producción agrícola se transformen en zonas habitacionales.

La necesidad de alimentar a más familias, ha creado el deseo de incorporar al cultivo aquellos sitios que presentan problemas de erosión y/o escasa precipitación, donde el rendimiento de los cultivos tradicionales no es el adecuado.

Entre las especies que tienen un gran potencial para estas zonas, dadas sus características agronómicas y nutricionales está el amaranto que se adapta a una gran diversidad de ambientes, desde los 100 msnm a los 2800 msnm, (producto de su amplia base genética), presenta una elevada rusticidad y una alta tolerancia a la sequía, desarrollándose en condiciones de temporal aún con precipitaciones menores de 400 mm al año.

La historia de éste se remonta a la época prehispánica, en la cual para las culturas azteca e inca constituyó un alimento tan importante como el maíz y la chía. El proceso de aculturación al cual fueron sometidos los conquistados se tradujo en el abandono de las técnicas de producción de plantas que como el amaranto fueron elementos fundamentales en la alimentación de la población.

En la década de los sesentas el redescubrimiento del amaranto se da, al constatarse que el sistema alimentario internacional recafa en aproximadamente una docena de especies de las 250 000 conocidas.

Así mismo, se ha determinado que el amaranto es una planta que sigue una ruta fotosintética C_4 , que se caracteriza por una alta eficiencia en el uso del agua, un rápido crecimiento y altos requerimientos de nitrógeno.

Pero la importancia verdadera radica en su alto valor nutritivo, ya que contiene del 14 al 16% de proteína de excelente calidad, superior a la encontrada en la leche, en trigo (12-14%), arroz (7-10%), maíz (9-10%) y otros cereales ampliamente consumidos.

El balance de aminoácidos de la proteína encontrados en esta especie, es el más cercano a la proteína ideal recomendada por la F.A.O., la lisina presente en ella es aproximadamente el doble de la encontrada en trigo, tres veces más que el maíz y ligeramente superior a la encontrada en la leche.

Es así como con el paso del tiempo y gracias a sus amplias cualidades, el amaranto ha llegado a constituir un elemento importante socioeconómicamente en varios países, que como Estados Unidos, Perú, India, Nigeria y México, están desarrollando investigación tendiente a conocer cada vez mejor a esta especie.

En México uno de los factores que limita el rendimiento y desarrollo del amaranto, es la falta de variedades mejoradas, que permitan un rendimiento más alto y una disminución en los costos de producción mediante la mecanización del cultivo.

Con este fin, el presente estudio pretende generar información del comportamiento de la Línea 153-5-3 de Amaranthus hypochondriacus L., que ha exhibido buenas características agronómicas en los dos años anteriores de evaluación. Las pruebas, permitirán conocer que efecto tienen los niveles de población y fertilización de manera individual y conjugada sobre el rendimiento biológico y económico de la planta.

I. I. OBJETIVOS E HIPOTESIS

OBJETIVOS

1. Evaluar el efecto que los fertilizantes nitrogenados y fosforados -- tienen sobre el rendimiento de grano de amaranto.
2. Observar los efectos en el rendimiento económico y biológico al conjugarse la fertilización con nitrógeno y fósforo.
3. Determinar la respuesta del rendimiento económico y biológico al interactuar densidad de población y fertilización nitrogenada-fosfórica.

HIPOTESIS

1. La línea 153-5-3 responde satisfactoriamente a la fertilización con nitrógeno y fósforo.

2. Hay un efecto favorable en los componentes de rendimiento al conjugarse densidad de población y fertilización.

3. El rendimiento económico y biológico aumentan al ser mayor la Densidad de Población y fertilización con Nitrógeno y Fósforo.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1. Origen e Historia.

El origen del amaranto es confuso, diversos investigadores entre --- ellos De Candolle, 1883; Hooker, 19885; Ames, 1939; Vavilov, Darlington y Janki-Ammal, 1945 y Merrill 1950, coinciden en que el grano de amaranto, - ha sido cultivado en el Sur de Asia desde tiempos inmemoriales y que pro bablemente se originó en ése lugar. En otro estudio (Merril, 1954 mencio- nado por Singh 1961) se afirma que estos fueron introducidos a la India - desde el Brasil por los primeros viajeros portugueses despues del año --- 1500.

Ultimamente se ha determinado, que las especies para grano del géne- ro Amaranthus se ubica indiscutiblemente en el Continente Americano, don- de hojas y semillas eran utilizadas por los habitantes de América Prehis- tórica mucho antes del proceso de domesticación de estas plantas (Sauer, - 1950 y 1977).

Los restos arqueológicos localizados en los Valles de México, Tehua- cán y Oaxaca reportan la presencia de semillas de amaranto que datan de - 10 000 años a.C. hasta 1 500 d.C. (González y Mc Clung, 1987).

La gran diversificación alcanzada por este género a nivel mundial, - ha permitido la creación de centros secundarios, de tal forma que se pue- de pensar que las especies para grano sean originarias de América, en tan- to que las especies para verdura son de origen Asiático (Crubben y Sloten, 1981).

Los estudios geográficos, morfológicos, arqueológicos, etnobotánicos y filológicos realizados por Sauer (1950 y 1967), determinaron que la domesticación de las especies para grano se realizó en América, antes o simultáneamente que el maíz, en el período precolombino, determinándose que Amaranthus cruentus es originario del Sureste de México y Centro América, lo mismo que Amaranthus caudatus de los andes y Amaranthus hypochondriacus del Noroeste y Centro de México (Grubben, 1975; Grubben y Sloten, --- 1981; Hauptli y Jain, 1978; Pal y Khoshoo, 1974 y Sauer, 1977).

Robertson (1981) citado por Mapes (1984), señala que de el total de las especies, 60 son nativas de América y 15 provienen de Europa, Asia, - Africa y Australia.

En el México prehispánico, el amaranto era equiparable en importancia al maíz, frijol y calabaza. Del tributo que se enviaba por las 17 provincias a Moctezuma aproximadamente 350 000 litros eran de amaranto (Fábregas, 1954 y 1955).

La semilla se empleaba de muy diversas formas, como alimento en tamales, atoles y tortillas, o como elemento religioso, para lo cual la semilla se molía, amasaba y mezclaba con miel y al parecer también con sangre humana de los sacrificios realizados, se formaban figurillas de los dioses venerados y se ofrecían a la multitud durante las ceremonias a manera de comunión non santa para los españoles. Esto fué el principio del fin, -- para el amaranto, que a partir de entonces fué prohibido como cultivo, -- castigando a aquellas personas que lo sembraban y escondían (Castilla, -- 1980; Ornelas, 1982; Sánchez, 1983; Sauer, 1977 y Seller, 1952).

Actualmente el cultivo de amaranto esta resurgiendo después de permanecer muchos años en el olvido. Se encuentra hoy en día ampliamente distribuido a nivel Nacional e Internacional, descubriéndose aun muchas más cualidades que hacen de este vegetal importante como alternativa alimentaria.

2.2. Taxonomía y Clasificación Botánica.

El género Amaranthus L. es conocido por ser un grupo taxonómicamente difícil. Los intentos de clasificar y dar nomenclatura a este género han corrido a cargo de Thellung (1914); Standley (1917); Schinz (1934); Kowal (1954); Sauer (1950, 1955 y 1957) y Singh (1961).

El ubicar taxonómicamente a las especies de amaranto cultivadas y silvestres de la familia, ha ocasionado ciertos problemas para los investigadores entre estos: a) la frecuente hibridación observable; b) además del pretendido reconocimiento de las especies por su pigmentación la cual segrega mucho dentro de las poblaciones y c) el hábito de crecimiento que es extremadamente plástico a la duración del día y otras variables ambientales, así mismo, la información que se tiene del color y otros caracteres de la semilla es muy escaso y al parecer éste es una forma recesiva simple (Frost y Cavers, 1975; Grant, 1959; Hauptli, 1977; Mapes, 1984 y Sánchez 1980).

De esta manera y después de un exhaustivo trabajo taxonómico, Sauer (1950 y 1967) propone que la clasificación sea basada en caracteres más constantes como la forma y proporción de las partes florales pistiladas quedando así integrada la familia Amaranthaceae por 60 géneros y aproximadamente 800 especies.

En la familia se encuentran hierbas anuales o perennes de origen tropical en su mayoría con excelente adaptación a climas templados, que presentan hojas alternas sin estípulas, y que de acuerdo a la clasificación botánica realizada por Linneo y modificada por Saff, la planta pertenece a:

| | |
|-------------|---------------------------|
| Reino | Vegetal |
| División | Embriophita Sphorogamia |
| Subdivisión | Angiospermae |
| Clase | Dicotiledoneae |
| Subclase | Archlomydae |
| Familia | Amaranthaceae |
| Género | Amaranthus (Medina, 1982) |

El género comprende dos secciones: Amaranthus y Bliotopsis. En la sección Amaranthus están aquellas especies que se consideran para grano, las utilizadas para colorante, ornato y la mayoría de los tipos para verdura, así como las malezas más comunes. Entre los caracteres que distinguen a la sección están: el ser plantas monoicas de larga inflorescencia terminal indeterminada (excepto en A. edulis), predominantemente autopolinizables, ocasionalmente visitadas por las abejas en el caso de aquellas inflorescencias muy coloridas; presentan 5 pétalos y 5 estambres (aunque se han observado variaciones de 3 a 5 en una misma planta) y un utrículo dehiscente circunscésil (Khoshoo y Pal, 1970 citados por Sauer, Sauer 1977; Feine, 1979; Mapes, 1984.

La sección Bliotopsis presenta flores axilares determinadas y si hay una inflorescencia terminal ésta es muy pequeña. Las flores son usualmente bi o trímeras con un utrículo irregular dehiscente. En esta sección están

los tipos para verdura como A. gangeticus, A. tricolor y A. blitium (Pal, 1972 citado por Feine, 1979).

Espitia (1986) en base a los criterios de selección propuestos por el Rodale Research Center, realiza la caracterización del germoplasma existente en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP) de México, de acuerdo a especie, tipo y Taxonomía numérica. Determinando que 139 colectas pertenecen a la especie A. hypochondriacus, 68 a A. cruentus y 8 a A. hybridus. Además de que el diámetro del tallo, longitud y ancho de la hoja, días a floración, longitud y diámetro de inflorescencia y la altura de la planta son las principales características que influyen en el rendimiento al correlacionarse significativamente con éste.

2.3. Especies.

De la diversidad de especies que se conocen en la actualidad y gracias a las evidencias de carácter morfológico y citológico, se ha determinado que cuatro de ellas son las comúnmente utilizadas para grano y consistentemente empleadas en la alimentación humana y animal. Las principales especies y sinónimos son:

- 1) A. caudatus L. (= A. sanguineus L.)
- 2) A. hypochondriacus L. (= A. frumentaceus Roxburg. A. anardana Moquin-tandon, A. leuscospermus S. Watson)
- 3) A. cruentus (= A. paniculatus L.)
- 4) A. edulis (A. mantegazzianus Passerini) (Hunziker, 1987).

En el caso de A. edulis hay diferentes puntos de vista que la ubican como una especie independiente y otros como una variedad botánica de A. caudatus spp. mantegazzianus (Coons, 1982; Hanelt, 1968 mencionado --

por Sauer 1977).

En asociación a las mencionadas se encuentran 3 especies silvestres - (malezas) A. hybridus, A. powelli y A. quitensis. También hay varias especies que se utilizan para verdura comunmente en varias regiones tropicales del mundo, entre estas A. tricolor, A. dibius, A. cruentus, A. palmieri, A. hybridus y A. lividus (Grubben y Sloten, 1981; National Research Council, 1984; Pal, 1974 y Sánchez, 1980).

Considerando lo expuesto y asociando los objetivos de la selección se puede caracterizar a las especies Euroasiáticas de las Americanas.

Las primeras se domesticaron primordialmente por su importancia como vegetales, no así las Americanas cuya principal característica es la producción de granos (Feine, 1976).

La especie A. hypochondriacus presenta las siguientes características botánicas: planta herbácea anual de 1.5 a 2.0 m de altura; tallo rojizo ramificado desde la base y marcado con estrías longitudinales; hojas largamente pecioladas y ovadas que miden 15 cm de largo por 10 cm de ancho; inflorescencia en panículas terminales o axilares muy ramificadas de 50 cm de largo y con numerosas flores moradas; son unisexuales que miden de 4 a 5 mm. El fruto es una cápsula con dehiscencia transversal y uniovular. La semilla es blanca, brillante y ligeramente aplanada (Aguilar y Alatorre, 1976).

2.4. Genética.

El sistema de reproducción de un vegetal es primordial para los investigadores, ya que este permitirá seleccionar adecuadamente los procedimientos a usar en la recombinación selección y mantenimiento del germoplasma y pureza varietal (Jain et al., 1982).

Las especies de amaranto cultivadas para grano son muy semejantes entre sí, a eso se debe la confusión existente en el grupo. Todas son anuales, con hojas y hábitos de ramificación similares, erectas y altas; las diferencias de color de plantas y semillas son de poco valor taxonómico, ya que cada especie (con excepción de A. edulis) presenta formas de semilla oscura y pálida, el color de la planta va de rojo intenso a verde brillante (Hauptli et al., 1979).

Las especies utilizadas comúnmente para grano y hortaliza son principalmente monoicas, característica que ha ocasionado problemas al fitomejorador que ha tenido que enfocar su atención sobre aquellas especies dioicas (Feine et al., 1979).

Los dos números básicos de cromosomas conocidos en el género son $n=16$ y $n=17$ y ocurren a menudo en una misma especie (Grant, 1959 c; Khoshoo y Pal, 1972; Pal et al., 1982).

Los estigmas de las flores pistiladas están receptivos varios días antes de la apertura de las flores estaminadas. La densa agrupación de las pequeñas flores de las especies monoicas, hacen de la emasculación una actividad extremadamente difícil. De esta manera, el método ideal pa-

ra el cruzamiento, es sin duda, polinizar masivamente tan pronto como los estigmas son receptivos y posteriormente remover las flores estaminadas a mano. Actividad que reporta de un 5 a un 25% de autopolinización (Murray, 1940).

La técnica de polinización desarrollada por Kauffman (1981), con la que se han obtenido buenos resultados plantea como primer punto, conocer el tiempo de iniciación floral masculina y femenina para así sincronizar adecuadamente a los individuos a polinizar. El otro factor a considerar, es el número de flores femeninas y productoras de polen que se van a requerir, una vez cubiertas las anteriores necesidades se aíslan las plantas, para su posterior emasculación y final polinización.

Se ha reportado que existe hibridación entre varias especies del género, además se menciona que no se ha obtenido éxito en cruza entre especies de la sección (Khoshoo y Pal, 1972; Pal y Khoshoo, 1973).

La consideración por algunos autores, de que en el género no hay barreras para la cruce y que la hibridación es el principal modo de crear variabilidad y promover la especiación, es cuestionada por Pal y Khoshoo (1971, 1974), al indicar que si bien la hibridación natural es frecuente con valores que van del 5 al 34.9% con una media de 25% (Solbring, 1970; Walton, 1968), hay diferencias génicas y estructurales entre las especies que señalan distintos grados de divergencia que mantienen reproductivamente a las mismas.

En contraparte Jain et al. (1982), mencionan que A. hypochondriacus,

A. cruentus y A. caudatus no son especies biológicas reproductivamente -- aisladas ya que las tasas de cruzamiento obtenidas experimentalmente y de observaciones en campo fueron del 5 al 30%, lo que concuerda con lo expresado por Simmons (1979) al catalogar al amaranto para grano como una planta de polinización libre.

Pal y Khoshoo (1977) utilizaron colchicina para inducir poliploidía en A. eudilis, A. hypochondriacus y A. caudatus. La progenie fué variada, se obtuvieron plantas con hojas más pequeñas, anchas y gruesas que sus padres diploides. Se alteró el hábito de las flores monoicas y el tamaño de las semillas se incrementó en los tetraploides obtenidos.

La poliploidía no afecta adversamente el espectro de aminoácidos. Observándose un incremento en lisina solo para los tetraploides de A. eudilis (Misra et al., 1972).

Se ha determinado que en A. cruentus, A. hypochondriacus y A. caudatus mínimamente siete o probablemente nueve loci influyen sobre 6 características morfológicas de color, tales como color de la cubierta de la semilla, manchas en las hojas, marcas en forma de V en las hojas, color de las plántulas, coloración roja o naranja a la madurez de la planta y distribución de betacianina en los tallos, hojas e inflorescencia (Kulakow et al., 1985).

Coons (1982) señala que un gen mayor es el que controla el color de la cubierta de la semilla y determinó además que el alelo de la característica negra es dominante al de la característica blanca.

Otros estudios que sobre características heredables se han realizado son aquellos que en A. caudatus muestran que el crecimiento determinado de la panícula está gobernado por un gen recesivo, lo mismo que la orientación de la panícula por dos genes mayores. Un gen recesivo, actúa sobre la altura de la planta y el color rosado del embrión se debe a la acción conjunta de dos genes epistáticos (Kulakow, 1987).

Okuno (1982) reporta que las propiedades del almidón en el perispermo de A. hypochondriacus es determinado por un gen mayor y que el alelo no aglutinante es dominante a el alelo aglutinante.

2.5. Adaptación y Requerimientos Climáticos.

2.5.1. Características Fisiológicas.

Como ya se mencionó las especies de amaranto que se utilizan para la producción de granos y verdura presentan un amplio rango de adaptación -- que va de las zonas húmedas a nivel del mar a las cálidas de las zonas de sérticas (Gruben, 1975; National Research Council, 1984).

El tipo C_4 , en estas plantas, es una modificación del proceso fotosintético normal que hace un uso eficiente del bióxido de carbono atmosférico, concentrándolo en los cloroplastos de las células especializadas -- que están rodeando los haces vasculares, en las hojas (National Research Council, 1984).

La serie de características anatómicas, fisiológicas y ecológicas sobresalientes en estas plantas son: a) Estructura anatómica tipo Kranz; -- b) Temperatura óptima para la fotosíntesis relativamente alta (32-40°C);-

c) Saturación lumínica para la fotosíntesis intensidades muy altas; d) Bajo punto de compensación para CO₂; e) Alta eficiencia en el uso del agua y f) Ausencia de fotorrespiración. Aspectos, que determinan un comportamiento ventajoso bajo condiciones de alta temperatura, alta luminosidad y deficiencia hídrica (Black, 1973 mencionado por Bruno 1987).

En consecuencia, las plantas crecen más rápidamente, usando aproximadamente las 3/5 partes del agua que sus análogas C₃ para producir el mismo material biológico (Hauptli, 1977).

El-Sharkaway (1968), reporta que en un estudio realizado a A. edulis, la fotosíntesis fué marcadamente afectada por las variaciones en luminosidad, concentración de CO₂ y temperatura. La máxima tasa fotosintética, alcanzada por las hojas jóvenes a 40°C fué de 55± mg de CO₂ dm⁻¹ h⁻¹ con luz intensa (7 500 pies bujfa) y el aire normal (310 ppm de CO₂). Observandose un descenso marcado en dicha tasa al superarse esta temperatura.

2.5.2. Altitud.

Las zonas de cultivo de las especies del género Amarantus, se presentan entre las regiones comprendidas en el Ecuador a los 30° de latitud. De esta manera tenemos que el amaranto se ha cultivado desde el nivel del mar hasta lugares que alcanzan una altura superior a los 3 200 msnm, aunque solo A. caudatus se ha encontrado a altitudes que rebasan los 2 500 msnm (National Research Council, 1984).

