

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE AGRONOMIA  
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO



CONTRIBUCIONES TECNOLOGICAS  
PRELIMINARES PARA LA PRODUCCION DE  
GRANO Y FORRAJE DE AMARANTO  
*Amaranthus spp.* EN EL NORTE Y NORESTE  
DE MEXICO

POR:

JESUS GARCIA PEREYRA

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL  
GRADO DE DOCTOR EN CIENCIAS AGRICOLAS  
CON ORIENTACION EN MEJORAMIENTO  
DE PLANTAS

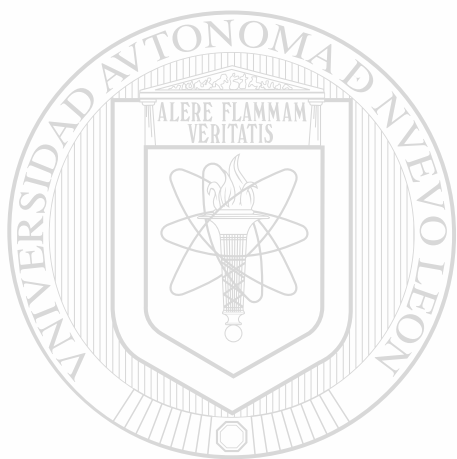
MARIN, N. L., MEXICO

ABRIL DE 2004

TD  
Z5071  
FA  
2004  
.G3



1020135235



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

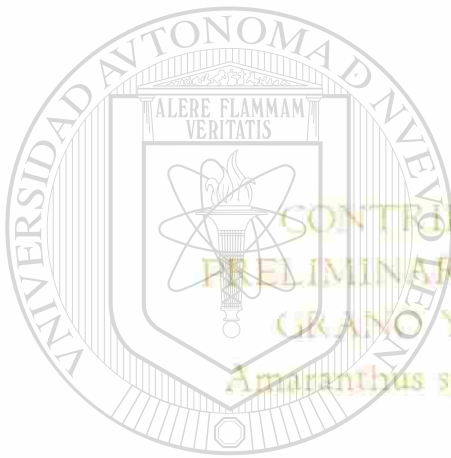


DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE AGRONOMÍA

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO



CONTRIBUCIONES TECNOLÓGICAS  
PRELIMINARES PARA LA PRODUCCIÓN DE  
GRANO Y FORRAJE DE AMARANTO  
*Amaranthus* spp. EN EL NORTE Y NORESTE  
DE MÉXICO

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL  
GRADO DE DOCTOR EN CIENCIAS AGRICOLAS  
CON ORIENTACIÓN EN MEJORAMIENTO  
DE PLANTAS

MARIN, N. L., MEXICO

ABRIL DE 2004

979 10

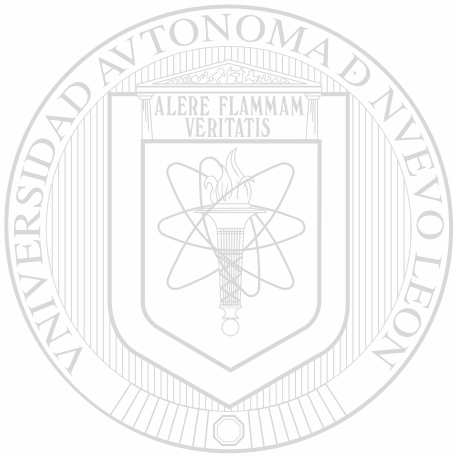
-TD

25971

FA

2002

.E3



# UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



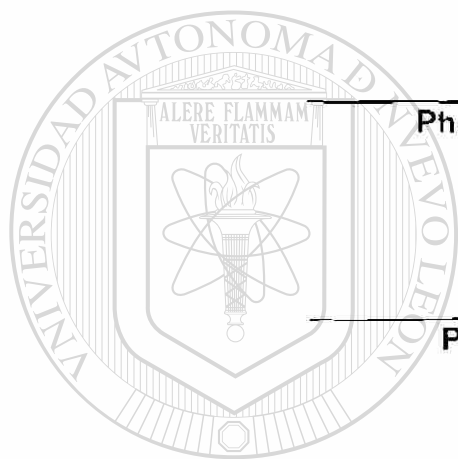
**FONDO  
TESIS**

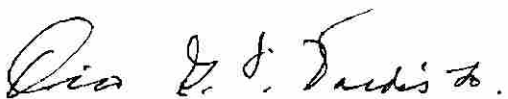
**CONTRIBUCIONES TECNOLÓGICAS PRELIMINARES PARA LA  
PRODUCCIÓN DE GRANO Y FORRAJE DE AMARANTO *Amaranthus spp.*  
EN EL NORTE Y NORESTE DE MÉXICO**

Por  
**M. C. Jesús García Pereyra**

**Realizado bajo la dirección del comité de tesis, ha sido aprobado por el  
mismo y aceptado como requisito parcial para obtener el grado de  
Doctor en Ciencias Agrícolas**

**Comité de tesis**





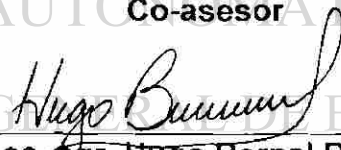
**Ph. D. Ciro G. S. Valdés Lozano  
Asesor Principal**



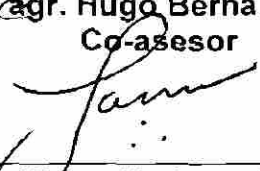
**Ph. D. Emilio Olivares Sáenz  
Co-asesor**



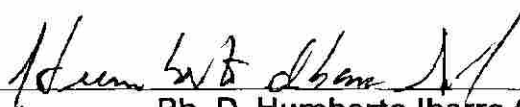
**DR. Omar G. Alvarado Gómez  
Co-asesor**



**Dr. sc. agr. Hugo Bernal Barragán  
Co-asesor**



**DR. Hiram Medrano Roldán  
Asesor Externo**



**Ph. D. Humberto Ibarra Gil  
Subdirector de la División de Estudios de Posgrado de la  
Facultad de Agronomía de la U. A. N. L.**

## DEDICATORIA

A mi madre, el ser que me dio la vida y que con su sabiduría y paciencia supo encausar todas mis inquietudes.

A mi esposa que en la pobreza y en la abundancia y su inagotable paciencia siempre me impulso a seguir adelante.

A mis hijos parte esencial y motor de mi vida a quien siempre los amare y que este esfuerzo sirva de estímulo para que continúen siempre superándose.

---

A mis hermanos, tíos, amigos y compañeros a todos ustedes muchas gracias por su apoyo y comprensión.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## AGRADECIMIENTOS

### A personas

Al C. Lic. Ángel Sergio Guerrero Mier por su apoyo económico y atinada visión para la implementación del programa de formación de 100 doctores.

A mi asesor, maestro y guía Ph. D. Ciro G. S. Valdés Lozano por sus sabios consejos y paciencia en mi preparación académica.

A Ph. D. Emilio Olivares Sáenz por su atinada y valiosa asesoría para que esta tesis fuera posible.

Al Dr. Hiram Medrano Roldán forjador de generaciones y que con su participación hizo posible mi entrenamiento doctoral.

Al Dr. Omar Alvarado Gómez por apoyarme y guiarme en la conclusión de este trabajo.

Al Dr. en sc. agr. Hugo Bernal B. por su participación en este trabajo.

Al Dr. Rubén González Laredo por su apoyo invaluable y que con sus intervenciones hizo posible la culminación de mis estudios.

Al Maestro Gabriel Alejandro Iturbide amigo sincero y guía en todos los trabajos desarrollados en esta tesis.

A Jesús Pedrosa Flores y José Ibarra Martínez trabajadores del programa de mejoramiento de maíz frijol, sorgo y amaranto de la FAUANL, quienes hicieron posible con sus consejos la conclusión de esta tesis.

A Jacinto, Don Beto y Paz mi más sincero reconocimiento por su trabajo desarrollado en el campo sin el cual este trabajo no hubiera sido posible.



A mi amigo y compañero de estudios José M. Hernández Herrera de quien aprendí mucho y me apoyo en mi preparación académica.

A mi colega Roberto Peña del Instituto Tecnológico Agropecuario de Xocoyucan, Tlaxcala precursor de la investigación del amaranto en los Valles Centrales de México.

A mi gran maestro y amigo M. C. Maurilio Martínez de quien siempre he recibido consejos y apoyo y que con sus conocimientos fueron la base para que esta tesis fuera posible.

A Chelita, Juany y Myrna eficientes secretarias de la división de Estudios de Posgrado de la FAUANL, muchas gracias por su apoyo.

#### **A Instituciones**

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por haberme proporcionado el apoyo económico para mi formación académica.

---

Al Consejo Estatal de Ciencia y tecnología de Durango (COCYTED) por el valioso apoyo económico proporcionado para la culminación de mis estudios doctorales.

#### **DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS**

A la Dirección General de Educación tecnológica Agropecuaria (DGETA) por proporcionarme el tiempo y apoyo para mi formación doctoral.

A mi Institución el Instituto tecnológico Agropecuario de Durango a quien agradezco todo el apoyo brindado.

A mi querida Facultad de Agronomía de la UANL a quien llevo en mi corazón y nunca defraudare.

## VITAE

**Jesús García Pereyra**

Candidato para el Grado de Doctor en Ciencias Agrícolas con  
Orientación en Mejoramiento de Plantas Forrajeras

### Tesis de estudios doctorales

**CONTRIBUCIONES TECNOLÓGICAS PRELIMINARES PARA LA  
PRODUCCIÓN DE GRANO Y FORRAJE DE AMARANTO  
*Amaranthus spp.* EN EL NORTE Y NORESTE DE MÉXICO**

#### Áreas de estudio

Uso de recursos filogenéticos en amaranto

#### Biografía

Nacido el 22 de Abril de 1957 en Durango, Dgo. Hijo del Sr. José García  
Rangel (+) y de la Sra. Mónica Pereyra Menchaca.

#### Estudios

Egresado del Centro Nacional de Enseñanza Técnica Industrial de Guadalajara,  
Jal. (CeNETI) como Ingeniero Industrial con Especialidad en Celulosa y Papel  
en Junio de 1982.

Egresado de la Universidad de Guadalajara con el Grado de Maestro en  
Ciencias en Celulosa y Papel en Junio de 1990.

## Experiencia Profesional

- Gerente de producción en la fábrica de cartón el Batán en Guadalajara, Jal. de 1979 a 1980.
- Supervisor de producción y laboratorios en Industrias Aténquique en Jalisco, de 1980 a 1981.
- Supervisor de producción en Celulósicos Centauro S. A. de C. V en Durango, Dgo., de 1981 a 1982.
- Profesor Titular C en el Instituto Tecnológico Agropecuario de Durango de 1982 a la Fecha.
- Autor de 23 artículos científicos publicados en memorias en extenso y diversas revistas nacionales.
- Asesor y coasesor de 12 tesis de licenciatura.
- Jefe de Departamento:

---

1) Planeación y Desarrollo del ITA de Durango

2) Investigación y Desarrollo Tecnológico del ITA de Durango

- Director del Instituto Tecnológico Agropecuario de Durango de 1998 a 2000

## ÍNDICE GENERAL

	Página
INDICE DE CUADROS.....	xiv
INDICE DE FIGURAS.....	xx
INDICE DE CUADROS DEL APÉNDICE.....	xxi
RESUMEN.....	xxiii
SUMMARY.....	xxvi
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1. Objetivo general.....	3
1.2. Hipótesis general.....	4
<b>II REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>5</b>
2.1. Antecedentes del cultivo.....	5
2.1.1. Historia.....	7
2.1.2. Estudios actuales en México.....	8
2.1.3. Botánica del cultivo.....	12
2.1.4. Regiones productoras de México.....	18
2.1.5 Primeras variedades desarrolladas y niveles de rendimiento en México.....	20
2.1.5.1. Primeras variedades.....	20
2.1.5.2. Potencial del rendimiento de grano.....	21
2.1.6 Valor nutritivo y utilización del grano y forraje.....	22
2.1.6.1. Proteína y aminoácidos.....	22
2.1.6.2. Contenido de minerales (grano de amaranto).....	29
2.1.6.3. Amaranto como forraje.....	31
2.1.7. Manejo del cultivo antes y al momento de la siembra.....	35
2.1.7.1. Fechas de siembra.....	35
2.1.7.2. Preparación de suelo en riego y seco.....	35
2.1.7.3. Densidad de población y método de siembra.....	37
2.1.7.4. Siembra.....	39
2.1.8 Manejo durante el crecimiento del cultivo y a la cosecha.....	40
2.1.8.1. Requerimientos hídricos en temporal y riego.....	40

2.1.8.2. Fertilización.....	41
2.1.8.3. Malezas plagas y enfermedades.....	43
2.1.8.4. Floración, madurez fisiológica y madurez comercial.....	49
2.1.8.5. Cosecha, humedad de la semilla, métodos tradicionales y modernos de cosecha.....	53
2.1.8.6. Ventajas y desventajas del cultivo del amaranto.....	58
2.2. Interacción genotipo X ambiente en amaranto.....	59
2.2.1. Ambientes y rendimiento.....	61
2.2.2. Precipitación.....	62
2.2.3. Fotoperíodo.....	62
2.3. Variabilidad genética en las poblaciones de amaranto y selección.....	63
2.3.1. Tipo de polinización.....	64
2.3.2. Métodos de selección.....	67
2.3.2.1. Selección masal.....	68
2.3.2.2. Selección individual (panicula por surco).....	70
2.3.2.3. Cruzamiento y selección.....	71
2.3.3. Conservación de las poblaciones mejoradas de amaranto.....	74
2.4. Objetivos particulares.....	77
2.4.1. Hipótesis asociadas a los objetivos particulares.....	78
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	80
3.1. Localidades de estudio.....	81
3.1.1. Marín, Nuevo León.....	81
3.1.1.1. Localización y geografía.....	81
3.1.1.2. Clima, suelo y vegetación.....	81
3.1.1.2.1. Temperatura y precipitación PV 2000.....	84
3.1.1.2.2. Temperatura y precipitación OI 2001.....	85
3.1.1.2.3. Temperatura y precipitación OI 2002.....	86
3.1.2. El Valle del Guadiana, Durango.....	87
3.1.2.1. Localización y geografía.....	87
3.1.2.2. Clima, suelo y vegetación.....	88
3.1.2.2.1. Temperatura y precipitación PV 2001.....	88

3.1.2.2 2. Temperatura y precipitación PV 2002.....	89
3 2. Ciclo agrícola PV 2000, Marín N. L. Experimento 1: Siembra directa...	90
3.2.1. Material genético.....	90
3.2.2. Material de trabajo de campo.....	90
3.2.3. Diseño experimental y modelo estadístico empleado.....	91
3.2.4. Manejo del experimento y cosecha .....	95
3.2.5. Variables estudiadas.....	96
3.2.6. Hipótesis estadísticas y comparación de medias.....	99
3.2.7. Diseño experimental y modelo estadístico empleado para el % de germinación cuando se incluyó desecante.....	100
3.2.8. Hipótesis estadísticas y comparación de medias para % de germinación con y sin desecante.....	102
3.3. Ciclos agrícolas OI 2001, Marín N. L; PV 2001, Valle del Guadiana Dgo. OI 2002, Marín. N. L. y PV 2002 Valle del Guadiana, Dgo.....	103
3.3. 1. Material genético para cuatro ciclos agrícolas.....	103
3.3.2. Material de trabajo de campo para cuatro ciclos agrícolas.....	105
3.3.3. Diseño experimental y modelo estadístico para el análisis de c/u de los cuatro ciclos agrícolas.....	105
3.3.4. Manejo agronómico del experimento.....	109
3.3.5. Variables estudiadas.....	113
3.3.6. Hipótesis estadísticas y comparación de medias para cuatro ciclos agrícolas.....	114
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	115
4.1. Ciclo agrícola PV del año 2000, Marín N. L.....	115
4.1.1. Análisis de covarianza y comparación de medias en la siembra directa.....	115
4.1.2. Germinación de la semilla cosechada con y sin uso de desecante foliar.....	118
4.1.2.1. Análisis de varianza y comparación de medias.....	118
4.1.3. Unidades calor en PV 2000 en Marín, N. L.....	120

4.1.4. Consideraciones generales para el ciclo PV 2000 en Marín, N. L.....	122
4.2. Ciclo agrícola OI 2001, Marín N. L.....	123
4.2.1. Experimento 1: Siembra de transplante.....	123
4.2.2. Experimento 2: Siembra directa.....	123
4.2.2.1. Análisis de varianza para las variables evaluadas.....	123
4.2.2.2. Rendimiento de grano.....	125
4.2.2.3. Rendimiento de forraje verde.....	127
4.2.2.4. Rendimiento de forraje seco.....	127
4.2.2.5. Longitud de panícula.....	130
4.2.2.6. Altura de planta.....	130
4.2.2.7. Diámetro del tallo.....	132
4.2.2.8. Plagas y enfermedades.....	132
4.2.2.9. Unidades calor.....	132
4.2.2.10. Consideraciones generales para el ciclo OI 2001 Marín, N. L.....	134
4.3. Ciclo agrícola PV 2001, Valle del Guadiana, Durango.....	135
4.3.1. Experimento 1: Análisis bajo densidades de población.....	135
4.3.1.1. Análisis de varianza para las variables evaluadas.....	135
4.3.1.2. Rendimiento de grano.....	135
4.3.1.3. Rendimiento de forraje seco.....	137
4.3.1.4. Longitud de panícula.....	137
4.3.1.5. Altura de planta.....	139
4.3.1.6. Diámetro del tallo.....	139
4.3.1.7. Consideraciones generales para el ciclo PV 2001 Valle del Guadiana, Dgo.....	139
4.4. Ciclo agrícola OI 2002, Marín, N. L.....	141
4.4.1. Experimento 1: Siembra Directa 15 de febrero.....	141
4.4.2. Experimento 2. Siembra Directa 22 de febrero.....	141

4.4.3. Experimento 3: Siembra Directa 15 de marzo.....	141
4.4.3.1. Análisis de varianza para las variables evaluadas.....	141
4.4.3.2. Rendimiento de grano (RG).....	143
4.4.3.3. Rendimiento de forraje seco (FS).....	143
4.4.3.4. Longitud de panícula.....	145
4.4.3.5. Altura de planta.....	145
4.4.3.6. Diámetro del tallo.....	147
4.4.3.7 Unidades calor.....	147
4.4.3.8. Consideraciones generales para el ciclo OI 2002, Marin, N. L.....	149
4.5. Ciclo agrícola PV 2002, Valle del Guadiana, Durango.....	150
4.5.1. Experimento 1: Análisis bajo densidades de población.....	150
4.5.1.1. Análisis de varianza.....	150
4.5.1.2. Rendimiento de grano.....	150
4.5.1.3. Rendimiento de forraje seco.....	152
4.5.1.4. Longitud de panícula.....	152
4.5.1.5. Altura de planta.....	154
4.5.1.6. Diámetro del tallo.....	154
4.5.1.7. Unidades calor.....	156
4.5.1.8. Consideraciones generales para el ciclo PV 2002, Valle del Guadiana, Dgo.....	156
4.6. Análisis conjunto de los ciclos de siembra de PV 2000, OI 2001, PV 2001, OI 2002, PV 2002 en dos localidades contrastantes del norte de México.....	158
4.6.1. Análisis de varianza.....	158
4.6.2. Comparación de medias.....	161
4.6.2.1. Rendimiento de grano.....	161
4.6.2.2. Interacción genotipo x ambiente ( A x C).....	161
4.6.2.3. Interacción densidad de población x ambiente ( B x C).....	166



4.6.3. Rendimiento de forraje seco (FS).....	168
4.6.3.1. Interacción genotipo x densidad de población x ambiente ( A x B x C).....	168
4.6.4. Longitud de panícula.....	173
4.6.4.1. Interacción genotipo x densidades de población ( A x B).....	173
4.6.4.2. Interacción genotipo x ambiente ( A x C).....	173
4.6.4.3. Interacción densidades de población x ambientes ( B x C).....	176
4.6.5. Altura de planta.....	178
4.6.5.1. Interacción genotipo x densidad de población x ambiente ( A x B x C).....	178
4.6.6. Diámetro del tallo.....	181
4.6.6.1. Interacción genotipo x ambiente ( A x C).....	181
4.6.6.2. Interacción densidades de población x ambientes ( B x C).....	181
4.7. Conclusiones.....	183
<hr/>	
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES.....	184
VI. LITERATURA CITADA.....	186
VII. APÉNDICE.....	201

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Clasificación botánica de la semilla de <i>Amaranthus spp.</i> .....	15
2	Principales estados productores de amaranto en México.....	19
3	Resultado del análisis bromatológico de la semilla de alegría.....	24
4	Composición de las semillas de dos especies mexicanas de amaranto.....	26
5	Comparación de aminoácidos del amaranto con otros cereales.....	28
6	Comparación del valor alimenticio del amaranto con relación a otros cereales.....	28
7	Contenido de minerales en grano de amaranto ( <i>Amaranthus hypochondriacus</i> ) y otros cereales de uso común.....	30
8	Principales malezas presentes en amaranto.....	44
9	Principales Plagas que atacan al amaranto.....	48
10	Diferencia entre la cosecha manual y con maquina combinada en el rendimiento de grano y el % de germinación de la semilla de amaranto.....	57
11	Especies vegetales típicos en el ecosistema del noreste de México..	83
12	Fuentes de variación y grados de libertad para un diseño de bloques completos al azar.....	94
13	Genotipos utilizados y su origen.....	104
14	Niveles de los factores A y B utilizados como tratamientos.....	106
15	Análisis de varianza para el diseño en parcelas sub-divididas.....	108
16	Análisis de covarianza para rendimiento de grano de amaranto y sus componentes en siembra directa PV 2000 en Marín, N. L.....	117
17	Comparación de medias para algunas características agronómicas en cinco genotipos de amaranto, experimento 1: siembra directa PV 2000 en Marín N. L.....	117
18	Análisis de varianza para la eficiencia en la germinación de genotipos de amaranto cosechados: con y sin desecado foliar PV 2000.....	119

