



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTONOMA DE MEXICO

Facultad de Estudios Superiores  
"Cuautitlán"



EVALUACION DEL RENDIMIENTO FORRAJERO DEL  
AMARANTO (Amaranthus hypochondriacus L.) BAJO  
DIFERENTES DENSIDADES DE POBLACION EN  
EL VALLE DE MEXICO

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE,

INGENIERA AGRICOLA

P R E S E N T A,

MARIA LUISA MALDONADO GARIN

Asesor: M. C. Luis Ricardo Cázarez García

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



## **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.

## CONTENIDO

	Página
INDICE DE CUADROS.....	iv.
INDICE DE FIGURAS.....	v.
INDICE DE CUADROS DEL APENDICE.....	vii.
RESUMEN.....	viii.
I. INTRODUCCION.....	1
II. REVISION DE LITERATURA.....	4
2.1. Amaranto.....	4
2.1.1. Historia.....	4
2.1.2. Especies y distribución geográfica.....	5
2.1.3. Clasificación botánica.....	6
2.1.4. Clasificación por tipos.....	7
2.1.5. Usos y valor nutritivo.....	7
2.1.6. Aspectos fisiológicos.....	11
2.1.7. Requerimientos edafoclimáticos.....	12
2.1.8. Requerimientos nutrimentales.....	14
2.1.9. Aspectos técnicos.....	16
2.1.10. Plagas y enfermedades.....	17
2.2. Componentes de rendimiento del amaranto.....	18
2.2.1. Conceptos.....	18
2.2.2. Principales componentes morfológicos en amaranto.....	20
2.3. Densidad de población.....	21
2.3.1. Competencia.....	21
2.3.2. Densidad de población en <u>A. hypochondriacus</u> .....	22

2.4. El amaranto como forraje.....	24
2.4.1. Suelos y producción de forrajes.....	24
2.4.2. Nutrición animal y forrajes.....	26
2.4.3. Características de un buen forraje.....	27
2.4.4. Características forrajeras del amaranto.....	29
III. OBJETIVOS E HIPOTESIS.....	32
IV. MATERIALES Y METODOS.....	33
4.1. Características del área de estudio.....	33
4.1.1. Ubicación geográfica.....	33
4.1.2. Clima.....	33
4.1.3. Temperatura.....	33
4.1.4. Precipitación pluvial.....	34
4.1.5. Suelos.....	34
4.2. Material genético.....	34
4.3. Establecimiento y manejo del experimento.....	35
4.3.1. Preparación del terreno.....	35
4.3.2. Siembra.....	35
4.3.3. Fertilización.....	35
4.3.4. Aclareo.....	35
4.3.5. Control de maleza.....	36
4.3.6. Aporque.....	36
4.3.7. Control de plagas.....	36
4.3.8. Cosecha.....	37
4.4. Diseño experimental.....	37
4.5. Tamaño de parcela.....	37
4.6. Variables evaluadas.....	38
4.7. Análisis estadístico.....	39
4.7.1. Análisis de varianza.....	39

	Página
V. RESULTADOS Y DISCUSION.....	40
5.1. Altura de planta.....	40
5.2. Diámetro de tallo.....	44
5.3. Número de hojas/planta.....	46
5.4. Diámetro de panoja.....	48
5.5. Longitud de panoja.....	48
5.6. Producción de materia verde y seca.....	52
5.7. Análisis comparativo de diferentes forrajes en relación al amaranto.....	57
VI. CONCLUSIONES.....	61
RECOMENDACIONES.....	63
BIBLIOGRAFIA.....	64
APENDICE.....	70

## INDICE DE CUADROS

Cuadro		página
1	Análisis bromatológico del concentrado proteico y pasta de la planta verde de amaranto.....	9
2	Comparación del valor nutrimental del amaranto - con el de otros cereales.....	10
3	• Minerales predominantes en las hojas crudas de - dos especies de amaranto, comparadas con las hojas de espinaca.....	11
4	Densidades de población evaluadas y separación - entre plantas del cultivo de amaranto.....	36
5	Comparación de medias de rendimiento de materia - seca de <u>Amaranthus hypochondriacus</u> bajo diferentes densidades de población (Tukey 5%).....	55
6	Resultados del análisis de suelo de la parcela - experimental.....	57
7	Comparación de diferentes forrajes cultivados en el Valle de México en relación al amaranto.....	58

## INDICE DE FIGURAS

Figura		página
1	Altura de planta a los 62 DDS de <u>Amaranthus hypochondriacus</u> bajo diferentes densidades de población.....	41
2	Altura de planta a los 104 DDS de <u>Amaranthus hypochondriacus</u> bajo diferentes densidades de población.....	42
3	Diámetro de tallo a los 62 DDS de <u>Amaranthus hypochondriacus</u> bajo diferentes densidades de población.....	45
4	Número de hojas a los 62 DDS de <u>Amaranthus hypochondriacus</u> bajo diferentes densidades de población.....	47
5	Diámetro de panoja a los 104 DDS de <u>Amaranthus hypochondriacus</u> bajo diferentes densidades de población.....	49
6	Longitud de panoja a los 104 DDS de <u>Amaranthus hypochondriacus</u> bajo diferentes densidades de población.....	50
7	Rendimiento de materia verde (ton/ha) de <u>Amaranthus hypochondriacus</u> bajo diferentes densidades de población.....	53

8 Rendimiento de materia seca (ton/ha) de Amaranthus  
hypochondriacus bajo diferentes densidades de po-  
blación.....

54

## INDICE DE CUADROS DEL APENDICE

Cuadro		página
1A	Análisis de varianza para la altura de planta a los 62 DDS.....	71
2A	Análisis de varianza para la altura de planta a los 104 DDS.....	71
3A	Análisis de varianza para el diámetro de tallo a los 62 DDS.....	72
4A	Análisis de varianza para el número de hojas/planta a los 62 DDS.....	72
5A	Análisis de varianza para el diámetro de panoja a los 104 DDS.....	73
6A	Análisis de varianza para la longitud de panoja a los 104 DDS.....	73
7A	Análisis de varianza para el peso de materia verde (ton/ha).....	74
8A	Análisis de varianza para el peso de materia seca (ton/ha).....	74
9A	Correlación múltiple entre las variables evaluadas de <u>Amaranthus hypochondriacus</u> bajo diferentes densidades de población.....	75

## R E S U M E N

Además de utilizarse la semilla del amaranto (Amaranthus hypochondriacus L.) como alimento humano, es susceptible de aprovecharse la planta completa como alimento para animales, debido a que presenta un alto contenido de proteína en sus hojas y su materia seca es altamente digestible.

Este estudio se planteó con la finalidad de evaluar la respuesta del amaranto (Línea A-H-153-5-3) a diferentes densidades de población para poder determinar la más adecuada para producción de forraje. El experimento se realizó en la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, bajo condiciones de temporal.

El diseño experimental empleado fue el de bloques completamente al azar con 6 tratamientos y 4 repeticiones, correspondiendo los tratamientos a las densidades de población de 40, 60, 80, 100 y 120 mil plantas por hectárea, siendo el tratamiento 6 el testigo (mateado) - con la misma densidad que el tratamiento 5; la diferencia entre ambos fue la distribución de la población, con el propósito de probar si ésta influía en el rendimiento. La dosis de fertilización utilizada fue 90-60-00.

La evaluación de la respuesta del cultivo a los tratamientos empleados se realizó con base al rendimiento de materia verde y seca, altura de planta, diámetro de tallo, número de hojas/planta, diámetro y longitud de panoja.



## I. INTRODUCCION

El 80% de la superficie destinada a la agricultura en nuestro país, corresponde a zonas temporales; sin embargo, la mayor parte de la investigación agrícola, se realiza en las zonas de riego, por lo que es necesario que las nuevas investigaciones se orienten hacia las zonas de temporal, con el fin de que se aprovechen más eficientemente los recursos existentes y con ello elevar la producción de básicos, así como la introducción de otros cultivos que demanden poca inversión de recursos y que se adapten a las condiciones citadas anteriormente.

Entre los recursos con que cuenta la República Mexicana, sobresale una extensa flora inexplorada con un gran potencial alimenticio. Tal es el caso de muchas leguminosas tropicales y varias plantas entre las que se encuentran las del género Amaranthus. Concretamente, en México existe el A. hypochondriacus L. que se caracteriza por su gran adaptabilidad a diferentes climas y ciclos de luz, resistencia a enfermedades y sequías, además de ser tolerante a suelos salinos. En corto tiempo (70 días) produce abundante biomasa con un contenido proteínico que oscila entre 15-25% y su semilla presenta un buen balance de aminoácidos (Aguilar y Alatorre citados por Cervantes, 1982).

Como ha ocurrido con otras especies, en México no se le ha dado - al Amaranthus la importancia que merece y únicamente se siembra para producción de grano, con el que se elabora el dulce de alegría, del que deriva su nombre popular (Cervantes, 1982).

El rápido crecimiento así como su abundante producción de materia seca por unidad de área y tiempo, aunado a su alto contenido de proteína hacen que los amarantos puedan ser seleccionados como forrajes (Cervantes, 1986).

Los forrajes constituyen la fuente más económica de nutrimentos para los rumiantes, pudiendo potencialmente llegar a cubrir la totalidad de sus requerimientos, lo cual tiene mayor relevancia en la actualidad, cuando el costo de los alimentos concentrados hace prohibitiva su utilización en las explotaciones pecuarias (Jiménez, 1989).

Sin embargo, la siembra de forrajes como la alfalfa no representa una buena alternativa en las zonas temporales, dado que es un cultivo altamente demandante de agua y exigente en suelos, a diferencia del amaranto que se adapta a una amplia gama de condiciones ambientales y de suelo, además de poseer un alto nivel de proteína y digestibilidad en la alimentación de animales.

En la actualidad se procura la mayor producción de ganado con el menor costo posible, por lo que este cultivo puede constituir una alternativa en la explotación ganadera dadas sus características nutricionales, su poco requerimiento de agua y su buen crecimiento en condiciones adversas (Suárez, 1984).

Estudios recientes indican que los amarantos pueden ser empleados como forraje (fresco y ensilado), paja, grano crudo, grano germinado, etc. para alimentar ovinos, bovinos, caprinos, cerdos, aves, entre

otros, obteniéndose buenos resultados (Cervantes, 1988).

Sin embargo, existen aspectos no estudiados del amaranto como forraje, por lo que el objetivo de la presente investigación fue determinar la densidad de población que produjera mayor cantidad de materia seca por unidad de superficie bajo condiciones de temporal.

## II. REVISION DE LITERATURA

### 2.1. Amaranto

#### 2.1.1. Historia

En México se tienen evidencias arqueológicas de que en el Valle de Tehuacán, Puebla, en la fase Coxcatlán (5200-3400 años A.C) ya se cultivaba el amaranto (MacNeish, citado por Sandoval, 1987).

En la época prehispánica el amaranto era conocido también como huauhtli entre los aztecas; fue uno de los cuatro cultivos más importantes después del maíz, frijol y chíca (Hunzinker, 1952).

El uso más importante del amaranto además de ser consumido como alimento, era en ciertas celebraciones religiosas de los aztecas; posteriormente a raíz de la conquista española, los misioneros religiosos buscaron la forma de prohibir el cultivo, pues el grano de amaranto estaba íntimamente ligado a los ritos religiosos paganos, así como a los sacrificios humanos que practicaban los aztecas en ofrenda a sus dioses, especialmente a Huitzilopochtli. Así, el cultivo hubo de ser suprimido gradualmente hasta casi llegar a desaparecer (Alejandre, 1986). A partir de entonces, el amaranto se ha cultivado sólo en forma aislada y, en 1980, en la República Mexicana solamente se dedicaron 300 hectáreas al cultivo del amaranto (Trinidad, citado por Cervantes, 1982) en el Distrito Federal y en los estados de México, Morelos, Michoacán, Jalisco, Sonora, Chihuahua, Sinaloa, Guerrero, Oaxaca, Puebla y la Huasteca (Aguilar y Alatorre, citados por Cervantes, 1982).

El destino principal de este amaranto es la obtención de su semilla que se emplea en la elaboración del dulce de "alegría" (Cervantes, - 1982).

### 2.1.2. Especies y distribución geográfica

Según Sauer citado por Sánchez (1980), el género Amaranthus comprende de alrededor de cincuenta especies de los trópicos y regiones templadas del mundo, de las cuales Pulido (1987) menciona que se conocen cuatro especies de grano que se cultivan y utilizan para alimento humano; éstas son A. hypochondriacus, A. cruentus, A. caudatus y A. edulis.

El cultivo de algunas especies para verdura es popular en varias regiones del mundo. Las especies que sobresalen para tal fin son: A. tricolor, A. dubius, A. cruentus, A. hybridus y A. libidus (A. blitum) (NRC, citado por Pulido, 1987).

Como vegetal, el cultivo se concentra en las partes altas lluviosas y zonas tropicales de baja elevación. Es ampliamente usado en regiones húmedas de Africa, Indonesia, Nueva Guinea, República de China y en partes de Sudamérica. Los amarantos de grano se cultivan en el oeste de Sudamérica y Centroamérica mientras que su producción extensiva se realiza también en el norte de la India y el oeste de Nepal (Harwood citado por Pulido, 1987).