A. caudatus es cultivada en Nepal a una altitud de 3 000 msnm (Gruben y Sloten, 1981).

La temperatura diaria en la cual la planta presenta un mejor desarrollo debe alcanzar cuando menos 21°C, A. hypochondriacus y A. caudatus, toleran las altas temperaturas pero no resisten las heladas. El crecimiento cesa a los 8°C y a 4°C sufren daños. En el caso de A. caudatus, sus requerimientos de temperatura son un tanto diferentes por ser plantas nativas de áreas altas de los Andes, característica que le permite resistir las bajas temperaturas en mayor grado que las otras. La germinación óptima alcanzada por diversos materiales es de 16 a 35°C (National Research Council, 1984).

En México su cultivo se da en los climas Aw₀" (w) (i)g que son los cálidos con temperatura media anual mayor a los 22°C, los más secos de los subhúmedos, con régimen de lluvias de verano, presencia de sequía intraestival, escasa precipitación invernal (menor al 5% total anual), con poca oscilación de temperatura y con el mes más caliente antes del solsticio de Verano (Reyna, 1986). Se reporta haber obtenido buenas cosechas en los climas secos (B) que se caracterizan por su escasa precipitación (Alejandre y Gómez, 1981).

2.5.3. Requerimientos Hídricos.

Si bien es cierto que el amaranto no es un cultivo para el desierto, éste presenta un amplio potencial en zonas con escasa precipitación, ya que una buena humedad en el suelo al tiempo de la plantación es fundamental (Weber et al., 1986, 1988).

Se han obtenido buenos resultados en condiciones de temporal con una precipitación menor a los 400 mm anuales (Reyna, 1986).

El amaranto para verdura, comunmente se cultiva en áreas que reciben 300 mm de lluvia anual (National Research Council, 1984).

En los ensayos de adaptación realizados por el Campo Agrícola Experimental del Valle de México (CAEVAMEX), se probaron diversos materiales en localidades en donde la precipitación es una fuerte limitante para la agricultura ya que difícilmente llega a superar los 300 mm de precipitación anual. Como conclusión obtuvo que el amaranto puede prosperar bajo condiciones de baja disponibilidad de agua, pero no con los métodos de cultivo tradicionales. Para lo cual se planteó el sistema de trasplante, que permitiría avanzar las plantas unos 15 o 20 días en el almácigo y transplantarlas al inicio de las lluvias, con lo que ayudaría al cultivo en su primer etapa que es la más crítica (Espitia, 1986).

2.5.4. Suelo.

De las observaciones realizadas en campo se desprende que el cultivo de amaranto puede realizarse en una amplia variedad de suelos, que presenten un buen drenaje y niveles de nutrientes, así como un pH de neutro básico y preferentemente franco (Kauffman et al; 1984; Schmidt, 1977; Trinidad, 1980; Weber et al, 1986 1968).

López (1968) menciona que este cultivo puede desarrollarse en la mayoría de los suelos flojos, porosos, pero no así en los suelos fuertes y pesados por su deficiente capacidad de drenaje.

Para el caso de los amarantos empleados como verdura los altos requeri

mientos en potasio y nitrógeno son particularmente necesarios (National Research Council, 1984).

Aunque el género no es conocido por ser tolerante a la salinidad, -- una habilidad para resistir la salinidad y alcalinidad es aparente en algunas especies de amaranto, A. tricolor es la especie que se ha observado presenta cierta tolerancia a los suelos con altos niveles de aluminio (Foy y Cambell, 1981).

2.6. Fertilización y Densidad de Población.

Varios son los trabajos que atestiguan la habilidad del amaranto para responder a la aplicación de los fertilizantes en el incremento del -- rendimiento y proteína (Aguilar y Alatorre, 1978; Grubben, 1979; Orea y -- Trinidad, 1984; Trinidad, 1980).

El efecto que sobre el rendimiento de amaranto tienen los fertilizantes son:

- a) Al absorber grandes cantidades de nitrógeno y otros nutrimentos el -- rendimiento de incrementa.
- b) El porcentaje de proteína, se eleva conforme aumenta la fertiliza--- ción nitrogenada, pudiendo alcanzar valores de 27% en hojas y 16% en las plantas completas hasta antes de la formación de la panoja (Chee ke y Bronson, 1979; Oke, 1979 y Medina, 1982).

También se ha observado, que al aumentar la densidad de población a 90 mil plantas/ha o más, hay una menor ramificación de la planta, redu--- ciéndose por lo tanto la producción de panojas laterales. El tamaño de la

planta también decreció, concentrándose la producción de semilla en la paja principal. Así mismo se ha determinado que hay un efecto bien marcado de las propiedades del suelo, nivel de fertilidad del mismo y clima sobre el rendimiento del grano y altura de la planta (Trinidad et al., 1986)

El aumento en la altura de la planta así como en los rendimientos de semilla, proteína foliar, grano y rastrojo se han obtenido al evaluar dos genotipos de A. hypochondriacus (rojo y verde) a diferentes dosis de fertilización. La mejor respuesta de las variables se obtuvo con una fertilización consistente en 80 Kg/ha de N y 60 Kg/ha de P₂O₅ (Lara, 1985).

En Tulyehualco, D.F., en un estudio realizado a A. hypochondriacus se observaron respuestas favorables a la fertilización nitrogenada en niveles de 30 a 60 Kg/ha y densidades de plantas de 40 000 a 50 000 plantas/ha. En el caso de la fertilización fosfórica se determinó, que este elemento solo responde cuando es mezclado con el nitrógeno (Alejandre y Gómez, 1986).

Se ha observado, que la producción de proteína foliar aumenta cuando son elevadas las cantidades de nitrógeno (80 a 120 Kg/ha). Caso similar ocurre con la aplicación de fósforo. En los genotipos estudiados (verde y rojo) la producción de proteína fue mayor en la verde con 27 Kg/ha (Orea-Trinidad, 1984).

Tendencias a la baja, son las que presentaron los componentes de rendimientos directos e indirectos como número de hojas, peso seco de órganos vegetativos y dimensiones de panoja, al incrementarse la densidad de

plantas de 100 000 a 400 000 plantas/ha. La altura total de la planta, no difiere mayormente con la densidad, mientras que el diámetro disminuye y el acame es mayor al aumentar el número de plantas aunque económicamente no se considera significativo (Petretti et al., 1987).

Mérida (1986) en un estudio realizado a varios genotipos a diferentes densidades de población menciona que el alto número de plantas no es el responsable directo del alto índice de acame sino que cada uno de los tipos tiene diferente capacidad de adaptación para estas condiciones.

Incrementos en el rendimiento de 700 Kg/ha a 1989 Kg/ha se obtuvieron cuando se empleó la fertilización, notandose que el potasio y los microelementos tienen efecto únicamente sobre la altura de la planta (Gutiérrez y Ambríz, 1987).

Vera y Trinidad en 1987, concluyeron que: 1) la producción de biomasa en términos de materia verde y seca fué mayor al elevar el nivel de fertilización nitrogenada y fosforada, la misma tendencia se obtuvo al incrementarse la densidad de población de 80 a 120 mil plantas/ha; 2) el fósforo mejoró el contenido de proteína en la planta de amaranto más que el nitrógeno; 3) las paredes celulares y el porcentaje de cenizas aumentaron con la fertilización nitrogenada y fosforada.

Al evaluarse diferentes especies y tipos de grano se encontró que cada tipo de grano responde favorablemente a las altas densidades (323 230 a 360 000 plantas/ha). Los rendimientos fueron altos, los índices de cose

cha aceptables, el número de ramas y diámetro del tallo se redujeron grandemente a estas densidades. También se facilitó la cosecha mecánica (Haas, 1983).

Las aplicaciones de abono de vaca son tan efectivas como la aplicación de fertilizantes según lo demuestra un estudio realizado por Summar et al; (1984), en el que se demuestra que el rendimiento de semilla fué similar o mayor cuando se aplicaron 15 toneladas/ha de abono de vaca o una dosis de fertilización de 40-40-00.

En un trabajo similar se encontró que hay respuestas positivas del amaranto en la producción de grano por planta, altura, área foliar y el rendimiento de rastrojo al mezclarse 143.5 Kg/ha de N y 4 550 Kg/ha de estiércol con 77 mil plantas/ha en dos sitios experimentales del Estado de Tlaxcala (Ixtenco y San Miguel). En el caso del fósforo se determinó que éste actúa positivamente a niveles de 78 Kg/ha en Ixtenco y 114 Kg/ha en San Miguel (Morales et al., 1986).

En suelos calcimórficos el efecto de la fertilización fué muy marcado en las cinco colectas probadas, obteniendo los más altos rendimientos las colectas locales HM-2 y HM-1 (Huazulco, Morelos 2 y 1) con 1 500.95 y 1 496.21 Kg de semilla/ha respectivamente contra 611.4 Kg/ha de la colecta de San Juan Amecac, Puebla; a una dosis de 150 Kg/ha de N y 200 Kg/ha de P₂O₅ (Mérida, 1986).

2.7. Valor Nutritivo de Semillas y Hojas.

2.7.1. Semillas.

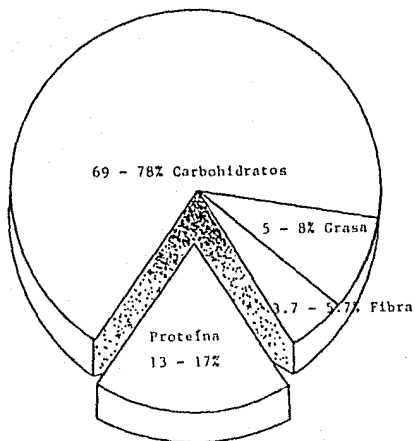
La presencia de cantidades generosas de aminoácidos esenciales, ácidos grasos polinsaturados, vitamina A y C, así como de Hierro le confieren a la alegría el estatus de alimento potencial para complementar, suplementar o sustituir nuestros granos básicos convencionales a fin de poder mejorar la dieta de la población (Casillas, 1986).

El valor biológico de la proteína del amaranto (75%) es comparada con la del maíz (44%), trigo (60%), soya (68%), y leche de vaca (72%) concluyéndose que esta característica hace de éste un alimento de alto valor nutricional, máxime si consideramos que al combinarse con otros granos como el maíz el valor biológico alcanza el punto de excelencia del 100%, ya que los aminoácidos que son deficientes en uno son abundantes en el otro (Fig. 1) (National Research Council, 1984).

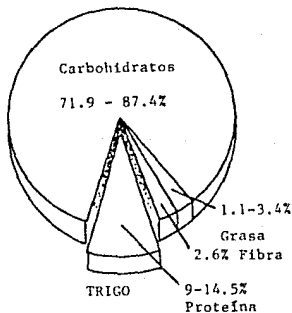
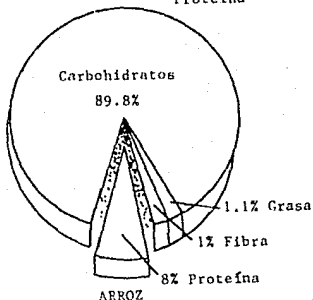
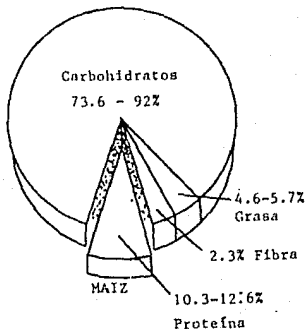
El grano de amaranto en su proteína presenta un alto contenido de aminoácidos, en especial lisina. Ninguno de los granos comunes, alcanzan un adecuado nivel de éste aminoácido necesario en la dieta humana (Weber, et al; 1988).

El alto contenido de proteínas de excelente calidad (14-16%), en base a su alto contenido de lisina y las excelentes harinas integrales y refinadas obtenidas del amaranto, permiten que al mezclarse con harina de trigo o de maíz las propiedades nutritivas de los productos se eleven considerablemente (Castilla et al; 1983).

FIGURA 1. ANALISIS BIOQUIMICO APROXIMADO DEL GRANO DE AMARANTO



AMARANTO
(*A. cruentus*)



| | Amaranto | Maiz | Arroz | Trigo |
|-----------------|----------|-----------|-------|-----------|
| % Proteína | 13-17 | 10.3-12.6 | 8 | 9-17.2 |
| % Grasa | 5-8 | 4.6-5.7 | 1.1 | 1.1-3.4 |
| % Carbohidratos | 69-78 | 73.6-92 | 89.8 | 71.9-87.4 |
| % Fibra | 3.7-5.7 | 2.3 | 1 | 2.6 |
| Calorías/100g | 391 | 404 | 409 | 390 |

Fuente: Okerman, H.W., 1978 y Saunders y Becker, 1984.

Existe una correlación positiva de la lisina encontrada en el grano_ de amaranto con la cantidad de fenilalanina, alanina e isoleucino, valina, arginina e histidina. Además los niveles de proteína de las especies silvestres de semilla oscura son menores que aquellas especies cultivadas - (Misra et al; 1972).

En contraste a lo anterior, en un estudio realizado a 12 genotipos - de amaranto en cuatro localidades diferentes se encontró que las variacio_ nes de proteína no fueron significativas. También se observó que los nive_ les de lisina fueron mayores a los reportados por la FAO (Espitia y Már-- quez, 1987).

En A. hybridus también se han reportado altos niveles de proteína -- (13.1%) de valor biológico. Las tasas de eficiencia proteínica (2.3), es_ comparable a la de la caseína (2.5) como también el valor biológico, diges_ tibilidad y utilización neta de proteínas. El contenido de taninos (0-15%) es al parecer suficientemente bajo como para tener un efecto significati_ vo en el valor nutricional (Osuntogun y Oke, 1983).

En otros estudios se determinó que la descomposición de la semilla - de amaranto fué de 15-18% de proteína cruda, 50-70% de almidón, 3-8% de - fibra cruda, 4-8% de grasas y 3-4% de cenizas (Kauffman y Haas, 1984).

El nivel de proteína de A. hypochondriacus es de 12.6 a 15.6%, y los niveles de los constituyentes minerales son más altos que los encontrados en cebada, triticale y trigo producidos bajo condiciones similares (Schmi_ dt, 1977).

El amaranto por sus excelentes cualidades también puede ser empleado para mejorar la dieta de la población marginal de México a un bajo costo. Los resultados amilográficos y farinológicos mostraron que una mezcla de trigo (90%) y semilla de amaranto tostada o cruda (10%) es adecuada para la panificación (Sánchez et al; 1985).

El contenido de taninos, vitamina, grasas y minerales presentes en el grano de amaranto son comparables a los determinados en otros granos. El almidón de éste presenta un más bajo contenido de amilosa y tamaño que el del trigo. De los azúcares determinados en la semilla, la sacarosa es la que se encuentra en una mayor proporción seguida por la rabinosa. Los azúcares monosacáridos (glucosa y fructuosa) se ha observado que disminuyen al madurar la semilla (Becker et al; 1981).

Otro uso que la semilla pudiera tener y sobre la cual se ha estado trabajando últimamente con buenos resultados, es la incorporación del grano a la dieta de animales (Tillman y Waldroup, 1986; Waldroup et al; 1985).

Al respecto la National Academy of Sciences (1975 - 1984), menciona el amplio potencial alimenticio del grano como ingredientes para la alimentación de aves de corral. La energía metabolizable determinada es comparable a la del maíz en niveles que van de 3 000 (Laovoravit, 1982) a 3 475 (Connor et al; 1980) kcal/kg.

2.7.2. Hojas.

La excelencia que como verdura tiene el amaranto se debe a:

- 1) Su rápido crecimiento, aparte del alto potencial de rendimiento; en climas cálidos el rendimiento de hojas puede ser hasta de 30 ton/ha de materia seca en cuatro semanas.
- 2) Presenta una menor susceptibilidad a las enfermedades del suelo.
- 3) Puede ser utilizado en la rotación de cultivos.
- 4) Presenta una buena composición nutricional además de alto rendimiento.
- 5) Reacciona favorablemente a los fertilizantes y/o abonos orgánicos -- (Grubben y Sloten, 1981).

La característica de las hojas es su alto contenido de proteína, aunque el tallo también es rico en este componente, aunque en menor grado. -

En la planta, del 45 al 48% corresponde a hojas que le da a la biomasa cierta riqueza en carbohidratos para obtener una pasta con 13% de proteínas aproximadamente, esto es bueno para su uso como forraje y adecuado en el proceso de conservación de los mismos (Sánchez, 1984).

El nivel proteínico de las hojas de amaranto en base a su peso seco es de 11.3 a 27.7% para A. hybridus, de 26.7% para A. lividus y de 29.7% para A. caudatus (Feine et al; 1979).

El rendimiento por hectárea del cultivo de hojas de amaranto es de -- 3 800 a 4 100 Kg/ha, o más de 10 ton/ha (Sánchez, 1986). Paralelamente -- los rendimientos de proteína alcanzan niveles de hasta 5 000 Kg/ha (Pirie 1966).

Watt y Merrill (1975), informan que 100 g de hojas contienen 267 Mg de Calcio, 67 Mg de Fósforo, 3.9 de Hierro, cerca de 2 Mg de vitamina A, 0.15 Mg de Riboflavina, 1.4 Mg de Niacina y 80 Mg de Acido Ascórbico.

Las hojas en base a su peso fresco presentan un alto contenido de Calcio, Fibra, Niacina y Acido Ascórbico que las espinacas. Presenta aproximadamente las 3/4 partes de vitamina A determinada en las espinacas, siendo similares ambas en los niveles de proteína, hierro y otros minerales (Watt y Merrill, 1975). El caroteno encontrado en las hojas (que sirve contra la xeroftalmia), el hierro (contra la anemia) y el calcio, vitamina C, el ácido fólico así como otros nutrientes hacen del amaranto un buen recurso alimenticio (Grubben y Sloten, 1981).

En un estudio realizado para conocer el efecto que el almacenamiento de las hojas tenía sobre el contenido total de caroteno y clorofila extractable, se determinó que el mejor método de almacenamiento que casi no alteraba los caracteres mencionados es el secado de las hojas al sol o el congelamiento de las mismas. Con estos dos métodos de conservación se obtuvieron los mejores resultados en cuanto a cualidades bioquímicas y culinarias de las hojas, no así de aquellas almacenadas en el refrigerador (Omureti - et al; 1983).

Como forraje las hojas de amaranto también presentan un amplio potencial que esta siendo estudiado. Al respecto se ha determinado que el comportamiento de ovejas alimentadas con hojas de amaranto es tan bueno como las alimentadas con avena. En otro estudio realizado en la India se demostró que la harina de amaranto tiene en valor alimenticio comparable al de

la harina de alfalfa a un nivel de 40% en la dieta de becerros entre los 11 y 56 días post parto (Comunicado, Amaranth, 1986).

La inclusión de amaranto como suplemento, mejora la tasa de eficiencia proteínica de varios cereales (Phasankal et. al.; 1957-1958).

En base a los resultados de consumo y aumento de peso en animales se ha demostrado la factibilidad de usar paja de A. hypochondriacus en la ración de rumiantes de crecimiento a niveles de hasta 65% (Cervantes, 1982).