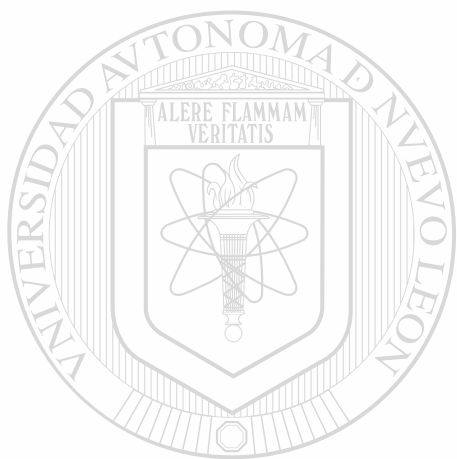
19	Comparación de la germinación de amaranto, promedio de semilla cosechada con y sin desecante foliar: PV 2000.....	119
20	Comparación de medias entre métodos para la eficiencia en la germinación de amaranto: con y sin desecado foliar: PV 2000.....	119
21	Unidades calor en las distintas etapas de crecimiento del cultivo de amaranto experimento 1: siembra directa PV 2000 en Marín, N. L.....	121
22	Significancia estadística de los cuadrados medios y coeficientes de variación para ocho características evaluadas en cinco genotipos de amaranto establecidos en cuatro densidades de siembra, bajo el arreglo de parcelas divididas, ciclo OI 2001 en Marín N. L.....	124
23	Comparación de medias en el rendimiento de grano (kg ha <sup>1</sup> ) en cinco genotipos de amaranto a diferente densidad de población, ciclo de siembra de OI 2001, en Marín, N. L.....	126
24	Comparación de medias en la producción de forraje verde en cinco genotipos de amaranto a diferente densidad de población, ciclo de siembra de OI 2001, en Marín N. L.....	129
25	Comparación de medias en la producción de forraje seco en cinco genotipos de amaranto a diferente densidad de población, ciclo de siembra OI en Marín, N. L. 2001.....	129
26	Comparación de medias para LP (cm), OI 2001 en Marín, N. L.....	131
27	Comparación de medias para AP (cm) en cinco genotipos de amaranto, a diferente densidad de población ciclo de siembra de OI 2001, en Marín, N. L.....	131
28	Comparación de medias para DT en mm. en cinco genotipos de amaranto en las distintas etapas de crecimiento del cultivo con diferente distancia entre plantas en el ciclo de siembra OI 2001 en Marín, N. L.....	133
29	Unidades calor en las distintas etapas de crecimiento del cultivo de amaranto experimento 2: siembra directa OI 2001, en Marín, N. L.....	133
30	Cuadrados medios y coeficientes de variación para ocho	

	características evaluadas en cinco genotipos de amaranto establecidos en cuatro densidades de siembra, bajo el arreglo de parcelas divididas, PV 2001, Valle del Guadiana, Durango.....	136
31	Comparación de medias en el rendimiento de grano ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) en cinco genotipos de amaranto PV 2001, Valle del Guadiana, Durango.....	136
32	Comparación de medias para FS ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) en cinco genotipos de amaranto a cuatro densidades de población, PV 2001, Valle del Guadiana, Durango.....	138
33	Promedio para la variable LP (cm) para cinco genotipos de amaranto PV 2001, Valle del Guadiana, Durango.....	138
34	Promedio para la variable AP (cm) en cinco genotipos de amaranto PV 2001, Valle del Guadiana, Durango.....	140
35	Promedio para la variable DT (mm) en cinco genotipos de amaranto PV 2001, Valle del Guadiana, Durango.....	140
36	Significancia estadística de los cuadrados medios y coeficientes de variación para cinco características evaluadas en cinco genotipos de amaranto establecidos en cuatro densidades de siembra, bajo el arreglo de parcelas divididas, OI 2002 en Marín N. L.....	142
37	Comparación de medias en RG ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) en cinco genotipos de amaranto a diferente densidad de población, OI 2002, en Marín, N. L.....	144
38	Comparación de medias en la producción de forraje seco en cinco genotipos de amaranto a diferente densidad de población, OI 2002 en Marín, N. L.....	144
39	Comparación de medias para LP (mm) en cinco genotipos de amaranto, a diferente densidad de población, OI 2002, Marín, N. L....	146
40	Comparación de medias para altura de planta (cm) en cinco genotipos de amaranto, a diferente densidad de población, OI 2002, Marín, N. L.....	146
41	Comparación de medias para DT (mm) en cinco genotipos de	

	amaranto, OI 2002, Marín, N. L.....	148
42	Unidades calor en las distintas etapas de crecimiento del cultivo de amaranto OI 2002, en Marín, N. L.....	148
43	Significancia estadística de los cuadrados medios y coeficientes de variación para cinco características evaluadas en cinco genotipos de amaranto establecidos en cuatro densidades de siembra, bajo el arreglo de parcelas divididas, ciclo PV 2002 Valle del Guadiana, Durango.....	151
44	Comparación de medias en RG (kg ha <sup>-1</sup> ) de amaranto a diferente densidad de población, PV 2002, Valle del Guadiana, Durango.....	151
45	Comparación de medias en la producción de FS (kg ha <sup>-1</sup> ) en cinco genotipos de amaranto a diferente densidad de población, PV 2002 Valle del Guadiana, Durango.....	153
46	Comparación de medias para LP (cm) en cinco Genotipos de Amaranto, a diferente densidad de población, PV 2002, Valle del Guadiana, Durango.....	153
47	Comparación de medias para AP (cm) en cinco genotipos de amaranto, a diferente densidad de Población, PV 2002, Valle del Guadiana, Durango.....	155
48	Comparación de medias para DT (mm) en cinco genotipos de amaranto, a diferente densidad de población, PV 2002, Valle del Guadiana, Durango.....	155
49	Unidades calor en las distintas etapas de crecimiento del cultivo de amaranto PV 2002, Valle del Guadiana, Durango.....	157
50	Significancia estadística de los cuadrados medios y coeficientes de variación para cinco características evaluadas en cinco genotipos de amaranto establecidos en cuatro densidades de siembra, en los ciclos agrícolas de OI 2001, PV 2001, OI 2002 y PV 2002 en dos localidades contrastantes del norte de México.....	160
51	Comparación de medias para RG en amaranto (kg ha <sup>-1</sup> ) para la	

	interacción genotipo x ambiente (A x C), OI 2001 Marín, N. L., PV2001 Valle del Guadiana, Durango., OI 2002 Marín, N. L., y PV 2002 Valle del Guadiana, Durango., en dos ambientes contrastantes del norte de México.....	163
52	Comparación de medias para RG en amaranto (kg ha <sup>-1</sup> ) para la interacción genotipo x ambiente (A x C), PV 2000 Marín, N. L., OI 2001- 2002 Marín, N, L., y PV2001- 2002 Valle del Guadiana, Durango., en dos ambientes contrastantes del norte de México.....	165
53	Comparación de medias para RG en amaranto (kg ha <sup>-1</sup> ) para la interacción densidad de población x ambiente (B x C), en los ambientes: OI 2001, PV2001, OI 2002 y PV 2002 en dos ambientes contrastantes del norte de México.....	167
54	Rendimiento de FS en amaranto (kg ha <sup>-1</sup> ) para la interacción genotipo x densidades de población (A x B x C), OI 2001, PV2001, OI 2002 y PV 2002 en dos ambientes contrastantes del norte de México.....	169
55	Comparación de medias para LP en (cm) para la interacción genotipo x densidad de población (A x B), OI 2001, PV2001, OI 2002 y PV 2002 en dos ambientes contrastantes del norte de México.....	174
56	Comparación de medias para LP en (cm) para la interacción genotipo x ambiente (A x C), OI 2001, PV2001, OI 2002 y PV 2002 en dos ambientes contrastantes del norte de México.....	175
57	Comparación de medias para LP en (cm) para la interacción densidad de población x ambiente(B x C), OI 2001, PV2001, OI 2002 y PV 2002 en dos ambientes contrastantes del norte de México.....	177
58	Comparación de medias para la variable AP en (cm) para la interacción genotipo x densidad de población x ambiente (A x B x C), OI 2001, PV2001, OI 2002 y PV 2002 en dos ambientes	

	contrastantes del norte de México.....	179
59	Comparación de medias en DT (mm) para la interacción genotipo x ambiente (A x C), OI 2001, PV2001, OI 2002 y PV 2002 en dos ambientes contrastantes del norte de México.....	182
60	Comparación de medias para DT en (mm) para la interacción densidad de población x ambientes (B x C), OI 2001, PV2001, OI 2002 y PV 2002 en dos ambientes contrastantes del norte de México.....	182



# UANL

---

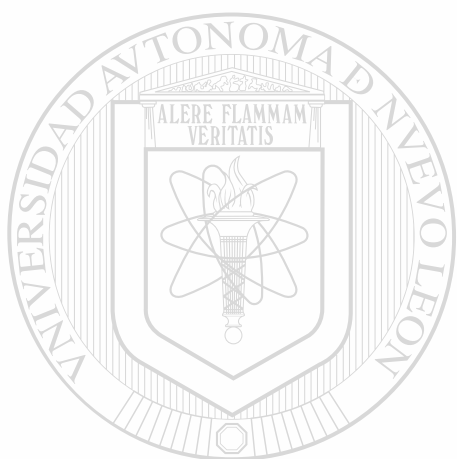
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
1 Croquis del experimento sembrado en Marín, N. L.....	92
2 Croquis de localización y distribución de parcelas para cuatro ciclos agrícolas.....	112



# UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



## INDICE DE CUADROS DEL APÉNDICE

	Página
1A. Temperatura (°C) máxima y mínima mensual, días superiores a 34 °C e inferiores a 14 °C en el ciclo agrícola PV 2000 en la localidad de Marín, N. L.....	201
2A. Precipitación (mm) diaria y mensual en el ciclo agrícola PV 2000 en la localidad de Marín, N. L.....	201
3A. Origen, localidad de prueba, fecha de prueba y características agronómicas más importantes de los genotipos en estudio.....	202
4A. Temperatura mínima, máxima y precipitación durante la estación de crecimiento del cultivo de amaranto en el ciclo de siembra OI 2001 en la localidad de Marín N. L.....	203
5A. Datos de temperaturas máximas 1961- 2002 en el Valle del Guadiana, Durango.....	204
6A. Datos de temperaturas mínimas 1961- 2002 en el Valle del Guadiana, Durango.....	206
7A. Datos de precipitación mensual en mm, 1961- 2002 en el Valle del Guadiana Durango.....	207
8A. Datos de evaporación mensual en mm, 1992 - 2002 en el Valle del Guadiana, Durango.....	208
9A. Análisis de las características físicas y químicas del suelo donde se realizó el experimento del ciclo agrícola PV 2001, en el Valle del Guadiana, Durango.....	209
10A. Temperatura mínima, máxima y precipitación durante la estación de crecimiento del cultivo de amaranto en el ciclo de siembra OI 2002 en la localidad de Marín N. L.....	210

## RESUMEN

Jesús García Pereyra

Universidad Autónoma de Nuevo León

Facultad de Agronomía

**Título del estudio:** Contribuciones tecnológicas preliminares para la producción de grano y forraje de amaranto (*Amaranthus spp.*) en el norte y noreste de México.

**Número de páginas:** 210

**Candidato para la obtención del grado de Doctor en Ciencias Agrícolas con Orientación en Mejoramiento de Plantas Forrajeras**

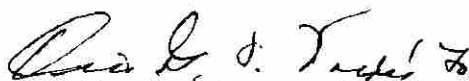
**Área de estudio:** Utilización de Recursos Fitogenéticos en amaranto

**Objetivos y Métodos de Estudio.** En las regiones del norte y noreste de México, el valor de los cultivos tradicionales como el maíz, sorgo, frijol, cebada, avena, etc., últimamente se ha reducido y el valor de los insumos para la producción de estos cultivos se ha incrementado, así estos cultivos no han dado un buen retorno económico a los agricultores de estas regiones; por otro lado, el amaranto (*Amaranthus spp.*) puede ser un cultivo para grano y forraje no tradicional que tiene un valor comercial potencial superior al de estos cultivos tradicionales. Estas regiones tienen diferentes condiciones de clima y suelo debido a la altitud. Una localidad representativa del norte de México es el Valle de Guadiana, Durango, México localizado a 1899 msnm, con una estación de cultivo de Primavera – Verano (junio a octubre), la cual inicia con temperatura semicálida y termina con temperatura baja, teniendo un ciclo de lluvias bien definido que inicia en junio y termina en septiembre, con precipitación entre 400 y 500 mm por año. Marín N. L., es otra localidad que es representativa del noreste de México, está a 375 msnm, hay dos ciclos de siembra: Primavera – Verano (PV), de julio a diciembre, que empieza con alta temperatura y termina con baja temperatura, y otoño – invierno (OI), de febrero a junio, que empieza con temperatura fresca y termina con temperatura alta. Dado que el amaranto en estas regiones no se conoce como cultivo, no hay conocimiento de las prácticas de manejo básicas, tales como los genotipos apropiados para sembrarse para producción de grano y forraje, las fechas de siembra, métodos de siembra, número de plantas por hectárea y método de cosecha, así el objetivo general de ese estudio fue el desarrollar la tecnología básica para la producción de grano y forraje de amaranto, para considerarlo como un cultivo

de alternativa para ser sembrado extensivamente bajo condiciones de riego y seco en el Valle del Guadiana, Durango y en Marín N. L. Los objetivos particulares fueron: a) explorar agronómicamente un juego de cuatro genotipos de *A. hypochondriacus* y uno de *A. cruentus* para producción de grano y forraje, con el fin de identificar aquellos genotipos con alto potencial de rendimiento de grano y forraje y una altura apropiada para cosecha mecánica, bajo condiciones de seco y riego respectivamente en el Valle del Guadiana, Durango y Marín N. L., México, b) A una escala experimental, describir fenotípicamente los genotipos que pudieran resultar útiles para sembrarse comercialmente en el Valle del Guadiana, Durango y en Marín N. L., c) incrementar en Marín N. L. así como en el Valle del Guadiana, Durango, la semilla de los genotipos que pudieran resultar útiles para ser sembrados comercialmente en el norte y noreste de México. Con el fin de alcanzar estos objetivos particulares, se condujeron siete experimentos bajo condiciones de campo. Experimento 1: En el ciclo de siembra de PV 2000, cinco genotipos de amaranto, cuatro de *A. hypochondriacus*: 653, 655, 153-5-3 y criollo Tlaxcala y el 33 de *A. cruentus*, fueron ensayados bajo un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones para determinar cuales se podrían adaptar al ambiente de Marín N. L. en términos de las variables de rendimiento de grano, producción de forraje seco, altura de planta, longitud de panícula y diámetro de tallo. Experimento 2: en el ciclo de siembra de PV 2000 en Marín N. L., se condujo un experimento bajo parcelas divididas en un diseño de bloques completos al azar con los mismos genotipos como subparcelas y midiendo las mismas variables pero cosechando sólo plantas con competencia completa y evaluando en parcelas grandes el efecto sobre la germinación de la semilla de un tratamiento químico de desecante foliar a la cosecha. Experimento 3: En el ciclo de siembra de OI 2001 en Marín N. L., un arreglo de parcelas divididas bajo un diseño experimental de bloques completos al azar fue sembrado con semilla del experimento 1 y cuatro densidades de población: 125,000; 62,500; 41,666 y 31,250 plantas ha<sup>-1</sup> como parcelas grandes, se midieron las mismas variables del experimento 1 así como unidades calor. Experimento 4: En el ciclo de siembra de PV 2001, con semilla cosechada del experimento 3, un experimento con los mismos genotipos de amaranto bajo las mismas densidades de plantas en un arreglo similar al experimento 3, fue sembrado en el Valle del Guadiana, Durango; las mismas variables fueron evaluadas excepto unidades calor. Experimento 5: en el ciclo de siembra de PV 2001 con semilla del experimento 3, los cinco genotipos de amaranto fueron sembrados bajo un diseño experimental de bloques completos al azar, las mismas variables del experimento 1 fueron evaluadas cosechando sólo plantas bajo competencia completa. Experimento 6: en Marín N. L., en el ciclo de siembra de OI 2002, utilizando semilla del experimento 4, se sembró un experimento similar al experimento 3, las mismas variables fueron evaluadas. Experimento 7: en el valle del Guadiana, Durango, en el ciclo de siembra PV 2002, se condujo un experimento similar al experimento 6 en tratamientos, diseño y variables evaluadas.

**Contribuciones y conclusiones:** Los resultados indican que bajo el ambiente del valle del Guadiana, Durango en el ciclo de siembra PV, los genotipos de *A. hypochondriacus* mostraron alto rendimiento de grano y el mejor genotipo fue 653 a una densidad de población de 125,000 plantas ha<sup>-1</sup>, con rendimiento de grano entre 2,000 y 2,500 kg ha<sup>-1</sup>, el rendimiento de grano y forraje del genotipo 33 de *A. cruentus* en esta localidad no fue tan alto como el del genotipo 653, pero el rendimiento de grano fue mas alto que el de algunos otros genotipos de *A. hypochondriacus*. Bajo el ambiente del ciclo de siembra OI en Marín N. L., el genotipo 33 mostró el mejor rendimiento de grano con 1,951 kg ha<sup>-1</sup> bajo 125,000 plantas ha<sup>-1</sup>, en general bajo este ambiente, los genotipos de *A. hypochondriacus* presentaron un rendimiento de grano más bajo que el genotipo 33 de *A. cruentus*, en el mismo ciclo, los genotipos de *A. hypochondriacus* se comportaron bien para rendimiento de forraje y Criollo Tlaxcala bajo 125,000 plantas ha<sup>-1</sup> fue el mejor rendidor con 37,310 kg ha<sup>-1</sup> de forraje seco; sin embargo, el genotipo 33 de *A. cruentus*, bajo la misma densidad de población presentó un aceptable rendimiento de forraje seco de 24,985 kg ha<sup>-1</sup> y un ciclo temprano de cultivo de 90 días de siembra a cosecha. En el ciclo de PV en Marín N. L., la tendencia del rendimiento de grano y forraje entre los mismos genotipos fue similar a la observada en el Valle del Guadiana, Durango. En relación a las variables diámetro del tallo y altura de planta fue estadísticamente determinado que tuvieron influencia sobre el rendimiento de grano y forraje, pero no la longitud de panícula que fue consistentemente del mismo tamaño bajo todos los ambientes de prueba. Con el fin de facilitar la cosecha del grano mediante el secado químico de la planta de amaranto, se encontró que el Paraquat® a 500 ml ha<sup>-1</sup> permite tener una cosecha mejor de los genotipos de *A. hypochondriacus*, sin embargo, el secado químico del genotipo 33 de *A. cruentus* redujo su rendimiento de grano en 50%. Las semillas cosechadas de las plantas secadas químicamente mostraron un porcentaje de germinación más alto que las semillas de las plantas cosechadas sin este tratamiento. Bajo estos resultados, se concluye que el amaranto puede tener éxito como un nuevo cultivo en el norte y noreste de México sembrando el genotipo 653 en el ciclo PV y sembrando el genotipo 33 en el noreste de México en el ciclo OI, en surcos a 0.8 m y plantas a cada 0.1 m con el fin de obtener 125,000 plantas ha<sup>-1</sup> ya que ésta densidad da en ambos ciclos y localidades el mas alto rendimiento de grano y forraje. En el ciclo OI en el noreste, el secado químico de la planta de amaranto puede mejorar la germinación de la semilla cosechada pero el genotipo 33 debe ser cosechado tan pronto como sea posible con el fin de evitar el desgrane, la pérdida de semilla y un bajo rendimiento. Dado que en el ciclo OI en Marín N. L., el genotipo 33 de *A. cruentus* fue el mejor rendidor de grano que los genotipos de *A. hypochondriacus*, es aconsejable que más genotipos de *A. cruentus* deban ser ensayados bajo este ambiente con el fin de mejorar la oferta de genotipos de amaranto útiles para la producción de grano y forraje en el ciclo mas importante en el noreste de México.

Firma del Asesor Principal:



Ph. D. Ciro G. S. Valdés Lozano

## SUMMARY

**Jesús García Pereyra**

**Nuevo Leon Autonomous University, Posgraduate Study Division**

(Universidad Autónoma de Nuevo León, División de Estudios de Posgrado)

**Agronomy Faculty (Facultad de Agronomía)**

**Title:** Preliminary technological contributions for the production of grain and forage of Amaranth (*Amaranthus spp.*) at north and northeast Mexico.