Sánchez (1980) señala que existen varias regiones americanas donde

los amarantos se cultivan para grano, cada una con su propia especie peculiar: Amaranthus hypochondriacus en México y el suroeste de Estados Unidos; Amaranthus cruentus en Guatemala, A. caudatus en Perú y Bolivia principalmente y A. Edulis en Argentina.

En México, las zonas de mayor importancia donde se cultiva son el Distrito Federal, en Tulyehualco y pueblos de los alrededores. En el Estado de México, en la zona Texcoco-Chiconcuac y el Estado de Morelos en los municipios de Huazulco y Amilcingo (Early, citado por Sandoval, (1987).

### 2.1.3. Clasificación botánica

La familia Amaranthaceae (Dicotyledoneae, orden Caryophyllales), - está compuesta de 60 géneros y alrededor de 800 especies (Feine et al., 1979).

El género Amaranthus está dividido en dos secciones: Sección Ama--ranthus y Sección Blitopsis.

La sección Amaranthus incluye especies que se consideran generalmente entre los tipos de grano, incluyendo los amarantos coloridos, - ornamentales y para hortaliza. Esta sección incluye las especies A. -cruentus, A. caudatus, A. hypochondriacus y A. edulis. (Feine et al., 1979).

Según Sauer (1967), el A. hypochondriacus se derivó como cultivo de grano, por selección de A. powelli dentro de las zonas de cultivo

que tenían los nativos de Norteamérica.

A. hypochondriacus es una planta herbácea, anual, de un metro y medio de altura, con el tallo rojizo, ramificado desde cerca de la base y marcado con estrías longitudinales. Las hojas largamente pecioladas, ovaladas, hasta de 15 a 18 cm de largo por 10 de ancho. Flores en panículas terminales o axilares hasta de 50 cm de largo, muy ramificadas, con numerosas flores rojas o púrpura de 4 a 5 mm, masculinas unas y femeninas otras. El fruto es una cápsula pequeña que se abre transversalmente y contiene una sola semilla blanca, lisa y brillante, ligeramente aplanada y del tamaño de un grano de mostaza (Sánchez, 1980).

#### 2.1.4. Clasificación por tipos

El A. hypochondriacus es una de las especies de importancia económica que cuenta con un mayor número de tipos: nepal, mercado, azteca, picos y mixteco (Paniagua, 1989).

El tipo mercado es una planta que llega a tener hasta 2.0 m de altura; su tallo es grueso y la planta da la apariencia de un matorral, además de no presentar una inflorescencia dominante; presenta muchas y pequeñas inflorescencias en la parte superior, mientras que el color de la semilla es blanco y dorado (Espitia, 1986).

#### 2.1.5. Usos y valor nutritivo

Actualmente la semilla de amaranto se utiliza para la elaboración del dulce "alegría".

Con las semillas tostadas se prepara pinole, atole y al elaborar tortillas en ocasiones la masa de maíz se mezcla con la harina de amaranto y con la misma se preparan tamales llamados "chuales" (Sánchez, citado por Sandoval, 1987). En China se consume el follaje del amaranto denominándole "espinaca china", debido a que sus hojas contienen una fuerte proporción de hierro. Además, por la misma abundancia de su producción, es susceptible de aprovecharse como forraje (INI, 1979).

La planta entera puede destinarse a la obtención de concentrados proteicos, en forma de pastas, para uso animal en rumiantes o en humanos (Sánchez, 1980) (Cuadro 1).

Lacasa (1986) concluye que la obtención de aislados proteicos de hojas de amaranto representa una fuente importante de proteína para la alimentación humana, mientras que la pasta residual resultante puede ser un excelente alimento para los rumiantes.

El valor nutricional de la semilla de amaranto es muy elevado. Según Wu Lung et al., citados por Alejandre (1986) la materia seca de estos granos contiene de 15 a 16% de proteína. Su valor calórico (430 cal/100 gr) es mejor que el del maíz, además de que contiene de 6.9 a 8.3% de lípidos. El valor nutrimental del amaranto es superior al -- de otros cereales como puede observarse en el Cuadro 2.

El balance de aminoácidos del amaranto es cercano al óptimo requerido en la dieta humana. Sus aminoácidos esenciales complementan a los del maíz, arroz y trigo. Por ejemplo, la proteína del maíz es baja en

triptofano y lisina, mientras que el amaranto tiene niveles altos de ambos. Sin embargo, una limitante al respecto es que la proteína de amaranto es baja en leucina (NRC, citado por Pulido, 1987).

CUADRO 1. ANALISIS BROMATOLOGICO DEL CONCENTRADO PROTEICO Y PASTA DE LA PLANTA VERDE DE AMARANTO.

Determinación (%)	Pasta	Concentrado	
		a	b
Proteína	13.7	66.5	35.5
Humedad	8.4	6.3	4.4
Cenizas	13.8	1.5	14.8
Grasa	0.6	1.1	5.5
Fibra	34.0	---	---
Carbohidratos	29.5	30.6	39.8

a: para uso humano

b: para uso animal

Fuente: Sánchez (1984)

Sánchez (1980), señala que desde el punto de vista bromatológico, las hojas de muchas de las especies de amaranto resultan de extraordinario interés como fuente de vitaminas y minerales esenciales tales como calcio, fósforo y hierro (Cuadro 3).

Las partes verdes pueden contener de 1.8 a 6.9% de proteína; 400 a 800 mg por ciento de calcio y de 50 a 80 mg por ciento de fósforo.

CUADRO 2. COMPARACION DEL VALOR NUTRIMENTAL DEL AMARANTO CON EL DE OTROS CEREALES.

	Constituyente nutrimental (por cada 100 gramos de peso seco)							
	Proteína	Grasa	Carbohidratos	Fibra	Cenizas	Ca	P	Fe
Cereales	11.0	2.7	73.0	2.1	1.7	.03	.33	.0034
Amaranto	14.5	7.5	60.4	7.5	2.9	.37	.48	.0034

FUENTE: Feine et al., (1979)

CUADRO 3. MINERALES PREDOMINANTES EN LAS HOJAS CRUDAS DE DOS ESPECIES DE AMARANTO, COMPARADAS CON LAS HOJAS DE ESPINACA.

Minerales	<u>A. hypochondriacus</u>	<u>A. cruentus</u>	Espinaca
Cenizas (g)	2.6	2.9	1.5
Calcio (mg)	267	198.7	93
Fósforo (mg)	67	73	51
Hierro (mg)	3.9	3.2	3.1
Potasio (mg)	411	398.7	470

Fuente: Sánchez et al., (1984)

Los tallos de algunas especies de semilla oscura son poco fibrosas y de gran digestibilidad. Usualmente contienen de 2.8 a 5.9% de proteína, más de 350 mg de calcio, alrededor de 30 mg de fósforo y 2 mg de hierro ( en 100 g de tallo). Su valor bromatológico, entonces, estriba en un alto contenido de calcio, principalmente (Sánchez, 1980).

Cheeke y Bronson citados por Cervantes (1982), reportan para A. hypochondriacus un contenido de proteína en la planta completa de 16.90%, en hojas 27.10% y en tallos 14.70%.

#### 2.1.6. Aspectos fisiológicos

El género *Amaranthus* pertenece a las plantas  $C_4$ , cuyas características le confieren cierta resistencia a condiciones adversas a diferencia de las plantas  $C_3$ .

En plantas  $C_4$  la reducción de la fotorrespiración disminuye las pérdidas respiratorias. Asimismo, pueden soportar mejor la tensión de agua porque la fotosíntesis continua acentuadamente en condiciones de apertura estomática reducida.

Los mecanismos que incrementan dicha eficiencia son principalmente fisiológicos o bioquímicos. Estos incluyen tasas de respiración disminuidas, menores tasas de fotorrespiración y una acentuada eficiencia fotosintética ante escasa luz o baja concentración de  $CO_2$  (Bidwell, - 1990).

La ruta  $C_4$  es característica del sorgo, maíz, mijo, caña de azúcar y de otras plantas de crecimiento rápido, originarias de zonas tropicales. Sin embargo, estas plantas también prosperan en regiones semiáridas, con fuerte radiación solar y baja precipitación pluvial (Cervantes, 1988), ya que utilizan 3/5 partes de la cantidad de agua que necesitan las plantas  $C_3$  para producir la misma cantidad de biomasa - (Hauptli, citado por Cervantes, 1988).

#### 2.1.7. Requerimientos edafoclimáticos

Se sabe que la planta de amaranto por su rusticidad es poco exigente en suelos y en requerimientos de agua.

Lacasa (1986), señala que los agricultores norteamericanos han tenido éxito con este cultivo en suelos salinos del oeste. Asimismo, - Weber (1984) menciona que en los Estados Unidos se ha sembrado amaranto en los últimos años, observándose que requiere menos agua que el

maíz y el algodón para completar su ciclo biológico.

El mismo autor señala que casi todo el amaranto cultivado en los Estados de Nebraska, Kansas, Colorado y Wyoming es producido sin riego de auxilio.

Lacasa (1986) indica que el amaranto se caracteriza por su alta resistencia a la sequía, siendo su requerimiento de agua menor del 50% requerido por la mayoría de los cereales, ausencia de problemas tóxicos serios y rendimientos razonables en suelos pobres. Sin embargo - Duncan, citado por Cervantes (1982) señala que A. hypochondriacus requiere de suelos aireados, con buen drenaje, altos niveles de nitrógeno y un buen balance de N:P, además de cantidades adecuadas de K, Ca y Mg. Es tolerante a suelos ácidos, altos en Al y hasta condiciones salitrosas. En cuanto a textura, es tolerante a suelos toscos pero - también prospera en aquellos de características arcillosas.

Cervantes citado por Paniagua (1989) indica que el amaranto prospera en suelos con diferentes texturas. En lugares como el D.F. se siembra en suelos arenosos, arenocalizos y humíferos. En Morelos y Puebla se cultiva en terrenos arenoarcillosos. Además, se ha visto que el - amaranto es susceptible de cultivarse en terrenos salinos con buenos rendimientos de biomasa.

En cuanto a requerimientos climáticos Huaptli, citado por Alejandro (1986), reporta que los amarantos tienen gran plasticidad, esto es, que son capaces de producir en un amplio rango de ambientes.

El Amaranthus hypochondriacus en México se encuentra distribuido - tanto en zonas de clima templado o semiárido como en las regiones tropicales de los 16 a los 28<sup>o</sup> Norte, es decir, rangos latitudinales muy amplios (Reyna, 1984); lo que revela su gran capacidad para adaptarse a diferentes ambientes y ciclos de luz y además, su resistencia a la sequía (Haberern, citado por Cervantes, 1982).

Por otro lado, la altitud donde se desarrolla va desde los 100 hasta los 2300 msnm (Reyna, 1984).

En cuanto a la temperatura, ha mostrado buen desarrollo desde lugares muy cálidos, con temperaturas altas (29<sup>o</sup>C) y uniformes todo el año, hasta en localidades templadas con temperatura media anual de 14<sup>o</sup>C (Reyna, citada por Pulido, 1987).

Reyna (1984), señala que el cultivo prospera en condiciones de temporal en sitios con menos de 400 mm de lluvia al año (mayo-octubre) y en localidades con 1300 mm, teniendo rendimientos de grano superiores a los del maíz.

#### 2.1.8. Requerimientos nutrimentales

Alejandre (1986) señala que el amaranto tiene una morfología extremadamente plástica ya que se ajusta rápidamente su tamaño, forma y niveles de producción a las limitaciones ambientales, sobre todo a la disponibilidad de nutrientes en el suelo.

Sin embargo Schmidt citado por Pulido (1987) encontró que el A.

hypochondriacus es más específico en sus requerimientos de suelo que el trigo y la cebada y requiere suelos bien aireados, con buen drenaje y altos niveles de nitrógeno (200 kg/ha). Observó que el amaranto tiene potencial genético para producir altos rendimientos (5-6 ton/ha de grano) cuando se desarrolla en un medio favorable.

Grubben citado por Medina (1982) establece que los amarantos requieren de suelos buenos en cuanto a su nivel de fertilidad ya que el consumo de minerales por estas plantas es alto; el cultivo responde bien a las aplicaciones de nitrógeno, fósforo y potasio. Principalmente a la fertilización nitrogenada por el buen efecto que tiene sobre la composición de aminoácidos y sobre el rendimiento de proteína (Grubben, citado por Vera, 1986).

Schmidt citado por Alejandro (1986) menciona que el amaranto es particularmente sensible a la disponibilidad de fósforo y a un adecuado balance de nitrógeno y fósforo en el campo.

Se ha observado que al aplicar nitrógeno se incrementa la altura de la planta, el peso seco total, el índice de área foliar, área foliar y los rendimientos (Rachamandra, citado por Pulido, 1987).