Los elementos tóxicos (nitratos y oxalatos) encontrados en el amaranto hacen que la planta sea considerada por algunos como tóxica. Al respecto se menciona que el crecimiento no reduce los niveles de calcio y hierro pero sí el del ácido ascórbico en un 50%. Los niveles de oxalatos en las hojas pueden intervenir en la disponibilidad del calcio pero al igual que los nitratos se eliminan por cocción o lavados repetidos (Carlsson, 1983; Devadas y Saroja, 1980; Hill y Rawarte, 1982; Sánchez, 1980 y Saunders y Becker, 1984).

2.8. Zonas Productoras de México.

Las zonas de México donde el amaranto se cultiva son muy contrastantes pues lo mismo se localiza en la Sierra Madre Occidental, que en la llanura Costera del Golfo de California y del Pacífico o en la Altiplanicie Mexicana y Sierra Madre del Sur (Reyna, 1986).

Se ha determinado que los estados productores de grano son: Estado de

México, Morelos, Michoacán, Jalisco, Sonora, Chihuahua, Sinaloa, Guerrero, Tlaxcala, Puebla, Oaxaca y la Huasteca. Tulyehualco en el Distrito Federal tradicionalmente ha sido un sitio importante para el cultivo de amaranto - (Aguilar y Alatorre, 1978; Gómez, 1986).

Espitia (1986), menciona que la producción comercial de amaranto se concentra principalmente en cuatro regiones, San Miguel del Milagro y San Felipe Ixtacuixtla en el estado de Tlaxcala, en el Oriente del estado de Morelos; Huaquechula y Santiago Tetla en el estado de Puebla y en San Gregorio Tulyehualco en el Distrito Federal.

2.9. Rendimiento.

La producción obtenible potencialmente en México, se ha visto afectada por diversos factores entre ellos:

- 1) Uso de Variedades Criollas: que son de bajo rendimiento (800 a 1 500 Kg/ha), y con una gran variabilidad tanto en características botánicas como agronómicas.
- 2) Forma de Siembra: Ha repercutido de manera significativa en los costos de producción elevandolos considerablemente. La siembra a chorri- llo y mateado requieren de aclareos para lograr la población adecuada actividad que requiere de mayor mano de obra que finalmente repercute en el costo del cultivo.
- 3) Densidad de Población y Fertilización: En las zonas productoras varía considerablemente el criterio de densidad de población y fertiliza- ción empleada, al no existir elementos que definan adecuadamente a es- tos. Se ha observado que las densidades de planeación fluctúan entre...

60 000 plantas/ha y 200 000 plantas/ha en algunos lugares. La fertilización en algunos casos no se efectúa por el desconocimiento de cuál es la adecuada para el cultivo, ocasionalmente se realiza a la siembra únicamente o en la siembra y segunda escarda.

4) Plagas y Enfermedades: Las plagas y enfermedades que afectan en la actualidad al cultivo se siguen identificando correctamente, pues en algunos casos se desconoce el organismo causal y su control. Las plagas que se han identificado causan algún daño al cultivo de amaranto son:

Barrenador del tallo (Hypolixus truncatulus Boh.)

Pulga saltona (Disonycha melanocephala)

Gusano telarañero (Grambus mutabilis)

Chinche lígus (Lygus lineolaris)

Las enfermedades más comunes que se han observado e identificado son:

Tizón de las hojas y flores (Alternaria amaranthi)

(Sánchez, 1980)

Pudrición del cuello (Fusarium sp., Rhizoctonia sp. y Pythium sp).

Roya blanca (Albugo bliti)

Mancha parda del tallo (Phoma longissima)

5) Cosecha: Es la otra limitante para el cultivo por ser totalmente de manera manual lo que eleva los costos de producción. Actualmente se está probando para la cosecha la trilladora combinada empleada en otros cereales con muy buenos resultados.

6) Uso y comercialización: La gran mayoría de la producción obtenida en México se destina a la elaboración del dulce llamado alegría.

Urge analizar la posibilidad de industrializar la semilla, de manera

que se pueda dar otro uso, tratando de mejorar sus características -- alimenticias. La comercialización de la semilla se realiza en algunos casos por medio de la elaboración y venta de alegrías o por la venta_ a los acaparadores, que acopian la mayor parte de la producción obteniendo los mejores dividendos (Espitia, 1986).

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. Localización del Area Experimental.

Se estableció en terrenos que pertenecen al Campo Experimental "Valle de México" (CEVAMEX), del Centro de Investigaciones Forestales y Agropecuarias del Estado de México (CIFAP MEX), que se ubican en el Rancho -- Santa Lucía de Prias, Km 14 de la carretera México-Texcoco.

Las coordenadas geográficas en las cuales quedó comprendido el experimento son, 19°17' latitud Norte y 98°53' longitud Oeste y una altura sobre el nivel del mar de 2 249 m.

3.2. Vegetación.

La vegetación de esta zona está compuesta por pirúes Schinus molle L. eucaliptos Eucaliptus sp. diente de león Taraxacum officinale Weber, como también por asociaciones o agrupaciones de pastos como Hilaria cecchotide, Boutelova radicata, Boutelova hirsuta y Abildardina mexicana. Otros elementos vegetativos presentes son el nabo o jarambo Eruca sativa Mill y las inseparables compañeras del cultivo de amaranto, el quintonil Amaranthus hybridus y el quelite Amaranthus retroflexus.

3.3. Clima.

Considerando lo establecido por García (1981), en la zona prevalece el clima C(w)(w)(1)g, que corresponde a un templado subhúmedo con una temperatura media anual de entre 12 y 18°C, con poca oscilación térmica (entre 5 y 7°C). Las lluvias se presentan primordialmente en el verano con un porcentaje de precipitación invernal menor de 5 mm.

La precipitación media anual que se presenta es de 670 mm y una temperatura media anual de 15.2°C.

3.4. Material Genético.

Fue el correspondiente a la línea 153-5-3, de A. hypochondriacus tipo de grano mercado, originaria de Amilzingo, Morelos. Esta línea es la selección número 3 de la selección masal realizada a la colecta 153-5, que es el resultado de una mezcla natural ocurrida entre las especies de A. hypochondriacus tipo mercado y A. cruentus tipo mexicano (Comunicación personal Espitia). Algunas características como altura de planta, días a floración, madurez así como rendimiento de grano de la línea se muestran en el Cuadro 1.

3.5. Preparación del Terreno.

El barbecho, rastra y surcado se realizaron a partir de Marzo hasta finales de Mayo de 1988. Las labores se llevaron a cabo en los tiempos requeridos y de acuerdo a las recomendaciones propias para el establecimiento del cultivo.

3.6. Diseño Experimental.

Se empleó una Matriz Plan Puebla II, con prolongaciones que arrojan un total de 15 tratamientos (Fig 2), (Cuadro 2). La distribución de los tratamientos, fue en bloques al azar con cuatro repeticiones (Cuadro 3). Los factores que se evaluaron son: fertilización nitrogenada, fosforada y densidad de población. Como fuente de elementos nutritivos se emplearon Urea (46% de N) y Superfosfato de Calcio Triple (46% de P₂O₅) a nive-

CUADRO: 1. EVALUACION PRELIMINAR DE LA LINEA 153-5-3 DE AMARANTO
EN CUATRO LOCALIDADES DE LA MESA CENTRAL.

| ZONA | Días a Floración | Días a Madurez de Grano | Altura de Planta cm | Rend. de Grano Ton/ha |
|---------------------------|------------------|-------------------------|---------------------|-----------------------|
| Chapingo | 73.0 | 135.4 | 154.4 | 2.36 |
| La Aguanaja, Tlax. | 79.5 | 145.7 | 177.2 | 4.51 |
| San Nicolas Tetelco, D.F. | 82.0 | 143.0 | 70.8 | 2.09 |
| Zacapalco, Mor. | 46.0 | 80.8 | 121.5 | 1.21 |
| Loc. de la Mesa Central | 70.3 | 126.0 | 131.1 | 2.55 |
| Promedio | 70.1 | 126.8 | 131.0 | 2.55 |

Comportamiento en Estabilidad = Variedad Estable.

Fuente: Espitia; R.E. 1987

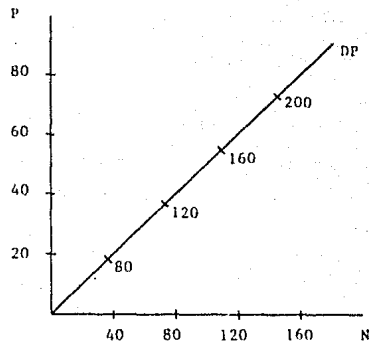
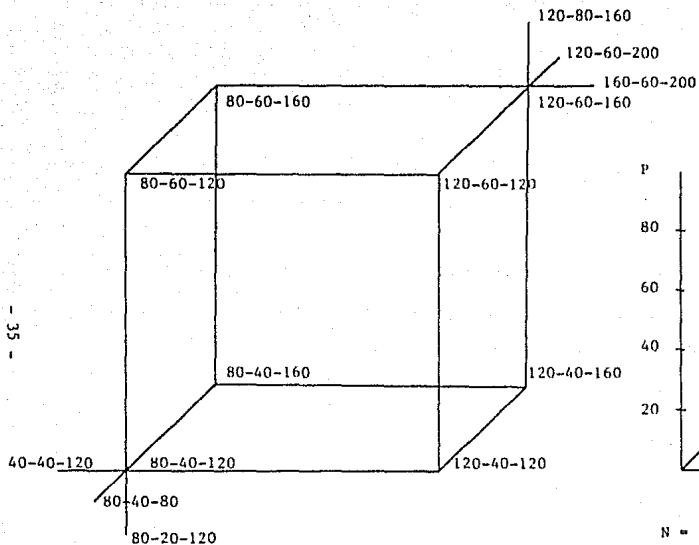


Fig. 2. DISEÑO DE TRATAMIENTOS DE LA MATRIZ
PLAN PUEBLA II CON SUS PROLONGACIONES.

N = Nitrógeno Kg/ha.
P = Fósforo Kg/ha.
DP = Densidad de Población
(miles de plantas/ha.)

CUADRO: 2. LISTA DE TRATAMIENTOS DE LA MATRIZ PLAN PUEBLA

II, CON PROLONGACIONES Y TRATAMIENTO ADICIONAL.

| Tratamiento | Dosis de Fertilización Kg/ha. | | | Densidad de Población |
|-------------|-------------------------------|---------|---------|-----------------------|
| | Nitrógeno | Fósforo | Potasio | Miles de plantas/ha. |
| 1 | 80 | 40 | 00 | 120 |
| 2 | 80 | 40 | 00 | 160 |
| 3 | 80 | 60 | 00 | 120 |
| 4 | 80 | 60 | 00 | 160 |
| 5 | 120 | 40 | 00 | 120 |
| 6 | 120 | 40 | 00 | 160 |
| 7 | 120 | 60 | 00 | 120 |
| 8 | 120 | 60 | 00 | 160 |
| 9 | 40 | 40 | 00 | 120 |
| 10 | 160 | 60 | 00 | 160 |
| 11 | 80 | 20 | 00 | 120 |
| 12 | 120 | 80 | 00 | 100 |
| 13 | 80 | 40 | 00 | 80 |
| 14 | 120 | 60 | 00 | 200 |
| 15 | 00 | 00 | 00 | 120 |
| 16* | 80 | 40 | 60 | 120 |

* Tratamiento adicional.

CUADRO: 3. DISTRIBUCION DE LOS TRATAMIENTOS POR BLOQUE,
MATRIZ PLAN PUEBLA II

| | | BLOQUE | | | | | | | |
|------|----|--------|----|----|----|----|----|---|--|
| * 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | | |
| 2 ** | 6 | 7 | 5 | 1 | 11 | 13 | 14 | 1 | |
| 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | | |
| 4 | 9 | 3 | 15 | 10 | 8 | 16 | 12 | | |
| 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 2 | |
| 9 | 14 | 8 | 1 | 12 | 7 | 2 | 6 | | |
| 32 | 31 | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | | |
| 11 | 16 | 4 | 15 | 13 | 5 | 10 | 3 | | |
| 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 3 | |
| 13 | 1 | 12 | 9 | 14 | 15 | 11 | 7 | | |
| 48 | 47 | 46 | 45 | 44 | 43 | 42 | 41 | | |
| 10 | 3 | 5 | 2 | 6 | 16 | 8 | 4 | | |
| 49 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 | 4 | |
| 2 | 8 | 13 | 12 | 7 | 16 | 14 | 5 | | |
| 64 | 63 | 62 | 61 | 60 | 59 | 58 | 57 | | |
| 11 | 4 | 6 | 9 | 15 | 3 | 1 | 10 | | |

* Parcela

** Tratamiento

les de 0 a 160 Kg/ha y 0 a 80 Kg/ha respectivamente. En el caso de la densidad de población el intervalo fué de 80 a 200 mil plantas/ha.

El tratamiento 16 que incluye Potasio (60 Kg/ha), se aplicó para observar el efecto que este elemento tiene al conjugarse con Nitrógeno, Fósforo y densidad de Población a niveles de 80 Kg/ha de N, 40 Kg/ha de P₂O₅ y 120 mil plantas/ha, respectivamente.

3.7. Unidad Experimental.

Fué de cuatro surcos con una longitud de 5m y una separación entre ellos de 80 cm. El área de cada unidad experimental fué de 16 m² y la total experimental de 1 062.4 m².

3.8. Forma y Fecha de Siembra.

El estudio se realizó bajo condiciones de temporal. En el trazado de los bloques se emplearon cordeles y estacas que delimitaron perfectamente el área experimental. La siembra se realizó el 24 de Junio de 1988, tiempo en el que el temporal quedó bien establecido, para realizar esta actividad se abrió una pequeña zanja en el costado del surco, donde se depositó la semilla de corrillo, que posteriormente fué cubierta con una capa de tierra de aproximadamente 0.5 cm de espesor.

3.9. Fertilización.

Se realizó en forma manual, para posteriormente cubrirlo con la tierra que se desplazó hacia la parte baja del surco cuando se abrió la pequeña zanja. Las dosis empleadas, previamente fueron preparadas para cada --

unidad experimental.

3.10. Labores Culturales.

3.10.1. Nivelación.

Esta actividad se efectuó a los 10 días posteriores a la siembra. Esta consistió, en bajar la tierra de la parte alta del surco al lado contrario del sembrado, evitando con esto dañar las plantas.

3.10.2. Escarda.

Las escardas fueron dos, la primera a los 24 días y la segunda a los 60 días después de la siembra. Estas fueron en forma manual y con azadón.

3.10.3. Aclareo.

Fue a los 38 días posteriores a la siembra. Este se efectuó con la finalidad de dar la densidad apropiada a cada uno de los lotes experimentales, desechando los excedentes de planta que no se ajustaban a los requerimientos de cada lote. Para tal objeto se calcularon las distancias aproximadas que debería de haber entre plantas para cada una de las densidades y son:

| Densidad de Población (Miles de plantas/ha) | Distancia (cm) |
|--|-------------------|
| 80 000 | 15.6 |
| 120 000 | 10.4 |
| 160 000 | 7.8 |
| 200 000 | 6.2 |

3.10.4. Aporque.

Se realizó a los 45 días, una vez terminado el aclareo, con la finalidad de proporcionarle sostén a la planta. Para tal motivo se empleó un tractor con cultivadora de doble ala.

3.11. Plagas y Enfermedades.

3.11.1. Plagas.

Fueron varias las plagas que se presentaron en el cultivo, pero el mayor daño lo ocasionó el barrenador del tallo (Sciara sp.; Sciaride: Curculionide). La larva de este insecto realiza una serie de galerías en la parte central del tallo, que impiden la translocación de sustancias nutritivas a las partes altas y raíz, ocasionando consecuentemente el debilitamiento de la planta y una baja en el rendimiento.

Otra plaga que presentó una considerable incidencia fué la chinche -- Ligus lineolaris P. de Beau; Miridae: Hemiptera. Este insecto causó daños al follaje y planta en general. El adulto al succionar la savia de las hojas jóvenes, secreta una sustancia tóxica que necrosa los tejidos que circundan la lesión. El daño principal es causado en las semillas tiernas de las cuales estos insectos se alimentan ocasionando su aborto.

El gusano telarañero Gambus mutabilis y el pulgón Aphis fabae Scop -- también se presentaron en el cultivo aunque su grado de incidencia fué menor.

3.11.2. Enfermedades.

La mancha parda del tallo Phoma longissima fué la predominante en el cultivo desde su inicio. Ubicandose principalmente en el tallo y raíz.

Hay que considerar, que tanto para plagas como para enfermedades no fué utilizado ningún producto químico, por considerar que los daños no eran de importancia económica. Para la mancha parda del tallo, concretamente, no existe aún algún producto químico específico.

3.12. Parámetros Evaluados.

- a) Rendimiento de Grano
- b) Rendimiento Biológico
- c) Peso de Mil Semillas
- d) Contenido de Proteína en el Grano
- e) Índice de Cosecha
- f) Altura de Planta
- g) Diámetro del Tallo
- h) Longitud de la Panoja
- i) Diámetro de la Panoja

Todos los caracteres evaluados consideraron 5 plantas, tomadas al azar de la parte central de cada uno de los lotes, antes de la cosecha.

a) Rendimiento de grano.- La semilla perfectamente limpia de cada uno de los tratamientos de la parcela útil fué pesada. Posteriormente se realizó la conversión a Kg/ha de cada uno de los pesos obtenidos.

b) Rendimiento biológico.- Debe considerarse que al momento de la cosecha varios lotes habían perdido las hojas a causa de la helada que se presentó. Por lo tanto y para los efectos de este parámetro se pesaron tallos con raíz y paja de las panojas de cada parcela útil.

c) Peso de mil semillas.- Se pesaron mil semillas al azar de cada tratamiento en una balanza analítica.

d) Contenido de proteína.- La determinación del porcentaje de proteína en la semilla se realizó con la técnica para la determinación automatizada del Nitrógeno Amoniacal, en el laboratorio de calidad de proteína del CIFAP México, utilizando 6.25 como factor de conversión.

e) Índice de cosecha.- Es la relación que existe entre el peso seco de la planta completa. Esta relación se expresó en porcentaje y en de la siguiente manera:

$$\text{Índice de Cosecha} = \frac{\text{Peso Seco del Grano}}{\text{Peso Seco de la Planta Completa}} \times 100$$

f) Altura de la Planta.- Se evaluó cuando la planta alcanzó su madurez fisiológica, midiéndose desde la altura del cuello de la planta a el ápice de la inflorescencia.

g) Diámetro del tallo.- Se tomó con la ayuda de un Vernier, a 20 cm sobre la superficie del suelo.

h) Longitud de panoja.- Abarcó de la parte basal a el ápice de la inflorescencia.

i) Diámetro de la panoja.- Se midió en la parte media de la misma con la ayuda de una regla.

3.13. Observaciones y Registro de Datos.

Las observaciones realizadas al lote experimental se dividieron en -

dos tipos: fenológicas y cuantitativas. En el primer caso se consideraron aquellos aspectos como germinación floración, formación de panoja y período de llenado de grano. En las cuantitativas quedaron comprendidas las variables evaluadas al momento de la cosecha como rendimiento de grano, rendimiento biológico, peso de mil semillas, contenido de proteína en el grano, índice de cosecha, altura de planta, diámetro de tallo, longitud de la panoja y diámetro de panoja.