**Number of Pages:** 210

**Candidate for the degree of Doctor in Agricultural Sciences.**

**Study Area:** Plant Genetic Resources Utilization


**Goals and Study Methods:** In the regions of north and northeast Mexico, the value of traditional crops like maize, sorghum, dry beans, barley, oats, etc., lately has been reduced and the value of inputs for the production of these crops has been increased, so, these crops have not given a good economic return for the farmers of these regions; on the other hand, amaranth (*Amaranthus spp.*) may be a non traditional grain and forage crop that has a potential commercial value higher than these traditional crops. These regions have different climate and soil conditions due to altitude. A location representative of north Mexico is the Guadiana Valley, Durango, Mexico, at 1899 masl, the crop season is spring-summer (June to October), it begins with semiwarm temperature and ends under low temperature, it has a well defined rain cycle that begins in June and ends in September with precipitation between 400 and 500 mm per year. Marín N. L., is another location that is representative of northeast Mexico, it is at 375 masl, there are two planting cycles: spring – summer (PV), from July to December, that begins with high temperature and ends with low temperature, and autumn – winter (OI), February to June, that begins with cool temperature and ends with high temperature. Since amaranth in these regions it is not known as a crop, there is not knowledge of the basic managing practices for this crop, like the proper grain and forage genotypes to be planted, the dates of planting, seeding methods, number of plants per hectare and the harvest method, so, the general objective of this study was to develop the basic technology for the production of amaranth grain and forage in order to consider it as an alternative crop to be planted extensively under irrigation and rainfall conditions in the Guadiana Valley, Durango, and at Marín N. L.. The particular objectives were a) to explore agronomically a set of four genotypes of *A. hypochondriacus* and one of *A. cruentus* for grain and forage production, in order to identify those genotypes with high grain and forage yield potential, and a proper height for mechanical harvest respectively under rainfall and watering conditions at the Guadiana Valley and at Marín N. L., Mexico. b) At an experimental scale, to

describe phenotypically the genotypes that could result as useful to be commercially planted at the Guadiana Valley, Durango and at Marín N. L., c) to increase at Marín N. L. as well as the Guadiana Valley, Durango, the seed of the genotypes that could result useful to be commercially planted at north and northeast Mexico. In order to achieve these particular objectives, seven experiments were carried out under field conditions. Experiment 1: In the planting cycle of PV 2000, five genotypes of amaranth, four of *A. hypochondriacus*: 653, 655, 153-5-3 and Criollo Tlaxcala, and the 33 of *A. cruentus*, were tested under a complete randomized block design with four replications in order to determine which ones would adapt to the environment of Marín N. L., in terms of the variables grain yield, dry forage production, plant height, panicle length, and stem diameter. Experiment 2: in the planting cycle PV 2000 at Marín N. L., an experiment under a split plot in a complete randomized block design was carried out with the same genotypes as sub-plots and measuring the same variables but by harvesting only plants with complete competition and evaluating in main plots the effect on seed germination of a chemical drying foliage treatment at harvest. Experiment 3: in the planting cycle OI 2001 at Marín N. L., a split plot arrangement under a complete randomized block experimental design was planted with seed of the experiment 1 with the same five genotypes as sub-plots and four plant populations: 125,000; 62,500; 41, 666 and 31,250 plants ha<sup>-1</sup> as main plots, the same variables of experiment one were measured as well as heat units. Experiment 4: In the cycle of planting of PV 2001, with seed harvested out of experiment 3, an experiment with the same five amaranth genotypes under the same four plant densities in a similar arrangement than the experiment 3, was planted at the Guadiana Valley, Durango; the same variables were evaluated except heat units. Experiment 5: in the planting cycle PV 2001 with seed of experiment 3, the five amaranth genotypes, were planted under a complete randomized block experimental design, the same variables at experiment 1 were evaluated by harvesting only plants under complete competition. Experiment 6: at Marín N. L., in the planting cycle OI 2002, by using seed of experiment 4, it was planted an experiment like experiment 3, the same variables were evaluated. Experiment 7: at the Guadiana Valley, Durango, in the planting cycle PV 2002 an experiment similar to experiment 6 in treatments, design, and evaluated variables was carried out.

**Contributions and conclusions.** Results indicate that under the environment of the Guadiana Valley, Durango, in PV planting cycle, genotypes of *A. hypochondriacus* showed up high grain yield and the best genotype was 653 at a plant population of 125,000 plants ha<sup>-1</sup> with grain yield between 2,000 and 2,500 kg ha<sup>-1</sup>, the grain and forage yield of Genotype 33 of *A. cruentus* at this location was not as higher than that of genotype 653 but grain yield was higher than some other genotypes of *A. hypochondriacus*. Under the environment of the OI planting cycle at Marín N. L. genotype 33 showed up the best grain yield with 1,951 kg ha<sup>-1</sup> under 125,000 plants ha<sup>-1</sup>, in general, under this environment, the genotypes of *A. hypochondriacus* presented a lower grain yield than that of genotype 33 of *A. cruentus*; in the same cycle *A. hypochondriacus* genotypes performed well for forage yield, and Criollo Tlaxcala under 125,000 plants ha<sup>-1</sup>

was the best yielder with 37,310 kg ha<sup>-1</sup> of dry forage; however, *A. cruentus* genotype 33, under the same plant population presented an acceptable dry forage yield of 24,985 kg ha<sup>-1</sup> and an early crop cycle of 90 days from planting to harvest. In the PV cycle at Marin N. L., grain and forage yield tendency among the five genotypes was similar to that observed at Valle del Guadiana, Durango. In regard to the variables stem diameter, and plant height, it was statistically determined that they have influence on grain and dry forage yields, but not panicle length that was consistently of the same size under all the testing environments. In order to facilitate the grain harvest by drying chemically the amaranth plant, it was found that Paraquat<sup>®</sup> at 500 ml ha<sup>-1</sup> lets to have a better harvest of the genotypes of *A. hypochondriacus*, however the chemical drying of the genotype 33 of *A. cruentus* reduced its grain yield in 50%. The seeds harvested from chemically dried plants showed a higher germination percentage than the seed of plants harvested without this treatment. Under these results, it is concluded that amaranth may have success as a new crop at north and northeast of Mexico by planting the genotype 653 at the PV cycle and by planting the genotype 33 at northeast Mexico in the OI cycle, at 0.8 m rows and plants at each 0.1 m in order to obtain 125,000 plants ha<sup>-1</sup>, since it gives in both cycles and locations the highest grain and forage yield. In OI cycle at northeast, chemical drying of amaranth plant may improve the germination of harvest seed but genotype 33 should be harvested as soon as it would be possible in order to avoid shattering, loose of seed and a low seed yield. Since in OI cycle at Marin N. L., genotype 33 of *A. cruentus* was the best grain yielder than those of *A. hypochondriacus* genotypes, it is advisable that more genotypes of *A. cruentus* should be tested under this environment in order to improve the offer of amaranth genotypes useful for grain and forage production in the most important crop cycle at northeast Mexico.

Main Advisor signature

  
Ph. D. Ciro G. S. Valdés Lozano

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## I. INTRODUCCION

El amaranto se cultivaba en América desde hace 5 000 o 7 000 años, probablemente los primeros en utilizarlo como un cultivo altamente productivo fueron los mayas, de quienes otros pueblos de América, entre ellos los aztecas y los incas aprendieron su consumo. Se estima que ellos producían de 15 a 20 000 toneladas por año y, además formaba parte de los tributos que cobraban a los pueblos sometidos.

El amaranto es una planta de ciclo fotosintético C<sub>4</sub> con alta plasticidad y que se adapta a diferentes tipos de clima y suelo. Su rendimiento depende de las condiciones de temperatura, precipitación, fecha de siembra, tipo de suelo y densidades de población (Alejandre y Gómez, 1986); Su crecimiento normal ocurre en un intervalo de temperaturas entre los 14° C y los 34° C, con un promedio mínimo de 200 mm de lluvia al año, la planta es tolerante a la sequía,

su crecimiento es rápido durante la época calurosa y requiere menos agua que el cultivo del maíz, se adapta a cualquier tipo de suelos, desde calcáreos arcillosos a ácidos y con bajo contenido de materia orgánica (Reyna, 1983).

Las siembras intensivas de amaranto se realizan principalmente en los valles centrales de México entre los meses de mayo a junio (Peña, 1996) y para el norte-centro de México, en el mes de junio (García y Valdés, 2002). Para el noreste de México la mejor fecha de siembra no esta definida debido a que en esta región existen dos ciclos de siembra al año, el otoño- invierno (OI) comprendido de febrero a junio y el primavera- verano (PV) comprendido de



julio a diciembre, esto se dificulta mas cuando se trabaja con dos especies de amaranto, ya que el *A. hypochondriacus* está definido para sembrarse en condiciones de climas templados y el *A. cruentus* para condiciones de climas más secos y calientes. En los EUA, han efectuado estudios para determinar las densidades de población óptimas de siembra para el amaranto que permiten un buen rendimiento de grano y un bajo valor de acame, situación que en México aún no está definida para las regiones de estudio lo cual es importante ya que si no se determina la densidad de población óptima se puede dificultar la cosecha mecánica y tener una reducción en el rendimiento de hasta un 25 % del grano cosechado (Myers, 1996).

Otra de las causas por lo que este cultivo no ha incrementado su superficie sembrada y su producción, es por la falta de variedades uniformes y de tecnología apropiada para la siembra y cosecha de grano, así como una falta de diversificación en su mercadeo para contribuir a desarrollar la tecnología de producción en este cultivo (Valdés, 1984).

En el valle del Guadiana, Durango localidad del norte de México la precipitación promedio es de 380 mm al año con los meses de lluvia mas frecuentes, de Junio y Septiembre; sin embargo cada vez son más repetitivos los años en los que se inicia tarde el ciclo normal de precipitaciones, sembrándose los cultivos tradicionales tarde y por tanto con riesgos de sufrir heladas tempranas, por lo que estos cultivos con frecuencia no son rentables.

Cultivos como la alfalfa, avena y el trigo no han sido alternativas que hayan sido consideradas por la mayoría de los productores para obtener mejores beneficios. Otros cultivos que se han promovido oficialmente como alternativas de producción son el nogal, girasol, nopal y durazno criollo, habiendo sido alternativas viables que se han incorporado a los agroecosistemas regionales por algunos productores.

En el noreste de México ocurre algo similar que en el Valle del Guadiana, Dgo., donde la siembra de cultivos de temporal como el maíz y el sorgo ya no representan una alternativa de producción rentable, por lo que un cultivo que se ha redescubierto en muchas regiones del mundo y del país es el amaranto, tanto en condiciones de riego como de temporal, por lo que este cultivo pudiera ser una alternativa de producción para esta región, así bajo esta consideración en el presente trabajo se ha establecido el siguiente objetivo general:

### **1.1. Objetivo General**

Proponer un paquete tecnológico para la producción del amaranto que involucre la recomendación en cuanto a variedades, densidades de población, métodos de siembra y cosecha, que permita considerarlo como un cultivo de alternativa que pueda sembrarse extensivamente en condiciones de riego y de temporal tanto en el Valle del Guadiana, Durango como en Marín, N. L., localidades representativas del norte y noreste de México.

## 1.2. Hipótesis General

Es posible establecer las bases tecnológicas mínimas para que el cultivo del amaranto pueda ser una alternativa viable de producción agrícola y de uso pecuario importante tanto en el norte como en el noreste de México representados por el Valle del Guadiana, Durango y Marín N. L.



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Antecedentes del cultivo

En las últimas décadas el cultivo del amaranto se ha difundido de manera importante en varios países del mundo. India es uno de los países que ha adoptado el amaranto más decididamente. La gran cantidad y variedad de platillos preparados con semilla y con hojas de amaranto que se encuentra en la comida hindú, demuestran el arraigo que éste tiene entre la población. Hoy día, India es uno de los principales productores de amaranto en el mundo y se ha convertido en un centro secundario de diversificación. En el National Bureau of Genetic Resources en Shimla, se encuentra el segundo banco de germoplasma de amaranto más importante del mundo. En 1995 la colección constaba de 3 000 registros

En Estados Unidos el interés por el amaranto se incrementó a mediados

de la década de los 70 con la creación de la Rodale Foundation y el Rodale Research Center, ambos fundados por Robert Rodale. Aunque la extensión de amaranto sembrada en este país no ha alcanzado grandes dimensiones, el interés por el producto ha ido en aumento y actualmente Estados Unidos, junto con Japón, se encuentran a la vanguardia en la investigación, tanto desde el punto de vista agronómico como en el desarrollo de nuevas tecnologías para el uso del grano en productos novedosos. En Iowa, en la North Central Regional Plant Introduction Station, se encuentra la colección de germoplasma de amaranto más importante del mundo, que en 1999 ya contaba con 3 380 registros de variedades provenientes de todo el mundo.

Una de las características más importantes del amaranto es, sin duda, su alto valor nutritivo, los amarantos, además, se pueden aprovechar de múltiples formas, como grano, como verdura o como forraje. Técnicamente el grano de amaranto es considerado como un pseudocereal, ya que tiene características similares a las de los granos de cereales verdaderos de las monocotiledóneas. Al igual que éstos, contiene cantidades importantes de almidón, con la diferencia de que éste se encuentra almacenado en el perispermo y el embrión ocupa gran parte del grano, conformando así una buena fuente de lípidos y también de proteínas. Sin embargo, por ser una dicotiledónea, no es considerado como un cereal verdadero. Es importante señalar que estas características de su estructura son importantes en la determinación de las tecnologías a utilizar en el procesamiento del grano.

Existen notables diferencias entre las especies productoras de grano y las de verdura, las plantas que se utilizan por su grano y que han sido también utilizadas como ornamento y como colorante, son generalmente especies cultivadas. El proceso de domesticación de estas especies las ha llevado a alcanzar mayores tallas, con inflorescencias muy grandes y con mayor producción de semillas. Por otra parte, las especies productoras de verdura son generalmente malezas, plantas no cultivadas que dedican gran parte de su energía a la producción de follaje, son de menor tamaño que las cultivadas y presentan flores y frutos más pequeños y de color oscuro. La semilla presenta una gran versatilidad, pudiéndose utilizar en la preparación de diversos alimentos y tiene, además, un prometedor potencial de aplicación industrial,

tanto en la industria de los alimentos como en la elaboración de cosméticos, colorantes y hasta plásticos biodegradables (Alejandre y Gómez, 1986).

### 2.1.1. Historia

El origen del amaranto se ubica desde el suroeste de Estados Unidos y norte de México (*Amaranthus hypochondriacus*), en el sureste de México y centroamérica (*Amaranthus cruentus*) y en los andes argentinos (*Amaranthus caudatus*), existiendo indicios de que los nativos usaban el amaranto en la alimentación. En México las migraciones hacia el sur lo trasladaron a la Mesa Central en donde alcanzó su máxima relevancia donde el cultivo de *Amaranthus hypochondriacus* estuvo muy extendido con la denominación de "huauhtli", se dice que igualaba en importancia al maíz y al frijol. El cultivo en esta región fue suprimido por la iglesia católica en su afán por erradicar las ceremonias de los Aztecas que se centraban en torno a esta especie vegetal (Sauer, 1967).

---

Los primeros indicios del amaranto en México indican que desde mucho tiempo antes de la conquista (5,200 a.C.) esta planta tenía usos alimenticios, ya que se recolectaban las hojas y semillas de las plantas silvestres. En el tiempo del imperio Azteca fue cuando el amaranto cobró gran importancia tanto como cultivo alimenticio como por su carácter ceremonial, al grado de que las provincias que estaban sometidas al imperio enviaban anualmente grandes cantidades de semilla de amaranto a Moc.ezuma como tributo (Casillas, 1977).

Durante el tiempo de la conquista el cultivo del amaranto se extendía desde Jalisco hasta Oaxaca. Este cultivo ha declinado en este siglo y actualmente sólo se practica en lugares aislados y ha quedado reducido a pequeñas áreas, siendo las más importantes; Tulyehualco, D.F. Amilcingo y Huazulco, Mor; San Miguel del Milagro, Tlaxcala, Puebla y Oaxaca (National Academy of Sciences, 1975).

### 2.1. 2. Estudios en México

Casillas (1977) calcula que hoy en día se cuenta con una producción de 150 Toneladas comercializables por año y su uso se limita a la elaboración de dulces de alegría. Su cultivo en diez años prácticamente desapareció de la zona metropolitana; Xochimilco, Tulyehualco, Mixquic y Tepozotlán, Cuautitlán y Zumpango, circunscribiéndose al área comprendida de la franja; Taxco, Cautla y Tlaxcala.

Sánchez (1980) afirma que la planta entera, puede utilizarse en la obtención de pastas para la alimentación de rumiantes y otros animales. La semilla se incorpora principalmente a dietas para monogástricos. Con respecto al amaranto se sabe que en la actualidad el consumo de esta semilla es principalmente en forma de dulces (alegrías) en cuya elaboración se utiliza semilla tostada.

Casillas (1981) reconoce que el alto valor nutritivo de la semilla de amaranto que se produce en México, ha despertado gran interés por este

cultivo en varias partes del mundo, por lo que en México esto ha provocado el inicio de trabajos de investigación sobre diferentes tipos de esta especie, sin embargo éstos son aislados y en algunas ocasiones repetitivos.

Valdés (1984) ha considerado como una de las principales causas de la falta de adopción del cultivo en regiones con agricultura mecanizada en México, a que no se cuenta con semilla seleccionada genéticamente, por lo que con las variedades criollas actuales, se observan dentro de una misma parcela muchas plantas fenotípicamente diferentes.

Early (1986) encontró que algunos campesinos de los alrededores del Lago de Texcoco, utilizan el amaranto como remedio para disenterías.

Espitia (1986b) demostró que la precipitación pluvial es muy importante en las primeras cinco semanas del crecimiento vegetativo del amaranto.

Espitia (1991a) estudió la transformación, producción y comercialización de *A hypochondriacus* en el estado de Morelos como una alternativa rentable para la siembra de este cultivo en la región.

Espitia (1991b) relacionó la precipitación pluvial con el crecimiento secundario en amaranto, encontrando una relación directamente proporcional del crecimiento secundario con la alta precipitación.



Peña (1995) evaluó 21 genotipos de amaranto y su uso en la industria alimenticia, encontrando mayor calidad en el reventado de grano en los genotipos de *A. hypochondriacus*.

Peña (1996) encontró que genotipos de *A. hypochondriacus* presentaron interacción genotipo x ambiente cuando se siembran en el estado de Tlaxcala antes del mes de mayo.

Peña (1996) determinó el uso consuntivo del agua, considerando que para *A. cruentus* se necesitan 12 riegos en la mesa central del Valle de México cuando no hay precipitaciones.

Martínez (1996) probó dos especies de amaranto en tres densidades de población en Oaxaca y encontró que el máximo rendimiento de 2110.8 kg ha<sup>-1</sup>

fue para *A. caudatus*.

Peña (1996) varió la densidad de población en cuatro genotipos de amaranto y encontró que a densidades de población alta, el rendimiento de grano por planta decrece.

Trinidad (1997) analizó el efecto de la fecha de siembra en amaranto y encontraron que para la mesa del valle Central en México la mejor fecha de siembra es la comprendida del 16 de abril al 29 de junio para *A.*

*hypochondriacus* para una densidad de población de 99 mil plantas  $\text{ha}^{-1}$  y rendimientos de grano de  $900 \text{ kg ha}^{-1}$

Peña (1997) utilizó ensilado de *A. hypochondriacus* en la finalización de Ovinos Suffolk, en la cual obtuvo ganancias de 200 gramos por día en peso.

Peña (1998) realizó selección de genotipos sobresalientes de amaranto por rendimiento y estabilidad para siembras de temporal en tres ambientes del estado de Tlaxcala, encontrando que los *A. hypochondriacus* fueron los más productivos para esa región en rendimiento de grano.

Peña (1998) utilizó las dosis de nitrógeno de 0, 80, 160 y  $240 \text{ kg ha}^{-1}$  encontrando rendimientos de grano de  $3860 \text{ kg ha}^{-1}$ .

Gómez y Tena (1986) elaboraron pan tostado enriquecido con harina de amaranto y encontraron que el valor nutricional del pan de trigo se eleva cuando se combina con harina de amaranto.

Orozco y González (1998) evaluaron 15 genotipos de *A. cruentus* en Salaires, Chihuahua bajo condiciones de secano y encontraron rendimientos de  $2881 \text{ kg ha}^{-1}$  con una densidad de población de 500 mil plantas  $\text{ha}^{-1}$  para la variedad NC 40.

Flores (1998) analizó ocho genotipos de amaranto en Zacatecas bajo condiciones de secano, encontrando que la colecta 653 de *A. hypochondriacus* rindió 3.48 ton ha<sup>-1</sup>.

Bárrales y López (1992) analizaron la capacidad de reventado del grano de *A. hypochondriacus* producido en dos ambientes bajo condiciones de secano, encontrando mayor calidad en el reventado de grano cuando la planta se somete a menor cantidad de lluvia.

Martínez (1999) evaluó seis variedades de amaranto en el Valle del Guadiana, Durango y determinó que para esa región, la especie *A. hypochondriacus*, colecta 653, rindió 4.13 ton ha<sup>-1</sup>.

Stordahl y Dicostanzo (1999) estudiaron la digestibilidad in vitro de *A. hypochondriacus*, encontrando menor digestibilidad en comparación con maíz y trigo.

## DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

### 2.1.3. Botánica del cultivo

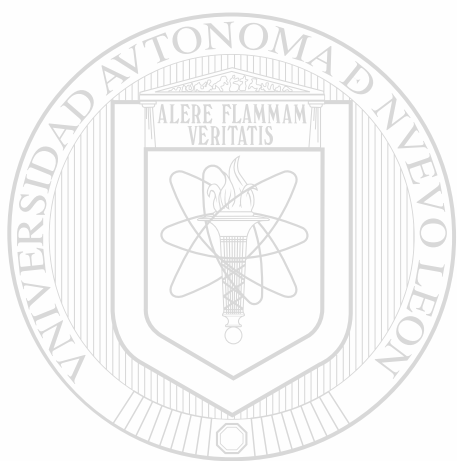
El amaranto es una planta perteneciente a la familia de las amarantáceas, la cual posee 70 géneros y más de 850 especies (Cuadro 1). El género *Amaranthus* tiene más de 60 especies, siendo las más importantes y conocidas las siguientes: a) *Amaranthus caudatus* L. cuyos sinónimos son: *Amaranthus edulis* Spegazzini, *Amaranthus mantegazzianus* Passerini.; b) *Amaranthus hypochondriacus* L. cuyos sinónimos son: *Amaranthus leucocarpus* S. Wats y *Amaranthus flavus* L.; c) *Amaranthus cruentus* L. cuyo sinónimo es *Amaranthus*

*paniculatus* L.; d) *Amaranthus hybridus* L. cuyo sinónimo sería *Amaranthus quitensis* S.; e) *Amaranthus tricolor* L. cuyos sinónimos serían *Amaranthus gangeticus* L., *Amaranthus tristis* L., *Amaranthus mangostanus* L. y *Amaranthus melancholicus* L. f) *Amaranthus blitum* L. sinónimo de *Amaranthus lividus* L.; g) *Amaranthus dubius* L. y h) *Amaranthus virides* L., sinónimo de *Amaranthus gracilis* Desf.

El amaranto es una especie anual, herbácea o arbustiva de diversos colores que van del verde al morado o púrpura con distintas coloraciones intermedias. La raíz es pivotante con abundante ramificación y múltiples raicillas delgadas, que se extienden rápidamente después que el tallo comienza a ramificarse, facilitando la absorción de agua y nutrientes, la raíz principal sirve de sostén a la planta, permitiendo mantener el peso de la panoja. Las raíces primarias llegan a tomar consistencia leñosa que anclan a la planta firmemente y que en muchos casos sobre todo cuando crece algo separada de otras, alcanza dimensiones considerables. En caso de ataque severo de nemátodos se observan nodulaciones prominentes en las raicillas.

El tallo es cilíndrico y anguloso con gruesas estrías longitudinales que le dan una apariencia acanalada, alcanza de 0.4 a 3 m de longitud, cuyo grosor disminuye de la base al ápice, presenta distintas coloraciones que generalmente coinciden con el color de las hojas, aunque a veces se observa estrías de diferentes colores, presenta ramificaciones que en muchos casos empiezan desde la base o a media altura y que se originan de las axilas de las

hojas. El número de ramificaciones es dependiente de la densidad de población en la que se encuentre el cultivo



# UANL

---

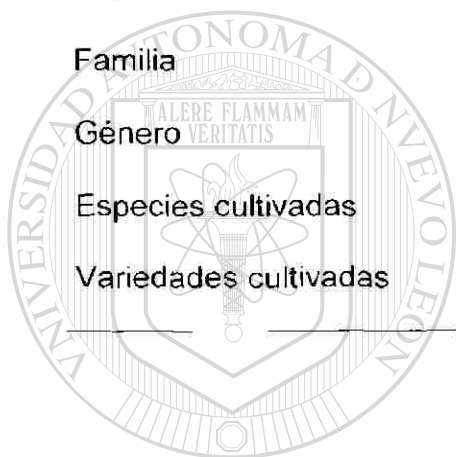
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

**Cuadro 1.** Clasificación botánica del amaranto cultivado.

Reino	Vegetal
División	<i>Embryophyta Siphonogama</i>
Subdivisión	<i>Angiospermae</i>
Clase	<i>Dicotyledonae</i>
Subclase	<i>Archiclomidae</i>
Serie	<i>Centrospermae</i>
Familia	<i>Amaranthaceae</i>
Género	<i>Amaranthus</i>
Especies cultivadas	<i>Hypochondriacus, cruentus y caudatus</i>
Variedades cultivadas	<i>Leucocarpus</i> diversos



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Tapia (1997) menciona que las hojas son pecioladas, sin estipulas de forma oval, elíptica, opuestas o alternas con nervaduras prominentes en el envés, lisas o poco pubescentes de color verde o púrpura cuyo tamaño disminuye de la base al ápice, presentando borde entero, de tamaño variable de 6.5-15 cm.

La inflorescencia del amaranto corresponde a panojas amarantiformes o glomeruladas muy vistosas, terminales o axilares, que pueden variar de totalmente erectas hasta decumbentes, con colores que van del amarillo, anaranjado, café, rojo, rosado, hasta el púrpura; el tamaño varía de 50 a 90 cm.

Las plantas por el tipo de polinización son predominantemente autógamas, variando el porcentaje de polinización cruzada con los cultivares.

El amaranto presenta flores unisexuales pequeñas, estaminadas y pistiladas, estando las estaminadas en el ápice del glomérulo y las pistiladas completan el glomérulo, el androceo está formado por cinco estambres de color morado que sostienen a las anteras por un punto cercano a la base, el gineceo presenta ovario esférico, súpero coronado por tres estigmas filiformes y pilosos, que aloja a una sola semilla.

El glomérulo es una ramificación dicasial cuya primera flor es terminal y siempre masculina, en cuya base nacen dos flores laterales femeninas, cada una de las cuales origina otras dos flores laterales femeninas y así

sucesivamente. Un glomérulo puede contener 250 flores femeninas, la flor masculina luego de expulsar el polen se seca y cae.

Brenner (1990) menciona que el fruto es una cápsula pequeña que botánicamente corresponde a un pixidio unilocular, la que a la madurez se abre transversalmente, dejando caer la parte superior llamada opérculo, para poner al descubierto la inferior llamada urna, donde se encuentra la semilla, siendo dehiscente por lo que deja caer fácilmente la semilla

Sánchez (1980) menciona que existen algunas especies de amaranto que tienen pixidios indehiscentes, característica que puede ser transferida a cultivares comerciales de amaranto.

Irving *et al.*, (1981) indican que la semilla es pequeña, lisa, brillante de 1-1,5 mm de diámetro, ligeramente aplanada, de color blanco, aunque existen de colores amarillentos, dorados, rojos, rozados, púrpuras y negros; el número de semillas varía de 1000 a 3000 por gramo.

Nieto (1990) estudió que las especies silvestres presentan granos de color negro con el epispermo muy duro. En el grano se distinguen cuatro partes importantes: epispermo que viene a ser la cubierta seminal, constituida por una capa de células muy finas, endospermo que viene a ser la segunda capa, embrión formado por los cotiledones que es la más rica en proteínas y una interna llamada perisperma rica en almidones



#### 2.1.4. Regiones productoras de México

La nueva valoración que ha tenido el amaranto en el mundo también despertó el interés de agrónomos e investigadores mexicanos. En la década de los 80 el impulso a la producción del grano llegó a elevar la superficie sembrada de 500 ha en 1983 a 1500 ha en 1986. Diversas instituciones nacionales como el Colegio de Posgraduados de Chapingo, el Instituto Nacional de la Nutrición, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, la Universidad Nacional Autónoma de México, el Instituto Politécnico Nacional, la Universidad Autónoma Metropolitana, la Universidad Autónoma Chapingo y el Instituto Nacional de Antropología e Historia, entre otras, han apoyado trabajos de investigación de muy diversa índole que han contribuido a aumentar nuestro conocimiento y las potencialidades de tan importante recurso. Actualmente en el INIFAP se encuentra un importante banco de germoplasma; en 1993 este banco contaba con 495 registros. Sin embargo el apoyo para el cultivo y la investigación del amaranto parece haber disminuido durante la última década. Según datos de la SAGARPA en 1997 se sembraron 817 ha de amaranto y se obtuvo una producción de 1,089 toneladas, la producción por estados en México se presenta en el Cuadro 2.

**Cuadro 2. Principales estados productores de amaranto en México.**

Estados	Superficie (Ha)		Prod (Ton)	Rend (Ton ha <sup>-1</sup> )	Precio (\$/Ton)	Valor de la producción (\$)
	sembrada	cosechada				
Baja California	8	3	8	2.667	2,500.00	20,000
Sur						
D. F.	161	161	152	0.944	2,500.00	380,000
Morelos	202	202	306	1.515	2,490.20	762,006
Puebla	286	286	346	0.860	2,183.00	755,318
Tlaxcala	160	160	277	1.371	3,992.50	1,105,922
Total Nacional	817	812	1089	1.218	2,733.10	3,023,246

Fuente: Cristina Barros y Marco Buen Rostro. (1997).

## 2.1.5. Primeras variedades desarrolladas y niveles de rendimiento en México

### 2.1.5.1. Primeras variedades

Con base en sus características morfológicas tales como la altura de la planta, tamaño de la inflorescencia, patrón de ramificación y patrones fenológicos como tiempo de floración y maduración, se han descrito diferentes tipos de amarantos de grano. Los distintos tipos representan complejos adaptativos a diferentes localidades bajo condiciones ambientales y culturales diferentes.

Espitia (1991a) considera que la designación más adecuada para estos tipos es la de razas, ya que cada una tiene una distribución definida y ha sido desarrollada bajo condiciones agro climáticas distintas, lo cual las ha llevado a evolucionar por diferentes caminos. Las razas más importantes desarrolladas en México son: Mexicana, Guatemalteca, Azteca, Mercado y Mixteca. Otras razas importantes desarrolladas en otros países son: Africana, Nepal, Picos, Sudamericana y Edulis. Cabe señalar que no todas las poblaciones coinciden completamente con las características de una raza o tipo, pues existe una gran hibridación entre ellas.

Espitia (1991a) en México, desarrolló la variedad mejorada Revancha que corresponde a *Amaranthus hypochondriacus* y derivada de la raza Mercado

cuyas principales características son: alto potencial de producción de grano (4518 kg ha<sup>-1</sup>), precoz con 131 días de periodo vegetativo, altura de planta adecuada para la mecanización del cultivo (137 cm) y uniformidad de maduración, además de otras características importantes como color verde de la planta, panoja erecta con pocas ramificaciones cortas, grano de color blanco y adaptación a zonas templadas de 1400 - 2400 msnm.

También se tienen las líneas experimentales Durango-HI, Durango-CI, obtenidos en el CIIDIR-IPN-Durango, cuyos potenciales de producción son bastante elevados, con precocidad adecuada, amplio rango de adaptación, de grano grande, blanco y características agronómicas y nutricionales sobresalientes (Alejandre, 2000). Se tienen líneas y ecotipos sobresalientes en producción y otras características desarrolladas por investigadores del INIFAP,

entre ellas se tienen a: INIFAP-653, INIFAP-654, INIFAP-655 e INIFAP 153-5-3

#### **2.5.1.2. Potencial del rendimiento de grano**

Ruttle (1976) menciona que en la granja experimental del Organic Gardening Farming E.U.A. encontró que un metro cuadrado plantado con amaranto puede producir un kg de semilla.

Martinez (1996) menciona que en Tlaxcala los genotipos 653 y 153-5-3 de *A. hypochondriacus* alcanzó rendimientos medios de 1.51 y 1.25 ton ha<sup>-1</sup>

superando al genotipo # 656 tipo mexicano de *A. cruentus* en un 85 y 60% en el rendimiento de grano, respectivamente.

Cunard (1977) encontró que a 40,000 plantas ha<sup>-1</sup> para *Amaranthus cruentus* y *A. hypochondriacus* rindieron 0.925 y 1.12 ton ha<sup>-1</sup> respectivamente, y que *A. hypochondriacus*, a 80,000 plantas ha<sup>-1</sup>, bajo riego produjo 2.5 ton ha<sup>-1</sup>.

Early (1977) señala que en sitios productores como Tulyehualco, Milpa Alta y San Gregorio, mismos que desde hace varios años fueron considerados como primordiales en la producción de grano de alegría, se llegaron a obtener más de 800 kg ha<sup>-1</sup> en condiciones de temporal. En Hauzulco, Mor., en años particulares, se han llegado a producir entre 1,500 y 2,200 kilogramos de semilla por hectárea.

## 2.1.6 Valor Nutritivo y utilización del grano y forraje

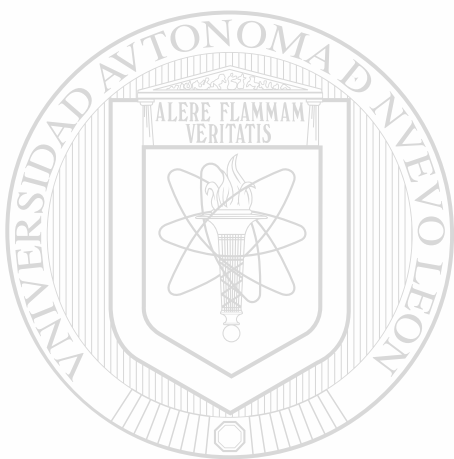
### 2.1.6.1. Proteína y aminoácidos

Downton (1973) menciona que el grano del amaranto es rico en proteína (14 a 17%) con un buen balance de aminoácidos.

Casillas (1977) ha obtenido la composición bromatológica de la semilla de alegría, la cual se presenta en el cuadro 3.

Aguilar y Alatorre (1978) mencionan que la importancia alimenticia del grano radica en su balance y contenido proteico ya que se acerca a la proteína

ideal, es rico en aminoácidos básicos, triptofano y lisina, que es comparable con la soya y la leche de vaca. El grano procesado con calor tiene una energía metabolizable de 3,475 kcal EM/kg de materia seca.



# UANL

---

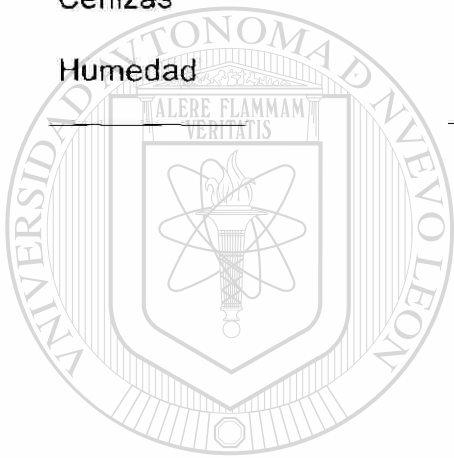
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

**Cuadro 3.** Resultado del análisis bromatológico de la semilla de alegría

Contenido	%
Carbohidratos asimilables	50.0
Proteínas	14.0
Extracto etéreo	6.50
Fibra cruda	15.70
Cenizas	2.70
Humedad	10.25



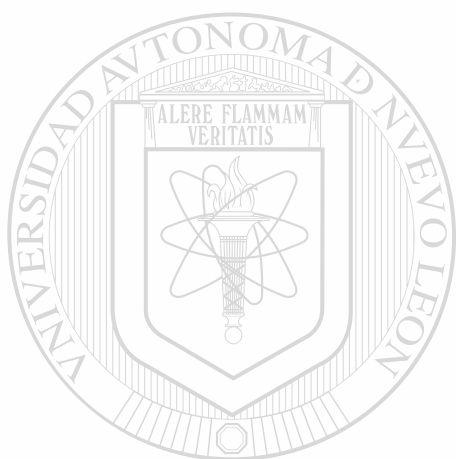
UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Sanchez (1980) encontró que existen algunas diferencias en la composición química de diversas especies de alegría. Sin embargo, si se comparan los datos obtenidos para las dos especies de más amplio cultivo en la región central de México, se deduce que tales diferencias no son muy pronunciadas, lo que se observa en el Cuadro 4.



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



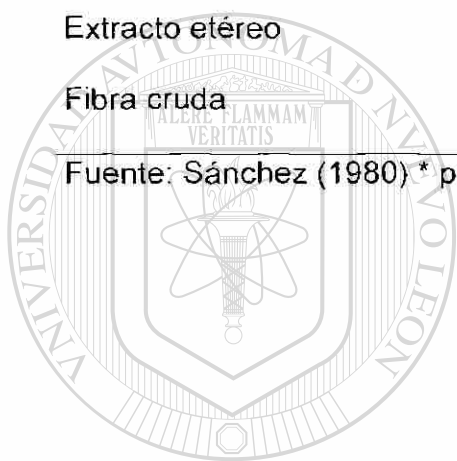
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



**Cuadro 4.** Composición de las semillas de dos especies mexicanas de amaranto\*.

Análisis	<i>A. hypochondriacus</i>	<i>A. cruentus</i>
	(Tulyehualco)	(Huazulco)
	%	%
Humedad	14.30	13.9
Cenizas	3.28	3.0
Proteínas	13.41	14.0
Extracto etéreo	-	-
Fibra cruda	5.16	-

Fuente: Sánchez (1980) \* por cada 100g.



UANL

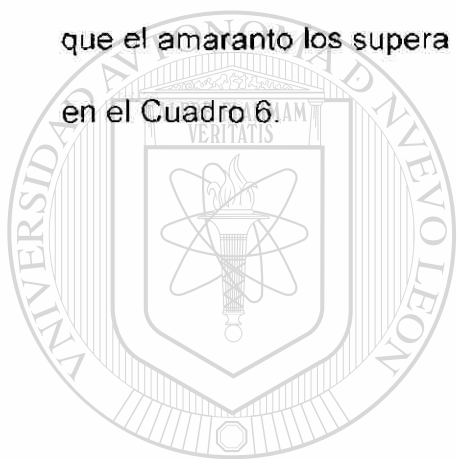
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Sánchez (1980) ha descrito en el balance de aminoácidos en la proteína ideal en las semillas, de *A. hypochondriacus*, respecto a cereales y a la leche de vaca, encontrando que la semilla de amaranto posee un buen balance de aminoácidos. (Cuadro 5).

Betschart y Murray (1979) compararon la composición nutricional de las semillas de amaranto contra la leche de vaca, trigo entero y soya, encontrando que el amaranto los supera en calidad de proteína y sus resultados se observan en el Cuadro 6.



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

**Cuadro 5.** Comparación de aminoácidos del amaranto con otros cereales y la leche de vaca

Gramos por 100 gramos de aminoácidos esenciales en cada alimento

	Treo	Val	Leucina	Isoleu	Lisina	Metionina	Fenil Alanina	Triptofano	Calidad proteica
Proteína ideal	11.1	13.9	19.4	11.1	15.5	9.7	16.7	2.6	100.0
Trigo entero	8.9	13.5	20.4	10.0	8.7	12.3	22.9	3.3	56.9
Soya	9.8	12.2	19.8	11.6	16.2	6.6	20.6	3.3	68.0
Leche de vaca	9.4	12.3	20.2	10.0	16.5	7.0	21.5	3.0	72.2
Semilla de Amaranto	11.4	10.6	14.8	10.2	16.6	11.2	23.1	2.1	75.0

Fuente: Análisis de laboratorio efectuados por Indigenous Food Consultation Inc. Ann Arbor, Michigan (datos de Sánchez, 1980).

**Cuadro 6.** Comparación del valor alimenticio del amaranto con relación a otros cereales

Constituyentes del alimento (g por 100 g de peso seco)

	Proteína	Grasa	Carbohidratos	Fibra	Cenizas	Ca	P	Fe
Cereales	11.0	2.7	73.0	2.1	1.7	0.03	0.33	0.0034
Amaranto	14.5	7.5	60.4	7.5	2.7	0.37	0.48	0.0034

Fuente: Análisis de laboratorio efectuados por Indigenous Food Consultation Inc. Ann Arbor, Michigan (datos de Sánchez, 1980).

Eliás (1977) señala que el grano de amaranto es relativamente alto en proteína, grasa y minerales, y que es una fuente de proteína más completa por tener un mejor balance de aminoácidos, los valores de aminoácidos esenciales por cada 100 gramos de proteína para *Amaranthus hypochondriacus* y *Amaranthus retroflexus* son de 75 y 77% respectivamente en comparación con Maíz (44%), Trigo (57%), Sorgo (48%) y Cebada (62%).

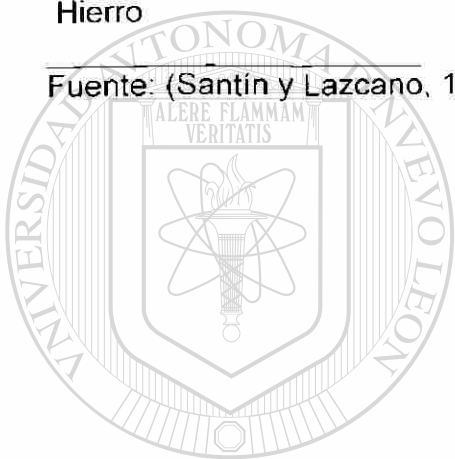
#### **2.1.6.2. Contenido de minerales en el grano de amaranto**

Santín y Lazcano (1986) encontraron que la semilla de amaranto contiene cantidades importantes de sodio, potasio, calcio, magnesio, zinc, cobre, manganeso, níquel y hierro, aunque este último probablemente es de baja digestibilidad por el contenido de fitatos (sustancia que se encuentra en las plantas y que "atrapa" al hierro haciéndolo inaccesible al organismo), ver Cuadro 7.

**Cuadro 7.** Contenido de minerales en el grano de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*) y otros cereales de uso común.

Mineral (mg/ 100 g)	Amaranto	Maíz	Arroz	Trigo
Fósforo	600			
Potasio	563	284	214	370
Calcio	303	158	32	58
Magnesio	344	147	106	160
Hierro	5.3	2.3	1.4	0.9

Fuente: (Santín y Lazcano, 1986) pasado, presente y futuro del amaranto.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



### 2.1.6. 3. Amaranto como forraje

Sepúlveda (1989) menciona que 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 la materia seca altamente digestible. La planta entera puede utilizarse para la obtención de pastas para la alimentación de rumiantes y el grano a sido empleado en dietas de aves y porcinos. En *Amaranthus hypochondriacus*, de 45 a 48% del peso de la planta corresponde a las hojas y de éstas, el 80 al 85% son comestibles; 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 su uso directo como forraje.