Medina (1982), en experimentos realizados con A. hypochondriacus encontró que las mayores alturas y los valores más elevados de área foliar estuvieron relacionados con las aplicaciones altas de fertilización nitrogenada y los mayores rendimientos de materia seca y grano se obtuvieron con aplicaciones altas de nitrógeno y fósforo.

Así mismo, menciona que el amaranto es una planta exigente en nutrientes y que para su buen desarrollo y rendimiento requiere de suelos provistos con buena cantidad de éstos.

Alejandre (1986), en estudios realizados con A. hypochondriacus en Tulyehualco, D. F. encontró que el cultivo respondió a la fertilización nitrogenada en dosis de 30 a 60 kg/ha. No hubo respuesta a la fertilización fosfórica, sólo cuando el nitrógeno formó parte en la composición de la fórmula en las dosis utilizadas.

García et al., (1987) evaluaron el efecto de diferentes niveles de nitrógeno-fósforo sobre el rendimiento de Amaranthus hypochondriacus, resultando la dosis 90-60-00 la más adecuada para la producción de amaranto en el área de influencia de Cuautitlán, Edo. de México.

#### 2.1.9. Aspectos técnicos

Existen básicamente dos métodos de siembra del amaranto: trasplante y siembra directa. El primero es utilizado en el área productora del D.F., mientras que el segundo es común en las demás zonas en donde se cultiva en el país (Paniagua, 1989).

En el sistema de siembra directa, ésta se efectúa generalmente en el mes de junio, fertilizándose después de la siembra; a los 20 ó 25 días se realiza un aclareo dejándose una planta cada 8 a 10 cm (Sandoval, 1987), ó de 3 a 4 plantas cada 33 cm (Alejandre, 1986).

El primer cultivo se realiza a los 30 días después de la siembra y

el segundo a los 40-45 días después de ésta, aplicándose al mismo tiempo la segunda fertilización.

La cosecha se realiza en ambos sistemas seis meses después; esto si se siembra A. hypochondriacus (Tlaxcala y D.F) y a los 160 días - cuando se siembra A. cruentus (Morelos y Puebla) (Alejandre, 1981; Espitia, 1986).

#### 2.1.10. Plagas y enfermedades

Con respecto a plagas, Espitia (1984) reporta que la plaga de mayor importancia en el cultivo del amaranto en México es el barrenador del tallo (especie no identificada).

Se ha encontrado que los agricultores de las zonas productoras no consideran a las plagas y enfermedades como un aspecto importante del cultivo del amaranto, sin embargo, algunas de ellas llegan a ser importantes por sus daños tales como el barrenador del tallo Lixus truncatulus, la pulga saltona Disonycha melanocephala y la chinche Lygus lineolaris (Espitia, 1984).

Alejandre (1986) en una investigación realizada con amaranto en Tulyehualco, D.F. reporta la presencia de pulgón negro Aphis fabae - indicando que no causó problemas al cultivo.

En cuanto a enfermedades, Espitia (1984), menciona la pudrición del cuello (Fusarium sp, Rizoctonia sp y Phytium sp) y "crecimiento secundario" como las enfermedades más importantes del amaranto en México.

## 2.2. Componentes de rendimiento del amaranto

### 2.2.1. Conceptos

Donald y Hamblin (citados por González, 1990) definen al rendimiento como la acumulación de sustancias elaboradas por la planta, en los órganos vegetales de importancia para el hombre.

Actualmente el propósito de la fisiología del desarrollo del rendimiento es conocerlo mediante los procesos fisiológicos que ocurren en las diferentes etapas de crecimiento de una planta bajo cultivo y en interacción con las fuerzas ambientales (Arellano, 1988).

El rendimiento de una planta lo constituye la materia seca o producto final de la transformación de energía física a energía química que realiza un genotipo mediante una serie de procesos fisiológicos, reacciones bioquímicas y estructuras morfológicas bajo la acción de fuerzas ambientales y con la participación voluntaria o involuntaria del hombre (Arellano, 1988).

Según González (1990), los componentes del rendimiento se dividen para su estudio en morfológicos, conocidos también como caracteres morfológicos de la planta, componentes físicos del rendimiento y componentes numéricos o estructurales, entre otros y fisiológicos, también llamados índices fisiotécnicos, índices de eficiencia fisiológicos o caracteres fisiológicos.

Los componentes del rendimiento que sirven como principales -

parámetros para el estudio de la fisiología de los cultivos son:

a) El rendimiento biológico, que se define como el total de materia seca acumulada en la planta. El rendimiento biológico de una planta se conforma por la producción de materia seca producida por ella e incluye la parte aérea, tallos, hojas y frutos (González, 1990).

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

c) Índice de cosecha. Se define como la relación entre el rendimiento económico sobre el rendimiento biológico expresado en porcentaje.

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

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

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

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

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

Los caracteres morfológicos son aquellos que se relacionan con los órganos aéreos y subterráneos de la planta, mientras que los fisiológicos son aquellos procesos que determinan la producción primaria (González, 1990).

Dentro de los componentes morfológicos se consideran a todos los órganos de la planta susceptibles de ser cuantificados ya sea por unidad de superficie o por individuo (Mera y Vidal citados por Sandoval, 1987).

#### 2.2.2. Principales componentes morfológicos en amaranto

En A. hypochondriacus la longitud de panoja está correlacionada en forma positiva con el rendimiento; esto implica una mayor cantidad de glomérulos constantes por longitud de panoja, en cambio en A. cruentus no existe relación con la longitud de panoja, indicando que el desarrollo de los glomérulos es indeterminado y que su número contribuyó al rendimiento (Huaptli y Jain, citados por Sandoval, 1987).

Estos mismos autores mencionan que la longitud de la hoja puede ser un importante indicador del rendimiento durante la fase temprana del crecimiento, siendo un criterio potencial si se desea destinar la planta para proteína foliar.

Alejandre (citado por Sandoval, 1987) encontró que las variables

altura de planta, longitud y perímetro de panoja están altamente relacionadas con el rendimiento.

Mis, citado por Sandoval (1987) al estudiar el efecto del foto periodo de A. hypochondriacus encontró que la altura de planta, el grosor del tallo, los días a floración, la longitud y amplitud de pa noja estuvieron relacionados positivamente con el rendimiento de gra no seco.

Por otra parte, Espitia citado por Sandoval (1987) en su material caracterizado, reporta que las principales componentes que estuvieron correlacionadas en forma positiva con el rendimiento fueron el grosor de tallo, largo y ancho de hojas, días de floración, longitud y diámetro de inflorescencia y altura de planta.

### 2.3. Densidad de población

#### 2.3.1. Competencia

La competencia ocurre cuando un número de organismos de la misma especie utilizan el mismo recurso que está en escasa disposición - (Krebs, 1978; Pianka, 1978).

Donald citado por Arellano (1980) define a la competencia cuando dos o más individuos exploran el mismo medio y cuando el suministro inmediato de los factores para la supervivencia se encuentra por abajo de la demanda conjunta de los individuos que la requieren.

Odum citado por González (1990) concibe a la competencia como una

disputa por la misma cosa, que a nivel ecológico se vuelve importante cuando dos organismos disputan algo que no está en cantidad adecuada para ambos y que el resultado es que ambas partes competidoras se interfieren entre sí.

Para plantas, la luz, los nutrientes y el agua pueden ser importantes recursos pero también pueden competir por el polinizador o por los sitios de fijación (Pianka, 1978).

La competencia directa entre plantas trae como resultado déficit de agua y minerales. Bajo estas circunstancias las plantas poseedoras de la capacidad para producir un sistema radical más extenso o más eficiente, son las que más compiten con éxito. Probablemente la competencia más importante entre plantas es por la luz, aunque también en densos doseles foliares, el  $\text{CO}_2$ .

La ley de los factores de Liebig expresa esencialmente que el crecimiento definitivo de un organismo depende de la cantidad de nutriente disponible para él en cantidad mínima. Para las plantas ello incluye luz, agua y  $\text{CO}_2$ , así como nutrientes minerales; debe reconocerse que los factores adversos o una sobredosis de algún factor que requiera en forma normal pueden igualmente limitar el crecimiento. (Bidwell, 1990).

### 2.3.2. Densidad de población en A. hypochondriacus

A. hypochondriacus se adapta a un amplio rango de densidades de población. A densidades de 13 a 26 plantas/m<sup>2</sup> produce aproximadamente

lo mismo que a densidades de 100 a 500 plantas/m<sup>2</sup>. A una densidad de población de 80,000 plantas/ha mostró 4.5 ramas por planta, número - que tendió a disminuir a medida que se incrementaba la densidad. Así mismo, con esta densidad de población, la altura promedio fue de 1.2 m la cual disminuyó al aumentar la densidad de población (Duncan, - citado por Cervantes, 1988).

Medina (1982), menciona que en muchas variedades de plantas se ha encontrado que los rendimientos disminuyen cuando las siembras se hacen con altas poblaciones. Esto es provocado por un aumento en el porcentaje de plantas estériles; en maíz, por ejemplo se encontró que el rendimiento de grano tiende a disminuir al sobrepasar la densidad óptima, pero el rendimiento de forraje tiende a aumentar.

Vera (1986) en un estudio realizado con A. cruentus, aplicando 160 kg/ha de N, 120 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 200,000 plantas/ha obtuvo el mayor - rendimiento a los 120 días y el mejor rendimiento de proteína por hectárea.

Morales et al., citados por Medina (1982) al estudiar distintos niveles de nitrógeno y fósforo, así como diferentes densidades de población en A. hypochondriacus encontraron que a medida que se incrementó la densidad de población, aumentó el rendimiento de paja.

Alfaro et al., (1987) en estudios realizados con A. hypochondriacus para forraje, a una densidad de 60,000 plantas/ha, a los 70 días, obtuvieron un rendimiento de materia verde de 24,273 kg/ha, 3,452 kg/ha

de materia seca y 510.7 kg de proteína/ha.

En trabajos realizados en Perú, Sumar citado por Medina (1982) estableció experimentos con la finalidad de determinar el rendimiento - potencial del amaranto para forraje, encontrando que los rendimientos de forraje verde variaron de 36,000 a 86,000 kg/ha.

## 2.4. El amaranto como forraje

### 2.4.1. Suelos y producción de forrajes

Las plantas necesitan de elementos minerales para su desarrollo, mismos que comunmente son suministrados por el suelo.

Woolfolk (1957) señala que la fertilidad del suelo es uno de los factores fundamentales que se deben tomar en cuenta al establecer un cultivo forrajero.

De Alba (1971) menciona que los problemas de nutrición mineral están íntimamente ligados al suelo. Así mismo, señala que el cuerpo animal contiene probablemente más de 25 elementos minerales como constituyentes de su composición química, de los cuales 15 de ellos son indispensables como elementos de valor nutritivo y con funciones fisiológicas conocidas entre los que sobresalen el calcio, fósforo, potasio, sodio, cloro y magnesio.

Por lo anterior, se requiere de un amplio conocimiento de los suelos así como de su manejo para suministrar cantidades adecuadas de nu

trimentos a las plantas forrajeras y éstas a su vez a los animales.

En el suelo se presentan una serie de reacciones químicas, que se efectúan en función del tipo de suelo, pH, manejo, condiciones ambientales, etc. por lo tanto, la disponibilidad de los nutrientes para las plantas está influenciada por factores fisiológicos y ambientales, sus interacciones mutuas y su diferente absorción (Ligero, et al., - 1981).

Así mismo, la disponibilidad de algunos nutrimentos depende de la presencia de otros, o la alta concentración de algunos puede limitar la absorción de otros, problemas conocidos como sinergismo o antagonismo, dado que pueden facilitar o bien impedir la absorción de nutrimentos por parte de las plantas (Cázarez, 1990).

Ligero et al., (1981) señala que los niveles altos de nitratos pueden competir en la absorción de otros aniones limitando el crecimiento del vegetal. Por otra parte, en experimentos en frijol encontraron - que cuando la relación de nitratos y sulfatos es de 0.81, aparece una interacción entre ellos, impidiéndose la absorción de los nitratos y disminuyendo con ello en el vegetal la concentración del nitrógeno.

Por el contrario, una deficiencia de azufre puede causar una acumulación de nitrógeno no proteínico en las plantas (Tisdale y Nelson, - 1988). Estos mismos autores mencionan que en plantas no leguminosas - que han recibido amplias cantidades de fertilizantes a base de nitrógeno, pueden acumularse en sus tejidos tanto nitratos como amidas. -

Los nitratos en grandes cantidades son tóxicos para los animales. Así por ejemplo, si el azufre es limitante, los nitratos se acumulan en el tejido vegetal. Altos niveles de nitratos también se relacionan - con amplias relaciones N:S en las plantas, las relaciones 10:1 - 20:1 se consideran generalmente como deseables para las materias vegetales que sirven de alimento de los rumiantes.

#### 2.4.2. Nutrición animal y forrajes

Los animales, para producir carne, leche, huevo ó piel, necesitan llenar sus requerimientos nutritivos por medio de granos, forrajes y otros alimentos en cantidades adecuadas (Cervantes, 1988).