3.14. Análisis Estadístico de Datos.

El paquete SAS (Statistical Analysis System) de Barry y Goodnight -- (1972), fué el empleado para el procesamiento de datos. Se obtuvieron los análisis de varianza para las variables: rendimiento de semilla, rendimiento biológico, peso de mil semillas, contenido de proteína, índice de cosecha, altura de planta, diámetro del tallo, longitud de la panoja y diámetro de la panoja. Estos análisis de varianza valoraron con una significancia del 10%.

3.15. Cosecha.

Se realizó entre el 9 y el 11 de Noviembre de 1988. Como parcela útil se consideraron 3m de los dos surcos centrales por tratamiento eliminando con esto el efecto de orilla al solo considerar la parte central de la parcela.

Como parámetro para la cosecha se consideró la madurez fisiológica de la planta que fué cuando presentó amarillamiento general de la misma y desprendimiento de semilla.

Las panojas y tallos con raíz obtenidos de cada tratamiento se encogieron por separado con su etiqueta de identificación.

La semilla obtenida al trillar las panojas se pasó por tamices y ventilador para separarla de la paja con la finalidad de hacer más fácil su evaluación.

3.16. Análisis de Suelo.

Para conocer las características físico-químicas del área donde se estableció el experimento se tomaron muestras de suelo a una profundidad de 0-15 y 15-30 cm. El análisis de estas se realizó en el Laboratorio de Relaciones Agua-Suelo-Planta y Atmósfera de CIFAP México (Cuadro 1a.).

3.17. Datos Termopluviométricos.

Las temperaturas, precipitaciones y evaporaciones existentes durante el experimento fueron obtenidas de la estación meteorológica de la Universidad Autónoma de Chapingo. Estos registros comprenden un período de seis meses que inicia el primero de Junio y concluye el 30 de Noviembre de 1988, intervalo en el cual se ubicó el ciclo del cultivo de este estudio. (Cuadro 4a.) (Figura 1a).

CUADRO: 4. DISTRIBUCION DE LA PRECIPITACION, EVAPORACION Y
 TEMPERATURA (máxima, media y mínima) MENSUAL,
 CICLO PRIMAVERA - VERANO DE 1988.

| CONCEPTO | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT |
|----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Precipitación (mm) | 1.4 | 0.5 | 1.1 | 3.3 | 3.4 | 1.8 | 3.3 | 0.4 |
| Evaporación (mm) | 5.0 | 6.13 | 5.7 | 4.1 | 3.3 | 3.6 | 3.9 | 3.9 |
| Temperatura Máxima (°C) | 23.8 | 26.8 | 29.1 | 24.7 | 23.7 | 24.1 | 23.6 | 23.6 |
| Temperatura Media (°C) | 18.0 | 20.8 | 21.4 | 19.7 | 18.4 | 18.9 | 18.1 | 17.1 |
| Temperatura Mínima (°C) | 5.1 | 6.7 | 7.6 | 11.0 | 10.4 | 10.2 | 8.1 | 6.3 |

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

En términos generales, el análisis estadístico de la mayoría de las variables estudiadas en el experimento no presentó diferencias estadísticas entre tratamientos, excepto la variable peso de mil semillas y contenido de proteína.

Cabe mencionar que un factor ambiental que influyó sobre la manifestación de los actuales resultados fué el descenso de temperatura (0.2°C) - (Cuadro 4) registrado la madrugada del 10 de Septiembre de 1988, que causó daños severos a las hojas e inflorescencias recién formadas, lo que -- probablemente afectó de manera drástica la respuesta del cultivo a través de los diferentes caracteres cuantificados, ya que la helada negra (descenso de temperatura) se presentó cuando éste se encontraba en período de llenado de grano.

Rendimiento de Grano.

El intervalo de rendimiento alcanzado fué de 1.0 a 1.4 Ton/ha con -- las fórmulas 80-20-00-120 y 120-60-00-160 respectivamente. El promedio general fué de 1.3 Ton/ha. El testigo (00-00-00-120) y el tratamiento adicional (80-40-60-120) presentaron rendimientos promedio de 1.06 y 1.49 -- Ton/ha respectivamente (Cuadro 2a)

Contrariamente a lo que se esperaba esta variable no presentó efecto estadístico alguno a los tratamientos probados (Cuadro 3a).

La prueba de Tuckey al 5%, marca un grupo uniforme que indica que no

hay diferencia alguna entre las medias y por lo tanto entre tratamientos (Cuadro 5). En la figura 3 se observa el comportamiento de esta variable a los elementos probados. En ella se aprecia que las curvas de máximos niveles (X-60-160, 120-X-160 y 120-60-X) son las que manifiestan una respuesta positiva hasta los niveles de 120 Kg/ha de N, 60 Kg/ha de P_2O_5 y 160 mil plantas/ha, punto en el cual se alcanza un rendimiento de grano de 1.49 Ton/ha. La diferencia entre el tratamiento testigo y el de máximo rendimiento fué de 490 Kg. Este aumento en rendimiento de alguna manera expresa el efecto que la fertilización y la densidad de población tuvieron sobre el cultivo. El elemento nitrógeno pudo ser el que promovió esta diferencia en rendimiento, considerando que este no es muy abundante en el suelo como se observa en el análisis de suelo practicado a las muestras (Cuadro 1a).

En un estudio realizado a la misma línea en diferentes zonas productoras y que incluyó un sitio cercano al del presente experimento, encontraron que el intervalo en rendimiento varió de 1.21 a 4.51 Ton/ha con una fertilización de 80-40-00.

Otros estudios realizados a esta misma especie en una zona cercana al sitio experimental mostraron que el rendimiento alcanzado por el testigo sin fertilización nitrogenada fué de 1.39 Ton/ha y producciones máximas que superaron las 2 Ton/ha (Gavi et al., 1988 y Cardona, 1988).

Sabori (1989) empleando 200 Kg/ha de Nitrato de Potasio y 482 Kg/ha de azufre con una densidad de plantas de 200 000 plantas obtuvo rendimien

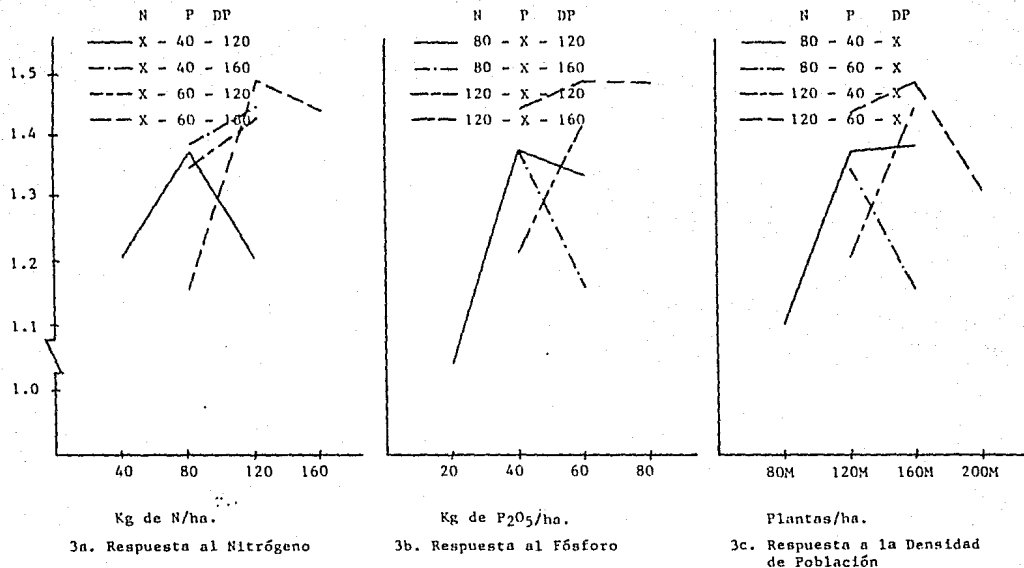


FIGURA 3. Respuesta de la variable rendimiento de grano de amaranto a varios tratamientos de fertilización y densidad de población.

CUADRO 5 PRUEBA DE TUCKEY * PARA RENDIMIENTO DE GRANO.

| No. Trat. | Tratamiento | | | | Media (Ton/ha) |
|--------------|-------------|----|----|-----|-------------------|
| | N | P | K | DP | |
| 1 | 80 | 40 | 00 | 120 | 122a |
| 13 | 80 | 40 | 00 | 80 | 119a |
| 6 | 120 | 40 | 00 | 160 | 112a |
| 8 | 120 | 60 | 00 | 160 | 112a |
| 14 | 120 | 60 | 00 | 200 | 112a |
| 3 | 80 | 60 | 00 | 120 | 110a |
| 5 | 120 | 40 | 00 | 120 | 109a |
| 12 | 120 | 80 | 00 | 160 | 109a |
| 2 | 80 | 40 | 00 | 160 | 107a |
| 4 | 80 | 60 | 00 | 160 | 107a |
| 10 | 160 | 60 | 00 | 160 | 107a |
| 16 | 80 | 40 | 60 | 120 | 107a |
| 15 | 00 | 00 | 00 | 120 | 106a |
| 7 | 120 | 60 | 00 | 120 | 103a |
| 11 | 80 | 20 | 00 | 120 | 102a |
| 9 | 40 | 40 | 00 | 120 | 94a |

DSH 649.8

* Los valores con la (s) letra (s) igual (es) en la columna no son significativamente diferentes entre sí (Tuckey $P = 0.05$).

tos máximos de 1.3 Ton/ha. Por su parte Pulido (1987), determinó que los más altos rendimientos (29 g/maceta) se obtuvieron al combinar 23% de humedad con 375 Kg/ha. de Nitrógeno.

Rendimiento Biológico.

En la figura 4 se reporta el comportamiento del componente al rendimiento biológico. El análisis estadístico (Cuadro 4a) no muestra diferencia alguna entre tratamientos, al igual que la prueba de Tuckey para medias (Cuadro 6).

El mayor rendimiento alcanzado fué de 8.22 Ton/ha que correspondió al tratamiento 80-40-60-120, el valor mínimo fué de 6.9 Ton/ha para el tratamiento 40-40-00-120. El promedio general alcanzó un valor de 7.6 Ton/ha, contra 6.9 Ton/ha del testigo (Cuadro 2a).

Al analizar las figuras 4a, b y c se aprecia que el efecto de los tres elementos probados interactuaron de alguna manera sobre el rendimiento biológico. En las tres figuras se observa que los máximos rendimientos (8.2 Ton/ha) se obtienen a un nivel de 120 Kg/ha de P_2O_5 y 160 mil plantas/ha, es decir en los niveles superiores de cada elemento probado.

Se han reportado diferencias altamente significativas al emplear fertilizantes que permitieron obtener producciones de hasta 7.5 Ton/ha de materia seca con la fórmula 150-200.00 (Mérida, 1986).

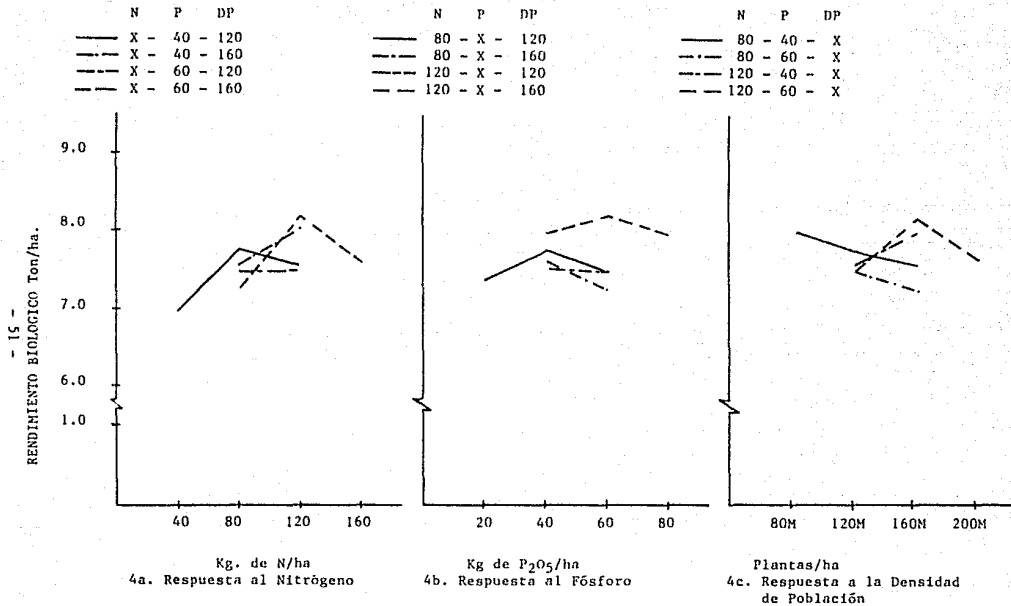


FIGURA 4 Respuesta de la variable rendimiento biológico a varios tratamientos de fertilización y densidad de población.

CUADRO 6 PRUEBA DE TUCKEY * PARA RENDIMIENTO
BIOLOGICO.

| No. Trat. | Tratamiento | | | | Media (Ton/ha) |
|--------------|-------------|----|----|-----|-------------------|
| | N | P | K | DP | |
| 16 | 80 | 40 | 60 | 120 | 8.23a |
| 8 | 120 | 60 | 00 | 160 | 8.22a |
| 6 | 120 | 40 | 00 | 160 | 8.04a |
| 13 | 80 | 40 | 00 | 80 | 8.03a |
| 12 | 120 | 80 | 00 | 160 | 7.96a |
| 1 | 80 | 40 | 00 | 120 | 7.7 a |
| 14 | 120 | 60 | 00 | 200 | 7.68a |
| 10 | 160 | 60 | 00 | 160 | 7.61a |
| 2 | 80 | 40 | 00 | 160 | 7.58a |
| 5 | 120 | 40 | 00 | 120 | 7.57a |
| 3 | 80 | 60 | 00 | 120 | 7.53a |
| 7 | 120 | 60 | 00 | 120 | 7.52a |
| 11 | 80 | 20 | 00 | 120 | 7.34a |
| 4 | 80 | 60 | 00 | 160 | 7.25a |
| 15 | 00 | 00 | 00 | 120 | 6.99a |
| 9 | 40 | 40 | 00 | 120 | 6.94a |

DSH 3.29

* Los valores con la (s) letra (s) igual (es) en la columna no son significativamente diferentes entre sí (Tuckey P = 0.05).

Igualmente se ha determinado que al aumentar la dosis de Nitrógeno - y humedad se incrementó el peso seco total a niveles de 109.34 g/maceta - con 23% de humedad y 375 Kg/ha de Nitrógeno (Pulido, 1987). También se ha reportado que el rendimiento biológico (8.1 Ton/ha) es mayor al incrementarse el nivel de Nitrógeno hasta niveles próximos a 200 Kg/ha, ya que al rebasar este nivel se estabiliza la respuesta (Sabori, 1989).

Peso de Mil Semillas.

Para esta variable sí se reportan diferencias significativas entre - tratamientos, como se observa en el cuadro 5a. El análisis de varianza de efectos factoriales demostró que el fósforo fué el elemento que promovió - este comportamiento (Cuadro 6a). Al analizar la figura 5 no se observa un comportamiento bien definido de la respuesta de esta variable. La prueba - de separación de medias (Tuckey al 5%) agrupa a estas en dos bloques en - el primero (a) se encuentran los primeros 14 tratamientos y en el segundo bloque (b) quedan comprendidos el testigo y el tratamiento adicional (Cua - dro 7), que fueron los que promediaron los más bajos pesos (0.77 respec - tivamente).

Los máximos pesos obtenidos se alcanzaron cuando se emplearon los ni - veles bajos tanto de Nitrógeno (con 40 Kg/ha = 890 mg) como de Fósforo -- (con 20 Kg/ha = 870 mg), ya que al pasar a niveles más altos de estos ele - mentos el peso disminuye considerablemente. El efecto de la densidad de - población es contrario al observado en los elementos anteriores observan - dose aumentos paulatinos conforme se incrementa el número de plantas/ha.- (Cuadro 5).

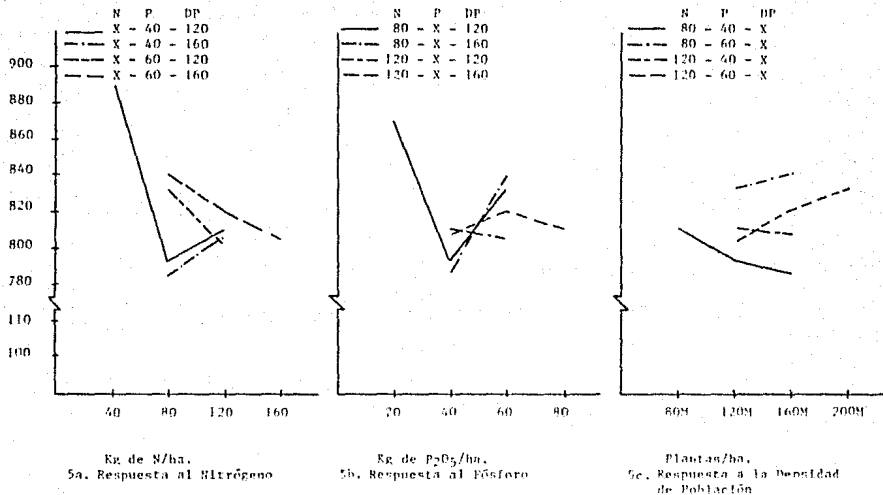


FIGURA 5 Respuesta de la variable peso de 1000 semillas a varios tratamientos de fertilización y densidad de población.

CUADRO 7 PRUEBA DE TUCKEY * PARA PESO DE 1000 SEMILLAS.

| No. Trat. | Tratamiento | | | | Media mg |
|--------------|-------------|----|----|-----|-------------|
| | N | P | K | DP | |
| 9 | 40 | 40 | 00 | 120 | 890a |
| 11 | 80 | 20 | 00 | 120 | 870a |
| 4 | 80 | 60 | 00 | 160 | 840a |
| 3 | 80 | 60 | 00 | 120 | 832a |
| 14 | 120 | 60 | 00 | 200 | 832a |
| 8 | 120 | 60 | 00 | 160 | 820a |
| 5 | 120 | 40 | 00 | 120 | 810a |
| 12 | 120 | 80 | 00 | 160 | 810a |
| 13 | 80 | 40 | 00 | 80 | 810a |
| 6 | 120 | 40 | 00 | 160 | 807a |
| 10 | 160 | 60 | 00 | 160 | 805a |
| 7 | 120 | 60 | 00 | 120 | 802a |
| 1 | 80 | 40 | 00 | 120 | 792a |
| 2 | 80 | 40 | 00 | 160 | 785a |
| 15 | 00 | 00 | 00 | 120 | 772b |
| 16 | 80 | 40 | 60 | 120 | 772b |

DSH 114

* Los valores con la (s) letra (s) igual (es) en la columna no son significativamente diferentes entre sí (Tuckey P = 0.05).

Lo anterior parece indicar que niveles bajos de Nitrógeno y Fósforo_ y altas densidades de población permiten alcanzar un mayor peso por grano que el emplear altas dosis de elementos nutritivos y bajas densidades de_ población.

Contenido de Proteína en el Grano.

El análisis estadístico para esta variable muestra diferencias estadísticas entre tratamientos. El efecto observado se debió a la interacción de Nitrógeno - Fósforo (Cuadro 8 a). La prueba de separación de medias -- forma dos grupos (Cuadro 8) en los elementos del segundo bloque se encuentran los tratamientos 80-20-00-120 con 18.2% y el 80-40-60-120 con -- 16% que fueron los porcentajes más bajos alcanzados de esta variable.