Cheeke y Bronson (1980) encontraron que las hojas y tallos del amaranto comparativamente con la alfalfa tienen contenidos altos de hemicelulosas y cenizas pero que tienen bajos niveles de fibra detergente ácida, encontraron que la proteína se encuentra ligada a la pared celular por lo que el amaranto tiene proteína de paso. La toxicidad puede darse por nitritos en los forrajes de amaranto, su acumulación resulta alta en plantas que crecen bajo condiciones de estrés, especialmente cuando el nitrato no es absorbido por la planta, en bovinos de leche el nitrato es convertido a nitrito y luego a amonio por las bacterias del rumen, la intoxicación por nitritos ocurre cuando la capacidad de conversión de nitrato a nitrito es mas alta que la conversión de nitrito a amonia, ocurriendo que el nitrito se ligue a la hemoglobina de la sangre formando metahemoglobina que dificulta el transporte eficiente del oxígeno y el animal

muere por sofocamiento, esto ocurre principalmente cuando el ganado consume grandes cantidades de forraje que contienen más del 1.76% del ion nitrato en materia base seca (Vough *et al.*, 1991).

Odwongo y Mugerwa (1980) compararon harina de hoja de *Amaranthus hybridus* contra harina de alfalfa a niveles de 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 y 40% como ingredientes en raciones para terneros, las ganancias en peso fluctuaron entre 0.4 y 0.5 kg día<sup>-1</sup> incluyendo a la harina de *Amaranthus hybridus*, comparable a la harina de alfalfa en dietas para destete precoz de terneros.

Cheeke y Bronson (1980) analizaron muestras de *Amaranthus hypochondriacus* y encontraron que la proteína de este forraje es de baja digestibilidad en no rumiantes ya que se liga a la fibra durante el proceso de secado.

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

Carlisle y Misra (1980) trabajando con plantas inmaduras de malezas entre las que se encontraba *Amaranthus retroflexus* encontraron un contenido de 14% de proteína cruda y 2,690 kcal de energía digestible y un 63% de digestibilidad de materia seca, concluyendo que muchas de las malezas estudiadas contienen mucho más proteína cruda y minerales esenciales y no esenciales que muchos de los forrajes que comúnmente son usados para pastoreo.

Teutónico y Knor (1985) encontraron que las hojas de amaranto son un importante recurso de betacarotenos con niveles de oxalatos de calcio del 0.2 a 11.4% en la materia seca, lo cual depende de la especie, pudiendo reducir sus niveles si se somete a calor el forraje por ebullición durante 10 minutos sin que existan problemas en la reducción de nutrientes.

Walters *et al.*, (1988), encontraron que la fibra detergente neutra (NDF) en siete colectas estudiadas de amaranto tiende a decrecer linealmente, a medida que se incorpora nitrógeno como fertilizante, esto puede ser un indicativo para tener una opción de manejo en la obtención de forraje en la alimentación de becerros de engorda, aunque altos valores o excesos de fertilizantes nitrogenados trae como resultado altos valores de acame en la planta, posicionamiento de los nitratos e incremento en el tallo de NDF.

Byron *et al.*, (2001) encontraron que en *A. cruentus* variedad PI 482049 tiene un alto potencial para la alimentación de rumiantes, esto basado en su alto contenido de proteína, baja cantidad de celulosa y la ausencia de sustancias tóxicas en la etapa de crecimiento vegetativo de la planta

Adams *et al.*, (1992) reportaron que el contenido de nitratos del 1 al 3% en la materia base seca puede causar severas intoxicaciones en animales; encontraron que para *A. hybridus* y *A. hypochondriacus* no se alcanzaron niveles del 3% después de 90 días de establecido el cultivo.



Byron *et al.* (2001) encontraron cantidades de 210 g kg<sup>-1</sup> y 255 g kg<sup>-1</sup> de NDF en *A. hybridus* y *A. cruentus* respectivamente.

En el caso de lignina detergente ácida (ADL) fue de 48 y 35 g kg<sup>-1</sup> para los mismos amarantos y Byron *et al.* (2001) reportaron 60 g kg<sup>-1</sup> en alfalfa de ADL por lo que estos valores indican que es posible utilizar el amaranto como forraje. En cuanto a los nitratos estos decrecen de 7.7% a 0.94% de los 42 a los 112 días después de la siembra, por lo que no son un riesgo en la alimentación animal.

En cuanto a la fibra detergente neutra (NDF), esta tiende a incrementarse a medida que crece la planta de 330 a 400 g kg<sup>-1</sup> al pasar de 42 a 112 días de la siembra, en comparación con la alfalfa la que en los mismos tiempos la NDF se incrementa de 330 a 550 g kg<sup>-1</sup>

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

Stordahl *et al.*, (1999) encontraron que el valor nutritivo del forraje de amaranto es igual o mejor que los forrajes comúnmente usados en cuanto a NDF, ADF, ADL, CP, y UIP, y que las cantidades de nitratos pueden ser altas cuando el amaranto es utilizado como fuente de forraje fresco antes de 84 días; por otra parte, ensilando el forraje puede ser una alternativa para reducir la concentración de nitratos y tener alta digestibilidad.

Putnam (2001) ha publicado que en amaranto durante el estado vegetativo, se obtienen de 10 a 11 ton ha<sup>-1</sup> de materia seca con una cantidad de proteína cruda del 19%, en *A. retroflexus* se ha encontrado 24% de proteína cruda y un 79% de digestibilidad in vitro de la materia seca, asimismo se obtienen hasta 120 ton ha<sup>-1</sup> de ensilado con un 80% de humedad.

### **2.1.7. Manejo del cultivo antes y al momento de la siembra**

#### **2.1.7. 1. Fechas de siembra**

Peña (1996) indica que en la región del valle central de México la mejor fecha de siembra esta comprendida del primero al 31 de mayo para *A. hypochondriacus* a fin de evadir las heladas tempranas y para *A. cruentus* del 16 de mayo al 15 de junio.

García y Valdés (2002) en el norte-centro de México, recomiendan para el amaranto como fecha de siembra del primero al 15 de junio para las dos especies mencionadas, debido a la presencia de las primeras lluvias y permitir un escape a las heladas tempranas que normalmente se presentan en la región a principios del mes de octubre

#### **2.1.7. 2. Preparación de suelo en riego y secano**

La preparación del terreno debe ser lo más eficiente posible, ya que el tamaño muy pequeño de la semilla requiere una buena cama de siembra; ello se consigue pasando un arado de disco o vertedera, luego se mulle el suelo con

una cruz de rastra de discos o de dientes rígidos o flexibles, de tal manera que la cama de siembra esté en condiciones de recibir la semilla. En zonas donde exista fuerte incidencia de malezas, es conveniente efectuar previamente un riego por inundación después de la preparación de suelo, para que las semillas de malezas germinen y emerjan; luego pasar una rastra y matar dichas plántulas antes de efectuar la siembra del amaranto, o bien efectuar una aplicación de herbicida que no tenga efectos residuales.

a) Escarda

Granados (1990) recomienda que dependiendo de la ocurrencia de las lluvias, si el cultivo presenta arvenses se deshiera, si no, se pasa la cultivadora con el objeto de arrimar tierra y quitar las pocas arvenses; realizándose a los 15 o 20 días después de la emergencia de las Plantas.

b) Deshierbe

Trinidad *et al.*, (1990) han indicado que el deshierbe se lleva a cabo una o dos veces durante las primeras etapas de crecimiento del cultivo, dependiendo de la cantidad de arvenses presente, se efectúa en forma manual, debido a que la mayoría son de hoja ancha.

c) Rotación de cultivos

Frantzen (1993) señala que es conveniente efectuar una rotación adecuada de cultivos para evitar una alta incidencia de plagas y enfermedades

y el uso particular de nutrientes, en especial de algún elemento por el mismo tipo de planta. El efecto del amaranto en la rotación de cultivos ha sido estudiado en Estados Unidos donde se ha observado un efecto negativo en maíz sembrado después de amaranto. La disminución en crecimiento y rendimiento final no pudo ser explicada por diferencias nutricionales o hídricas, sin embargo los niveles de Ca y Mg en el maíz que seguía al amaranto en la rotación eran menores que para el maíz que seguía a la soya en la rotación; por lo que la rotación de cultivos donde interviene el amaranto deberá estudiarse para algunas especies altamente demandantes de Ca y Mg.

### **2.1.7.3. Densidad de población y método de siembra**

El cultivo puede establecerse en forma directa o por trasplante.

#### **a) Siembra de trasplante**

Early (1977) menciona que en Tulyehualco el cultivo es de temporal y pasa por dos etapas: el almácigo y el trasplante que se realiza en las faldas de los cerros cercanos. El almácigo, generalmente se prepara a fines de abril o principios de mayo, para efectuar el trasplante en el inicio de la temporada de lluvias, que habitualmente ocurre a partir de junio.

Los chapines, son secciones del almácigo y contienen de 3 a 6 plántulas que miden entre 15 y 20 cm, y las plántulas se separan del suelo para el trasplante, en la parcela los surcos se hacen con arado tirado por caballos o

mulas, a un metro de distancia; se les abre a una profundidad de 30 cm siguiendo el surcado, un sembrador lleva un manojo de chapines en una penca de maguey y con un brazo los arroja dejando una separación de un metro entre matas.

Siguiendo al sembrador, otra persona trasplanta los chapines; para ello cava con rapidez y usando sólo una mano hace un pequeño agujero y coloca un chapín en él; con otro movimiento traslada tierra del surco con ambas manos y la compacta alrededor de las plántulas para su soporte. El trasplante se realiza a mediados de junio.

#### b) Siembra directa

Early (1977) reporta que otra de las zonas importantes de cultivo de amaranto en la mesa central es el estado de Morelos y describe su cultivo como

sistema a campo abierto y consta de las siguientes etapas:

#### C) Sistema de bandeado

En este sistema un caballo o mula ara los surcos a 60 cm y las semillas se siembran en lo alto del surco. En el sistema de bandeado, el campesino siguiendo al arador arroja estiércol seco sobre lo alto del surco donde irán las semillas. un sembrador lo sigue, dejando caer la semilla de entre sus dedos siguiendo la línea de estiércol, con una cuerda ata una rama de árbol a su cintura, con la cual rastrea detrás de él y la pasa ligeramente sobre el estiércol y las semillas.

Después de 20 días, las plantas se aclaran dejando de tres a cuatro plantas, aproximadamente a cada 33 cm y se le agrega estiércol alrededor de las plantas.

#### d) Sistema de mateado

En este sistema las semillas se siembran dejando una pizca de semilla cada 30 cm y se cubren arrojándoles tierra con la mano o con el pie, después de 20 días, se coloca el fertilizante alrededor de las plantas, a partir de este punto las técnicas posteriores son las mismas para los dos sistemas.

#### 2.1.7. 4. Siembra

La siembra debe efectuarse de preferencia en suelo húmedo, o regar por aspersión inmediatamente después de la siembra, esta operación se efectúa depositando uniformemente la semilla en el fondo del surco a chorro continuo y teniendo la precaución de dejarla caer a poca altura del suelo ya que el viento hace desviar la semilla fuera del surco por su poco peso. La densidad de siembra utilizada varía de acuerdo a la calidad de la semilla y sistema de siembra empleada, generalmente se utiliza de 4-6 kg ha<sup>-1</sup>, con lo que se obtendrá de 100,000 a 150,000 plantas por hectárea, después se realiza un aclareo o entresaque, dejando una planta cada 10 cm.

Henderson (1993) señala que la población recomendada según estudios realizados es de 173,000 plantas por hectárea. Para poder distribuir la semilla

uniformemente es necesario mezclarla con arena o estiércol. En algunos lugares tanto del área andina como de la costa peruana se han diseñado tubos con pequeños agujeros que permiten efectuar una mejor distribución de la semilla dado el reducido tamaño de la semilla, después de la siembra se debe tapar la semilla, pasando una rama por el fondo del surco, con lo que se consigue una profundidad adecuada de enterrado de 0.5 a 1.5 cm que es la recomendada. Actualmente para las siembras extensivas del amaranto se regulan las sembradoras de cereales pequeños, dando buenos resultados, solamente teniendo la precaución de no enterrar demasiado la semilla. Ocasionalmente se pueden utilizar sembradoras de hortalizas o forrajes sobre todo en pequeñas áreas.

## **2.1.8 Manejo durante el crecimiento del cultivo y a la cosecha**

### **2.1.8.1. Requerimientos hídricos en temporal y riego**

Aguilar y Alatorre (1978) señalan que el desarrollo del amaranto se logra mejor en condiciones calientes y secas, por ejemplo en zonas poco lluviosas (200 mm al año). En cambio, los amarantos para verdura requieren bastante humedad en la siembra y durante su crecimiento, por lo que se cultiva en regiones con unos (700 milímetros) de lluvia por año, cuando menos, la temperatura para su cultivo varía de 10 a 25 °C y la humedad relativa de 50 a 90%. El amaranto se adapta muy bien a las altas temperaturas y a grandes altitudes, históricamente se ha cultivado tanto en ambientes tropicales como

semiáridos o al nivel del mar, es resistente a la sequía, su crecimiento es rápido durante la época calurosa y requiere mucho menos agua que el maíz.

Reyna (1990) señala en cuanto a la temperatura, que el amaranto ha mostrado buen desarrollo en lugares muy cálidos, con temperaturas altas de 29 °C y uniformes todo el año como en Atoyac, Gro., hasta localidades templadas como Tulyehualco y Milpa Alta, D. F., con temperatura media anual de 14 °C, inviernos definidos y presencia de heladas tempranas que afectan principalmente al follaje, pero poco al grano.

Respecto a la precipitación, se ha observado que se cultiva en condiciones de temporal aún en sitios con menos de 400 mm de lluvia al año y recibidas casi exclusivamente durante el verano, de mayo a octubre, pero es factible encontrarlo también en zonas donde la precipitación es más abundante, por ejemplo en algunas localidades de Oaxaca con precipitación superior a 1300 mm; en estas condiciones, el rendimiento es similar o incluso mayor al del maíz con el cual es muy común que se siembre, así como con el frijol.

#### **2.1.8.2. Fertilización**

Trinidad *et al.*, (1990) mencionan que se acostumbra fertilizar de los 20 a los 25 días después de la emergencia, en banda o alrededor de las matas, se utiliza: sulfato de amonio (20.5% N), urea (46.0% N) como fuente de nitrógeno y superfosfato simple de calcio (20.5% de P<sub>2</sub> O<sub>5</sub>) como fuente de fósforo. El



fósforo se aplica al momento de la siembra, en banda o a un costado del bordo, la fórmula empleada por los campesinos es aproximadamente 90-50-00.

Martínez (1996) menciona que la planta de amaranto tipo mexicano 656, respondió a la fertilización nitrogenada, fosfatada y de estiércol bovino, incrementando el rendimiento de grano, altura de la planta, longitud de panoja, diámetro de panoja, diámetro de tallo y rendimiento en materia seca, el máximo rendimiento de grano fue  $1.57 \text{ ton ha}^{-1}$  que se obtuvo con la dosis 100-60-00.

Durante la fertilización nitrogenada se aplica la mitad del fertilizante en la siembra y la otra mitad después del primer control de malezas manual o con tracción animal o mecánica, otros autores recomiendan hasta 3 aplicaciones del nitrógeno pero esto se justifica sólo en suelos de textura gruesa, suelos, donde la lixiviación de nutrientes es alta.

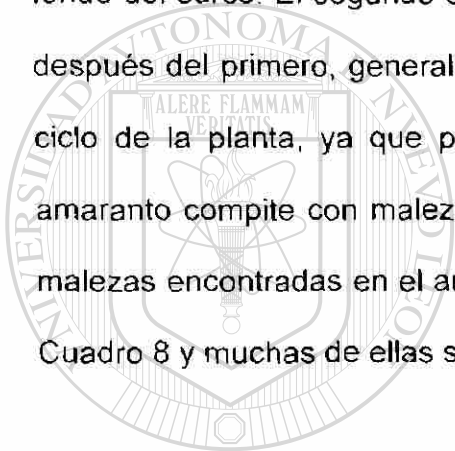
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Elbehri *et al.*, (1993) encontraron respuesta al fósforo en sólo una de las localidades estudiadas concluyendo que el rendimiento de grano aumenta en 2.81 kg por cada kg de fósforo aplicado. estos mismos autores no encontraron ninguna respuesta al potasio.

### 2.1.8. 3. Malezas plagas y enfermedades

Las veces que se repite el control de malezas depende de su incidencia; éste cultivo es muy susceptible a la competencia, por agua, luz y nutrientes en sus primeros estadios de crecimiento, por lo que es recomendado efectuar el primer control mecánico de malezas cuando las plántulas de amaranto tengan de 10-15 cm de altura, eliminando preferentemente las malezas que estén en el fondo del surco. El segundo control si fuera necesario debe efectuarse 30 días después del primero, generalmente es suficiente dos controles durante todo el ciclo de la planta, ya que posteriormente por su sistema de ramificación el amaranto compite con malezas no permitiendo su crecimiento. Las principales malezas encontradas en el amaranto en el centro de México se observan en el Cuadro 8 y muchas de ellas son comunes en otras regiones del país.



UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

**Cuadro 8.** Principales malezas presentes en amaranto

Nombre científico	Nombre común
<i>Agropyron repens</i>	Gramma
<i>Amaranthus hybridus</i>	Jatacco, Bledo
<i>Argemone mexicana</i>	Cardo
<i>Avena fatua</i>	Avena loca
<i>Boerhavia caribea</i>	Pega-pega
<i>Brassica campestris</i>	Nabo silvestre
<i>Chenopodium album</i>	Quingüilla
<i>Chenopodium ambrosoides</i>	Paico
<i>Chenopodium murale</i>	Quinua silvestre
<i>Cynodon dactylon</i>	Pasto bermuda
<i>Datura stramonium</i>	Chamico
<i>Eleusina indica</i>	Pata de pajarito
<i>Euphorbia heterophylla</i>	Leche-leche
<i>Lycopersicum peruvianum</i>	Tomatillo
<i>Pannisetum clandestinum</i>	Kikuyo
<i>Rumex crispus</i>	Lengua de vaca
<i>Setaria verticillata</i>	Cola de zorro
<i>Solanum nigrum</i>	Hierba mora
<i>Trifolium sp</i>	Trébol de carretilla

## 1) Enfermedades y Plagas

Sánchez (1980) señala que en México se han reportado diversas enfermedades y plagas que atacan al amaranto, algunas son las siguientes:

a) *Alternaria* spp. Tizón del amaranto o alternariosis o atizonamiento

(b) *Phomopsis amaranticola* mancha negra del tallo

c) *Esclerotinia* spp.

d) *Cercospora* spp. cercosporiosis del amaranto

e) *Pithyium* spp. pudriciones o "Damping off"

f) *Fusarium* spp. pudriciones en la base del tallo y raíz. Se observa en plantas aisladas.

g) *Rhizoctonia* sp.

h) *Albugo bliti*. roya blanca

i) *Choanephora cucurbitarum*. pPudrición húmeda

j) *Erysiphe* sp. Oidium

k) *Curvularia* sp.

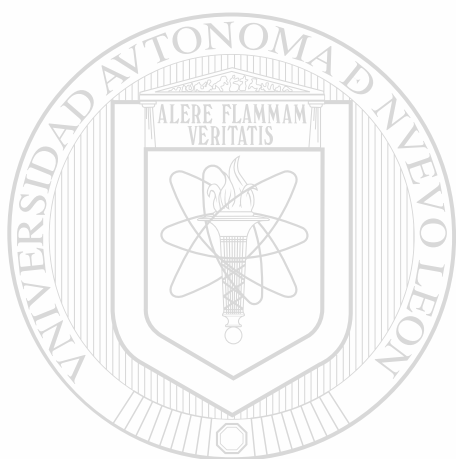
l) *Volutella* sp.

Espitia (1986a) indica que los micoplasmas causan otra enfermedad, causando un alto porcentaje de la producción de plantas estériles, debido a que los órganos florales se transforman en brácteas de color verde, con ausencia total de anteras y óvulos, convirtiéndose posteriormente en hojas y aún el utrículo se elonga y forma una cápsula, siendo reabsorbido el grano.

Existen otras enfermedades no causadas por agentes bióticos las cuales se denominan desórdenes fisiológicos, y son causadas por agentes abióticos entre ellas están las bajas temperaturas que se presentan durante el desarrollo vegetativo del amaranto, las cuales son un factor muy importante para la producción, sobre todo en el área andina, siendo la fase fenológica de floración y panoja las más sensibles; cuando las temperaturas descienden a 4°C se afecta no sólo el crecimiento del amaranto, si no que puede causar daño mecánico en el cultivo como consecuencia del congelamiento, trayendo como

resultado muchas veces la pérdida completa de la producción. Por ello el límite de altitud de este cultivo no sobrepasa los 3300 msnm, sin que se tenga riesgo de daño por heladas. La fase fenológica que mejor tolera a las bajas temperaturas es la ramificación, cuando la helada le afecta en formación de la inflorescencia se produce el "Colgado de la panoja" dañando la parte basal de la panoja y no la inflorescencia en si y como consecuencia la planta crece decumbente si es que logra recuperarse; en el caso de afectar en floración, causa esterilidad de la planta por dañar los estambres y órganos florales; durante el periodo de llenado del grano la helada causa el chupado de las semillas y la producción de granos vacíos o vanos.