Las pasturas de alta calidad pueden contribuir mucho para cubrir - éstas necesidades, reduciendo a la vez los costos de producción (Woolfolk, 1957).

Según Semple (1974), las deficiencias alimentarias más comunes del ganado son generalmente causadas por la falta de un alimento completo de calidad aceptable y en cantidades suficientes.

La ingestión de raciones insuficientes, pobres en elementos energéticos suelen aumentar la tasa de mortalidad, disminuir el rendimiento lácteo, así como también causar abortos o esterilidad.

El contenido mineral del cuerpo animal está relacionado con la resistencia a enfermedades y una inadecuada aportación de éstos puede - causar problemas (Woolfolk, 1957).

Se considera como forraje aquel material de origen vegetal, generalmente la parte aérea de la planta, destinada al consumo de herbívoros, que contiene más del 18% de fibra cruda en la materia seca (Mc Dowell et al., citados por Jiménez, 1989).

Crampton y Harris (1979), lo definen como un producto herbáceo, tal como heno, ensilado, pastizal, etc. La característica distintiva del forraje suele ser su elevado contenido en fibra, que en los henos oscila entre el 25 y 30% del extracto seco.

Para Megliorini (1984), los forrajes son las especies vegetales - cultivadas o espontáneas que se utilizan para la alimentación del ganado.

Por regla general las plantas forrajeras no son aprovechables para la alimentación humana. Los animales en cambio, a partir de la masa vegetal que se les administra sintetizan compuestos orgánicos de alta calidad que se transforman en productos como carne y leche (Megliorini, 1984).

#### 2.4.3. Características de un buen forraje

Como los forrajes se producen para la alimentación del ganado, es importante conocer los factores que son pertinentes para determinar su valor nutritivo.

Según Semple (1974), el alto valor nutritivo de las buenas pasturas puede demostrarse por la producción lechera, el crecimiento rápido

do de los animales jóvenes y buen estado de los mismos.

Desde el punto de vista de las aplicaciones prácticas, el valor de un forraje depende, principalmente de su contenido de proteínas y de hidratos de carbono, así como del grado en que estén disponibles como principios nutritivos digeribles (Hughes et al., 1975).

La digestibilidad de un forraje indica la proporción aprovechable de las sustancias nutritivas que contiene; ésta varía mucho entre especies. Dentro de una misma especie, cambia según la edad de las plantas, disminuyendo a medida que se desarrollan (Woolfolk, 1957).

Hughes et al., (1975) mencionan que cuando se analizan químicamente los forrajes éstos pueden contener de un 3 a un 25% de proteína bruta.

El tamaño o la edad de la planta afecta su valor nutritivo por sus efectos sobre la lignificación de la fibra: a mayor madurez, mayor cantidad de lignina. Esta es la parte menos digerible de la fibra y que también impide la buena digestión de todos los nutrientes (De Alba, 1971).

Robles (1983) señala que para la henuficación, mientras más tierna sea la planta mayor será su valor nutritivo; sin embargo, el corte de plantas excesivamente jóvenes, resultaría en rendimientos muy bajos - por hectárea, por lo que en general la cosecha de los cultivos forrajeros de grano se recomienda cuando éste se encuentra en estado lecho-so-masoso.

#### 2.4.4. Características forrajeras del amaranto

El género *Amaranthus* se caracteriza por presentar un alto contenido de proteína principalmente en sus hojas y, en un nivel inferior en sus tallos; además de ser su materia seca altamente digestible (Medina, 1982).

Esta planta la puede utilizar el hombre consumiendo sus hojas tiernas y semillas, o bien, se puede utilizar en forma indirecta alimentando animales para posteriormente incorporar el producto (carne, leche, huevos) que de éstos se obtienen para la dieta humana (Vera, 1986).

Cheeke y Bronson citados por Alfaro et al., (1987) encontraron que en lo referente a su contenido proteínico, el valor nutritivo del follaje de amaranto era muy similar al de la alfalfa, aunque contiene cantidades superiores de cenizas y hemicelulosa.

La planta entera puede utilizarse para la obtención de pastas para la alimentación animal (rumiantes). En *A. hypochondriacus* puede utilizarse desde el primer mes de cultivo e irse cortando a intervalos regulares hasta la madurez completa o bien, cosecharse toda la planta para obtener una pasta con 13% de proteína para uso directo como forraje (Sánchez, citado por Medina, 1982).

El amaranto posee una alta digestibilidad, entendiéndose como tal aquella fracción de alimentos que fue consumida y que no aparece en las heces, suponiendo que ha sido absorbido (Mc Donald et al., citados por Medina, 1982).

Vera (1986) al trabajar con A. cruentus obtuvo una digestibilidad in vitro de 55.54% a la cosecha y de 48.67% en ensilado, mientras que Cervantes (1982) encontró en A. hypochondriacus una digestibilidad de 59.31%.

Cervantes (1982) probó paja de A. hypochondriacus en ovinos a una ración del 60% obteniendo ganancias de peso de 300 g diarios en promedio.

Alfaro et al., (1987) probaron harina de amaranto y harina de alfalfa en conejos en crecimiento, indicando que la harina de amaranto puede sustituir eficientemente a la harina de alfalfa hasta en un 15% del total de la dieta.

Odwongo y Mugerwa citados por Alfaro et al., (1987) concluyeron que la harina de amaranto es un buen sustituto de la harina de alfalfa, especialmente en los lugares en donde el crecimiento de la alfalfa es problemático.

Cervantes (1986), menciona que en amaranto se habla de altos niveles de Ca, Fe y S, mismos que cubren los requerimientos de los rumiantes.

El mismo autor señala que una de las principales objeciones que se le puede imputar a los amarantos es que bajo condiciones muy particulares acumulan nitratos y oxalatos, sustancias que producen serios trastornos a los animales, sin embargo, menciona que los nitratos son productos naturales que se encuentran en distintas concentraciones en

la mayoría de los vegetales e incluso en cultivos forrajeros como son el maíz, la avena, la cebada y otras gramíneas; se han encontrado en paja de avena niveles de hasta un 7% en base seca, contenido sumamente alto y tóxico para los animales.

Morrison (1985) señala que en las regiones semiáridas se acumulan en ocasiones los nitratos en cantidades venenosas en los forrajes de cereales menores y en otras plantas; sin embargo, menciona que los caballos y las ovejas son rara vez afectados por este trastorno.

Las intoxicaciones subletales son atribuidas a la ingestión de 0.5 a 1.0% de nitratos en base seca, y se asocian con problemas de aborto, reducción de la producción de leche, bajas ganancias de peso y signos de deficiencia de vitamina A. Sin embargo, el efecto del nitrato puede ser contrarrestado si la dieta tiene abundantes carbohidratos solubles, o por medio del ensilaje, pues disminuyen los niveles de nitratos (Cervantes, 1986).

Vera (1986) al trabajar con A. cruentus en diferentes densidades de población y ensilar las diferentes muestras, encontró que en ninguna de ellas se presentaron cantidades tóxicas de nitratos.

Osweller citado por Medina (1982) encontró que las plantas de amaranto secadas al aire presentan bajos niveles de toxicidad en ovinos. Marderosian citado por Medina (1982), encontró en A. hypochondriacus una acumulación de nitratos de 0.56% (peso seco) en 1978; para 1979 - el autor reporta 0.65% de nitratos (peso seco) y 0.11% (peso fresco) por lo que no se considera esta planta como tóxica.

### III. OBJETIVOS E HIPOTESIS

#### 3.1. Objetivos:

Determinar la densidad de población mediante la cual el amaranto presenta el mejor rendimiento de materia verde y seca.

Determinar la respuesta de los componentes morfológicos de rendimiento del amaranto como forraje en diferentes densidades de población.

#### 3.2. Hipótesis

A mayor densidad de población del amaranto, se obtienen rendimientos más elevados de materia verde y seca.

La influencia de los componentes morfológicos de rendimiento sobre el rendimiento de grano en amaranto, es la misma sobre el rendimiento forrajero.

## IV. MATERIALES Y METODOS

### 4.1. Características del área de estudio

#### 4.1.1. Ubicación geográfica

El experimento se llevó a cabo en la parcela No.7 del área agrícola de la Facultad de Estudios Superiores "Cuautitlán"; ubicada en el municipio de Cuautitlan Izcalli, Edo. de México.

El municipio de Cuautitlán, Edo. de México, forma parte de la Cuenca del Valle de México; se extiende aproximadamente entre los  $19^{\circ}37'$  y los  $19^{\circ}45'$  de latitud norte y entre los  $99^{\circ}07'$  y los  $99^{\circ}14'$  de longitud oeste; limita al sur con el municipio de Tultitlán, al sureste, con el de Tultepec, al oeste con el de Melchor Ocampo, al norte con el de Teoloyucan, al noreste con el de Zumpango y al oeste con el de Tepotzotlán; la altitud media para el municipio es de 2400 msnm (Reyna, 1978).

#### 4.1.2. Clima

El clima de la región de Cuautitlán según la clasificación climática de Köppen modificada por García, corresponde a  $C(w_0)(w)b(i')$  templado, el más seco de los subhúmedos, con régimen de lluvias en verano e invierno seco, con temperaturas extremosas (García, 1981).

#### 4.1.3. Temperatura

La temperatura media anual es de  $15.7^{\circ}C$ , siendo enero el mes más

frío, con promedio de 11.8°C y junio el mes más caliente con 18.3°C. La temperatura máxima es de 26.5°C y se presenta en abril, la mínima (2.3°C) se presenta en enero.

#### 4.1.4. Precipitación pluvial

La precipitación media es de 605 mm; siendo julio el mes más lluvioso con 128.9 mm y febrero el más seco con 3.8 mm.

El régimen de lluvia es de verano, concentrándose la precipitación de mayo a octubre (Reyna, 1978).

#### 4.1.5. Suelos

En el área de estudio se tienen suelos profundos, de aproximadamente un metro; tienen formación de tipo aluvial relativamente joven, - clasificados como Vertisoles pélicos de textura fina arcillosa, pesados y de difícil manejo por ser plásticos y adhesivos cuando están húmedos. Son suelos que varían de ligeramente ácidos a neutros (García et al., 1987).

#### 4.2. Material genético

La semilla utilizada corresponde a la línea A.H.153-5-3 tipo Mercado donada por el INIFAP. Es una planta que llega a tener hasta 2.0 m de altura, su tallo es grueso y la planta da la apariencia de un matorral, además de no presentar una inflorescencia dominante; presenta muchas y pequeñas inflorescencias en la parte superior, el color de

la semilla es blanco y dorado (Espitia, 1986).

### 4.3. Establecimiento y manejo del experimento

#### 4.3.1. Preparación del terreno

La preparación del terreno consistió en barbecho a una profundidad de 30 cm, posteriormente rastreo, nivelación y finalmente surcado.

#### 4.3.2. Siembra

Se realizó el día 21 de junio de 1990 en forma manual, después de la primera lluvia del temporal, a chorrillo a una profundidad de - - aproximadamente 2 cm cubiéndose inmediatamente, previa fertilización. La semilla fue tratada con Captan 50 para evitar el Damping off o ahogamiento.

#### 4.3.3. Fertilización

Se utilizó la dosis 90-60-00 en dos aplicaciones; la primera al momento de la siembra; aplicando la mitad del nitrógeno y todo el fósforo y la segunda aplicación se realizó a los 46 días después. Cabe -- aclarar que se pesó el fertilizante por surco para asegurar que todos los tratamientos tuvieran exactamente la misma cantidad. Las fuentes utilizadas fueron: superfosfato de calcio triple y urea.

#### 4.3.4. Aclareo

Se realizó a los 24 días después de la siembra (DDS) a distancias

medidas de manera que se tuvieran densidades de 40, 60, 80, 100 y 120 mil plantas/ha (Cuadro 4).

CUADRO 4. DENSIDADES DE POBLACION EVALUADAS Y SEPARACION ENTRE PLANTAS DEL CULTIVO DE AMARANTO.

TRATAMIENTO	PLANTAS/ha	SEPARACION (cm)
1	40,000	30.48
2	60,000	20.32
3	80,000	15.24
4	100,000	12.12
5	120,000	10.16
6	120,000	3 plantas c/30.00 (testigo)

#### 4.3.5. Control de maleza

Para mantener al cultivo libre de malas hierbas se realizaron tres deshierbes manuales a los 20, 30 y 40 DDS.

#### 4.3.6. Aporque

Se realizó a los 46 DDS con la finalidad de proporcionarle sostén a las plantas, empleándose para ello tractor y una cultivadora.

#### 4.3.7. Control de plagas

No se presentaron plagas importantes a lo largo del ciclo, a excepción del barrenador del tallo (especie no identificada) que atacó al

cultivo a partir de los 40 días, causando la caída de algunas plantas en los diferentes tratamientos; no se aplicó ningún tipo de control - debido a que el daño no fue de importancia económica.

#### 4.3.8. Cosecha

Se realizó el día 3 de octubre de 1990 a los 104 DDS, cuando el - cultivo se encontraba en estado lechoso-masoso, se trituroó todo el ma terial (planta completa) de la parcela útil con una picadora, poste-- riormente se realizó su pesaje individual.