Los valores de proteína aquí obtenidos en donde el nivel máximo fué_ para el testigo (00-00-00-120) con 21% y promedio de 19% con los reportados por Castilla (1980) 16 a 18.5%; Medina (1982) 15.8 a 16.2% Sánchez -- (1980) 15.3%, Bañuelos et al. (1986) 15.8 a 16.8% y National Research --- Council (1984) 16%, se puede afirmar que este estudio se alcanzaron valores de porcentaje de proteína bastante buenos si se consideran aquellos - valores obtenidos en otros trabajos.

Gráficamente se aprecia que la respuesta a esta variable tiene un -- punto de máximo nivel de proteína alcanzado. El Nitrógeno manifiesta un - efecto favorable en la variable hasta un nivel de 80 Kg/ha a partir de -- donde hay un decremento a medida que se incrementan las dosis de este elemento. (Figura 6a).

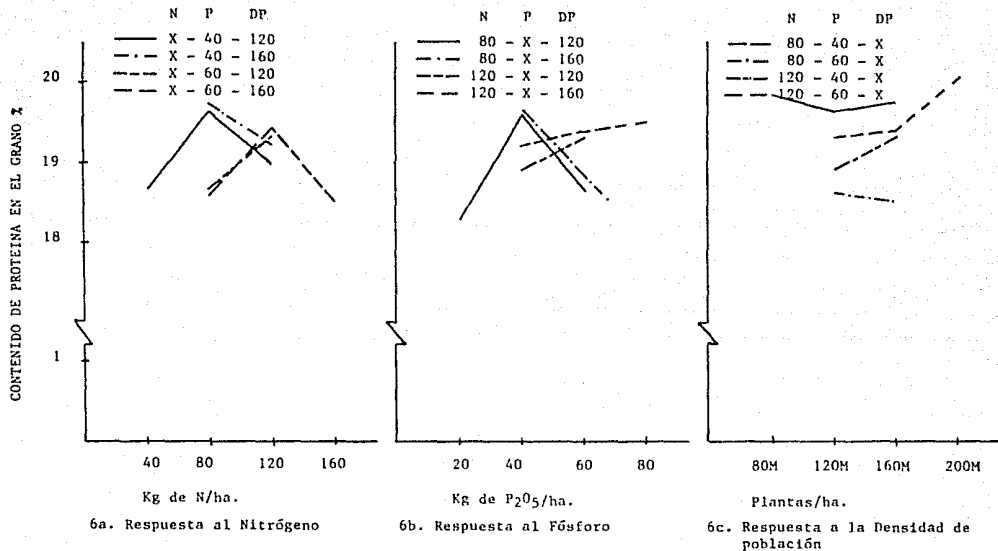


FIGURA 6. Respuesta de la variable contenido de proteína en el grano a varios tratamientos de fertilización y densidad de población.

CUADRO 8 PRUEBA DE TUCKEY * PARA CONTENIDO DE
PROTEINA EN EL GRANO.

| No. Trat. | Tratamiento | | | | Medida % |
|--------------|-------------|----|----|-----|-------------|
| | N | P | K | DP | |
| 15 | 00 | 00 | 00 | 120 | 21.0a |
| 14 | 120 | 60 | 00 | 200 | 20.5a |
| 13 | 80 | 40 | 00 | 80 | 19.8a |
| 2 | 80 | 40 | 00 | 260 | 19.7a |
| 1 | 80 | 40 | 00 | 120 | 19.6a |
| 12 | 120 | 80 | 00 | 160 | 19.5a |
| 8 | 120 | 60 | 00 | 160 | 19.4a |
| 7 | 120 | 60 | 00 | 120 | 19.3a |
| 6 | 120 | 40 | 00 | 160 | 19.2a |
| 5 | 120 | 40 | 00 | 120 | 18.9a |
| 3 | 80 | 60 | 00 | 120 | 18.6a |
| 9 | 40 | 40 | 00 | 120 | 18.6a |
| 4 | 80 | 60 | 00 | 160 | 18.5a |
| 10 | 160 | 60 | 00 | 160 | 18.5a |
| 11 | 80 | 20 | 00 | 120 | 18.2a |
| 16 | 80 | 40 | 60 | 120 | 16.0a |

DSH 2.8

* Los valores con la (s) letra (s) igual (es) en la columna no son significativamente diferentes entre sí (Tuckey P = 0.05).

CUADRO 8 PRUEBA DE TUCKEY * PARA CONTENIDO DE
PROTEINA EN EL GRANO.

| No. Trat. | Tratamiento | | | | Media % |
|--------------|-------------|----|----|-----|------------|
| | N | P | K | DP | |
| 15 | 00 | 00 | 00 | 120 | 21.0a |
| 14 | 120 | 60 | 00 | 200 | 20.5a |
| 13 | 80 | 40 | 00 | 80 | 19.8a |
| 2 | 80 | 40 | 00 | 260 | 19.7a |
| 1 | 80 | 40 | 00 | 120 | 19.6a |
| 12 | 120 | 80 | 00 | 160 | 19.5a |
| 8 | 120 | 60 | 00 | 160 | 19.4a |
| 7 | 120 | 60 | 00 | 120 | 19.3a |
| 6 | 120 | 40 | 00 | 160 | 19.2a |
| 5 | 120 | 40 | 00 | 120 | 18.9a |
| 3 | 80 | 60 | 00 | 120 | 18.6a |
| 9 | 40 | 40 | 00 | 120 | 18.6a |
| 4 | 80 | 60 | 00 | 160 | 18.5a |
| 10 | 160 | 60 | 00 | 160 | 18.5a |
| 11 | 80 | 20 | 00 | 120 | 18.2a |
| 16 | 80 | 40 | 60 | 120 | 16.0a |

DSH 2.8

* Los valores con la (s) letra (s) igual (es) en la columna no son significativamente diferentes entre sí (Tuckey P = 0.05).

CUADRO 8 PRUEBA DE TUCKEY * PARA CONTENIDO DE
PROTEINA EN EL GRANO.

| No. Trat. | Tratamiento | | | | Media % |
|--------------|-------------|----|----|-----|------------|
| | N | P | K | DP | |
| 15 | 00 | 00 | 00 | 120 | 21.0a |
| 14 | 120 | 60 | 00 | 200 | 20.5a |
| 13 | 80 | 40 | 00 | 80 | 19.8a |
| 2 | 80 | 40 | 00 | 260 | 19.7a |
| 1 | 80 | 40 | 00 | 120 | 19.6a |
| 12 | 120 | 80 | 00 | 160 | 19.5a |
| 8 | 120 | 60 | 00 | 160 | 19.4a |
| 7 | 120 | 60 | 00 | 120 | 19.3a |
| 6 | 120 | 40 | 00 | 160 | 19.2a |
| 5 | 120 | 40 | 00 | 120 | 18.9a |
| 3 | 80 | 60 | 00 | 120 | 18.6a |
| 9 | 40 | 40 | 00 | 120 | 18.6a |
| 4 | 80 | 60 | 00 | 160 | 18.5a |
| 10 | 160 | 60 | 00 | 160 | 18.5a |
| 11 | 80 | 20 | 00 | 120 | 18.2a |
| 16 | 80 | 40 | 60 | 120 | 16.0a |

DSH 2.8

* Los valores con la (s) letra (s) igual (es) en la columna no son significativamente diferentes entre sí (Tuckey $P = 0.05$).

CUADRO 8 PRUEBA DE TUCKEY * PARA CONTENIDO DE
PROTEINA EN EL GRANO.

| No. Trat. | Tratamiento | | | | Media % |
|--------------|-------------|----|----|-----|------------|
| | N | P | K | DP | |
| 15 | 00 | 00 | 00 | 120 | 21.0a |
| 14 | 120 | 60 | 00 | 200 | 20.5a |
| 13 | 80 | 40 | 00 | 80 | 19.8a |
| 2 | 80 | 40 | 00 | 260 | 19.7a |
| 1 | 80 | 40 | 00 | 120 | 19.6a |
| 12 | 120 | 80 | 00 | 160 | 19.5a |
| 8 | 120 | 60 | 00 | 160 | 19.4a |
| 7 | 120 | 60 | 00 | 120 | 19.3a |
| 6 | 120 | 40 | 00 | 160 | 19.2a |
| 5 | 120 | 40 | 00 | 120 | 18.9a |
| 3 | 80 | 60 | 00 | 120 | 18.6a |
| 9 | 40 | 40 | 00 | 120 | 18.6a |
| 4 | 80 | 60 | 00 | 160 | 18.5a |
| 10 | 160 | 60 | 00 | 160 | 18.5a |
| 11 | 80 | 20 | 00 | 120 | 18.2a |
| 16 | 80 | 40 | 60 | 120 | 16.0a |

DSH 2.8

* Los valores con la (s) letra (s) igual (es) en la columna no son significativamente diferentes entre sí (Tuckey $P = 0.05$).

CUADRO 8 PRUEBA DE TUCKEY * PARA CONTENIDO DE
 PROTEINA EN EL GRANO.

| No. Trat. | Tratamiento | | | | Media % |
|--------------|-------------|----|----|-----|------------|
| | N | P | K | DP | |
| 15 | 00 | 00 | 00 | 120 | 21.0a |
| 14 | 120 | 60 | 00 | 200 | 20.5a |
| 13 | 80 | 40 | 00 | 80 | 19.8a |
| 2 | 80 | 40 | 00 | 260 | 19.7a |
| 1 | 80 | 40 | 00 | 120 | 19.6a |
| 12 | 120 | 80 | 00 | 160 | 19.5a |
| 8 | 120 | 60 | 00 | 160 | 19.4a |
| 7 | 120 | 60 | 00 | 120 | 19.3a |
| 6 | 120 | 40 | 00 | 160 | 19.2a |
| 5 | 120 | 40 | 00 | 120 | 18.9a |
| 3 | 80 | 60 | 00 | 120 | 18.6a |
| 9 | 40 | 40 | 00 | 120 | 18.6a |
| 4 | 80 | 60 | 00 | 160 | 18.5a |
| 10 | 160 | 60 | 00 | 160 | 18.5a |
| 11 | 80 | 20 | 00 | 120 | 18.2a |
| 16 | 80 | 40 | 60 | 120 | 16.0a |

DSH 2.8

* Los valores con la (s) letra (s) igual (es) en la columna no son significativamente diferentes entre sí (Tuckey P = 0.05).

CUADRO 8 PRUEBA DE TUCKEY * PARA CONTENIDO DE
PROTEINA EN EL GRANO.

| No. Trat. | Tratamiento | | | | Media % |
|--------------|-------------|----|----|-----|------------|
| | N | P | K | DP | |
| 15 | 00 | 00 | 00 | 120 | 21.0a |
| 14 | 120 | 60 | 00 | 200 | 20.5a |
| 13 | 80 | 40 | 00 | 80 | 19.8a |
| 2 | 80 | 40 | 00 | 260 | 19.7a |
| 1 | 80 | 40 | 00 | 120 | 19.6a |
| 12 | 120 | 80 | 00 | 160 | 19.5a |
| 8 | 120 | 60 | 00 | 160 | 19.4a |
| 7 | 120 | 60 | 00 | 120 | 19.3a |
| 6 | 120 | 40 | 00 | 160 | 19.2a |
| 5 | 120 | 40 | 00 | 120 | 18.9a |
| 3 | 80 | 60 | 00 | 120 | 18.6a |
| 9 | 40 | 40 | 00 | 120 | 18.6a |
| 4 | 80 | 60 | 00 | 160 | 18.5a |
| 10 | 160 | 60 | 00 | 160 | 18.5a |
| 11 | 80 | 20 | 00 | 120 | 18.2a |
| 16 | 80 | 40 | 60 | 120 | 16.0a |

DSH 2.8

* Los valores con la (s) letra (s) igual (es) en la columna no son significativamente diferentes entre sí (Tuckey P = 0.05).

CUADRO 8 PRUEBA DE TUCKEY * PARA CONTENIDO DE
 PROTEINA EN EL GRANO.

| No. Trat. | Tratamiento | | | | Medio % |
|--------------|-------------|----|----|-----|------------|
| | N | P | K | DP | |
| 15 | 00 | 00 | 00 | 120 | 21.0a |
| 14 | 120 | 60 | 00 | 200 | 20.5a |
| 13 | 80 | 40 | 00 | 80 | 19.8a |
| 2 | 80 | 40 | 00 | 260 | 19.7a |
| 1 | 80 | 40 | 00 | 120 | 19.6a |
| 12 | 120 | 80 | 00 | 160 | 19.5a |
| 8 | 120 | 60 | 00 | 160 | 19.4a |
| 7 | 120 | 60 | 00 | 120 | 19.3a |
| 6 | 120 | 40 | 00 | 160 | 19.2a |
| 5 | 120 | 40 | 00 | 120 | 18.9a |
| 3 | 80 | 60 | 00 | 120 | 18.6a |
| 9 | 40 | 40 | 00 | 120 | 18.6a |
| 4 | 80 | 60 | 00 | 160 | 18.5a |
| 10 | 160 | 60 | 00 | 160 | 18.5a |
| 11 | 80 | 20 | 00 | 120 | 18.2a |
| 16 | 80 | 40 | 60 | 120 | 16.0a |

DSH 2.8

* Los valores con la (s) letra (s) igual (es) en la columna no son significativamente diferentes entre sí (Tuckey P = 0.05).

Para el caso del Fósforo, este promovió un máximo de respuesta hasta un nivel de 40 Kg/ha en donde se obtuvo un 19.7% de proteína en grano (Figura 6b).

Por lo que respecta a la densidad de población se observa que las altas densidades de población promueven de algún modo el incremento de proteína, considerando que con 200 mil plantas/ha se alcanzó un porcentaje de 20.5 que es excelentemente bueno comparandolo con los valores mencionados (Figura 6c).

Índice de Cosecha.

En el presente trabajo se registró un índice de cosecha máximo de 23.7% con la fórmula 120-60-00-120, el mínimo alcanzado fue de 18.1% con la fórmula 120-80-00-160. El tratamiento adicional (80-40-00-120) presentó en promedio 20.7% y el testigo (00-00-00-120) 20.7%. El promedio fue de 21.3%. (Cuadro 2a).

El análisis estadístico practicado no manifestó diferencias significativas entre los tratamientos (Cuadro 9a). La prueba de separación de medias (Tuckey al 5%) agrupa a todas estas en un solo bloque que confirma lo estadísticamente obtenido (Cuadro 9).

En la figura 7 se observa el comportamiento de la variable a los diferentes niveles de Nitrógeno, Fósforo y densidad de población empleados. En general se puede decir que el comportamiento a los elementos ensayados fue completamente diverso, es decir no hay bien definido un comportamiento que

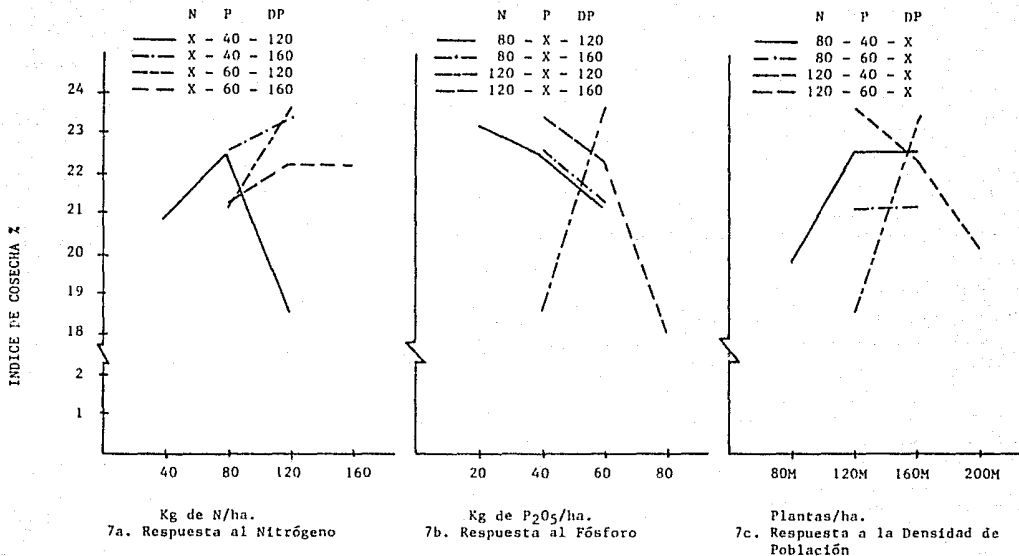


FIGURA 7. Respuesta de la variable índice de cosecha a varios tratamientos de fertilización y densidad de población.

CUADRO 9 PRUEBA DE TUCKEY * PARA INDICE DE COSECHA.

| No. Trat. | Tratamiento | | | | Media % |
|--------------|-------------|----|----|-----|------------|
| | N | P | K | DP | |
| 7 | 120 | 60 | 00 | 120 | 23.7a |
| 6 | 120 | 40 | 00 | 160 | 22.4a |
| 11 | 80 | 20 | 00 | 120 | 23.1a |
| 2 | 80 | 40 | 00 | 160 | 22.6a |
| 1 | 80 | 40 | 00 | 120 | 22.5a |
| 8 | 120 | 60 | 00 | 160 | 22.3a |
| 10 | 160 | 60 | 00 | 160 | 22.2a |
| 4 | 80 | 60 | 00 | 160 | 21.3a |
| 3 | 80 | 60 | 00 | 120 | 21.2a |
| 9 | 40 | 40 | 00 | 120 | 20.9a |
| 16 | 80 | 40 | 60 | 120 | 20.7a |
| 15 | 00 | 00 | 00 | 120 | 20.7a |
| 14 | 120 | 60 | 00 | 200 | 20.2a |
| 13 | 80 | 40 | 00 | 80 | 19.8a |
| 5 | 120 | 40 | 00 | 120 | 18.6a |
| 12 | 120 | 80 | 00 | 160 | 18.1a |

DSH 8.1

* Los valores con la (s) letra (s) igual (es) en la columna no son significativamente diferentes entre sí (Tuckey P = 0.05).

permita establecer un criterio bien definido. Respuestas regularmente favorables se observan en Nitrógeno (Figura 7a), en donde se aprecia un crecimiento positivo de las curvas al pasar de 80 a 120 Kg/ha de este elemento.

En la figura 7b de Fósforo, se observa que no hay una respuesta al elemento probado, todas las curvas a excepción de la 120-X-120 que presenta un crecimiento positivo.

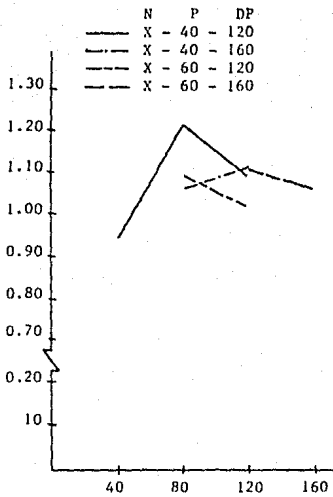
En densidad de población (Figura 7c) la variable expresa un crecimiento exponencial de 80 a 120 mil plantas/ha, que se estabiliza y descende cuando se emplea un mayor número de plantas/ha.