La presencia de plagas, particularmente insectos, en el amaranto es muy común, los más frecuentes en el cultivo aparecen en el (Cuadro 9). También otros animales pueden atacar al cultivo, como las liebres, las tuzas y algunos pájaros.



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

**Cuadro 9.** Principales Plagas que atacan al amaranto

Plagas claves

Nombre científico	Nombre común
<i>Eurisacca melanocampta</i>	Polilla de la hoja
<i>Pseudoplusia includens</i>	Falso medidor
<i>Spodoptera eridania</i>	Caballada o gusano ejército
<i>Herpetograma bipunctalis</i>	Polilla de la kiwicha
<i>Spoladea recurvalis</i>	Oruga de hojas e inflorescencias
<i>Heliothis titicacae</i>	Perforador de inflorescencias
<i>Peridroma spp, Agrotis spp</i>	Gusanos cortadores
<i>Mythimna unipunctata</i>	Comedor de hojas
<i>Diabrotica speciosa</i>	Escarabajo de la hoja
<i>Aphis spp, Myzus persicae</i>	Pulgones
<i>Schistocerca peceifrons</i>	Langosta
<i>Calligrapha curvilinea</i>	Escarabajo de inflorescencia
<i>Lygus lineolaris</i> Palisot de Beauvois	Chinche
<i>Contrachelus seniculus</i> Le Conte	Gorgojo
<i>Epicauta pennsylvanica</i> De Geer	Pilme
<i>Hypolixus truncatulus</i>	Barrilito

#### 2.1.8. 4. Floración, madurez fisiológica y madurez comercial

Murray (1940) ha publicado que las especies de amaranto *A. hypochondriacus* y *A. cruentus* son monoicas, la estructura de la panícula es más fácil de estudiar en el centro de la misma donde los glomérulos no son tan densos como en la parte superior; la floración empieza de 8 a 10 días después del inicio de la formación de la panícula, en la parte central de los racimos centrales; en un día abren de tres a seis flores masculinas en cada racimo, en los días siguientes la floración avanza hacia arriba y hacia abajo del racimo y a los racimos vecinos. En unos días se observan flores abiertas en casi todos los racimos principales de la panícula, por eso se puede pensar que en el amaranto empieza la floración en toda la longitud de la panícula simultáneamente. Cuando la floración alcanza tres cuartas partes del racimo principal, empieza la floración de los racimos secundarios, la flor masculina empieza a abrirse en la madrugada, en ese tiempo las anteras (5 rara vez 6), están unidas y fácilmente pueden ser eliminadas de la inflorescencia, especialmente si la panícula preliminarmente fue podada con tijeras (se elimina la parte superior de cada racimo y los racimos secundarios). La emasculación prácticamente es imposible en plantas desarrolladas en condiciones favorables, por la abundancia de racimos, pero es posible en invernadero.

Sauer (1950) menciona que cuando la temperatura del aire sube de 18 a 20 °C y la humedad relativa baja a 70% empiezan a crecer los filamentos, las anteras se separan y en unos minutos se abren los sacos polínicos expulsando



su polen como una ligera nube a los pistilos que son invisibles, pero receptivos antes de la floración masculina.

Alejandre y Gómez, (1986) han encontrado que la polinización dura menos de 20 minutos para todo un campo de amaranto, las flores femeninas del mismo glomérulo se polinizan con el polen de su flor masculina o con el de las otras cercanas de la misma panícula. El polen de las plantas vecinas tiene menos posibilidades, por eso el amaranto se considera como una planta predominantemente autogama con poca frecuencia de polinización cruzada. El amaranto es una de las especies que no detienen su crecimiento con el inicio de la floración, la planta en floración sigue creciendo aumentando su altura, grosor del tallo y longitud de los racimos, el crecimiento termina cuando termina la floración en los ápices de los racimos, en condiciones favorables la floración puede durar muchos días.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

#### 1 ) Fases fonológicas del amaranto

##### a) Emergencia

Es la fase en la cual las plántulas emergen del suelo y muestran sus dos cotiledones extendidos y en el surco se observa por lo menos un 50% de población en este estado. Todas las hojas verdaderas sobre los cotiledones tienen un tamaño menor a 2 cm de largo. Este estado puede durar de 8 a 21 días dependiendo de las condiciones agro climáticas.

## b) Fase vegetativa

La fase vegetativa está indicada por el número de nudos en el tallo principal donde las hojas se encuentran expandidas formando los entrenudos los cuales tienen por lo menos 2 cm de largo. El primer nudo corresponde al estado  $V_1$  el segundo es  $V_2$  y así sucesivamente. A medida que las hojas basales senescen la cicatriz dejada en el tallo principal se utiliza para considerar el nudo que corresponda.

## c) Fase reproductiva

La fase reproductiva se inicia con la aparición de las yemas reproductivas apicales que darán origen a la inflorescencia constituida por una panícula la cual, el período desde su inicio hasta madurez de la semilla, se identifica como la fase reproductiva, existiendo más etapas las cuales se dan a continuación.

### C.1) Inicio de panícula

El ápice de la inflorescencia es visible en el extremo del tallo. Este estado se observa entre 50 y 70 días después de siembra.

### C.2) Término de panícula

La panícula puede tener desde 5 hasta 50 cm de largo. Si la antesis ya ha comenzado cuando se ha alcanzado esta etapa, la planta debiera ser clasificada en la etapa siguiente.

0135235

### C.3) Antesis

Al menos una flor se encuentra abierta mostrando los estambres separados y el estigma completamente visible. La floración debe observarse a medio día ya que en horas de la mañana y al atardecer las flores se encuentran cerradas, durante esta etapa la planta comienza a eliminar las hojas inferiores más viejas y de menor eficiencia fotosintética.

### C.4) Llenado de granos

La antesis se ha completado en al menos el 95% del eje central de la panoja.

### C.5) Grano lechoso

Las semillas al ser presionadas entre los dedos, dejan salir un líquido lechoso.

### C.6) Grano pastoso

Las semillas al ser presionadas entre los dedos presentan una consistencia pastosa de color blanquecino.

### C.7) Madurez fisiológica

Un criterio definitivo para determinar madurez fisiológica aún no ha sido establecido; pero el cambio de color de la panícula es el indicador más utilizado. En panículas verdes, éstas cambian de color verde a un color oro y en panojas rojas cambian de color rojo a café-rojizo. Además las semillas son duras y no es posible partirlas con la uña. En este estado al sacudir la panoja las semillas ya maduras pueden caer.

## C 8) Madurez de cosecha

Las hojas senescen y caen, la planta tiene un aspecto seco de color café. Generalmente se espera que caiga una helada de Otoño para que disminuya la humedad de la semilla.

### **2.1.8. 5. Cosecha, humedad de la semilla, métodos tradicionales y modernos de cosecha**

En las partes altas de 1500 msnm o más, al norte de México las siembras experimentales de temporal del amaranto se hacen en junio para ser cosechado en octubre y en riego desde el mes de abril hasta junio. Las plantas emiten floración después de los dos meses de siembra; la cosecha se realiza aproximadamente tres meses después de la floración o de los 5 a 7 meses después de la siembra, dependiendo de los cultivares, el manejo y la localidad; la cosecha manual se efectúa cuando las plantas hayan alcanzado la madurez fisiológica para evitar la pérdida de semilla por dehiscencia. La cosecha manual tiene cinco fases: corte o siega, formación de parvas, trilla o azotado, limpieza y venteo, secado y almacenamiento (Alejandre y Gómez, 1986).

Una característica que indica que la planta ha llegado al estado de cosecha, es cuando las hojas se ponen amarillentas y el tallo adquiere tonalidades negras. La cosecha se lleva a cabo durante los meses de octubre y noviembre.

Trinidad *et al.*, (1990) han descrito que la cosecha de las plantas de amaranto se hace segando las plantas con una hoz, a unos 15 cm sobre la superficie del suelo. Si la panoja está seca, se trilla el mismo día, aunque en la mayoría de los casos, segadas las plantas se acomodan en gavillas sobre los surcos, dejándolas secar. Generalmente la semilla de la panoja no está totalmente seca, mientras los granos de la parte inferior están en estado lechoso, los de la parte superior ya empiezan a desprenderse.

Early (1986) señala que una vez secas las semillas son separadas del tallo golpeándolas, en un tamiz, el cual los campesinos le llaman harrero y está hecho de una tela burda llamada ayate elaborada con fibras de henequén o de plástico o también utilizan un tamiz de malla de alambre. El ayate es tendido entre cuatro postes enterrados en el suelo, después del tamizado inicial, una segunda limpieza se realiza usando una malla más fina. Abajo de la malla se coloca una manta para juntar la semilla.

- a El corte o siega se realiza utilizando hoces o guadañas y cuando las plantas alcanzan la madurez fisiológica, se corta a 20 cm del suelo y se va colocando en gavillas pequeñas como para ser trasladadas después a un lugar definitivo, donde completarán su madurez y perderán humedad; ésta operación se efectúa preferentemente en horas de la mañana para evitar el desgrane. Se tiene algunas experiencias exitosas utilizando cosechadoras combinadas, las que efectúan el corte y trilla en el propio

campo y al mismo tiempo; ésta se facilita en campos uniformes y que las plantas no presenten panículas decumbentes.

b. Formación de parvas; una vez cortadas las plantas se forman parvas colocando todas las panojas en un mismo sentido y formando montículos, con la finalidad de que pierdan humedad, lo suficiente como para ser trilladas, de ésta manera también se podrán proteger de las eventuales lluvias que pudieran caer, las parvas permanecen de 10 a 15 días, debiendo controlarse posibles calentamientos sobre todo cuando se cosechan plantas con mucha humedad.

c. Trilla o azotado, se realiza cuando las plantas están totalmente secas y por ende el grano se puede desprender fácilmente, para ello se extienden lonas en el suelo, luego se colocan las panojas formando gavillas en sentido opuesto y unos sobre otros para luego golpearlas o

---

azotarlas con palos o lazos hasta desprender el grano de la panícula.

d. Limpieza y venteo, se realiza una vez desprendidas las semillas que quedan juntamente con las fracciones de inflorescencias, ramas, tallos, hojas etc., se procede a separar los granos de la broza aprovechando las corrientes de aire, y luego utilizando tamices o cernidores preparados especialmente para este tipo de grano, se obtiene la semilla limpia y se procede al secado y almacenamiento, lo cual se efectúa una vez que se tiene el grano limpio, el cual se debe secar al sol hasta que pierda la humedad y llegue a un 12%, para ello es necesario extender el grano al

sol durante un día, en caso contrario se producen fermentaciones y amarillamiento disminuyendo su valor comercial. El almacenamiento debe efectuarse en lugares ventilados y secos, de preferencia envasar en costales de yute o tela evitando usar los de plástico o polipropileno, sobre todo si se va a destinar la semilla a ser utilizada en la siguiente siembra.

El secado industrial del grano industrial se lleva a cabo con secadores comerciales, los cuales están integrados con quemadores, limpiadores y separadores para remover el material extraño que equivale al 5% del material de campo, se recomienda que el almacenamiento del grano sea en sacos de papel kraft con una capacidad de 60 libras (Nu-World *Amaranth* Inc. 1998).

Fitterer *et al.*, (1996) indican que para la cosecha se puede usar una máquina combinada como las que se usan para limpiar semilla de trébol y alfalfa. El amaranto debe ser cosechado después de la primera helada para reducir pérdidas por rendimiento y maximizar la germinación de la semilla, la cosecha antes de la primera helada no es recomendable debido a que la planta tiene demasiada humedad y incrementa los costos de secado. La cosecha mecánica tiene como inconveniente que tiene una pérdida de hasta un 25% del grano en comparación con la cosecha manual, así también en la germinación donde ocurre una reducción en una pérdida del 20% en la cosecha mecánica respecto a la manual. (Cuadro 10).

**Cuadro 10.** Diferencia entre la cosecha manual y con máquina combinada en el rendimiento de grano y el % de germinación de la semilla del amaranto.

Fechas de cosecha		Rendimiento de grano kg ha <sup>-1</sup>		Germinación promedio %	
1993	1994	Combinada	Manual	Combinada	Manual
Sept. 15	Oct. 14	1346	1890	58	93
Sept. 27	Oct. 20	1131	1616	74	85
Sept. 31	Nov. 1	1248	1634	68	91
Oct. 6	Nov. 7	1191	1640	65	82

Fuente: Fitterer *et al.*, (1996)



### 2.1.8.6. Ventajas y desventajas del cultivo del amaranto

Granados (1990) ha establecido algunas ventajas y desventajas tanto del uso de la semilla del amaranto en la alimentación humana y animal como del manejo del cultivo.

#### a) Ventajas

1. Es importante por su balance proteico, se acerca mucho a la proteína ideal.
2. Se utiliza en la alimentación humana en forma de: tortillas, atoles, pan, tamales, pasteles, dulces, alimentos para bebé, etc.
3. Las hojas se pueden consumir como verdura.
4. Es un cultivo que tiene gran productividad, 1 planta produce de 16.6 a 71.5 gr. (50,000 plantas ha<sup>-1</sup> se obtienen 2,000 kg ha<sup>-1</sup>).
5. Es un cultivo de temporal y de riego.
6. El destino de la producción puede ser para el mercado y autoconsumo.
7. La planta sirve como forraje en la explotación de conejos, cerdos, aves y para el sostenimiento de vacunos y otros.
8. La paja se utiliza en la elaboración de concentrados para el ganado.
9. La semilla puede ser almacenada hasta por cinco años sin que sea atacada por plagas y enfermedades.

## b) Desventajas

- 1) Frecuentemente existe un desconocimiento de las técnicas de producción de este cultivo
- 2) Faltan estudios sobre el comportamiento del rendimiento al variar los factores de la producción.
- 3) Posee un grano muy pequeño (0.073 g por 100 semillas).
- 4) Maduración desigual de la panícula la cual presenta un alto porcentaje de frutos dehiscentes.
- 5) No existe uniformidad genética.
- 6) Carencia de herbicidas selectivos para combatir las arvenses en el cultivo.
- 7) Falta de implementos especificados para siembra y trilla.
- 8) Falta difusión de su valor nutritivo y formas de aprovechamiento.
- 9) El precio de mercado se mantiene casi igual, debido a la concentración del producto en pocos comerciantes.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

### 2.2. Interacción genotipo x ambiente en amaranto

Espitia (1991b) ha considerado que antes de comenzar un programa de mejoramiento en cualquier cultivo y en especial en el amaranto, es necesario tener información que permita conocer las características heredables, con cuya ayuda se podrá seleccionar los métodos de mejoramiento más adecuados, así como los criterios de selección a emplearse, siendo necesario conocer la asociación genética que tenga el rendimiento y sus principales componentes y con ellos determinar que caracteres serían los más adecuados para efectuar la selección indirecta. Para encontrar los componentes del rendimiento se

determinan parámetros genéticos con los que se estimará las correlaciones genéticas y fenotípicas; estas correlaciones se estiman como el cociente de los componentes de covarianza genética y fenotípica así como la media geométrica de los componentes de varianza respectivamente. Al respecto, Espitia (1986b), determinó que las variables: días a floración, altura de planta a floración, número de hojas, diámetro del tallo, altura de planta a madurez fisiológica, longitud de inflorescencia, materia seca foliar, materia seca del tallo, materia seca de la semilla, materia seca total, índice de cosecha, peso hectolitrico, tasa del rendimiento económico, tasa de rendimiento biológico, relación semilla/paja, e índice de llenado de las semillas presentaron correlación genética positiva altamente significativa con el rendimiento; esto significa que la expresión de estos caracteres es gobernada por un mismo complejo de genes y si se desea mejorar el rendimiento indirectamente, se deberá escoger plantas con mayor expresión de las características señaladas.

## UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

Las variables ancho de la hoja media, longitud del peciolo, materia seca de la hoja media, área de la hoja media y periodo de llenado de las semillas mostraron correlaciones significativas y asociación negativa con el rendimiento, lo que indica que cuando se seleccione por dichos caracteres se irá disminuyendo el rendimiento; por lo tanto si se quiere mejorar el rendimiento por estos caracteres, se deberán seleccionar plantas que presenten baja expresión de los mismos. De los principales caracteres asociados al rendimiento, días a floración, número de hojas, diámetro del tallo, altura de planta a madurez fisiológica, tasa del rendimiento económico, e índice de llenado de las semillas

son de fácil medición por lo que para efectuar la selección indirecta para rendimiento de grano resultaría más práctico utilizar dichos parámetros.

### 2.2.1. Ambientes y rendimiento

La estabilidad del rendimiento ha sido definida como la habilidad de los genotipos para resistir a los cambios del medio ambiente y mantener una menor interacción con este, llamado también amortiguamiento o estabilidad. La interacción del genotipo con el ambiente es de mucha importancia para el fitomejorador en la formación y desarrollo de variedades mejoradas de amaranto, puesto que al ser sembradas en ambientes diferentes su comportamiento y rendimiento varía. Eberhart y Russell (1964) han propuesto que para determinar la estabilidad del rendimiento, se calculen los coeficientes de regresión ( $b_i$ ), las desviaciones de regresión ( $S^2_{di}$ ) y el promedio de rendimiento en diferentes ambientes, de tal forma que cuando un genotipo

interacciona con el ambiente su coeficiente de regresión es diferente a uno;

denominándose variedad estable aquella que tiene un coeficiente de regresión estadísticamente igual a uno y una desviación de regresión igual a cero,

considerando como variedad deseable aquella que además de tener los parámetros indicados anteriormente, tenga un rendimiento promedio alto. En

base a este procedimiento se ha determinado que el amaranto, tiende a ser una planta con alta estabilidad del rendimiento, ya que su plasticidad le permite

modificar su fenología y estructura al ser sometida a diferentes ambientes para conservar la expresión de su potencial de rendimiento económico y biológico

(Espitia *et al.*, 1991).

### 2.2.2. Precipitación

Se menciona que el amaranto produce grano incluso en regiones con precipitaciones anuales de 400 mm (Reyna, 1990), sin embargo el rendimiento depende de su distribución durante su crecimiento y de las condiciones físicas del suelo. En un ensayo de rendimiento en suelos de 10 cm de profundidad y en tepetate, se encontraron rendimientos bajos en este último tipo de suelos a pesar de haberse registrado en el ciclo de crecimiento 473 mm de lluvia influido por la capacidad de retención de humedad del suelo, asimismo, la lluvia ocurrida durante el periodo de crecimiento reproductivo, influyó en la expresión del rendimiento, aunque no se ha encontrado una relación lineal entre ambas variables (Bárrales y López, 1992).

Reyna (1990) menciona que el amaranto soporta la sequía intraestival aunque esta sobrepase el 30% y Alejandre y Gómez (1986) afirman que el cultivo del amaranto requiere poca agua y tiene gran capacidad de resistencia a la sequía.

### 2.2.3. Foto período

De la Cruz y Guadarrama, (1996) mencionan que la menor producción de área foliar en combinación con valores bajos de contenido relativo de agua y potencial hídrico en el tejido y un aumento en transpiración afectó la eficiencia de la fotosíntesis del amaranto manifestándose con una menor producción de materia seca.

Alejandre y Gómez, (1986) indican que el amaranto se reconoce en general como de foto periodo corto lo que parece confirmarse con los amarantos precoces en los que se observó un retraso en emergencia de panícula en Chapingo, Méx., conforme se retrasa la fecha de siembra y se coincide con un fotoperiodo mas largo. En la época de lluvias la presencia de nubosidad reduce la intensidad de radiación solar, sometiendo al amaranto a condiciones desfavorables para su desarrollo, lo que induce un hábito de crecimiento indeterminado, que se observa como un crecimiento de pequeñas hojas en lugar de la formación de grano.

### **2.3. Variabilidad genética en las poblaciones de amaranto y selección**

Hauptli (1977) hace referencia en la gran variabilidad genética del amaranto la cual puede ser utilizada por el mejoramiento genético; destaca el hecho de que esta planta sigue en su proceso fotosintético la ruta de fijación C<sub>4</sub>.

---

lo que permite tener un alto potencial de producción de grano y biomasa.

Asimismo la buena proporción de proteína en las hojas y semillas, así como de nitratos en la savia vacuolar, indican una eficiente asimilación de nitrógeno; el tamaño pequeño y poco peso de la semilla (0.5 a 0.9 mg), tienen la ventaja de que solo una pequeña parte de semilla deberá guardarse para la siembra, todo lo cual puede ser explotado por el mejoramiento genético para formar nuevas variedades más productivas que las actuales.

### 2.3.1. Tipo de polinización

Sauer (1950) señala que el amaranto ha despertado gran interés en la comunidad científica debido a su amplia difusión en diversos países del mundo. Aparentemente, existe una amplia habilidad para una libre hibridación dentro del género, sus ventajas como una herramienta para el mejoramiento genético son: que puede crecer en pequeño espacio debido a su morfología plástica y que es capaz tanto de auto polinización como de entrecruzamiento. El número de cromosomas diploides que se han reportado han sido 32 ó 34. Se han reportado cruza inter específicas dentro del genero *Amaranthus* (Grant, 1959), donde en algunos casos los híbridos de la  $F_1$  son estériles (Sauer, 1957) aunque se han también obtenido  $F_1$  androfértiles y poblaciones  $F_2$  (Pal y Khosoo, 1972).

Grant (1959) señala que la hibridación ínter específica que ocurre naturalmente dentro del género es uno de los factores principales que ha causado la variación dentro de especies y la complejidad taxonómica de *Amaranthus*.