#### 4.4. Diseño experimental

El diseño experimental empleado fue el de bloques completamente al azar con 6 tratamientos y 4 repeticiones; correspondiendo los trata-- mientos a las densidades de población de 40, 60, 80, 100 y 120 mil - plantas por hectárea. Esta última densidad correspondió a los trata-- mientos 5 y 6, siendo la diferencia entre ambos la distribución; en - el tratamiento 5, la separación entre plantas fue de 10.16 cm, mien-- tras que en el tratamiento 6 se dejaron 3 plantas cada 30 cm, como - testigo para probar si se obtenía un mejor rendimiento con respecto a la distribución uniforme.

#### 4.5. Tamaño de parcela

El tamaño de la unidad experimental fue de  $28.7 \text{ m}^2$ . Cada surco te-- nía 5 m de largo por .82 m de ancho, siendo constituida cada parcela por 7 surcos. La separación entre calles fue de 1.64 m y entre bloques

de 2 m.

La parcela útil fue de 5 surcos de 3 m de largo, muestreando un área de 12.3 m<sup>2</sup>.

#### 4.6. Variables evaluadas

Las variables evaluadas fueron las siguientes:

- 1.- Altura de planta. Esta variable se evaluó a los 62 y 104 DDS. Se midió de la superficie del suelo al ápice.
- 2.- Diámetro del tallo. Para determinarlo se utilizó un Vernier. La lectura se tomó a la mitad del tallo de la planta. Se evaluó a los 62 DDS.
- 3.- Número de hojas/planta. Se contaron las hojas del tallo principal a los 62 DDS.
- 4.- Longitud de panoja. Se midió de la base al ápice de la misma después de la floración.
- 5.- Diámetro de panoja. Se tomó a la mitad de la misma después de la floración.
- 6.- Peso de materia verde. Se determinó al momento de la cosecha, pesando el total de plantas previamente picadas de la parcela útil de cada tratamiento.
- 7.- Peso de materia seca. Se tomaron muestras de cada tratamiento

(400 g en promedio), se pesaron y colocaron en bolsas perforadas de papel, posteriormente se introdujeron en una estufa de aire forzado - donde permanecieron por 48 horas a 70°C para secarse y pesarse ens seguida. El peso de materia seca incluyó a tallo, hojas y panoja.

Para las variables 1 a 5 se tomaron plantas al azar con competencia completa, muestreando 5 plantas por tratamiento.

#### 4.7. Análisis estadístico

##### 4.7.1. Análisis de varianza

Se realizó el análisis de varianza para las variables descritas, - de acuerdo al diseño de bloques completos al azar.

Así mismo se realizó una correlación múltiple entre las variables evaluadas y comparación de medias según Tukey (5%) correspondiente a la variable peso de materia seca.

## V. RESULTADOS Y DISCUSION

### 5.1. Altura de planta

Todos los tratamientos para este parámetro resultaron estadísticamente similares, sin embargo, graficando los resultados se observa que el tratamiento que mayor altura alcanzó fue el 4 (123.5 cm), con una densidad de población de 100 mil plantas por hectárea, siguiéndole el 5 (122 cm) con una densidad de 120 mil plantas/ha; los tratamientos 2 y 3 con 60 y 80 mil plantas/ha difieren muy poco entre sí (116 y 118 cm respectivamente), mientras que los tratamientos más bajos -- fueron el 1 y el 6 (110 y 113.5 cm) (Fig.1).

A los 104 días se observa el mismo comportamiento, el tratamiento 4 alcanzó una altura de 162.4 cm, siguiéndole el 5 con 159.5 cm (Fig.2) y teniéndose menor altura en los demás tratamientos.

En las figuras se observa que a medida que aumenta la densidad aumenta la altura hasta el tratamiento 4, a partir del cual disminuye -- para el 5, observándose una drástica disminución en el caso del 6, al grado de que a los 104 días éste último es ligeramente menor que el tratamiento 1 aun cuando difieren considerablemente en cuanto al número de plantas/ha (40 y 120 mil respectivamente), lo cual puede deberse en el caso del tratamiento 1, que al haber menor competencia intra específica por la baja densidad de población, se dio un mayor desarrollo en grosor que en altura. La baja altura en el tratamiento 6 -- puede deberse a la técnica de cultivo mateada, tradicionalmente --

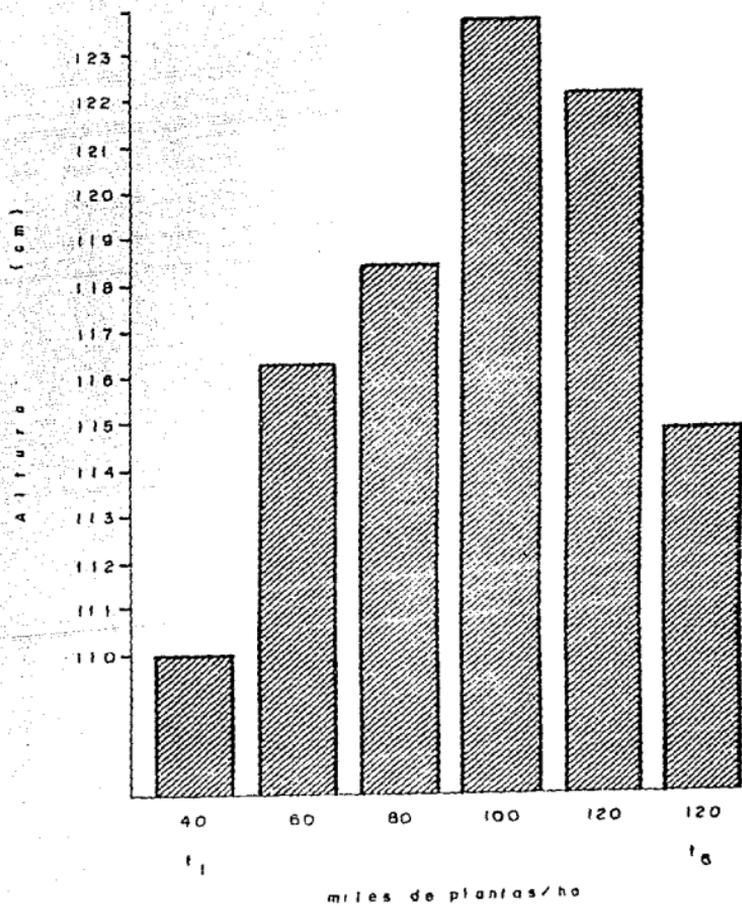


Fig 1 Alfura de planta a los 62 DDS de *Amaranthus hypochondriacus* bajo diferentes densidades de población

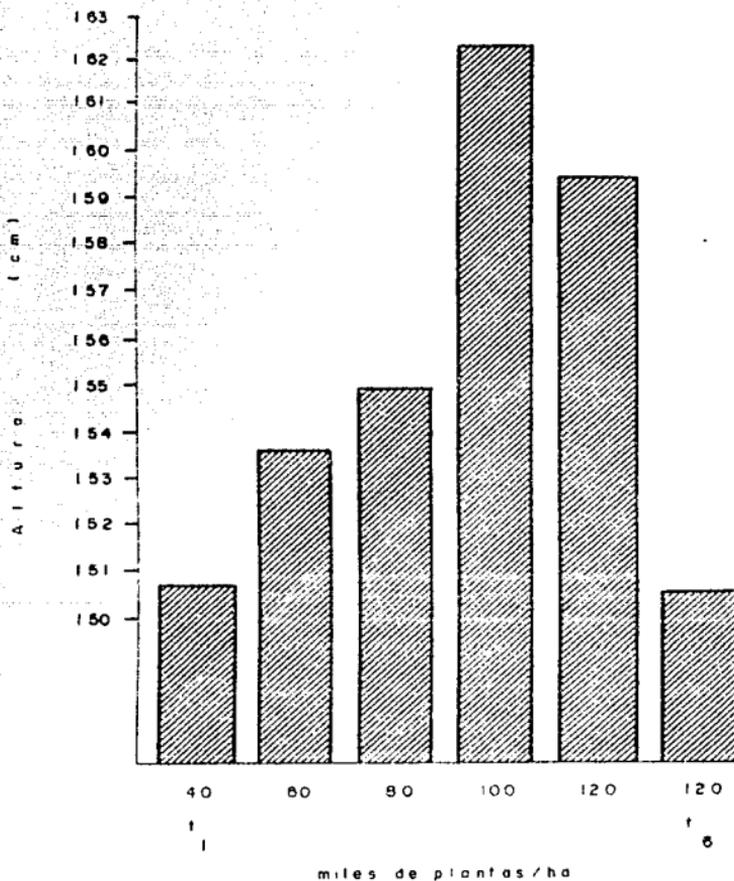


Fig 2 Altura de planta a los 104 DDS de *Amaranthus hypochondriacus* bajo diferentes densidades de población

utilizada en el área de Morelos (Alejandre, 1986); cabría esperar que este tratamiento hubiera presentado mayor altura con respecto al tratamiento 1 como ocurrió con los demás tratamientos, sin embargo no fue así y pudo deberse a una fuerte competencia por nutrientes como lo indica Pianka (1978). Bidwell (1990) señala que probablemente la competencia más importante sea principalmente por luz, aunque también en doseles foliares densos, el  $\text{CO}_2$ . Sin embargo, al tratarse de una planta  $\text{C}_4$  ésta presenta una mayor eficiencia fotosintética ante escasa luz o baja concentración de  $\text{CO}_2$  (Bidwell, 1990), por lo que la competencia que se presentó pudo deberse fundamentalmente a nivel de suelo por nutrientes, ya que presentó el mismo desarrollo en altura que el tratamiento 1 y menor que el tratamiento 5 aun cuando ambos (5 y 6) tuvieron la misma densidad de población (120 mil plantas/ha), la diferencia evidentemente fue la distribución de la población: distancias regulares entre plantas para el primero y mateado (3 plantas cada 30 cm) para el segundo.

La altura de planta se correlacionó positivamente con la longitud de panoja para cuatro de los seis tratamientos, lo que significa que a mayor altura de planta se tiene una panoja más grande pero de menor grosor, dado que se encontró una correlación negativa con este parámetro a excepción del tratamiento 4. Para los tratamientos 5 y 6 la altura de planta se asoció positivamente con el rendimiento de materia verde y seca.

La altura de planta alcanzada en el tratamiento 4 (162.4 cm) fue

superior a la media para el tipo Mercado (123.0 cm) (Sandoval, 1987), altura que no representa ningún problema para ser cosechado mecánicamente, a diferencia del amaranto para grano.

## 5.2. Diámetro de tallo

El diámetro de tallo (Fig.3) presentó un comportamiento inverso - con respecto a la altura, ya que para este parámetro se obtuvo un mayor grosor en el tratamiento 1 y disminuyó al aumentar la densidad de población, con excepción del tratamiento 6.

Los valores obtenidos fluctúan entre 1.85 a 2.1 cm de diámetro, - siendo estos valores superiores al promedio para el tipo Mercado que es de 1.4 cm (Sandoval, 1987).

A diferencia de lo encontrado por Mis y Espitia citados por Sandoval (1987) en el sentido de que el grosor del tallo se correlacionó - positivamente con el rendimiento de grano, en el presente experimento se encontró una correlación negativa (Cuadro 9A) con el peso de materia verde y seca en todos los tratamientos a excepción del tratamiento 2, lo que significa que a mayor grosor de tallo existe una disminución en el peso de materia verde y seca, lo cual se debe que el mayor grosor de tallo se presenta en las bajas densidades de población, por tanto el rendimiento por planta es mayor pero por unidad de superficie es menor. Se observa una marcada diferencia en la relación del grosor del tallo con respecto al rendimiento de grano y rendimiento forrajero, dado que el tallo aparte de ser una importante fuente de reservas,

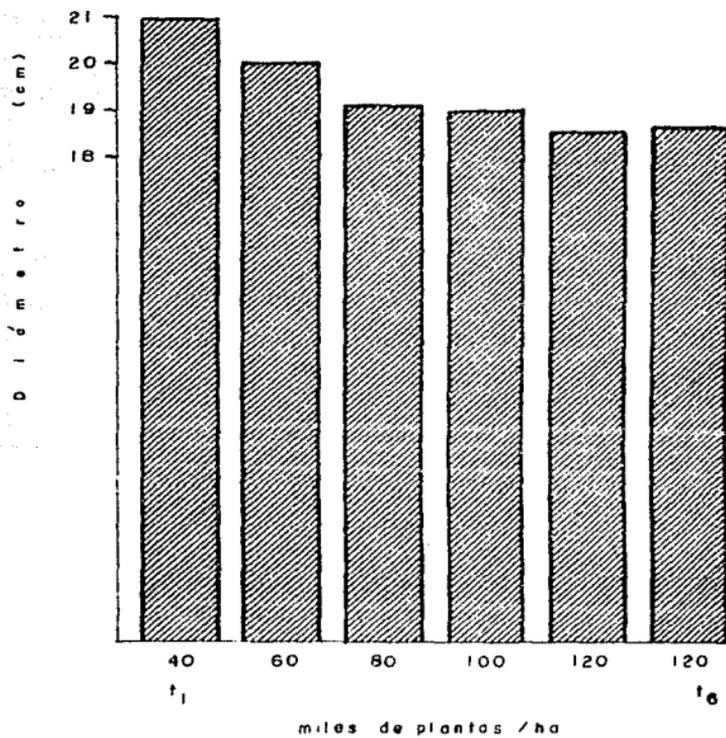


Fig 3 Diámetro de tallo a los 82 DDS de Amaranthus hypochondriacus bajo diferentes densidades de población.

forma parte junto con las hojas y la inflorescencia del rendimiento de forraje.