Como se manifestó anteriormente la respuesta de esta variable fué mínima a los elementos probados, más sin embargo hay reportes de que el amarantho presenta respuestas favorables del índice de cosecha a altas densidades de población y niveles de fertilización principalmente nitrogenada (Wagoner, 1983 y Pulido, 1987). Cardona en 1988 obtuvo índices de cosecha de 24.7 a 26.5% con producciones de grano de 1.75 a 2.33 Ton/ha. Mientras Sabori en 1989 alcanzó valores de éste parámetro de 11.8 a 15.2%.

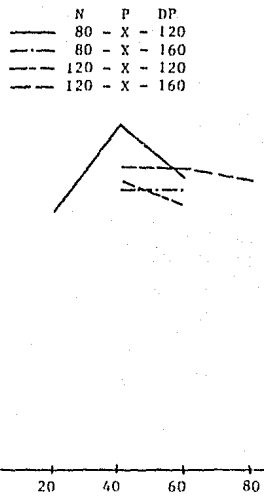
Altura de Planta.

Estadísticamente, todos los tratamientos se comportaron de manera similar, la tendencia general de la altura de planta fué a disminuir conforme se incrementaba la fertilización y densidad de población (Figura 8a, b, y c). La prueba de Tuckey agrupa a todas las medias en un grupo, lo que corrobora lo estadísticamente obtenido (Cuadro 10a).

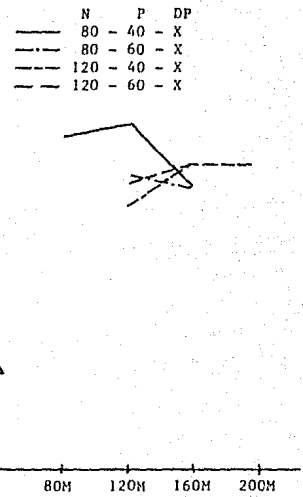
ALTURA DE PLANTA m



8a. Respuesta al Nitrógeno



8b. Respuesta al Fósforo



8c. Respuesta a la Densidad de Población

FIGURA 8. Respuesta de la variable altura de planta a varios tratamientos de fertilización y densidad de población.

CUADRO 10 PRUEBA DE TUCKEY * PARA ALTURA DE PLANTA.

| No. Trat. | Tratamiento | | | | Media m |
|--------------|-------------|----|----|-----|------------|
| | N | P | K | DP | |
| 1 | 80 | 40 | 00 | 120 | 1.22a |
| 13 | 80 | 40 | 00 | 80 | 1.19a |
| 6 | 120 | 40 | 00 | 160 | 1.12a |
| 8 | 120 | 60 | 00 | 160 | 1.12a |
| 14 | 120 | 60 | 00 | 200 | 1.12a |
| 3 | 80 | 60 | 00 | 120 | 1.10a |
| 5 | 120 | 40 | 00 | 120 | 1.09a |
| 12 | 120 | 80 | 00 | 160 | 1.09a |
| 2 | 80 | 40 | 00 | 160 | 1.07a |
| 4 | 80 | 60 | 00 | 160 | 1.07a |
| 10 | 160 | 60 | 00 | 160 | 1.07a |
| 16 | 80 | 40 | 60 | 120 | 1.07a |
| 15 | 00 | 00 | 00 | 120 | 1.06a |
| 7 | 120 | 60 | 00 | 120 | 1.03a |
| 11 | 80 | 20 | 00 | 120 | 1.02a |
| 9 | 40 | 40 | 00 | 120 | 0.94a |

DSH 0.33

* Los valores con la (s) letra (s) igual (es) en la columna no son significativamente diferentes entre sí (Tuckey $P = 0.05$).

La respuesta a los tratamientos indica que independientemente de los niveles de fertilización y densidad de población, la altura de planta de los diferentes tratamientos fué semejante (Cuadro 2a). La mayor altura registrada en este experimento fué de 1.22 m empleando la fórmula 80-40-00-120. El testigo, con la misma densidad alcanzó un promedio de 1.06 m y el más bajo nivel alcanzado fué de 0.94 m con 40-40-00-120. El tratamiento adicional (80-40-60-120) promedió 1.07 m y el promedio general fué de 1.09 m.

Si bien es cierto que la respuesta general observada en esta variable no fué significativa, la altura promedio obtenida fué menor a la observada en otro estudio con la misma línea en donde se registró un promedio de altura de 1.54 m (Espitia, 1987).

Otros estudios reportan que si hay un aumento en la altura de la planta así como en el rendimiento de grano, proteína foliar y rastrojo con una fertilización consistente en 80 Kg/ha de N y 60 Kg/ha de P_2O_5 (Lara, 1985).

En el caso específico de la densidad de población se encontró que al aumentar esta, se presenta una menor altura de planta al igual que una menor ramificación por planta con la consecuente reducción de panojas laterales (Trinidad et al., 1986).

Diámetro del Tallo.

El diámetro máximo obtenido fué de 1.6 cm, el mínimo de 1.3 cm, el testigo promedió 1.42 cm que lo ubica al mismo nivel del promedio general (1.44 cm). El tratamiento adicional presentó un diámetro del tallo de 1.57

cm (Cuadro 2a).

El análisis de varianza y la prueba de Tuckey (5%) no detectaron diferencia alguna entre tratamientos y entre medias (Cuadro 11 y 11a).

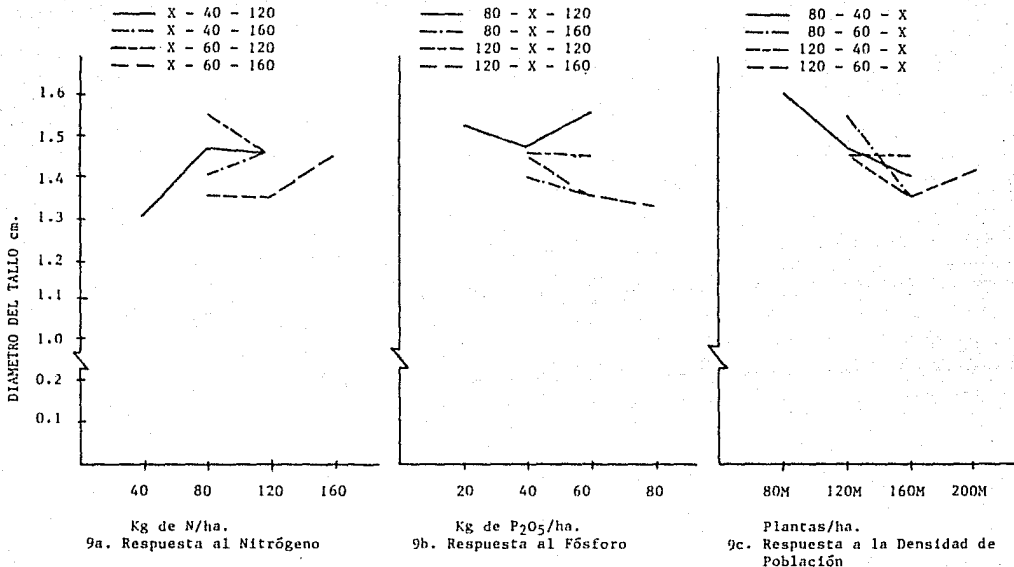
El efecto del Nitrógeno sobre el diámetro del tallo (Figura 9a) fué mínimo, considerando que la diferencia observada entre los tratamientos de mayor y menor aplicación (40 y 160 Kg/ha de N) fué de milímetros. El fósforo (Figura 9b), promueve una respuesta favorable a niveles inferiores de este elemento (20 a 40 Kg/ha) en los cuales también se combinaron el de Nitrógeno (40 a 80 Kg/ha).

La densidad de población (Figura 9c) presenta un comportamiento negativo desde el nivel más bajo de densidad (80 mil plantas/ha) al más alto (200 mil plantas/ha), lo que indica que las densidades probadas a medida que son mayores reducen considerablemente el diámetro del tallo.

Lo observado por otros autores para esta variable, es una reducción del diámetro del tallo además de una mayor longitud de panoja, maduración uniforme y una reducción de la susceptibilidad a plagas y enfermedades -- cuando se emplean altas densidades (Duncan y Volak, 1979).

Longitud de la Panoja.

El análisis estadístico, no detectó diferencia significativa alguna al igual que la prueba de Tuckey (5%). La mayor longitud de la inflorescencia fué de 27.1 cm que correspondió al testigo y el más bajo fué de --



CUADRO 11 PRUEBA DE TUCKEY * PARA DIAMETRO DEL TALLO.

| No. Trat. | Tratamiento | | | | Media cm |
|--------------|-------------|----|----|-----|-------------|
| | N | P | K | DP | |
| 13 | 80 | 40 | 00 | 80 | 1.60a |
| 16 | 80 | 40 | 60 | 120 | 1.57a |
| 3 | 80 | 60 | 00 | 120 | 1.55a |
| 11 | 80 | 20 | 00 | 120 | 1.52a |
| 1 | 80 | 40 | 00 | 120 | 1.47a |
| 5 | 120 | 40 | 00 | 120 | 1.45a |
| 6 | 120 | 40 | 00 | 160 | 1.45a |
| 7 | 120 | 60 | 00 | 120 | 1.45a |
| 8 | 160 | 60 | 00 | 160 | 1.45a |
| 14 | 120 | 60 | 00 | 200 | 1.42a |
| 15 | 00 | 00 | 00 | 120 | 1.42a |
| 2 | 80 | 40 | 00 | 160 | 1.40a |
| 4 | 80 | 60 | 00 | 160 | 1.35a |
| 8 | 120 | 60 | 00 | 160 | 1.35a |
| 12 | 120 | 80 | 00 | 160 | 1.32a |
| 9 | 40 | 40 | 00 | 120 | 1.30a |

DSH 0.44

* Los valores con la (s) letra (s) igual (es) en la columna no son significativamente diferentes entre sí (Tuckey P = 0.05).

24.8 cm para el tratamiento 80-20-00-120. El promedio general fué de 20.0 cm y el tratamiento adicional promedió una longitud de 26.1 cm (Cuadro 2a).

Gráficamente se observa que hay un ligero aumento en el tamaño de la inflorescencia (Figura 10a, b y c). Este incremento observado se presenta en la curva X-60-160 de nitrógeno (Figura 10a), así como en la 80-X-120 y 120-60-X de fósforo (Figura 10b) y densidad de población (Figura 10c) respectivamente. En los tres casos el efecto fué mínimo en cada tratamiento, por lo cual estadísticamente no se encuentra significancia.

Se ha reportado que el efecto de la fertilización nitrogenada principalmente (90 a 250 Kg/ha), así como las bajas densidades de población --- (30 000 plantas/ha) promueven la expresión de una mayor longitud de panoja (Alejandre y Gómez, 1981, Pulido, 1987 y Trinidad y Mérida, 1987).

Diámetro de la Panoja.

El diámetro máximo obtenido fué de 6.1 cm con una densidad de 160 -- mil plantas/ha, el menor registrado correspondió al testigo con 4.1 cm y el promedio general fué de 5.5 cm, que es muy cercano a los 5.8 cm del -- tratamiento adicional (Cuadro 2a).

Estadísticamente no hubo diferencias significativas observables (Cuadros 13a). La prueba de Tuckey al 5% igualmente marcó a todas como un solo grupo que indica el nulo efecto de los elementos evaluados (Cuadro 13).

Respuestas favorables se observan hasta niveles de 80 Kg/ha de N (Fi

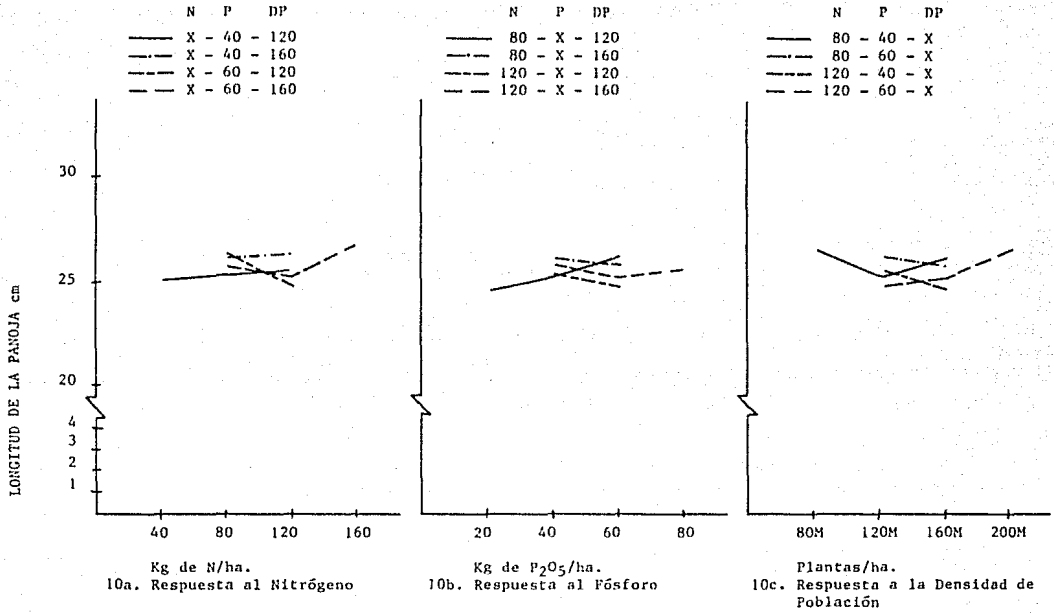


FIGURA 10. Respuesta de la variable longitud de la panoja a varios tratamientos de fertilización y densidad de población.

CUADRO 12 PRUEBA DE TUCKEY * PARA LONGITUD DE LA
 PANOJA.

| No. Trat. | Tratamiento | | | | Media cm |
|--------------|-------------|----|----|-----|-------------|
| | N | P | K | DP | |
| 10 | 160 | 60 | 00 | 160 | 27.1a |
| 15 | 00 | 00 | 00 | 120 | 27.1a |
| 14 | 120 | 60 | 00 | 200 | 26.9a |
| 13 | 80 | 40 | 00 | 80 | 26.7a |
| 3 | 80 | 60 | 00 | 120 | 26.5a |
| 6 | 120 | 40 | 00 | 160 | 26.5a |
| 2 | 80 | 40 | 00 | 160 | 26.4a |
| 4 | 80 | 60 | 00 | 160 | 26.1a |
| 16 | 80 | 40 | 60 | 120 | 26.1a |
| 12 | 120 | 80 | 00 | 160 | 25.8a |
| 5 | 120 | 40 | 00 | 120 | 25.7a |
| 1 | 80 | 40 | 00 | 120 | 25.5a |
| 10 | 120 | 60 | 00 | 160 | 25.5a |
| 9 | 40 | 40 | 00 | 120 | 25.3a |
| 7 | 120 | 60 | 00 | 120 | 25.0a |
| 11 | 80 | 20 | 00 | 120 | 24.8a |

DSH 4.48

* Los valores con la (s) letra (s) igual (es) en la columna no son significativamente diferentes entre sí (Tuckey P = 0.05).

gura 11a) y 40 Kg/ha de P_2O_5 (Figura 11b). Aunque a los altos niveles de N parece haber respuesta, este efecto es inferior al máximo alcanzado. El caso del Fósforo es contrario ya que al pasar de los 40 Kg/ha de este elemento se observa un decremento total en la respuesta de la variable a este elemento.

La respuesta a las densidades de población probadas evidencian un efecto positivo, lo que indica que de alguna manera la densidad de población conjuntamente con la fertilización presentó algún efecto sobre el cultivo (Fig. 11c).

En otros estudios se menciona que cuando se aplicaron 375 Kg/ha de nitrógeno se obtuvieron los mayores diámetros de panoja (32.5) en una condición de humedad del 23% para A. hypochondriacus (Pulido, 1987). Aspectos que coinciden con lo reportado por Alejandre, 1981 y Mérida, 1986, quienes encontraron que tanto el perímetro de panoja como la longitud de la misma se incrementaron con las altas dosis de fertilización nitrogenada.

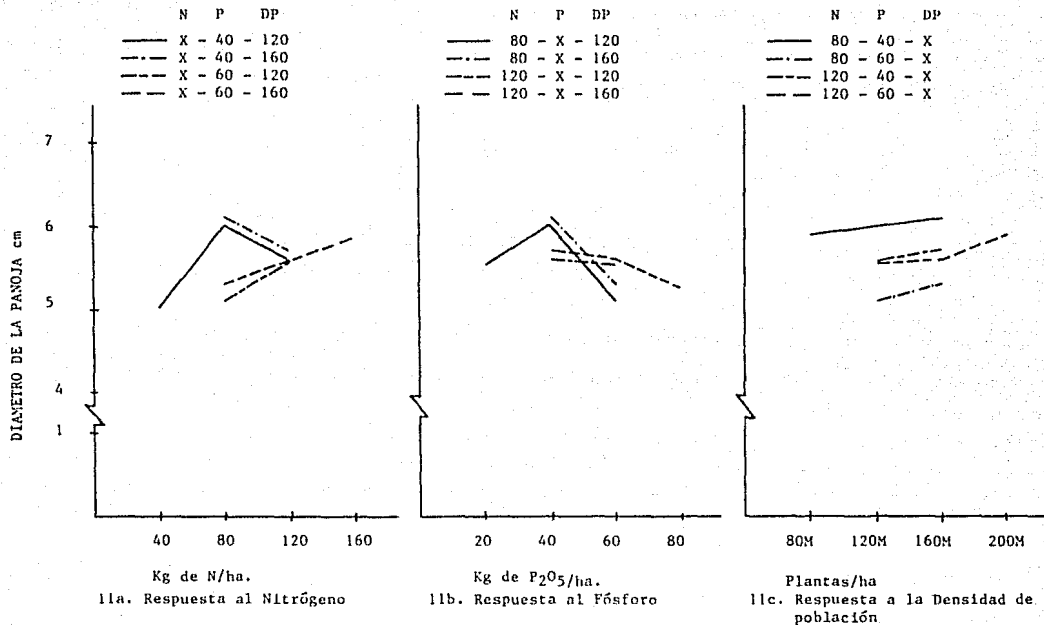


FIGURA 11. Respuesta de la variable diámetro de la panoja a varios tratamientos de fertilización y densidad de población.

CUADRO 13 PRUEBA DE TUCKEY * PARA DIAMETRO DE LA PANOJA.

| No. Trat. | Tratamiento | | | | Media cm |
|--------------|-------------|----|----|-----|-------------|
| | N | P | K | DP | |
| 1 | 80 | 40 | 00 | 120 | 6.1a |
| 2 | 80 | 40 | 00 | 160 | 6.0a |
| 13 | 80 | 40 | 00 | 80 | 5.9a |
| 14 | 120 | 60 | 00 | 200 | 5.9a |
| 10 | 160 | 60 | 00 | 160 | 5.8a |
| 16 | 80 | 40 | 60 | 120 | 5.8a |
| 6 | 120 | 40 | 00 | 160 | 5.7a |
| 5 | 120 | 40 | 00 | 120 | 5.6a |
| 8 | 120 | 60 | 00 | 160 | 5.6a |
| 7 | 120 | 60 | 00 | 120 | 5.5a |
| 11 | 80 | 20 | 00 | 120 | 5.5a |
| 4 | 80 | 60 | 00 | 160 | 5.3a |
| 12 | 120 | 80 | 00 | 160 | 5.2a |
| 3 | 80 | 60 | 00 | 120 | 5.1a |
| 9 | 40 | 40 | 00 | 120 | 5.0a |
| 15 | 00 | 00 | 00 | 120 | 4.1a |

DSH 1.6

* Los valores con la (s) letra (s) igual (es) en columna no son significativamente diferentes entre sí (Tuckey P = 0.05).