Misra y Okoso (1971) reportaron que la poliploidía no afecta adversamente al espectro de aminoácidos en las semillas.

Algunos experimentos con híbridos han mostrado heterosis, pero son parcialmente estériles, en *Amaranthus caudatus* y *Amaranthus hypochondriacus* (Murray, 1940, Grant, 1959),

Murray (1940) señala que las especies monoicas de amaranto son autopolinizables, aunque el estigma de las flores pistiladas está receptivo por varios días anteriores a la apertura de las flores estaminadas. Las flores pequeñas y su agrupamiento muy denso en las especies monoicas hacen de la emasculación una operación extremadamente difícil. El método más satisfactorio de hacer cruza es, por lo tanto, polinizar masivamente tan pronto como los estigmas estén receptivos y remover las flores estaminadas a mano, aun así, se reporta de un 5 a 25 % de auto polinización.

Pal y Khoshoo (1973) discutieron el papel de la hibridación en la evolución del amaranto, debido a la baja fertilidad de sus híbridos experimentales, no obstante que pocos de sus híbridos fueron totalmente estériles y en particular las combinaciones que incluyeron a *Amaranthus cruentus*.

Pal y Khoshoo (1973) sugieren que la esterilidad en híbridos de amaranto es debido más bien a pequeñas diferencias estructurales y también a una falta de armonía génica, haciendo que la índole de cualquier incompatibilidad que exista sea más sutil y compleja.

Feine (1979) menciona que las especies de amaranto usadas comúnmente como fuente de grano y hortalizas son monoicas, esto causa problemas para el fitomejorador y ha inducido a la investigación sobre el uso de especies dioicas.



Connor *et al.*, (1980) concluyó en su trabajo que las plantas de semilla negra pueden representar una forma transicional entre el cultivo y su progenitor de maleza, producto de selección independiente de la forma especial de *Amaranthus hybridus*, resultado de hibridación introgresiva entre el cultivo y la maleza emparentada

Reyes (2001) menciona que la plasticidad en el amaranto es un mecanismo que favorece a las especies ante condiciones heterogéneas, lo que hace que el amaranto responda positivamente a la selección natural, definida como la preservación de las variaciones útiles y la eliminación de las nocivas; en términos generales es la descendencia con modificaciones adaptativas.

Weber (1987) ha publicado que la producción de semilla de Amaranto requiere diferentes tipos de manejo, el amaranto es predominantemente de auto polinización con ciertos grados de entrecruzamiento, para prevenir la cruza entre variedades el amaranto necesita sembrarse aislado de otras variedades de la misma especie que puede ser estableciendo líneas de maíz entre líneas de amaranto para minimizar el movimiento de polen entre líneas.

Por otra parte la semilla cosechada de cruza entre plantas del cultivo con especies de amaranto silvestres van a producir híbridos cultivo x malezas y lo que reduce considerablemente su rendimiento, por lo que deben eliminarse estas malezas.

### 2.3.2. Métodos de selección

Los métodos de selección estarán en función del tipo de polinización y características de la flor; la polinización cruzada en el amaranto alcanza hasta el 10% en la mayoría de los cultivares, variando con los diferentes ambientes y dependiendo fundamentalmente de las especies y cultivares. En la generalidad de los casos los agricultores no distancian ni separan sus siembras, ocurriendo una libre polinización y autofecundación; sin embargo, en siembras comerciales más avanzadas y semilleros unas poblaciones se aíslan de otras para obtener semilla más pura genéticamente, eliminando las plantas de tipo silvestres, llamadas bledos y las atípicas antes de la floración, para evitar contaminación de polen y presencia de semillas oscuras que bajan fuertemente el precio y calidad del producto en el mercado. Debido a la biología reproductiva del amaranto, los métodos de mejoramiento a utilizarse en la generalidad de los casos, son similares a las plantas autógamas; sin embargo dada la amplia variabilidad genética y predominancia de la varianza aditiva, se debe agotar en primera instancia la selección y una vez acumulados los caracteres aditivos, utilizar la hibridación.

Los objetivos del mejoramiento están centrados por un lado a adaptar a los requerimientos de la agricultura moderna y procesos de transformación, entre estos tienen alto rendimiento, corto período vegetativo, grano grande, con resistencia a factores bióticos (plagas y enfermedades) y abióticos (sequía, heladas y salinidad), alta proteína, maduración uniforme, indehiscencia de granos, plantas de tamaño reducido y uniforme, inflorescencia erecta, panoja

única terminal y glomérulos concentrados, los métodos de mejoramiento utilizados por los mejoradores del amaranto en la zona andina y otras latitudes están centrados a la selección masal, selección individual (panícula por surco) y recientemente a la hibridación seguida de la selección..

### **2.3. 2. 1. Selección masal**

Es un método que se puede usar para purificar una variedad o ecotipo local, mediante la eliminación de genotipos no deseados, este método con incorporación de algunas modificaciones como estratificación y competencia completa consiste en lo siguiente:

a) Se escoge un cultivar o variedad sobresaliente que generalmente resulta de un comparativo de variedades en una determinada localidad Ej. Oscar Blanco (Perú), Revancha (México).

b) Se siembra un lote de selección masal de dos mil metros cuadrados aislada de otros cultivos mínimo 50 m o aislada en el tiempo un mes; de tal manera que se tenga 50 surcos de 0.80 m y un largo de surco de 50 m.

c) Se dejan plantas espaciadas 10 cm entre ellas (10 plantas por metro lineal)

d) Antes de la selección se estratifica el campo en sublotes de 10 surcos por 5 metros de largo, de tal manera que se tengan 50 sublotes en todo el campo.

- e) En cada subote se selecciona a las mejores 20 plantas con competencia completa (2 plantas por surco) por las características agronómicas deseadas (tamaño planta, precocidad, rendimiento, ausencia de ataque de plagas y enfermedades, etc.); visualmente o mediante el pesado de la semilla teniendo en total 1000 panojas selectas.
- f) Se mezclan las semillas de las 1000 plantas seleccionadas; se tamizan las semillas de tal manera que se eliminen las pequeñas e inmaduras y se tiene la semilla del primer ciclo de selección masal (SM1).
- g) Paralelamente se siembra la variedad original y la semilla del primer ciclo de selección masal (SM1) para comparar y medir el avance genético de la selección.

Las semillas tamizadas resultantes del primer ciclo de selección masal (SM1) se siembran en el lote de selección masal para obtener por el mismo procedimiento las semillas del segundo ciclo de selección masal (SM2) y se vuelve a sembrar la variedad original, SM1 y SM2 para comparar y medir el avance genético por selección.

Se continúa con este mismo procedimiento por varias generaciones hasta que el avance genético no sea significativo, obteniendo de esta manera una nueva variedad considerablemente homogénea, pero debido al porcentaje de cruzamiento que tiene el amaranto, aún se podrá observar variación en la

población de la nueva variedad debido a la amplia base genética que en buena medida se mantiene.

### **2.3.2.2. Selección individual (panícula por surco)**

Este método permite aprovechar la gran variabilidad presente en el amaranto criollo sembrado en las parcelas de los agricultores o existente en las colecciones de germoplasma. El método de panícula por surco consiste en identificar dentro de una población fenotípicamente variable aquellas plantas superiores para el ó los caracteres de interés, para luego cosechar cada planta por separado y sembrar cada una en un surco, con lo cual se tendrán tantos surcos como plantas seleccionadas se hayan cosechado. Se procede a efectuar selección entre surcos y dentro de ellos para cosechar por separado plantas seleccionadas, con las cuales se continua sucesivamente hasta tener surcos con progenies fenotípicamente uniformes y manifestando los caracteres por los que fueron seleccionadas las plantas que los originaron. Las progenies mas sobresalientes se cosechan por separado para constituir con cada una de ellas líneas experimentales, o bien las mas sobresalientes y fenotípicamente semejantes, se cosechan y se mezclan mecánicamente para formar una nueva población mejorada, ya sean las líneas o la población mejorada, se someten a ensayos experimentales en localidades para seleccionar finalmente las mejores que puedan ser liberadas como nuevas variedades. Eventualmente el método puede acompañarse con la autofecundación de las plantas previamente a la selección lo que permitirá obtener líneas puras después de cuatro o cinco generaciones de autofecundación y selección. Este método debe ser conducido

llevando un registro de la variedad criolla ó población de partida y la integración de una genealogía para cada progenie, lo que permitirá tener la historia de selección de cada línea pura experimental resultante. Es equivalente al método genealógico o de pedigrí, con la diferencia que en este último se parte de un cruzamiento, la obtención de una F1 y el inicio de la selección individual en F2; en tanto que en este caso se parte de una población genotípicamente variable la cual puede ser una variedad criolla de un agricultor ó una colecta existente en un banco de germoplasma (Márquez , 1990; Valdés, 1984).

Para incrementar la respuesta a la selección de las metodologías convencionales de mejoramiento, Espitia (1986 b) plantea identificar caracteres asociados al rendimiento de grano del amaranto con los que se pueden construir índices de selección, partiendo de la premisa de que algunos caracteres de la planta y de la panícula tienen mayor heredabilidad que el rendimiento y que se encuentran positivamente correlacionados con este y entre sí y por ello, pueden utilizarse para construir tres índices de selección con los que se pueden identificar las plantas superiores, incrementando la eficiencia del método de selección comparativamente con la selección por rendimiento de semilla únicamente.

### **2.3. 2. 3. Cruzamiento y selección**

El cruzamiento entre dos progenitores (plantas individuales, líneas puras ó poblaciones) también ha sido llamado hibridación y ha sido utilizado para obtener poblaciones F1 las cuales al llevarse a F2 presentan variabilidad en la

cual se aprecian plantas que recombinan caracteres que se encontraban separados en los progenitores, los cuales en esta generación ó en posteriores generaciones de autofecundación, (F3, F4, F5, etc) son fenotípicamente seleccionadas para formar así nuevas líneas puras, las cuales de presentar un buen comportamiento agronómico, eventualmente podrán liberarse como nuevas variedades.

De acuerdo a como se manejan y seleccionan plantas dentro de las poblaciones que se obtienen después de un cruzamiento, se tienen dos métodos de selección: cruzamientos masivos y selección individual y cruzamiento con selección genealógica.

#### **a) Cruzamientos masivos y selección individual**

Mújica (1992) indica que este método consiste en cruzar dos progenitores debidamente seleccionados y que posean las características que se desean juntar en una sola población. La semilla F1 proveniente de la cruce se siembra en una parcela debidamente espaciada y grande para obtener la generación F2, la semilla proveniente de la F2 se siembra en forma masiva hasta llegar a la generación F6, a partir de la cual se seleccionan plantas individuales que posean las características combinadas que se encontraban separadas en los progenitores; luego se siembran las plantas seleccionadas a panícula por surco, seguidamente por selección entre familias de panículas por surco y de plantas dentro de las familias seleccionadas, se aumenta la semilla de las líneas seleccionadas y las sobresalientes se lanzan como variedades; como la

homocigosis aumenta en cada generación de autofecundación en la F6 gran parte de las plantas seleccionadas serán homocigotos para un gran número de caracteres y en siembra a panícula por surco, sus progenies serán considerablemente uniformes , de tal manera que las progenies uniformes y sobresalientes son cosechadas en masa cada una por separado para tener tantas líneas seleccionadas como progenies uniformes y superiores se hayan cosechado.

#### **b) Cruzamiento con selección genealógica**

Mújica (1992), menciona que el método consiste en cruzar dos progenitores con caracteres que se desean juntar en una nueva línea pura, la F1 se siembra en una parcela suficientemente grande para obtener una F2 la más numerosa posible y poder encontrar los caracteres fenotípicos de los padres. En la F2 se seleccionan plantas individuales sobresalientes que muestren integrados los caracteres fenotípicos que se encontraban separados en los progenitores, lo cual es el objetivo del cruzamiento. Las plantas individuales seleccionadas se siembran en panícula por surco para obtener la F3, en esta generación se selecciona entre líneas F3 y las mejores plantas dentro de líneas seleccionadas, es decir se eliminan todas las líneas que no reúnen las características buscadas y dentro de las líneas seleccionadas, se seleccionan las plantas superiores las cuales se cosechan por separado para luego sembrarlas a panícula por surco, de tal manera que se tengan líneas que provienen de una planta; las cuales deben ser debidamente identificadas. En la F4 se efectúa la selección entre y dentro de familias F4 y se continúa en forma



similar en la F5. En la F6 muchas de las líneas serán muy uniformes y se seleccionan las mejores las que se cosechan en masa por separado para posteriormente efectuar ensayos con las líneas seleccionadas en años y localidades y aquellas con mejor comportamiento agronómico, incrementar su semilla y liberarlas como nuevas variedades.

### **2.3. 3. Conservación de las poblaciones mejoradas de amaranto**

Sumar (1986) menciona que la producción de la semilla de las variedades mejoradas es de suma importancia en los sistemas de producción del amaranto, puesto que a mayor calidad genética de la semilla se obtienen mayores rendimientos. Los lotes de producción de semilla básica deben ser sembrados en campos donde anteriormente no se haya cultivado recientemente amaranto, puesto que siempre queda en el suelo semilla del cultivo anterior lo que puede ocasionar mezclas con la variedad a conservar. Estos lotes de producción de semilla básica deben estar aislados de otros campos de amaranto tanto en distancia como en el tiempo, para evitar cruzamientos no deseados, recomendándose distancias mínimas de 100 m de otros cultivos de amaranto puesto que a pesar del bajo porcentaje de polinización cruzada, se ha observado contaminaciones con polen no deseado; en el tiempo se recomienda un mes de diferencia en la época de siembra, debido a que en el mismo campo ocurre germinación y emergencia retardada de algunas semillas, posiblemente por la diferente profundidad de siembra.

La tecnología de cultivo para el lote de producción de semilla básica difiere de una siembra comercial no sólo en las labores culturales sino también en la fertilización y controles fitosanitarios; siendo necesaria la eliminación de plantas atípicas a la variedad sembrada recomendándose la siguiente tecnología: La semilla para la siembra del lote de producción de semilla básica deberá provenir de una selección masal de panículas o de las parcelas de incremento que hayan sido sembradas en la estación experimental o campos debidamente autorizados, con las respectivas inspecciones sanitarias por lo menos en tres fases fenológicas, luego cosechadas en completa madurez y siendo tamizadas para eliminar las semillas vanas y mal formadas.

La siembra se deberá efectuar en la época más adecuada para la zona, realizando una preparación del suelo con mayor esmero, haciendo germinar previamente las malezas, mediante un riego por inundación para luego pasar una rastra y eliminar las que hayan germinado, esta labor es necesaria para un campo libre de malezas; seguidamente se efectuará el surcado a un distanciamiento de 0.80 m entre surcos, los cuales deberán ser muy superficiales. La fertilización se realizará con la fórmula recomendada para la zona, utilizando la tercera parte de la fertilización nitrogenada y todo el fósforo y potasio a la siembra, las otras partes del nitrógeno se utilizarán tanto al aporque como al inicio de floración para evitar pérdida de elementos nutritivos ya sea por percolación o por volatilización.

A la ramificación se efectuará la primera eliminación de plantas atípicas, plantas silvestres y de otras variedades si las hubiera, asimismo se eliminarán las malezas aún restantes en los surcos donde se encuentran las plantas de amaranto. Otra labor importante es el raleo ó deshaje que consiste en eliminar las plantas más débiles y dejar las mas vigorosas hasta obtener una población aproximada de 10 plantas por metro lineal; en seguida se efectúa la fertilización complementaria y aporque. La segunda eliminación de plantas atípicas o roguing se efectúa antes de la floración y una tercera al momento del llenado del grano o cambio de coloración de las plantas, para finalmente antes de la cosecha eliminar todas las plantas atípicas restantes o sospechosas de pertenecer a otra variedad o ser diferente a la variedad sembrada; muchas veces se debe eliminar plantas deformes o que presenten algún síntoma de ataque fuerte de plagas o enfermedades. Con lo anterior se asegura que las plantas a cosechar sean lo mas uniformes posible y que su progenie también lo sea.

## DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

El grano una vez trillado deberá secarse hasta obtener una humedad máxima de 12%, evitando fermentaciones, amarillamiento o pudrición de la semilla, con la consecuente pérdida de la germinación y viabilidad. Una vez que el grano se haya secado por completo se procederá a la selección, tamizado y eliminación de impurezas (residuos de cosecha, piedras, tierra y semillas de malezas). Finalmente se efectuarán los análisis respectivos de % de germinación y % impurezas, para anotarse en una etiqueta que se pegara a

cada saco la cual además deberá tener el año agrícola, localidad de producción y número del lote de beneficio.

Cuando se obtiene una nueva variedad esta proviene de selecciones efectuadas durante varios ciclos de selección de acuerdo al método utilizado, considerando de 5 a 6 años los necesarios para obtener una nueva variedad con amplia base genética y que pueda reunir las características deseadas por los productores y los consumidores (Sumar, 1986).

#### **2.4. Objetivos particulares**

Considerando los antecedentes mencionados, el presente trabajo ha establecido como objetivos particulares los siguientes:

1. Explorar agronómicamente germoplasma de *A. hypochondriacus* y *A.*

*cruentus* para producción de grano con el fin de identificar aquellos

genotipos que tengan alto potencial de rendimiento de grano, de forraje y

una altura apropiada para cosecha mecánica, bajo las condiciones de

temporal y de riego en las regiones del Valle del Guadiana, Durango y

de Marín N. L.

2) Caracterizar agronómica y preliminarmente los genotipos que se

identifiquen como susceptibles de sembrarse y ser aprovechados en el

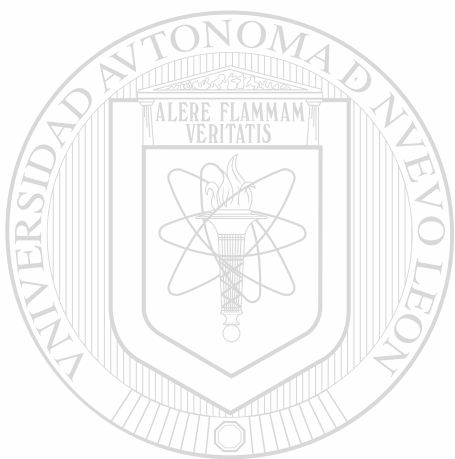
Valle del Guadiana y Marín N. L.

- 3) Explorar durante el proceso de evaluación de los genotipos, los niveles de densidades de población que permitan un buen rendimiento de grano y forraje.
- 4) Explorar en el proceso de evaluación de genotipos de amaranto, la siembra tradicional y la de transplante.
- 5) Explorar en la cosecha el uso de desecantes foliares.

#### **2.4.1. Hipótesis asociadas a los objetivos particulares**

- 1) En el Valle del Guadiana y en Marín, N. L., al menos uno de los cinco genotipos de amaranto a evaluar, tendrá un rendimiento de grano superior con respecto al de los demás.
- 2) De acuerdo con la caracterización agronómica preliminar, se podrán identificar las diferencias entre los genotipos, que permitirán explicar las diferencias en comportamiento entre los mismos bajo las condiciones de producción en el Valle del Guadiana, Durango y Marín, N. L.
- 3) Algunas densidades de población podrán generalizarse como las que podrían utilizarse comercialmente en el Valle del Guadiana, Durango y Marín, N. L.

- 4) Las siembras de transplante y las siembras directas tanto en el Valle del Guadiana, Durango como en Marín, N. L, se espera que tengan un comportamiento diferente en cuanto al establecimiento del cultivo.
  
- 5) La cosecha tradicional puede ser mejorada mediante el uso de desecantes foliares.



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

Para conocer el comportamiento agronómico y la adaptación de cinco genotipos de amaranto (*Amaranthus spp.*), se condujeron cinco experimentos. Tres en el campo Experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, ubicado en el municipio de Marín N. L. en el ciclo agrícola de primavera – verano (PV) 2000, correspondiente al periodo de julio a diciembre, y los de otoño – invierno (OI) 2001 y 2002 correspondientes al periodo de febrero a junio. El ensayo de PV 2000 se estableció bajo punta de riego y los de OI 2001 y OI 2002 se realizaron con un riego de presiembra y dos de auxilio. Otros dos experimentos se sembraron en el Valle del Guadiana, Durango, en los ciclos agrícolas PV 2001 (junio a noviembre) y PV 2002 en terrenos del ejido Aquiles Serdán, Durango, Dgo. Se utilizó el sistema de siembra directa en ambas localidades, lo cual es diferente a como normalmente lo efectúan los productores de amaranto de los valles centrales de México, quienes utilizan el sistema de siembra de transplante, lo anterior bajo la consideración de que el transplante no sería un sistema práctico en siembras extensivas, por lo que se optó por el método de siembra directa, al cual los agricultores del norte de México están acostumbrados con otros cultivos de grano. La cosecha de los experimentos realizados en el Valle del Guadiana, Durango, se efectuó desecando la planta en forma natural en el campo y para el desgrane se empleó una máquina diseñada para tal efecto, y en el caso de los experimentos efectuados en Marín, N. L., el secado de la planta fue tanto en forma natural como mediante un desecante foliar comercial y el desgrane en forma manual, limpiando la semilla con un ventilador.

### **3.1. Localidades de estudio**

Como antes se mencionó, Marín, N. L. y el Valle del Guadiana, Durango fueron las dos localidades representativas respectivamente del noreste y norte de México, en las cuales se establecieron los experimentos, siendo estas localidades completamente contrastantes tanto en clima, como en suelo y por lo tanto en vegetación. Estas localidades se describen a continuación.