### 5.3. Número de hojas/planta

Contrario al comportamiento de los parámetros altura y diámetro de tallo, el número de hojas no presentó un patrón definido sino un comportamiento desigual como se observa en la Fig.4 en donde los tratamientos 1, 3 y 4 casi son iguales; Los tratamientos 5 y 6 son los que presentan el menor número de hojas.

No hubo diferencia significativa entre tratamientos para este parámetro y pudo deberse a las buenas condiciones de fertilidad del suelo, lo que propició que tanto en las bajas como en las altas densidades de población se presentara un adecuado número de hojas, lo que permitió un buen desarrollo de las plantas, dado que constituyen el mecanismo fotosintético de las mismas.

Se encontró una asociación positiva altamente significativa con el diámetro de tallo para cuatro de los seis tratamientos a excepción de los tratamientos 1 y 6, lo que quiere decir que existe un alto grado de dependencia entre estos dos componentes. Así mismo, se encontró una correlación positiva con el rendimiento de materia verde y seca únicamente en los tratamientos 2 y 6.

El número de hojas es de capital importancia en cultivos forrajeros, puesto que en esta parte de la planta es donde se acumula el

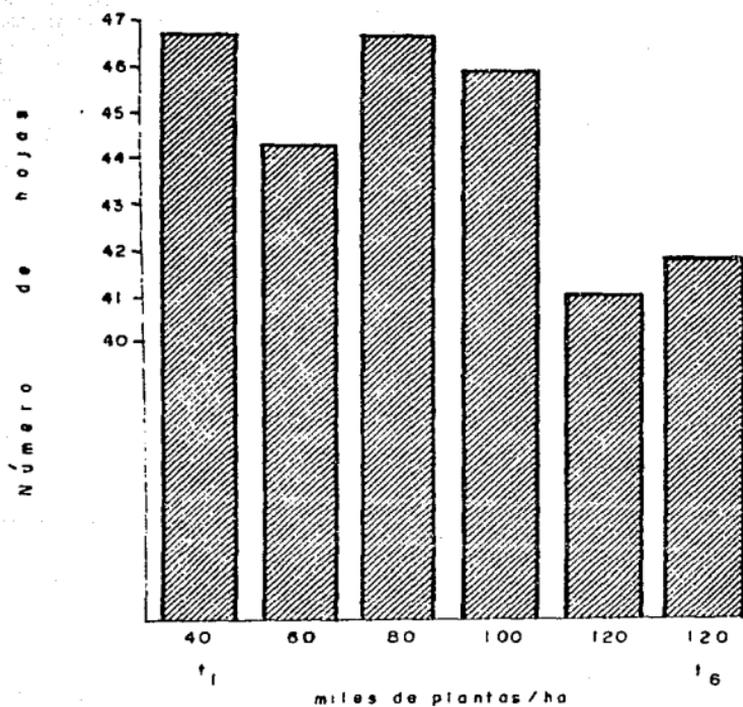


Fig 4 Número de hojas a los 62 DDS de Amaranthus hypochondriacus bajo diferentes densidades de población.

mayor porcentaje de proteína y en un nivel inferior en sus tallos - (Watson y Smith, 1963), hecho corroborado por Medina (1982) y Cheeke y Bronson citados por Cervantes (1988) en el caso del amaranto.

#### 5.4. Diámetro de panoja

El análisis estadístico no mostró diferencia significativa para este parámetro.

Se observa un comportamiento irregular (Fig. 5). El tratamiento 1 fue el que mostró el mayor valor (10.76 cm), disminuyendo en dos unidades en el tratamiento 2; el tratamiento 4 presentó el valor más bajo, aumentando nuevamente en el tratamiento 5.

El diámetro de panoja con la altura de planta presentaron una correlación negativa altamente significativa lo que indica que a mayor altura de planta se tiene un menor diámetro de panoja. En el tratamiento 4 se observa una correlación positiva, lo que quiere decir que contribuyó a que el mejor rendimiento se obtuviera en este tratamiento - ya que el diámetro de panoja se asoció en forma altamente significativa con el peso de materia verde y seca en el mismo tratamiento (Cuadro 9A).

#### 5.5. Longitud de panoja

Para este parámetro, el mejor tratamiento resultó ser el 1 con 43.8 cm, fluctuando los otros tratamientos entre 40 y 41 cm (Fig.6). A diferencia de los resultados de los parámetros evaluados, se obtuvo

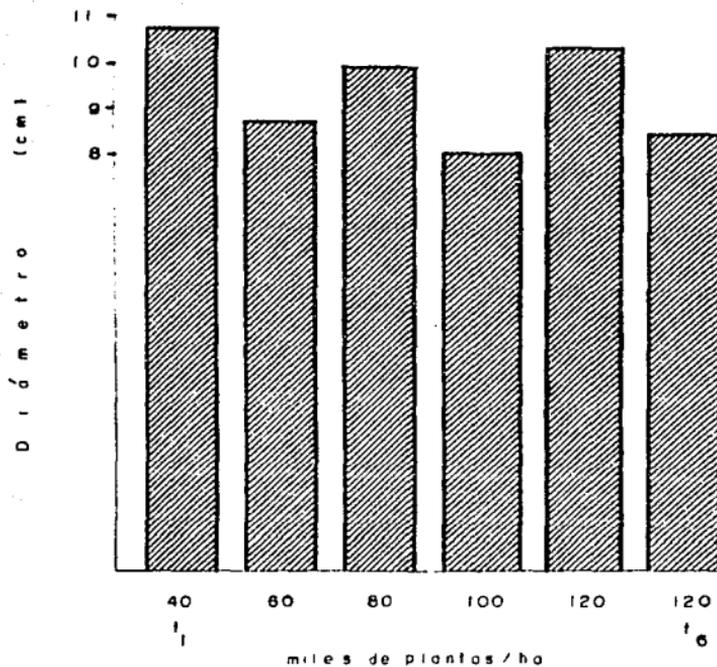


Fig 5 Diámetro de panoja a los 104 DDS de Amaranthus hypochondriacus bajo diferentes densidades de población.

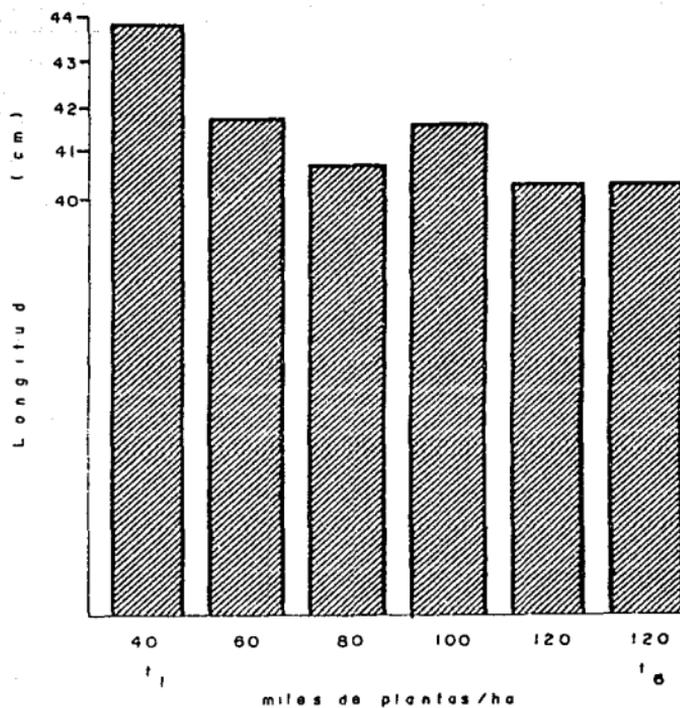


Fig. 6 Longitud de panoja a los 104 DDS de *Amaranthus hypochondriacus* bajo diferentes densidades de población.

el mismo resultado en los tratamientos 5 y 6 (40.2 cm en ambos).

El análisis de correlación mostró una asociación positiva entre - longitud de panoja y altura de planta en cuatro de los seis tratamien- tos lo que significa que a mayor altura de planta se tiene mayor lon- gitud de panoja coincidiendo en parte con lo señalado por Sandoval -- (1987) en cuanto a que una planta más alta tiene mayor longitud de pa- noja, así como mayor perímetro y por tanto mayor rendimiento por plan- ta, refiriéndose el autor al rendimiento de grano y en el caso de es- ta investigación el objetivo fue como forraje.

La longitud de panoja estuvo asociada con el peso de materia verde y seca en el tratamiento 6 y únicamente con el peso de materia verde en el tratamiento 3. El diámetro y longitud de panoja son dos paráme- tros importantes aun cuando el amaranto no se destine a grano, dado - que la panoja es una fuente importante de proteína y fibra cruda - - (5.31 y 8.46% respectivamente) según Sánchez (1980).

La cosecha del cultivo se llevó a cabo cuando el grano se encontra- ba en estado lechoso-masoso, etapa recomendada en la mayoría de los cultivos forrajeros de grano (Robles, 1983), con la finalidad de no disminuir su valor nutritivo como lo indica De Alba (1971), en el sen- tido de que el tamaño o edad de la planta afecta su valor nutritivo - por sus efectos sobre la lignificación de la fibra; a mayor madurez - mayor cantidad de lignina y siendo ésta la parte menos digerible de la fibra también impide la óptima digestión de los nutrimentos.

## 5.6. Producción de materia verde y seca

El análisis de varianza reporta para estos parámetros diferencia significativa entre tratamientos (Cuadros 7 y 8A), lo cual quiere decir que la densidad de población influyó en el rendimiento de forraje.

Al analizar las figuras 7 y 8 se observa que el mejor tratamiento tanto para peso de materia verde como seca fue el 4 con 37.1 y 8.6 ton/ha respectivamente.

La prueba de Tukey para peso seco corrobora lo anterior (Cuadro 5) y así mismo muestra que el tratamiento que presentó el rendimiento más bajo fue el 1 con 5.4 ton/ha, siguiendo el 6 con 6.8 ton/ha, el cual junto con los tratamientos 2, 3 y 5 no presentaron diferencias.

En el peso de materia verde, se obtuvo el mismo resultado en los tratamientos 1 y 6 (31.1 ton/ha), como se observa en la Fig.7, ambos tuvieron el mismo rendimiento aun cuando las densidades de población difieren notablemente entre sí (40 y 120 mil plantas/ha). En el caso del tratamiento 1 se debe a la baja densidad de población, sin embargo en el tratamiento 6 puede ser debido a la distribución de la misma (3 plantas cada 30 cm) que es una de las formas utilizadas tradicionalmente por los productores; puesto que si se comparan los tratamientos 5 y 6 que tuvieron la misma densidad (120 mil plantas/ha), el tratamiento 5 fue superior al 6, lo que evidentemente muestra que la técnica de cultivo tiene una gran influencia en el rendimiento final del amaranto como forraje.

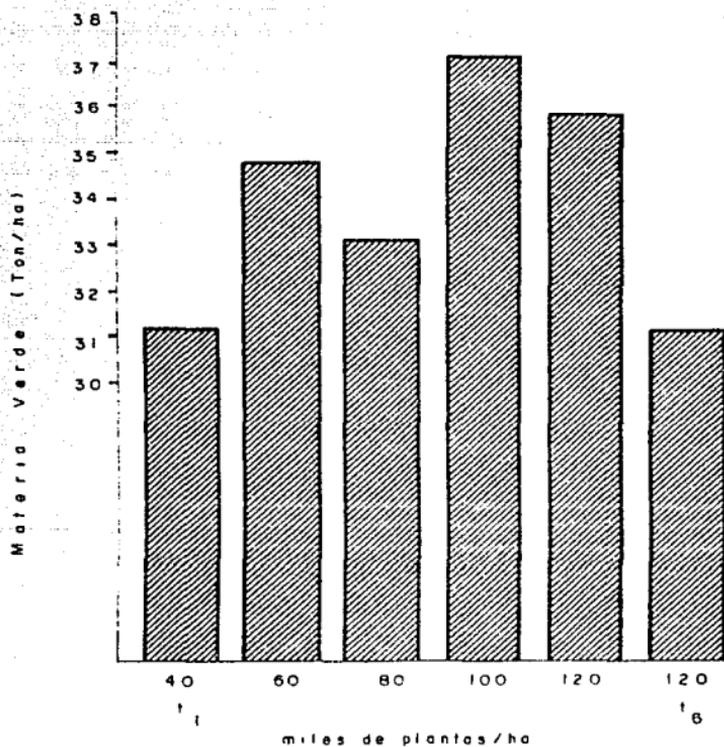


Fig 7 Rendimiento de materia verde (ton/ha) de Amaranthus hypochondriacus bajo diferentes densidades de población.