CONCLUSIONES

De acuerdo a las condiciones prevalecientes durante el desarrollo -- del experimento, las conclusiones a las que se puede llegar son:

- 1) El cultivo respondió mínimamente a las aplicaciones de nitrógeno y fósforo, bajo las condiciones ambientales (helada negra, en llenado de grano) que prevalecieron durante el desarrollo del experimento.
- 2) Los elementos conjugados de fertilización y densidad de población, no modificaron significativamente la respuesta de los componentes de rendimiento que se analizaron a excepción de peso de mil semillas y contenido de proteína en el grano.
- 3) El rendimiento de grano varió de 1.06 a 1.49 Ton/ha con las fórmu las 00-00-00-120 y 120-60-00-160 respectivamente, lo que indica - que la fertilización promovió de alguna manera un aumento en la - expresión de este caracter, aún cuando estadísticamente no se de- tectaron diferencias para este carácter.
- 4) El rendimiento biológico presentó una respuesta que fué de 6.99 a 8.23 Ton/ha con los tratamientos 00-00-00-120 y 80-40-60-120. Aun que estadísticamente no hubo respuesta se obtuvo un aumento en peso de 1.24 Ton/ha.
- 5) El peso de mil semillas manifestó una respuesta estadística significativa, el testigo (00-00-00-120) promedió 772 mg y el trata---

- miento de mayor respuesta (40-40-00-120) 890 mg. El fósforo fué - el elemento que al parecer promovió este cambio, lo que representa un aumento en peso de 118 mg.
- 6) El contenido de proteína en la semilla encontrado fué 16 al 21% con los tratamientos 80-40-60-120 y 00-00-00-120 respectivamente.
- 7) El índice de cosecha no mostró diferencias estadísticas entre tratamientos, el intervalo registrado fué de 18.1 a 23.7% con los -- tratamientos 20-80-00-160 y 120 60-00-120 respectivamente. El tes rigo 00-00-00-120, promedió 20.7%.
- 8) Los componentes de rendimiento como altura de planta, diámetro -- del tallo, longitud de la panoja y diámetro de la panoja no mostraron diferencias estadísticas en los tratamientos empleados. Nu méricamente el intervalo observado fué mínimo, de tal manera que no se observó una correlación entre el rendimiento de grano y los componentes ya mencionados.
- 9) El tratamiento adicional que involucra presencia del fósforo (80-40-60-120) no ocasionó un comportamiento diferente de los demás - tratamientos, excepto en rendimiento biológico.

VI. RECOMENDACIONES

Es necesario aumentar los niveles de aplicación de nitrógeno y fósforo, ya que en este trabajo se observó que las cantidades aplicadas no ocasionaron una respuesta clara en los parámetros registrados.

En terrenos areno-arcillosos se recomienda hacer aplicaciones de elementos nutritivos preferentemente en forma fraccionada (a la siembra y primera o segunda escarda) de tal manera que se pueden evitar los problemas de pérdidas del fertilizante por lixiviación.

Se requiere determinar adecuadamente una fecha de siembra que permita hasta cierto punto prevenir daños por heladas y obtener los más altos rendimientos a todos los niveles.

VII. BIBLIOGRAFIA.

- Aguilar, J. y G. Alatorre. 1978. Monografía de la planta de Alegría. Memoria del Grupo de Estudios Ambientales, A. C. (1):57-203. México.
- Alejandre, I.G. y F. Gómez L. 1981. Fertilización y densidad de población en amaranto Amaranthus hypochondriacus L. Tesis profesional, UACH. Chapingo, México.
- Alejandre, I.G. y F. Gómez L. 1986. Variabilidad en tipos criollos de Amaranto (Amaranthus spp.) en la región central de México. En: Memorias del Primer Seminario Nacional de Amaranto C.P. Chapingo, México. pp. 242-261.
- Ames, O. 1939. Economic Annuals and Human Cultures. University of Cambridge. 135 p.
- Bañuelos, V.B., J. Escobar B., E. Gómez M., F. Sánchez E. Y J. J. Zilli D. 1988. Comportamiento de 12 genotipos de amaranto (Amaranthus spp.) bajo condiciones de tres zonas ecológicas del estado de Veracruz. Tesis profesional. Córdoba, Veracruz.
- Black, C.C., Jr. 1973. Photosynthetic carbon fixation in relation to net CO₂ uptake. Annual Review of Plant Physiology 24:253-286.
- Becker, R., E.L.M. Wheeler, R. Lorenz, A.E. Statford, D.K. Grojean, A.A.M. Betschart and R.M. Saunders. 1981. A compositional study of amaranth grain. Jor. Food Sci. 46:1175.
- Bruno C., J. 1987. Aspectos ecofisiológicos de los amarantos.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

Candolle, A. de. 1883. Origine des plantes cultivées en France (Origin of cultivated plants). Paris

Cardona B., J.D. 1988. Fertilización edáfica y foliar en amaranto (Amaranthus hypochondriacus L.) tipo mercado. Tesis, M.C. Centro de Edafología, Colegio de Postgraduados. Montecillos, México. 156 p.

Carlsson, R. 1983. Nitrate and oxalate contents in leaf and stem of wild and cultivated leafy vegetables. Leaf nutrient concentrate production as a mean for the toxication. In: Proc. VI International Congress of Food Science and Tecnol., Dublin, Irland, Vol. I pp 37-38.

Casillas, G.F.J. 1986. Importancia de la semilla de alegría. Instituto Nacional de Nutrición. En: Memoria del Primer Seminario Nacional de Amaranto. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. pp. 289-299.

Castilla C., H.F. 1980. Botánica. México INIA. 33p.

Castilla C., H.F., H. Cejudo G., M. Espinosa R., O. Ramirez E. 1983. Evaluación de la calidad nutritiva e industrial de líneas experimentales de Amaranthus hypochondriacus L. Laboratorio de Farinología. CIAMEC-INIA-SARH. Chapingo, México. 17 p.

Cervantes S., J.M. 1982. Evaluación nutricional de la alegría (Amaranthus hypochondriacus L.) como alimento para rumiantes. Tesis, M.C. Centro de Ganadería, Colegio de Post graduados, Montecillos, México. 85 p.

Cheeke, P.R. and J. Bronson. 1979. Breeding trials with amaran

- th grain, forage and leaf protein concentrates. In: Second Amaranth Conference. Rodale Press. Pennsylvania USA. pp. 5-11.
- Connor, J.R., R.J.W. Gartner, Bronwyn M. and R.N. Amos. 1980. Amaranthus edulis: an ancient food source. Aust. J. Exp. Anim. Husband. 20: 156-161.
- Coons, M.P. 1982. Relationships of Amaranthus caudatus. Econ. Bot 36(2): 129-146.
- Devadas, R.P. and S. Saroja. 1979. Availability of iron and B carotene from amaranth to children. In: Proc. Second Amaranth Conference. Rodale Press. Pennsylvania USA. pp 15-21.
- Duncan E., A. and B. Volak 1979. Grain amaranth: Optimization of field population density. In: Proc. Second Amaranth Conference. Rodale Press. Pennsylvania USA. pp. 15-21.
- El-Sharkawy, M.A., R.S. Loomins and W.A. Williams. 1968. Photosynthetic and respiratory exchanges of carbon dioxide by leaves of the grain amaranth. Appl. Ecol. 5: 243-251.
- Espitia R., E. 1986. Caracterización y evaluación preliminar de germoplasma de Amaranthus spp. Tesis profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila México. 161 p.
- Espitia R., E. 1986. Informe final sobre estudios agronómicos de amaranto en México. INIFAP-CIAMEC-CAEVAMEX.
- Espitia R., E. 1987. Evaluación de 30 genotipos de amaranto en

cuatro localidades de la mesa central. En: Coloquio Nacional de Amarantho México. pp. 73-80.

Fabrega, M. 1954-1955. Códice mendocino y la economía de Tenochtitlán. Revista Mexicana de Estudios Antropológicos XIV primera parte, México.

Feine B.,L. 1976. The cultivation and domestication of the grain amaranth and their possible use as future world crop. Ethnoecology. 405.

_____. 1979. An ethnobotanical observation and collection of grain amaranth in México. In: Proc. Second Amaranth Conference. Rodale Press. Pennsylvania USA. pp.111-116.

Feine B.,L., B.R. Harwood, C.S. Kauffman and J.P. Senft. 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 Ingles por el Dr. Federico Gómez L. Dpto.de Zonas Aridas UACH. Chapingo, México.

Foy C.D. and Campbell, T.A. 1981. Differential tolerances of Amaranthus strains to high levels of Al and Mn in acid soils. Ed: American Society of Agronomy. Madison, Wisconsin. USA.

Frost, R.A. and P.B. Cavers. 1975. The ecology of pigweeds (Amaranthus) in Ontario. In: Interspecific and Intraespecific variation in seed germination among local population of A. powelli and A. retroflexus. Can. J. Bot 53: 1276-1284.

Gavi R.,F., A.T. Santos y V.M. Cruz Z. 1988. Efecto de altas

dosis de nitrógeno sobre el crecimiento de Amaranthus hypochondriacus L. En: El amaranto y su potencial IN - CAP. Guatemala, Guatemala. 1:6-8.

Gómez L., F. 1986. Cultivo del amaranto en México. En: Primer Seminario Nacional de Amaranto C.P. México. PP. 90-100.

González, V.J. y Mc Clung de T.G. 1987. Evidencia arqueobotánicas de amaranto en México. En: Coloquio Nacional de Amaranto, Queretaro, México. ppl.

Grant, W.F. 1959. Cytogenetic studies in Amaranthus. III. Chromosome numbers and phylogenetic aspects. Canad. J. Genet Cytol 1: 313-328.

_____. 1959c. Cytogenetic studies in Amaranthus. III. Chromosome numbers and phylogenetic aspects. Canad. J. Genet. Cytol 1: 360-375.

Grubben, G.J. 1975. Culture of the amaranth, a tropical leaf vegetable, with special reference to south Dahomey. Mendeligen Land bouwhogescholl Wageningen 75(6) 223.

_____. 1976. The cultivation of amaranth as a tropical leaf vegetable with special reference to south Dahomey. Amsterdam, Koninklijk. Institut voor de Tropen.

_____. 1979. Cultivation methods and growth analysis of vegetable amaranth. In: Proc. Second Amaranth Conference Rodale Press. Pennsylvania. USA. pp.63-67.

Grubben, G.J. and Sloten, D.H. 1981. Genetics resources of ama

ranthus. International Board for Plant Genetic Resources
FAO. ONU.

- Gutiérrez, S.J.T. y Ambriz, C.R. 1987. Fertilización y densidad de población en amaranto (Amaranthus hypochondriacus) para la parte baja del estado de Morelos. En: Coloquio Nacional del Amaranto. Queretaro México. pp.53-64.
- Hanelt, P. 1968. Beitrage zur Kulturpflanzen flora. I. Bemerkungen zur Systematik und Anbaugeschichte ei niger Amaranthus-Arten. Kulturflanze 16: 127-149.
- Hauptli, H. 1977. Agronomic potential and breeding strategy for grain amaranthus In: Proc First Amaranthus Seminar. Rodale Press Pennsylvania USA. PP. 71-82.
- Hautli, H. and S.Jain. 1978. Biosystems and agronomic potential of some weedy and cultivated amaranth . Theor. and Appl Genet. 52: 177-185.
- Hauptli, H., R.L. Lutz and S.K.Jain. 1979. Germ plasm exploration in Central and South America. In: Proc. Second Amaranth Conference. Rodale Press. Pennsylvania. USA. pp. 117-122.
- Hill , R.M. and Rawate, P.D. 1982. Evaluation of food potential some toxical aspects and preparation of a protein isolate from the aereal part of amaranth (piweed). Jour. Agr. and Food Chem., 30:465-469.
- Hooker, J.D. 1985. Amaranthus. Flora of British India. 4: 718-722.

- Jain S.K., H.Hauptli and K.R.Vaidya. 1988. Outcrossing rate in grain amaranths. *Journal of Heredity* 73: 71-72.
- Kauffman, C.S. 1981. Grain amaranth varietal improvement: breeding program. Rodale Press. Pennsylvania USA. 24p.
- Kauffman, C.S., Hass, P.W. 1984. Grain amaranth: an overview of research and production methods (RRC/NC 84-85). Rodale Research Center Kutztown, Pennsylvania, USA.
- Khoshoo, T.N. and Pal, M. 1970. Cytogenetic patterns in *Amaranthus*. *Chromosome Today*. 3: 259-267.
- Khoshoo, T.N. and Pal, M. 1972. Cytogenetic patterns in *Amaranthus*. *Chromosomes Today*. 3: 269-277
- Kowal, T. 1954. Morphological and anatomical features of the seeds of the genes *Amaranthus* and keys for their identification *Monogr. Bot.* 2: 93-162.
- Kulakow, P.A., H. Hauptli and S.K. Jain 1985. Genetic of the grain amaranths. Mendelian analysis of six color characteristics *J. Hered.* 76: 27-30.
- Kulakow, P.A. 1987. Genetics of grain amaranths. II. The inheritance of determinance, panicle orientation, dwarfism and embryo color in *Amaranthus caudatus*. *J. Her.* 78: 293-297.
- Laovoravit, N. 1982. The Nutritional value of amaranth for feeding chickens. M.S. Thesis. Univ. California, Davis, C.A. USA.

- Mapes, C. 1984. Una revisión sobre la utilización del genero Amaranthus en Mexico. En: Primer Seminario Nacional del Amarantho. Chapingo, México. pp.65-76.
- Medina D., E.K. 1982. Estudio sobre densidades de siembra y fertilización con nitrógeno y fósforo en el cultivo de amaranto (Amaranthus hypochondriacus L.). Tesis de Maestría, Centro de Edafología, Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- Merida V., T. 1986. Comportamiento de cinco tipos de amaranto (Amaranthus spp.) a dos niveles de fertilización en suelos calcimórficos de Miacatlán, Morelos. Tesis Profesional, Miacatlán, Morelos.
- Merril E.D. 1954. Observations on cultivated plants with reference to certain American problems. Ceiba I: 3-36.
- _____. 1954. The botany of cooks vauages. Chrom. Bot. 14 (56): 161-384.
- Murray M.J. 1980. The genetics of sex determination in the family Amaranthaceae. Genetics, 25: 409-431.
- Misra, P.S., M. Pal, C. Mitra, C.R. and T.N. Khoshoo. 1972. Chemuric studies on some diploid and tetraploid grain amaranths. In: Proc. Indian Acad. Sci. 74B: 155-160.
- Morales P., J., D. Granados S. y J.J. Martínez H. 1986. Respuesta del amaranto (Amaranthus hypochondriacus L.) a la fertilización química y orgánica en condiciones de temporal en dos áreas del estados de Tlaxcala. En: Primer Seminario Nacional de Amarantho. Chapingo, México. pp. 152-174

- National Academy of Sciences. 1975. Under exploited tropical plant with promising economic value 3a Ed. Washington D.C. USA.
- _____. 1984. Amaranth: Modern prospects for an ancient crop National Academy Press. Washington D.C. 81 p.
- Oke, O.L. 1979. Amaranth in Nigeria. Chemistry Department, University of Ife, Ile-Ife, Nigeria. In: Proc. Second Amaranth Conference . Rodale Press. Pennsylvania, USA. pp. 22-30.
- Okuno, K. 1982. Inheritance of starch characteristics in perisperm of Amaranthus hypochondriacus. J. of Hered.76: 27-30.
- Omueti O., C.O.Saseun, C.I.Ukehedobah.1983. Preliminary studies on the effects of storage on processed Amaranthus leaves Acta Horticulturae 123: 339-345.
- Orea L., J. y A.Trinidad S. 1984. Respuesta de dos genotipos de Amaranthus hypochondriacus (verde y roja) a diferentes dosis de N y P en la producción de proteína. En: Primer Seminario Nacional de Amaranto. C.P. Chapingo, México. pp. 179-185.
- Ornelas U.R. 1982. Contribución al conocimiento del género Amaranthus en el estado de Jalisco. Universidad de Guadalajara, México.
- Osuntogun, A.B. and O.L. Oke.1983. A note on the nutritive value of amaranth seeds. Food. Chem. 12: 287-289.

Pal, M. 1972. Evolution and improvement of cultivated amaranths V: In: viability, weakness and sterility in hybrids. J. Hered., 63: 73-82.

_____. 1974. Grain amaranths. In: Hutchinson, J. ed Evolutionary studies world crops; diversity and change in the Indian subcontinent. Cambridge, University Press., pp. 121-137.

Pal, M. and N. Khoshoo. 1977. Pflanzenzucht. 78: 135.

Pal, M., R.M. Pandey and T.N. Khoshoo. 1982. Evolution and improvement of cultivated Amaranths. IX. Cytogenetic relationship between the two basic chromosome numbers. J. Hered. 73: 353-356.

Pal, M. and N. Khoshoo. 1973. Grain amaranth. In: J. Hutchinson (ed.) Evolutionary studies in world crops: Diversity and Change in the Indian Subcontinent. Cambridge Univ. Press., London. pp. 129-137.

Peiretti E., G. y J.J. Gesumaria. 1987. Determinación del modelo y la densidad de siembra más adecuados para el cultivo del amaranto granífero (Amaranthus spp.). Universidad Nacional de Río Cuarto. Facultad de Agronomía y Veterinaria. Departamento de Producción Vegetal. En: Actas de las Primeras Jornadas Nacionales sobre Amarantos. Universidad de la Pampa, Argentina. pp. 167.

Peiretti E.G., J.J. Gesumaria, B.R. Pagliatici, A.E. Chanian, C. Saroff y G. Medina. 1987. Evaluación del potencial forrajero del amaranto (Amaranthus spp.). En: Actas de las Primeras Jornadas Nacionales sobre Amarantos. Santa Ro-

sa, la Pampa, Argentina.

Phansalkar, S.V., M. Ramachandran and V. Patwardhan. 1957. Nutritive value of vegetable proteins, protein efficiency ratio of cereals and pulses and supplementary effects of a leafy vegetable. *J. Nutr.*, 45:611-621.

_____. 1958. Nutritive value of vegetable proteins. Part II. The effect of vegetable protein diets on the regeneration of haemoglobin and plasma protein in protein-depleted rats. *J. Nutr.*, 46:333-334.

Pirie, N.W. 1966. Leaf protein as human food. *Science* 155 (37-30):1701-1705.

Pulido M., L. 1987. El nitrógeno y la humedad en el rendimiento de grano, materia seca y calidad de la proteína de Amaranthus hypochondriacus y A. cruentus. Tesis, M.C. Centro de Edafología, Colegio de Postgraduados, Montecillos México. 131 p.

Reyna, T.T. 1986. Requerimientos climáticos para el cultivo de amaranto Amaranthus spp. en México. Instituto de Geografía, UNAM. En: Primer Seminario Nacional de Amaranto. C. P. Chapingo, México. pp. 81-89.

Robertson, K.R. 1981. The general of amaranthaceae in the south eastern United States. *J. of the Arnold Arboretum* Vol. 62(3): 267-314.

Sabori P., R. 1989. Fertilización con nitrógeno y potasio en el cultivo de amaranto (Amaranthus hypochondriacus L.) Tipo mercado. Tesis, M.C. Centro de Edafología, C.P. Monte

cillo, México. 199 p.

Sánchez M., A. 1980. Potencialidad Agroindustrial del amaranto. Centro de Estudios Económicos y Sociales del Tercer Mundo, Mexico. 238 p.

_____. 1983. Dos cultivos olvidados de importancia agroindustrial: el amaranto y la quinua. En: Archivo Latinoamericano de nutrición. Vol XXXIII No 1 20p.

_____. 1984. Amaranth as a enriching product in staple foods In: Proc. Third Amaranth Conference. Rodale Press. Pennsylvania, USA. pp. 20-45.

_____. 1986. Perspectivas biotecnológicas del sistema amaranto. En: Primer Seminario Nacional de Amaranto. Chapingo México. pp. 554-576.

Sanchez M., A., M.V. Domingo, S. Maya and C. Saldaña. 1985. Amaranth flour blends and fractions to backing application J. Food Sci. Vol. 50:789-794.

Sánchez M., A., J.L. Pérez G., J.F. Briones y J.Kuri. 1986. Potencialidad de la hoja de amranto en la alimentación. En: Memorias del Primer Seminario Nacional de Amaranto. Chapingo, México. pp.307-320.

Sauer, J.D. 1950. The grain amaranth: a survey of their history and clasification. Ann. Miss. Bot. Gard. 37:561-616.

_____. 1955. Revision of the dioecius amaranths. Madroño. 13: 5-46.

- _____. 1967. The grain amaranths and their relatives: a revised taxonomic and geographic survey. *Ann. Miss. Bot. Gard.* 54(2):103-137.
- _____. 1976. Evolution of crop plants. Edited by N.W. Simmonds Longman USA. 339 p.
- _____. 1977. The history of the grain amaranths and their use and cultivation around the world. In: Proc. First Amaranth Seminar. Rodale Press. Pennsylvania USA. pp.9-15.
- Saunders, R.M. and Becker, R. 1984. Amaranthus: A potential food and resource. In: *Adv. Sci. Tch. Vol. VI AACC. Ed. Pomeranz.*
- Seller, E.A. 1952. Contribución al estudio de alimentos mexicanos Amaranthus paniculatus. México 52 p.
- Schmidt D. 1977. Grain Amaranth: a look at some potentials. In: Proc. First Amaranth Seminar. Rodale Press. Pennsylvania, USA. pp. 121-132.
- Schniz, M. 1934. Amaranthacea In: Engler, A. and Prand, K. *Die natürlinchen Pflanzenfamlien* 16c:7-85.
- Simmonds, N.W. 1979. Evolution of crop plants. Logman Group Limited. London, G.B.
- Singh, H. 1961. Grain amaranths, Buckwheat and Chenopods. In -
dian Council of Agricultural Research. New Delhi. 46 p.
- Standley, P.C. 1917. Amaranthaceae. *North American Flora* 21:99-119.

- Solbring, O.T. 1970. Principles and methods of plant biosystematics. Mac Millan, New York.
- Summar K.,L., J. Pacheco N. and J. Aguirre R. 1984. Chemical vs. organic fertilization of grain amaranth. In: Proc. Third Amaranth Conference. Rodale Press. Pennsylvania, USA. pp. 125-132.
- Thellung, A. 1914. Amaranths, ascherson and graebner's synopsis der mitteleuropaischen Flora 5:225-356.
- Tillman P.B. and P.W. Waldroup. 1986. Processing grain amaranth for use briler diets. Poultry Sci. 65:1960-1964.
- Trinidad S.,A., E.K. Medina D. y F. Vera M. 1986. Utilización de fertilizantes en el cultivo de amaranto (Amaranthus spp.) Centro de Edafología. C.P. Chapingo. En: Primer Seminario Nacional de Amaranto Chapingo, México. pp. 110-117.
- Vera M.F. y Trinidad S.A. 1987. Produccion de biomasa de Amaranthus cruentus y su aprovechamiento forrajero. Coloquio Nacional del Amaranto. Queretaro, México. pp. 127-136.
- Wagoner H.,P. 1983. Amaranth density report. Rodale Research Center. RRC/NC83/8. Rodale Press. 21 p.
- Waldroup, P.W., H.M. Hellwing, D.E. Longer and C.S. Endres. 1985. The utilization of grain amaranth by broiler chickens Poultry Sci. 64:759-762.
- Walton, P.D. 1968. The use of the genus Amaranthus intragene -

tic studies. J. Hered., 59: 76-79.

Watt, B.K. and A.L. Merrill. 1984. "Composition of Foods", Agriculture handbook, 8, U.S. Dept. Agric. Washington D.C.

Webber, L.E. 1986. La producción comercial del amaranto en los Estados Unidos. En: Primer Seminario Nacional de Amaranto Chapingo, México. pp. 274-279.

Weber, L.E., E.S. Hubbard and J.W. Lehman. 1988. Amaranth grain production guide. Rodale Research Center and American Amaranth Institute, USA. pp. 15

A P E N D I C E

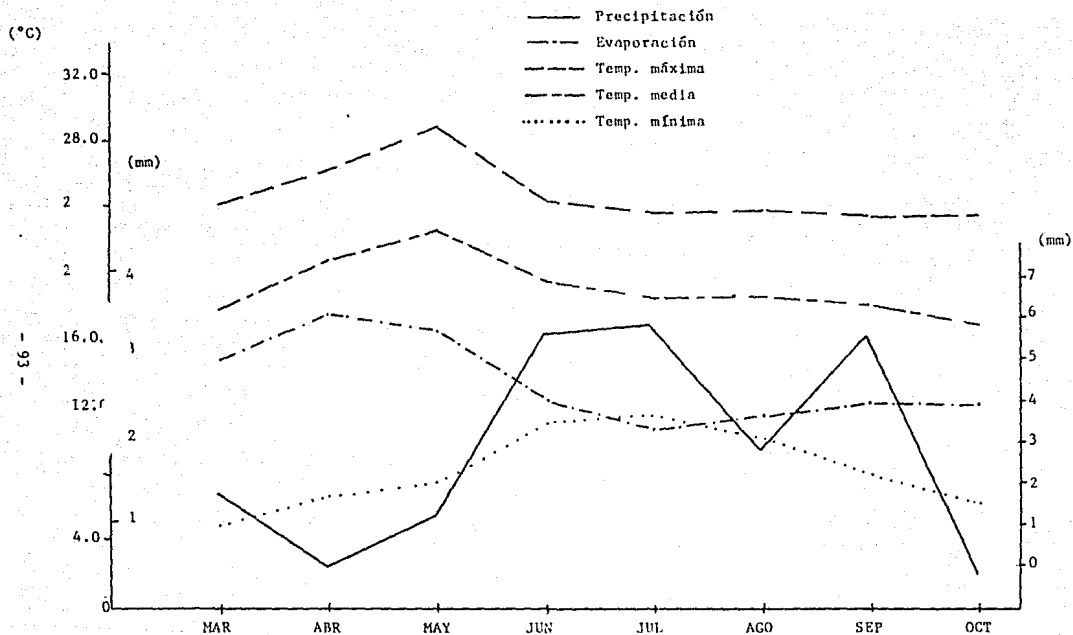


FIGURA 1a. DISTRIBUCION DE LA PRECIPITACION, EVAPORACION Y TEMPERATURA (máxima, media y mínima) MENSUAL, CICLO PRIMAVERA - VERANO DE 1988.

| Localización | Prof. | Textura | pH | % M. O. | % N | P ppm | K ppm | Ca ppm | Mg ppm |
|--------------|---------|----------------------|-----|------------|--------|----------|----------|-----------|-----------|
| Pozo 1 | 0 - 15 | Arcilla | 7.1 | 2.87 | 0.146 | 41.6 | 655 | 3378 | 655 |
| Pozo 1 | 15 - 30 | Migajón Arc. Arc. | 7.2 | 1.40 | 0.089 | 25.8 | 370 | 3204 | 370 |
| Pozo 2 | 0 - 15 | Migajón Arc. Arc. | 7.6 | 2.34 | 0.126 | 59.6 | 640 | 3516 | 640 |
| Pozo 2 | 15 - 30 | Migajón Arc. Arc. | 7.6 | 1.94 | 0.110 | 46.8 | 585 | 3342 | 585 |
| Pozo 3 | 0 - 15 | Franco | 7.6 | 2.95 | 0.149 | 56.1 | 745 | 3831 | 745 |
| Pozo 3 | 15 - 30 | Migajón Arc. Arc. | 7.7 | 1.40 | 0.089 | 24.8 | 665 | 4020 | 665 |

CUADRO 1a CARACTERISTICAS FISICO - QUIMICAS DEL SUELO DEL SITIO EXPERIMENTAL.

SANTA LUCIA DE PRIAS, 1988.

| N | P | K | D P | Rend. | Rend Biol | Peso de | % | Indice de | Altura | Ø | Long. | Ø |
|-------|-------|-------|------------------|-----------------|-----------|------------------|-------------|--------------|-------------|-------------|--------------|--------------|
| Kg/ha | Kg/ha | Kg/ha | miles ptas/ha | Grano Ton/ha | Ton/ha | 1000 Semillas | de Prot. | Cosecha % | Planta m | Tallo cm | Panoja cm | Panoja cm |
| 80 | 40 | 00 | 120 | 1.38 | 7.7 | 792 | 19.6 | 22.5 | 1.22 | 1.47 | 25.5 | 6.0 |
| 80 | 40 | 00 | 160 | 1.38 | 7.58 | 785 | 19.7 | 22.6 | 1.07 | 1.40 | 26.4 | 6.1 |
| 80 | 60 | 00 | 120 | 1.34 | 7.53 | 832 | 18.6 | 21.2 | 1.10 | 1.55 | 26.5 | 5.3 |
| 80 | 60 | 00 | 160 | 1.16 | 7.25 | 840 | 18.5 | 21.3 | 1.07 | 1.35 | 26.1 | 5.3 |
| 120 | 40 | 00 | 120 | 1.21 | 7.57 | 810 | 18.9 | 18.6 | 1.09 | 1.45 | 25.7 | 5.6 |
| 120 | 40 | 00 | 160 | 1.44 | 8.04 | 807 | 19.2 | 22.4 | 1.12 | 1.45 | 26.5 | 5.7 |
| 120 | 60 | 00 | 120 | 1.43 | 7.52 | 802 | 19.3 | 23.7 | 1.03 | 1.45 | 25.0 | 5.5 |
| 120 | 60 | 00 | 160 | 1.49 | 8.22 | 820 | 19.4 | 22.3 | 1.12 | 1.35 | 25.5 | 5.6 |
| 40 | 40 | 00 | 120 | 1.21 | 6.94 | 890 | 18.6 | 20.9 | 0.94 | 1.30 | 25.3 | 5.0 |
| 160 | 60 | 00 | 160 | 1.44 | 7.61 | 805 | 18.5 | 22.2 | 1.07 | 1.45 | 27.1 | 5.8 |
| 80 | 20 | 00 | 120 | 1.04 | 7.34 | 870 | 18.2 | 23.1 | 1.02 | 1.53 | 24.8 | 5.5 |
| 120 | 80 | 00 | 160 | 1.48 | 7.96 | 810 | 19.5 | 18.1 | 1.09 | 1.32 | 25.8 | 5.2 |
| 80 | 40 | 00 | 80 | 1.10 | 8.03 | 810 | 19.8 | 19.8 | 1.19 | 1.60 | 26.7 | 5.9 |
| 120 | 60 | 00 | 200 | 1.31 | 7.68 | 832 | 20.5 | 20.2 | 1.12 | 1.42 | 26.9 | 5.9 |
| 00 | 00 | 00 | 120 | 1.06 | 6.99 | 772 | 21.0 | 20.7 | 1.06 | 1.42 | 27.1 | 4.1 |
| 80 | 40 | 60 | 120 | 1.41 | 8.23 | 772 | 16.0 | 20.7 | 1.07 | 1.57 | 26.1 | 5.8 |
| | | | | 1.30 | 7.64 | 815 | 19.0 | 21.3 | 1.00 | 1.44 | 26.0 | 5.5 |

CUADRO 2a COMPORTAMIENTO DE LAS VARIABLES EVALUADAS EN AMARANTO,

LINEA 153-5-3. SANTA LUCIA DE PRIAS, 1988.

CUADRO 3a ANALISIS DE VARIANZA PARA RENDIMIENTO DE GRANO
DE AMARANTO, LINEA 153-5-3.

| FV | gl | SC | CM | Fc | Ft |
|--------------|----|------------|-----------|------|------|
| TRATAMIENTOS | 15 | 1412035.58 | 94135.71 | 1.47 | 1.64 |
| REPETICIONES | 3 | 712036.18 | 237345.39 | | |
| ERROR | 45 | 2888839.77 | 64196.43 | | |
| TOTAL | 63 | 5012911.53 | | | |

Significancia al 10%

CUADRO 4a ANALISIS DE VARIANZA PARA RENDIMIENTO BIOLOGICO
DE AMARANTO, LINEA 153-5-3.

| FV | gl | SC | CM | Fc | Ft |
|--------------|----|------------|-----------|------|------|
| TRATAMIENTOS | 15 | 97457.397 | 6497.160 | 1.47 | 1.64 |
| REPETICIONES | 4 | 91691.293 | 30653.764 | | |
| ERROR | 45 | 741932.339 | 16487.385 | | |
| TOTAL | 63 | 931351.029 | | | |

Significancia al 10%

CUADRO 5a ANALISIS DE VARIANZA PARA PESO DE MIL SEMILLAS
DE AMARANTO, LINEA 153-5-3.

| FV | gl | SC | CM | Fc | Ft |
|--------------|----|-------|-------|------|--------|
| TRATAMIENTOS | 15 | 0.061 | 0.004 | 1.83 | 1.64 * |
| REPETICIONES | 3 | 0.037 | 0.012 | | |
| ERROR | 45 | 0.100 | 0.002 | | |
| TOTAL | 63 | 0.198 | | | |

* Significancia al 10%

CUADRO 6a ANALISIS DE VARIANZA DE EFECTOS FACTORIALES PARA
PESO DE MIL SEMILLAS DE AMARANTO, LINEA 153-5-3.

| FV | gl | SC | CM | Fc | Ft |
|---------|----|-------|-------|------|--------|
| BLOQUES | 3 | 0.028 | 0.009 | 5.97 | |
| N | 1 | 0.000 | 0.000 | 0.03 | |
| P | 1 | 0.005 | 0.005 | 3.12 | 2.96 * |
| NP | 1 | 0.004 | 0.004 | 2.53 | |
| DP | 1 | 0.000 | 0.000 | 0.07 | |
| NDP | 1 | 0.000 | 0.000 | 0.07 | |
| PDP | 1 | 0.000 | 0.000 | 0.38 | |
| NPDP | 1 | 0.000 | 0.000 | 0.01 | |
| ERROR | 21 | 0.033 | 0.001 | | |
| TOTAL | 31 | 0.072 | | | |

* Significancia al 10%

CUADRO 7a ANALISIS DE VARIANZA PARA CONTENIDO DE PROTEINA
EN EL GRANO DE AMARANTO, LINEA 153-5-3.

| FV | gl | SC | CM | Fc | Ft |
|--------------|----|--------|-------|------|--------|
| TRATAMIENTOS | 15 | 47.024 | 3.134 | 1.47 | 1.64 * |
| REPETICIONES | 4 | 0.151 | 0.037 | | |
| ERROR | 45 | 56.933 | 1.265 | | |
| TOTAL | 63 | 104.11 | | | |

*Significancia al 10%

CUADRO 8a ANALISIS DE VARIANZA DE EFECTOS FACTORIALES PARA
CONTENIDO DE PROTEINA EN EL GRANO DE AMARANTO,
LINEA 153-5-3.

| FV | gl | SC | CM | Fc | Ft |
|--------|----|--------|-------|------|--------|
| BLOQUE | 3 | 1.840 | 0.613 | 0.8 | |
| N | 1 | 0.036 | 0.036 | 0.04 | |
| P | 1 | 1.423 | 1.423 | 1.90 | |
| NP | 1 | 4.111 | 4.111 | 5.49 | 2.96 * |
| DP | 1 | 0.097 | 0.097 | 1.30 | |
| NDP | 1 | 0.039 | 0.039 | 0.05 | |
| PDP | 1 | 0.069 | 0.069 | 0.09 | |
| NPDP | 1 | 0.001 | 0.001 | 0.00 | |
| ERROR | 21 | 15.721 | 0.748 | | |
| TOTAL | 31 | 23.341 | | | |

*Significancia al 10%

CUADRO 9a ANALISIS DE VARIANZA PARA INDICE DE COSECHA
DE AMARANTO, LINEA 153-5-3.

| FV | gl | SC | CM | Fc | Ft |
|--------------|----|-------|-------|------|------|
| TRATAMIENTOS | 15 | 0.022 | 0.001 | 0.73 | 1.64 |
| REPETICIONES | 3 | 0.000 | 0.000 | | |
| ERROR | 45 | 0.009 | 0.001 | | |
| TOTAL | 63 | 0.112 | | | |

Significancia al 10%

CUADRO 10a ANALISIS DE VARIANZA PARA ALTURA DE PLANTA
DE AMARANTO, LINEA 153-5-3.

| FV | gl | SC | CM | Fc | Ft |
|--------------|----|-----------|---------|------|------|
| TRATAMIENTOS | 15 | 2408.399 | 160.599 | 0.92 | 1.64 |
| REPETICIONES | 3 | 1568.446 | 522.815 | | |
| ERROR | 45 | 7839.743 | 174.216 | | |
| TOTAL | 63 | 11816.589 | | | |

Significancia al 10%

CUADRO 11a ANALISIS DE VARIANZA PARA DIAMETRO DEL TALLO
DE AMARANTO, LINEA 153-5-3.

| FV | gl | SC | CM | Fc | Ft |
|--------------|----|-------|-------|------|------|
| TRATAMIENTOS | 15 | 0.462 | 0.030 | 1.02 | 1.64 |
| REPETICIONES | 3 | 0.373 | 0.124 | | |
| ERROR | 45 | 1.361 | 0.030 | | |
| TOTAL | 63 | 2.197 | | | |

Significancia al 10%

CUADRO 12a ANALISIS DE VARIANZA PARA LONGITUD DE LA PANOJA
DE AMARANTO, LINEA 153-5-3.

| FV | gl | SC | CM | Fc | Ft |
|--------------|----|---------|-------|-----|------|
| TRATAMIENTOS | 15 | 31.270 | 2.084 | 068 | 1.64 |
| REPETICIONES | 3 | 29.615 | 9.871 | | |
| ERROR | 45 | 137.665 | 3.059 | | |
| TOTAL | 63 | 198.550 | | | |

Significancia al 10%

CUADRO 13a. ANALISIS DE VARIANZA PARA DIAMETRO DE LA
 PANOJA DE AMARANTO, LINEA 153-5-3.

| FV | gl | SC | CM | Fc | Ft |
|--------------|----|--------|-------|------|------|
| TRATAMIENTOS | 15 | 5.904 | 0.393 | 0.95 | 1.64 |
| REPETICIONES | 3 | 16.646 | 5.548 | | |
| ERROR | 45 | 18.603 | 0.413 | | |
| TOTAL | 63 | 41.154 | | | |

Significancia al 10%