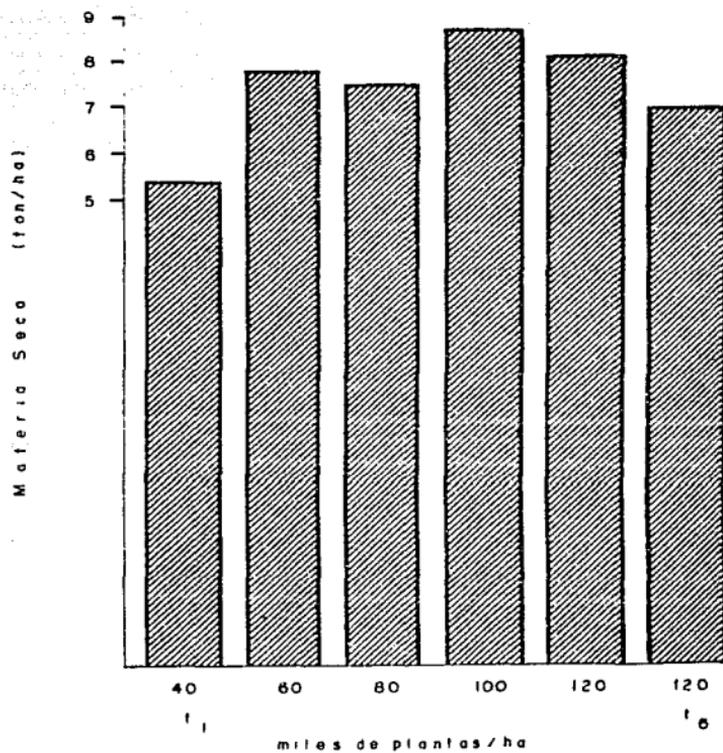


Fig. B Rendimiento de materia seca (ton/ha) de Amaranthus hypochondriacus bajo diferentes densidades de población.

CUADRO 5. COMPARACION DE MEDIAS DE RENDIMIENTO DE MATERIA SECA DE Amaranthus hypochondriacus BAJO DIFERENTES DENSIDADES - DE POBLACION (TUKEY 5%)

TRATAMIENTO	DENS. DE POBLACION PLANTAS/ha	RENDIMIENTO (Ton/ha)
4	100,000	8.599 A
5	120,000	8.074 A B
2	60,000	7.829 A B
3	80,000	7.466 A B
6	120,000 *	6.827 C B
1	40,000	5.430 C

\* mateado

Los valores con la misma letra, no son significativamente diferentes entre sí (Tukey 5%).

Morales et al, citados por Medina (1982) encontraron que a medida que se incrementó la densidad de población aumentó el rendimiento de paja, coincidiendo en parte con lo obtenido en el presente trabajo: a mayor densidad de población, mayor rendimiento de materia verde y seca. Así mismo, con 100 mil plantas por hectárea se obtuvieron 37.1 - ton/ha de materia verde y 626 kg de proteína cruda por hectárea (Cuadro 7.

Los componentes de rendimiento que estuvieron asociados al rendimiento de materia verde y seca fueron altura de planta únicamente en los tratamientos 5 y 6 que fueron los de mayor densidad.

La longitud de panoja se correlacionó con el peso de materia verde y seca en el tratamiento 6 y únicamente con materia verde en el tratamiento 3. El diámetro de panoja se correlacionó en los tratamientos 1 y 4 con el peso de materia verde y seca.

Se encontró una correlación negativa con diámetro de tallo en tres tratamientos, denotando que a mayor densidad se tiene un diámetro menor y por tanto menor peso de materia verde y seca por planta, no así por unidad de superficie, puesto que al aumentar la densidad se obtiene un mayor rendimiento de forraje.

Se observa que también se presentó una correlación con alta significancia del peso de materia verde con el peso de materia seca en cinco de los seis tratamientos, correlación que significa que a medida que aumentó el rendimiento de materia verde, aumentó el rendimiento de materia seca.

Durante el desarrollo del presente trabajo se observó un adecuado dosel vegetal y en general las plantas mostraron un porte normal. Con la dosis de fertilización aplicada se obtuvo un buen desarrollo del cultivo, no se observaron deficiencias de ningún nutrimento, por lo que se deduce que tuvo niveles adecuados de éstos, además como se observa en el Cuadro 6, el suelo de la parcela experimental no presentó problemas de fertilidad, el pH se encontró en un rango aceptable (6.12), presentó buenos niveles de nitrógeno (0.15%) y potasio (0.74 meq/100 g) así como altos niveles de fósforo (119 ppm) (Cázares, 1990) lo que permite aseverar que la demanda nutrimental del cultivo fue

CUADRO 6. RESULTADOS DEL ANALISIS DE SUELO DE LA PARCELA EXPERIMENTAL.

pH	C.E	P A R A M E T R O S		
		N (%)	P (ppm)*	K (meq/100 g)
6.12	0.13	0.15	119	0.74

\* Bray 1

satisfecha.

Por las características presentadas por las plantas se supone que los niveles de nitrógeno, fósforo y potasio fueron adecuados y en base a las condiciones de pH que presentó el suelo, es probable deducir que se tuvo un buen suministro de micronutrientes.

#### 5.8. Análisis comparativo de diferentes forrajes en relación al amaranto.

En lo que se refiere a materia seca, se observa (Cuadro 7) que el rendimiento en kg/ha de amaranto solamente es superior a la avena, no así en materia verde donde es similar; sin embargo, en cuanto a proteína cruda es superior a todos los forrajes incluso a la alfalfa, lo cual coincide con lo señalado por Medina (1982) al indicar que el género Amaranthus se caracteriza por presentar un alto contenido de proteína principalmente en sus hojas y en un nivel inferior, en sus --

CUADRO 7. COMPARACION DE DIFERENTES FORRAJES CULTIVADOS EN EL VALLE DE MEXICO EN RELACION AL AMARANTO

FORRAJE	RENDIMIENTO ton/ha/AÑO			Kg P.C./ha (% M.S.)	DIGESTIBILIDAD M.S. (%)	No.DE CORTES AL AÑO
	M.S.	M.V.	P.C. (% M.S.)			
ALFALFA	12.65	60	15.5	930	65	8-10
MAIZ	11.00	50	11.35	567.5	59	1
AVENA	6.00	37.50	13.05	506.25	58	2-3
SORGO	16.00	84	9.50	798.00	--	2
AMARANTO	8.60	37.10	16.90	626	59.31	1

tallos; además de ser su materia seca altamente digestible.

En cuanto a la producción (kg) de proteína cruda por hectárea, es superior al maíz y a la avena, lo que le confiere una ventaja más, reflejándose esto en el total de kilogramos de proteína cruda por hectárea, donde ocupa el tercer lugar después de la alfalfa y el sorgo, diferencia debida a que de la alfalfa se obtienen de 8 a 10 cortes al año y del sorgo 2; mientras que del amaranto únicamente se obtiene uno pero en menor tiempo.

Una forma de obtener forraje de buena calidad durante todo el año y sobre todo una cantidad aceptable de proteína cruda, es el manejo adecuado en la rotación, así por ejemplo, se puede sembrar amaranto en el ciclo primavera-verano y avena en otoño-invierno, obteniéndose así 1193.5 kilogramos de proteína cruda por hectárea, cantidad superior a la obtenida con alfalfa únicamente, además de disminuir los costos de producción, dado que la alfalfa es exigente en suelos y altamente demandante de agua a diferencia del amaranto el cual tiene muchas ventajas con respecto a otros cultivos forrajeros tales como: poco manejo, rápido crecimiento y buena producción, además de que al ser una planta perteneciente al grupo  $C_4$  tiene una ventaja más, dado que las plantas de este tipo poseen una acentuada eficiencia fotosintética ante escasa luz o baja concentración de  $CO_2$  (Bidwell, 1990) aparte de la utilización eficaz del agua.

Las objeciones que pudieran atribuírsele al amaranto como forraje serían básicamente el contenido de nitratos, dado que bajo ciertas -

condiciones tales como suelos de regiones semiáridas (Morrison, 1985) y cuando el suelo es deficiente en azufre, algunos cultivos forrajeros acumulan nitratos en sus tejidos, sustancias que en altas concentraciones pueden llegar a ser tóxicas para los rumiantes (Tisdale y Nelson, 1988). Sin embargo, existen dos maneras de solucionar este problema: a) por medio del ensilaje (Cervantes, 1986; Vera, 1986) y b) mediante manejo adecuado de los suelos.

El manejo adecuado de los suelos para el cultivo del amaranto como forraje sería principalmente la utilización de cantidades adecuadas de fertilizantes, manteniendo en el suelo niveles suficientes de nutrientes, particularmente azufre para obtener una buena producción y mejor calidad del forraje en cuanto a menor concentración de nitratos en sus tejidos.

## VI. CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos se concluye lo siguiente:

1. La densidad de población influyó en el rendimiento del amaranto como forraje. La densidad que presentó el mayor rendimiento fue la de 100 mil plantas/ha con un rendimiento de 37.1 y 8.6 ton/ha de materia verde y seca respectivamente.

2. El tratamiento testigo (No.6) con la misma densidad que el tratamiento 5, pero con diferente distribución de población (mateada) - rindió menos que éste último e inclusive mostró un rendimiento semejante al tratamiento 1 (31.1 ton/ha de materia verde) aun cuando difieren considerablemente en densidad de población (40 y 120 mil plantas/ha respectivamente), por lo que se concluye que la distribución mateada utilizada para producción de grano no es la mejor para producción de forraje.

3. La mayor altura de planta se presentó en el tratamiento correspondiente a 100 mil plantas/ha, aun cuando estadísticamente no mostró diferencia significativa, se infiere que se debió a la mayor densidad de población. Esta variable manifestó una correlación positiva en cuatro de los seis tratamientos con la longitud de panoja.

4. Para diámetro de tallo, los tratamientos con menor densidad fueron los que expresaron el mayor diámetro. Este componente no se encontró positivamente correlacionado con los demás componentes de rendimiento evaluados para los diferentes tratamientos.

5. Los componentes de rendimiento de amaranto como forraje se ven afectados por las diferentes densidades de población. Los componentes que estuvieron significativamente correlacionados con el rendimiento para el mejor tratamiento fueron la longitud y diámetro de panoja y para los tratamientos de mayor densidad (120 mil plantas/ha) fue la altura de planta; por tanto, es posible deducir que algunos de los componentes de rendimiento para rendimiento de grano, responden igual para rendimiento de forraje en diferentes densidades de población.

## RECOMENDACIONES

Se sugieren estudios posteriores del cultivo con fertilización y posterior análisis de planta para determinar en base a manejo de los suelos, la concentración de nitratos en los tejidos, a fin de sugerir prácticas de fertilización en relación al cultivo del amaranto como forraje. Así mismo, probar diferentes métodos de conservación y evaluación en animales sobre: digestibilidad y consumo voluntario.

## BIBLIOGRAFIA

Alejandre I. G. y L.F. Gómez. 1986. Cultivo del amaranto en México. Universidad Autónoma Chapingo, México. 245 p.

Alfaro, M.; A. Martínez; R. Ramírez y R. Bressani. 1987. Evaluación de diferentes niveles de harina de amaranto (partes vegetativas), en sustitución de harina de alfalfa para conejos en crecimiento. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. Vol. XXXVII, No.:1 175-184.

---

1987. Rendimiento y composición química de las partes vegetativas del amaranto Amaranthus hypochondriacus, L. en diferentes etapas fisiológicas. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. Vol. XXXVII No.:1; 109-121.

Arellano V., J.L. 1980. Competencia entre y dentro de matas en los híbridos de maíz H-28 y H-29. Tesis de Maestría en Ciencias. Chapingo, México. 48 p.

---

1988. Notas del curso de Fisiotecnia. F.E.S. Cuautitlán. Ingeniería Agrícola. UNAM.

Bidwell, R.G. 1990. Fisiología Vegetal. AGT Editor, S. A. México 756 p.

Cázarez G., L.R. 1990. Notas del curso de Manejo y Fertilidad de suelos. Ingeniería Agrícola. UNAM.

Cervantes S., J.M. 1982. Evaluación nutricional de la alegría Amaranthus hypochondriacus L. como alimento para rumiantes. - Tesis de Maestría en Ciencias. Chapingo, México. 85 p.

---

1986. El amaranto: recurso forrajero no aprovechado. Veterinaria México: XVII (4): 289:296.

- \_\_\_\_\_ 1988. El amaranto como alimento para animales. En: Reyna T.T. Investigaciones recientes sobre amaranto. Instituto de Geografía, México. 55-60.
- Crampton, E.W. y L.E., Harris. 1979. Nutrición animal aplicada. Edit. Acribia. Zaragoza, España. 756 p.
- De Alba, J. 1971. Alimentación del ganado en América Latina. Edit. -- Fournier, S. A. México, 475 p.
- Espitia, R.E. 1984. Plagas y enfermedades del cultivo del amaranto - Amaranthus spp en México. En: Primer Seminario Nacional del Amaranto. Chapingo, México. pp 233-238.
- \_\_\_\_\_ 1986. Situación actual y problemática del cultivo del amaranto en México. En: Primer Seminario Nacional del Amaranto. Chapingo, México. pp 101-109.
- Feine, L.B.; R.R., Harwood; C.S. Kauffman and J.P. Senft. 1979. Amaranth Gentle Giant of the Past and Future. Edit. by Gary A. -- Ritchie New Agricultural Crops. Selected Symposia Series Westview Press. Colorado, USA. pp 41-63.
- García, E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía. UNAM. México. 252 p.
- García R.; G, González y A. Ramírez. 1987. Evaluación del efecto de diferentes niveles de nitrógeno-fósforo sobre el rendimiento del amaranto Amaranthus hypochondriacus L. en el Centro de Producción Agropecuaria de la FES-C. (Trabajo de Semestre de Campo). 63 p.
- González G., M.H. 1990. Evaluación de tres variedades de trigo para temporal y tres para riego bajo condiciones de temporal. Tesis Profesional. UNAM. México. 149 p.

- Hughes, H.D.; M., E.H. y D.S., Metcafe. 1975. Forrajes. Edit. CEGSA, México. 758 p.
- Hunziker, A.T. 1952. Los pseudocereales de la agricultura indígena de América. Acme Agency, Soc. Resp. Ltda. Buenos Aires Argentina. 79-85.
- Instituto Nacional Indigenista. 1979. Amaranto: planta rica en proteínas adaptable a diferentes climas. México Indígena No.30 México, pp 14.
- Jiménez M, A. 1989. La producción de forrajes en México. FIRA UACH. - 100 p.
- Krebs, C.J. 1978. Ecology. The experimental analysis of distribution and abundance. Harper & Row, Publishers. New York, USA. 678 p.
- Lacasa, A. 1986. El amaranto. Centro de Información y Documentación Agropecuaria. Boletín de Reseñas. Hortalizas, Papa, Granos y Fibras, No.6. Habana, Cuba. 57 p.
- Ligero, F.; C., Lluch y L. Realde. 1981. Efecto de la fertilización nitrogenada y fosfórica sobre el crecimiento, superficie y contenido de N, P, K, Ca y Mg en hoja de plantas de judía (*Phaseolus vulgaris*, L.). Anales de Edafología y Agrobiología XI. 7-8: 1269-1280.
- Little, T.M. y F.J., Hills. 1987. Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura. Edit. Trillas, México. 270 p
- Meghiorini, F. 1984. El cultivo rentable de las plantas forrajeras. - Edit. De Vecchi, S. A. Barcelona, España. 190 p.
- Morrison, F.B. 1985. Fundamentos de la nutrición animal. Productos Alimenticios. Edit. Uteha, México. 722 p.

- Medina D., E.K. 1982. Estudios sobre densidades de siembra y fertilización con nitrógeno y fósforo en el cultivo de amaranto (Amaranthus hypochondriacus L.). Tesis de Maestría en Ciencias. Centro de Edafología, C.P. Chapingo, México. - 164 p.
- Paniagua G., A. 1989. Evaluación de 25 genotipos de amaranto (Amaranthus spp) en Chapingo, Méx. Tesis Profesional. UNAM. México. 50 p.
- Pianka, E.F. 1978. Ecología evolutiva. Edit. Omega, S. A. Barcelona, España. 365 p.
- Pulido M., L. 1987. El nitrógeno y la humedad en el rendimiento de grano, materia seca y calidad de proteína de Amaranthus hypochondriacus y A. cruentus. Tesis de Maestría en Ciencias. Centro de Edafología, Colegio de Postgraduados, Montecillos México. 131 p.
- Reyna, T.T. 1978. Características climáticas frutícolas en Cuautitlán, Edo. de México. Bol. Instituto de Geografía Vol.8 UNAM. México. 55-66.
- \_\_\_\_\_ 1984. Requerimientos climáticos para el cultivo del amaranto (Amaranthus spp) en México. En: Primer Seminario Nacional del Amaranto. Chapingo, México. 168-177.
- Robles S., R. 1983. Producción de granos y forrajes. Edit. Limusa, México, 609 p.
- Sánchez M., A. 1980. Potencial agroindustrial del amaranto. CEESTEM, México. 238 p.
- \_\_\_\_\_ 1984. Perspectivas biotecnológicas del sistema amaranto. En: Primer Seminario Nacional del amaranto. Chapingo, México.

- Sánchez M., A., J.L., Pérez; F.J., Briones y J. Kuri. 1984. Potencialidad de hoja de amaranto en la alimentación. En: Memoria del Primer Seminario Nacional del Amaranto. Chapingo México. pp 115-129.
- Sandoval I., J. 1987. Evaluación preliminar de 15 líneas mejoradas de amaranto (Amaranthus sp) en Chapingo, México. Tesis Profesional. UNAM, México. 145 p.
- Semple, A. 1974. Avances en pasturas cultivadas y naturales. Edit. Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina. 487 p.
- Sauer, J.D. 1967. The grain amaranths and their relatives: a revised - taxonomic and geographic survey. Annals of Missouri Botanical Garden 54: 103-137.
- Suárez R., G. 1986. Importancia de los estudios morfológicos, anatómicos, fisiológicos del amaranto. En: Primer Seminario Nacional del Amaranto. Chapingo, México. pp 175-178.
- Tisdale, S.L. y W.L., Nelson. 1988. Fertilidad de suelos. Edit. Uteha, México. 760.
- Vera M, F. 1986. Densidades de población y fertilización con nitrógeno y fósforo en el cultivo de amaranto (Amaranthus cruentus L.) Aprovechamiento de su biomasa como recurso forrajero. Tesis de Maestría en Ciencias. C.P. Chapingo, México. 375 p.
- Watson, S.J. y A.M., Smith. 1963. El ensilaje. Edit. Cecsa, México. 183 p.
- Weber, L.E. 1984. La producción del amaranto en los Estados Unidos. - En: Memoria del Primer Seminario Nacional del Amaranto. Chapingo, México. pp 274-279.

**ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA <sup>69</sup>BIBLIOTECA**

Woolfolk, J.P. 1957. Manejo de pasturas. Edit. Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina. 220.

## APENDICE

CUADRO 1A. ANALISIS DE VARIANZA PARA LA ALTURA DE PLANTA (62 DDS)

FUENTE DE VARIACION	gl	SC	CM	F.C.	F.T.	
					5%	1%
TRATAMIENTOS	5	501.12	100.22	1.98 n.s.	2.90	4.56
BLOQUES	3	222.07	74.02	1.46 n.s.	3.29	5.42
ERROR	15	759.66	50.64			
TOTAL	23	1482.85				

C.V. = 6.05

n.s. = no significativo

CUADRO 2A. ANALISIS DE VARIANZA PARA LA ALTURA DE PLANTA (104 DDS)

FUENTE DE VARIACION	gl	SC	CM	F.C.	F.T.	
					5%	1%
TRATAMIENTOS	5	456.17	91.23	1.34 n.s.	2.90	4.56
BLOQUES	3	22.53	7.51	0.11 n.s.	3.29	5.42
ERROR	15	1019.59	67.97			
TOTAL	23	1498.29				

C.V. = 5.30

n.s. = no significativo

CUADRO 3A. ANALISIS DE VARIANZA PARA EL DIAMETRO DE TALLO (62 DDS)

FUENTE DE VARIACION	gl	SC	CM	F.C.	F.T.	
					5%	1%
TRATAMIENTOS	5	0.250	0.050	1.50 n.s.	2.90	4.56
BLOQUES	3	0.033	0.011	0.34 n.s.	3.29	5.42
ERROR	15	0.501	0.033			
TOTAL	23	0.786				

C.V. = 9.36

n.s. = no significativo

CUADRO 4A. ANALISIS DE VARIANZA PARA EL NUMERO DE HOJAS/PLANTA (62 DDS)

FUENTE DE VARIACION	gl	SC	CM	F.C.	F.T.	
					5%	1%
TRATAMIENTOS	5	124.43	24.88	1.52 n.s.	2.90	4.56
BLOQUES	3	53.71	17.90	1.09 n.s.	3.29	5.42
ERROR	15	245.33	16.35			
TOTAL	23	423.48				

C.V. = 9.11

n.s. = no significativo

CUADRO 5A. ANALISIS DE VARIANZA PARA EL DIAMETRO DE PANOJA (104 DDS)

FUENTE DE VARIACION	gl	SC	CM	F.C.	F.T.	
					5%	1%
TRATAMIENTOS	5	24.24	4.84	1.61 n.s.	2.90	4.56
BLOQUES	3	0.525	0.175	0.06 n.s.	3.29	5.42
ERROR	15	45.044	3.00			
TOTAL	23	69.818				

C.V. = 18.45

n.s. = no significativo

CUADRO 6A. ANALISIS DE VARIANZA PARA LA LONGITUD DE PANOJA (104 DDS)

FUENTE DE VARIACION	gl	SC	CM	F.C.	F.T.	
					5%	1%
TRATAMIENTOS	5	37.06	7.412	0.81 n.s.	2.90	4.56
BLOQUES	3	10.04	3.348	0.37 n.s.	3.29	5.42
ERROR	15	137.13	9.142			
TOTAL	23	184.23				

C.V. = 7.31

n.s. = no significativo

CUADRO 7A. ANALISIS DE VARIANZA PARA EL PESO DE MATERIA VERDE (Ton/ha)

FUENTE DE VARIACION	gl	SC	CM	F.C.	F.T.	
					5%	1%
TRATAMIENTOS	5	121.22	24.24	3.09 *	2.90	4.56
BLOQUES	3	13.42	4.47	0.57 n.s.	3.29	5.42
ERROR	15	117.62	7.84			
TOTAL	23	252.27				

C.V. = 8.27

\* = significativo

n.s. = no significativo

CUADRO 8A. ANALISIS DE VARIANZA PARA EL PESO DE MATERIA SECA (Ton/ha)

FUENTE DE VARIACION	gl	SC	CM	F.C.	F.T.	
					5%	1%
TRATAMIENTOS	5	25.12	5.02	10.60 **	2.90	4.56
BLOQUES	3	2.37	0.79	1.67 n.s.	3.29	5.42
ERROR	15	7.11	0.47			
TOTAL	23	34.61				

C.V. = 9.34

\*\* = altamente significativo

n.s. = no significativo

CUADRO 9A. CORRELACION MULTIPLE ENTRE LAS VARIABLES EVALUADAS DE Amaranthus hypochondriacus BAJO DIFERENTES DENSIDADES DE POBLACION.

VARIABLE	ALTPA	LONGPA	DIAPA	MV	MS	DT
	TRAT.					
LONGPA	1) 0.7138** 2) 0.8411** 3) 0.1506 4) 0.7750** 5) 0.1485 6) 0.5764*					
DIAPA	1) 0.3938 2) -0.8736** 3) -0.9525** 4) 0.5272* 5) -0.1959 6) -0.7704**	-0.8920** -0.9533** 0.1040 0.1331 0.9299** -0.6547**				
MV	1) 0.3210 2) 0.2603 3) 0.2625 4) 0.3248 5) 0.7354** 6) 0.7399**	-0.4339 0.3098 0.9304** -0.3080 0.1306 0.7553**	0.7027** -0.0375 0.3528 0.7992** -0.0246 -0.3594			
MS	1) -0.5247* 2) -0.0759 3) -0.1811 4) -0.0890 5) 0.4835 6) 0.6437**	-0.9687** -0.3465 -0.3094 -0.6548** -0.0451 0.8251**	0.9669** 0.5077* 0.3191 0.6226** -0.0833 -0.3324	0.6357** 0.6997** 0.2078 0.9129** 0.9404** 0.9835**		
DT	1) -0.0369 2) 0.1158 3) -0.1912 4) -0.9713** 5) 0.9572 6) -0.7688**	0.0726 0.3335 -0.2522 -0.7750** 0.4328 -0.9641**	-0.3953 -0.0357 -0.0396 -0.3253 0.2738 0.7279**	-0.1564 0.9517** -0.5832* -0.2063 -0.5590* -0.8518**	-0.1692 0.5204* -0.6800** 0.2046 -0.8048** -0.8750**	
NHOJAS	1) -0.1208 2) -0.5613* 3) 0.0001 4) -0.6614** 5) 0.6569** 6) 0.7794**	0.0036 -0.2984 -0.2231 -0.2852 0.5974* 0.8969**	0.2206 0.5674* -0.2249 -0.0255 0.2801 -0.5645*	-0.1497 0.6329** -0.5393* -0.3152 0.1152 0.9609**	-0.5679* 0.5223* -0.9333** -0.0352 -0.2273 0.9660**	-0.9511** 0.7556** 0.9815** 0.7844** 0.7587** -0.9716**

\*\* ALTAMENTE SIGNIFICATIVO

\* SIGNIFICATIVO