#### **3.1.1. Marín, Nuevo León**

##### **3.1.1.1. Localización y geografía**

El Campo Experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León (FAUANL) se localiza en el km. 17.5 de la carretera Zuazua-Marín, en el municipio de Marín N. L., siendo sus coordenadas geográficas de 25° 56' latitud norte y 100° 3' longitud oeste, con una altitud de 367 m. sobre el nivel del mar.

##### **3.1.1.2. Clima, suelo y vegetación.**

En el municipio de Marín N. L. se presenta un clima del tipo BS<sub>1</sub> (h)hx (e'), característico de un clima de desierto en donde la temperatura es superior a los 40° C en el verano e inferior a 0° C en el invierno, (García, 1964).

Los suelos presentes en el Campo Agrícola Experimental de la F A U A N L son de tipo calcáreo, sedimentario. La textura del suelo es arcillosa y varía con la profundidad; el horizonte C tiene un 63.3% de arcilla, el horizonte B 58.4 % y el horizonte A un 52.4 %, , mientras que, el pH de 7.9 casi no se altera con



la profundidad, teniendo valores similares para los tres horizontes. La cantidad de sales solubles se encuentra acumulada más en el horizonte B, probablemente debido a la poca lixiviación. La materia orgánica disminuye con la profundidad existiendo un 2.07% a una profundidad de 25 cm y a los 125 cm se tiene 0.1%. Similarmente los elementos N, P, K disminuyen en cantidad conforme se avanza en mayor profundidad. El tipo de suelo del área experimental se muestra en el cuadro 1A, con lo cual se puede deducir que el suelo es de baja fertilidad.

En Marín, N. L. existe una gran diversidad vegetal típica predominando el matorral xerófito crucífero característico de estos tipos de climas (García, 1964); entre las especies principalmente dominantes se encuentran, las que se presentan en el Cuadro 11.

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN<sup>®</sup>  
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

**Cuadro 11.** Especies vegetales típicas en el ecosistema del noreste de México.

Nombre común	Nombre científico
Plantas herbáceas	
Higuerilla	<i>Ricinus communis</i>
Lengua de vaca	<i>Rumex spp.</i>
Quelite	<i>Amaranthus retroflexus sp.</i>
Poleo	<i>Menta spp..</i>
Coyotillo	<i>Karwinskia humboltiana</i>
Árboles y Arbustos	
Chaparro prieto	<i>Acacia rigidula.</i>
Coma	<i>Bomelia spp..</i>
Huizache	<i>Acacia farnesiana)</i>
Ébano	<i>Pithecellobium flexicaule</i>
Mezquite	<i>Prosopis glandulosa</i>
Retama	<i>Parkinsonia aculeata</i>
Tenaza	<i>Pithecellobium spp.</i>

### 3.1.1.2.1. Temperatura y precipitación PV 2000

La temperatura máxima que se presentó en el ciclo agrícola PV 2000, fue de 38° C en el mes de agosto, con un promedio de 29 días con temperaturas superiores a los 34 °C y nula presencia de heladas, para el mes de septiembre el día seis se presentó la máxima temperatura de 43 °C con un promedio en el mes de 17 días con temperaturas superiores a los 34 ° C, existiendo un descenso en la temperatura en los meses de octubre, noviembre y diciembre con 18 días con temperaturas inferiores a 14° C (Cuadro 2A). La precipitación en este ciclo agrícola fue variable, para el mes de agosto los días 4, 14 y 15 hubo precipitaciones de 15, 16 y 14 mm para un total acumulado de 45 mm, para el mes de septiembre en los días 6, 14, 15 y 25 hubo precipitaciones de 5, 15, 20 y 5 mm de lluvia para un total acumulado en el mes de 45 mm. El mes de octubre fue un mes atípico en cuanto a la precipitación, debido a que en los días 6, 7, 9, 10, 11, 18, 19 y 20 hubo precipitaciones de 6, 122, 3, 2, 3, 4, 10 y 6 mm para un total acumulado de 156 mm de lluvia, para el mes de noviembre las precipitaciones fueron espaciadas en los días 3, 4, 18 y 30 con 6, 3, 6 y 2 mm para un total acumulado en el mes de 17 mm de precipitación. En el mes de diciembre el total acumulado fue de 17 mm, por lo que en este ciclo agrícola y en esta localidad el total de precipitación fue de 280 mm.

La nubosidad promedio en este ciclo fue de 53 días principalmente en los meses de mayor precipitación que fueron octubre y noviembre, no hubo presencia de granizo.

Las heladas normalmente se pueden presentar desde el mes de noviembre hasta el mes de marzo; sin embargo en el ciclo agrícola PV 2000 no hubo heladas pero la temperatura llegó a 0 °C en el mes de diciembre.

La evaporación total en el ciclo agrícola PV fue de 725.8 mm, no obstante, las inusuales precipitaciones en este ciclo, la precipitación total fue inferior en 445.8 mm respecto a la evaporación total.

Los vientos dominantes en la localidad de Marín, N. L., se registran con una intensidad promedio de 20 km hr<sup>-1</sup>, provenientes del sur, sureste y raramente en este ciclo agrícola de PV 2000 provinieron del norte y noreste

#### **3.1.1.2.2. Temperatura y precipitación OI 2001**

Las temperaturas en el ciclo de siembra OI 2001 fueron muy variables, en el mes de marzo se presentaron temperaturas menores a los 10° C durante 10 días, siendo el día 20 de marzo el más frío, con una temperatura de 5° C, y el día con mayor temperatura fue el 14 de marzo con 32° C. Para el mes de abril la temperatura fue en ascenso siendo los días 9 y 10 los más calientes, con temperaturas de 36° C y las temperaturas más bajas ocurrieron los días 17 y 18 con 11° C, los días con temperaturas superiores a los 34° C fueron 12 y dos días con temperaturas menores a 14 °C. En el mes de mayo los días 17, 18, 19, 20 y 21 presentaron temperaturas de 40, 42, 41, 41 y 41 °C respectivamente, siendo la media máxima del mes de 34.4° C y la mínima de 20° C, (Cuadro 3A). Para el mes de junio la temperatura media máxima fue de

37.8° C, con 29 días con temperaturas superiores a los 34° C, y la temperatura media mínima fue de 22.5° C. La precipitación para este ciclo agrícola, fue variable. Para los días 17 y 18 del mes de marzo la precipitación fue de 5 y 12 mm para un acumulado en el mes de 31 mm, para el mes de abril la precipitación fue en los días 18 y 24 con 11 y 6 mm respectivamente, para un acumulado en el mes de 17mm. En el mes de mayo la precipitación fue en los días 13, 20 y 21 con 17, 2 y 10 mm de lluvia respectivamente, acumulándose 29 mm. En el mes de junio en los días 7 y 14 la precipitación fue de 3 y 18 mm para un acumulado en el mes de 21 mm, la precipitación total en el ciclo fue de 111 mm.

La evaporación promedio de los últimos diez años para el ciclo agrícola OI fue de 898 mm y en este ciclo agrícola OI 2001 el promedio fue de 909 mm, por lo que el ciclo OI 2001 presentó un déficit de precipitación de 798 mm con respecto a la precipitación que para este ciclo fue de 111 mm.

## DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Los vientos dominantes en la localidad de Marín, N. L., se registran en una dirección sur, sureste y no se tiene registrada la velocidad de los vientos. El total de días completamente despejados fue de 71 y nublados de 45.

### 3.1.1.2.3. Temperatura y precipitación OI 2002

En el mes de marzo del 2002, la temperatura máxima fue de 29.8° C, y se presentaron 6 días con temperaturas superiores a los 34° C. La temperatura máxima del mes de abril fue de 42 ° C y la mínima de 15° C. En el mes de

mayo la temperatura máxima fue de 45° C y la mínima de 17° C, con 25 días con temperaturas superiores a los 34° C. Para el mes de junio la temperatura máxima fue de 42° C y la mínima de 21° C con 28 días con temperaturas superiores a los 14° C (Cuadro 4A). La precipitación acumulada en este ciclo agrícola fue de 128 mm; en febrero hubo una precipitación de 3mm, en el mes de marzo no llovió y para el mes de abril hubo 5 mm de lluvia, en mayo 26 mm, y en junio 94 mm. La evaporación promedio de los últimos diez años en el ciclo agrícola OI fue de 898 mm y en este ciclo agrícola OI 2002 el promedio fue de 1257 mm, por lo que en este ciclo la precipitación fue deficitaria en 1129 mm.

Los vientos dominantes fueron en dirección norte, sur y no se tiene registrada su velocidad. El total de días completamente despejados fue de 77 y los días nublados fueron 51.

### **3.1.2. El Valle del Guadiana, Durango**

#### **3.1.2.1. Localización y geografía**

El trabajo experimental correspondiente a la segunda localidad, se realizó en el área agrícola de un productor asociado situada en el km 12 de la carretera Durango- Mezquital entre los paralelos 24° de latitud norte y 104° de longitud oeste, a una altura sobre el nivel del mar aproximada de 1899 m.

### 3.1.2.2. Clima, suelo y vegetación

Para el área en la cual se localiza el predio experimental, con datos de 1961 al 2002 proporcionados por la Comisión Nacional del Agua (Cuadro 5A), se calculó una temperatura máxima promedio durante los meses de mayo y junio de 37 y 38° C y los meses mas fríos en noviembre y diciembre con una temperatura promedio - 1° C, presentándose años excepcionalmente fríos como el de 1997 en que la mínima alcanzada fue de - 17° C (Cuadro 6A).

En el área experimental donde se efectuó este trabajo el suelo es del grupo Vertisol pélico con Xerosol háplico de textura arcillosa, escasamente drenado de color gris oscuro, con bajo contenido de materia orgánica y pH alcalino (Laboratorio de análisis de suelos y aguas del ITA No. 1 de Durango, 2001).

#### 3.1.2.2.1. Temperatura y precipitación PV 2001

En el mes de junio del 2002, la temperatura máxima fue de 30 °C y la mínima de 8° C. En el mes de julio la máxima fue de 30° C y la mínima de 7° C. En el mes de agosto la máxima fue de 27° C y la mínima de 6° C. En el mes de septiembre la máxima fue de 25° C y la mínima de 2° C. En el mes de octubre la máxima fue de 26° C y la mínima de 0° C.

La precipitación acumulada en el área experimental para el ciclo agrícola PV 2001 fue de 561.9 mm, siendo el mes de julio el mas copioso con 144.6 mm, pero existiendo importantes precipitaciones distribuidas en los meses de agosto

y septiembre con 103 y 100 mm, por lo que el período de lluvias en la región está comprendido en los meses de junio, julio, agosto, y septiembre de cada año (Cuadro 7A).

La evaporación acumulada en los últimos 10 años en el ciclo agrícola PV de 1992- 2001 tiene un promedio de 1212 mm (Cuadro 8A) y en el ciclo de PV 2001 fue de 1102 mm por lo que en el ciclo PV 2001 se presentó un déficit de precipitación de 541.9 mm.

#### **3.1.2.2.2. Temperatura y precipitación PV 2002**

Para el ciclo agrícola PV 2002, La temperatura máxima en el mes de junio fue de 30.5° C el día 2 y la mínima el día 24 de 3° C, la precipitación total del mes fue de 55.6 mm. Para el mes de julio la temperatura máxima fue de 30° C el día 4 y la mínima del mes el día 9 con 7° C, la precipitación para este mes fue de 103.9 mm, para el mes de agosto la temperatura máxima fue de 27° C y la mínima de 7° C el día primero, la precipitación para este mes fue de 140.3 mm, en el mes de septiembre la temperatura máxima fue de 25° C el día 12 y la mínima el día 2 con 2.5° C la precipitación en este mes fue de 94.5 mm, para los meses subsecuentes la temperatura y la precipitación tienen una tendencia a disminuir, para el mes de octubre la temperatura máxima fue de 26.5 y la mínima de 0° C el día 9, la precipitación en este mes fue de 50 mm, para el mes de noviembre los días con temperaturas superiores a 14° C fueron 23 y la temperatura mínima del mes fue de -4.5° C el día 17, la precipitación acumulada hasta la cosecha fue de 597.8 mm (cuadro 8A).



La evaporación total en este ciclo de siembra PV del 2002 fue de 1153 mm por lo que el déficit de precipitación fue de 555.2 mm. La dirección de los vientos fue principalmente noroeste y sureste, no se tienen reportes de la velocidad del viento

### **3.2. Ciclo agrícola PV 2000, Marin N. L, experimento 1: Siembra directa**

#### **3.2.1. Material genético.**

La semilla utilizada para la siembra fue proporcionada por el Instituto Tecnológico Agropecuario No.29 de Xocoyucan, Tlax., consistente en cuatro genotipos 655, 653, 153-5-3 y Criollo Tlaxcala de la especie *Amaranthus hypochondriacus sp.*, los cuales fueron liberados por el INIFAP en el año de 1986, y uno de la especie *A. cruentus sp.* identificado como 33 el cual fue liberado por el Instituto Benson de E. U. Dicho material genético ya anteriormente había sido probado en diferentes localidades del centro y norte de México en diferentes ambientes como se muestra en el Cuadro 3A.

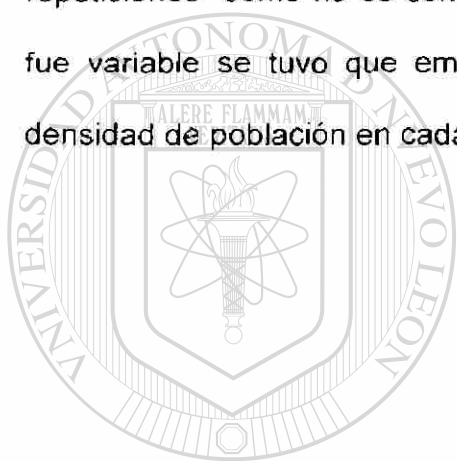
#### **3.2.2. Material de trabajo de campo.**

En los trabajos de campo se utilizó tractor, arado de discos, bordeador, un salero horadado para siembra manual, desterronadora, aspersor de mochila con capacidad de 20 litros, estacas de madera, hilo sintético, cinta métrica, cal en polvo, bolsas de papel, cajón de bolsas experimentales, azadones, palas, insecticidas, una camioneta pickup de caja larga, bascula digital, cámara de germinación, cribas con diferente tipo de malla, botes de 20 litros, papel

estraza, se trabajó en el local del Programa de Mejoramiento de Maíz, Frijol y Sorgo de la F A U A N L y se utilizó el equipo de computo del mismo.

### 3.2.3. Diseño experimental y modelo estadístico empleado

Se empleó un diseño experimental de bloques completos al azar con cinco tratamientos a saber: 153-5-3, 653, 655, 33 y Criollo Tlaxcala, y cinco repeticiones como no se controló el número de plantas por tratamiento y este fue variable se tuvo que emplear un análisis de covarianza para ajustar la densidad de población en cada tratamiento, como aparece en la Figura 1.



# UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Figura 1. Croquis del experimento sembrado en Marín, N. L. PV 2000

T3 653	T1 153-5-3	T2 655	T5 Criollo Tlaxcala	T4 33
<b>Bloque V</b>				
P21 P20	P22 P19	P23 P18	P24 P17	P25 P16
T2 655	T5 Criollo Tlaxcala	T4 33	T1 153-5-3	<b>Bloque IV</b> T3 653
C A L L E				
T5 Criollo Tlaxcala	T1 153-5-3	T3 653	T2 655	T4 33
<b>Bloque III</b>				
P11 P10	P12 P9	P13 P8	P14 P7	P15 P6
T4 33	T3 653	T5 Criollo Tlaxcala	T1 153-5-3	<b>Bloque II</b> T2 655
C A L L E				
T1 153-5-3	T2 655	T3 653	T4 33	T5 Criollo Tlaxcala
<b>Bloque I</b>				
P1	P2	P3	P4	P5

T = Tratamiento, P = Parcela número

El modelo estadístico utilizado con sus componentes se presenta a continuación:

Modelo:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$ : Es la observación del tratamiento  $i$  en el bloque  $j$

$\mu$ : Es el efecto verdadero de la media general

$T_i$ : Es el efecto del  $i$  –ésimo tratamiento

$B_j$ : Es el efecto del  $j$  –ésimo bloque

$\varepsilon_{ij}$ : Es el error experimental

$i = 1, 2, 3, 4, 5$ , Tratamientos (T) ó genotipos

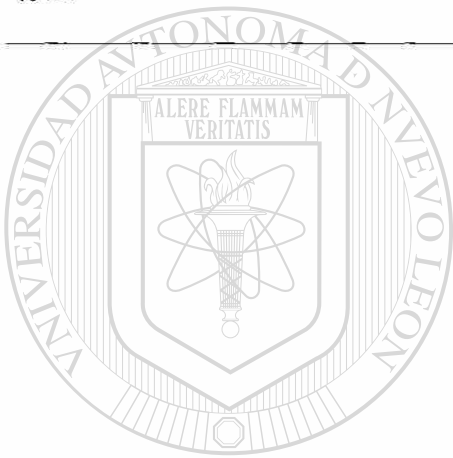
$j = 1, 2, 3, 4, 5$ , Bloques (B) ó repeticiones

Las fuentes de variación para el análisis de varianza se aprecian en el

Cuadro 12.

**Cuadro 12.** Fuentes de variación y grados de libertad para un diseño de bloques completos al azar.

Fuente de variación	Grados de libertad
genotipos	$t - 1 = 4$
repeticiones	$r - 1 = 3$
error experimental (a)	$(t - 1)(r - 1) = 12$
total	$r(t - 1) = 19$



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

#### 3.2.4. Manejo del experimento

La preparación del suelo del sitio experimental se inició el día 11 de agosto del 2000 dando un paso de arado, seguido de dos pasos de rastra y un paso de azadones rotatorios, surcado y bordeado. El día 18 de agosto se marcaron y dividieron las parcelas experimentales, las cuales se ubicaron en dos melgas y media de 8 surcos a 0.8 m por 35 m de largo, separadas por un bordo de 3 m de ancho. Las parcelas experimentales fueron de cuatro surcos de 6 x 0.8 m, para un tamaño de 4.8 m<sup>2</sup> y el total de 25 parcelas ocupó una superficie de 140 m<sup>2</sup>. En cada parcela se escogieron los dos surcos centrales para su evaluación eliminando un metro en cada cabecera. Una franja de un metro dividió las repeticiones, utilizándose como calle, por lo que la superficie total del experimento fue de 175 m<sup>2</sup>, otra melga se utilizó para los incrementos de semilla de los cinco genotipos estudiados.

Se realizó una prueba de germinación para determinar la viabilidad de la semilla, el día 21 de agosto se realizó la siembra en seco, depositando la semilla en el fondo del surco a chorrillo, mediante un salero horadado y abriendo surco con el tractor, tapando la semilla aproximadamente entre 3 y 4 cm de profundidad en forma manual. Se dio un riego de auxilio el 22 de agosto y un aporque el 7 de septiembre. Para el control de plagas se realizaron dos aplicaciones el 9 y 22 de septiembre con los productos comerciales Metasystox R-25<sup>®</sup> a una dosis de 500 ml ha<sup>-1</sup> en cada aplicación, esto redujo las plagas de mayor incidencia que fueron el frailecillo, pulgones y chinches.

No se presentaron enfermedades visibles en las plantas, por lo que no fue necesario realizar ninguna aplicación para su control. No se aplicó fertilizantes en ninguna etapa del cultivo. El control de malezas se hizo en forma manual con cuatro deshierbes los días 8 y 29 de septiembre, el 16 de agosto y el 9 de octubre. Se realizó un raleo de las plantas fuera de tipo y con daños por ataque de plagas, quedando las parcelas con densidades variables en un rango de 50,000 a 120,000 plantas ha<sup>-1</sup>. Se midieron ocho variables los días 4, 9 y 24 de octubre y el 5 de diciembre, estas variables se describen a continuación.

### **3.2.5. Cosecha y variables estudiadas.**

Posterior a la toma de datos se realizó la cosecha en forma individual parcela por parcela el día 7 de diciembre, para lo cual se eliminaron los surcos laterales derecho e izquierdo, las plantas del surco derecho fueron desecadas con el herbicida Paraquat,<sup>®</sup> se marcaron 25 plantas con competencia completa de las cuales se cosecharon diez al azar, se clasificaron por fecha, genotipo y ciclo de siembra, posteriormente se separó el grano a través de mallas y cribas y finalmente se determinó su humedad. Las variables medidas fueron las siguientes.

#### **1. Rendimiento de grano (RG) en kg ha<sup>-1</sup>.**

Se cortaron las panículas en forma individual identificando las que provienen del surco sin desecante y las que se desecaron químicamente y se desgranaron a mano, auxiliándose con tamices para separar la semilla y las

impurezas se eliminaron con la ayuda de un ventilador y se separaron identificándolas como:

a1: de cosecha con desecante

a2: de cosecha sin desecante

## 2) Porcentaje de germinación de semilla cosechada

Se tomó una cantidad variable de semillas (de 300 a 500), se pusieron a germinar en rollos de papel húmedo y se calculó el % de germinación respecto al total. Se utilizaron dos repeticiones

## 3) Rendimiento de forraje seco (FS) en $\text{kg ha}^{-1}$ .

Se cortaron y pesaron las plantas en campo con el uso de una báscula granataria, para obtener su peso verde, se colocan en bolsas de papel para posteriormente llevarlas a una estufa de aire forzado durante 72 horas a temperatura constante de  $64^{\circ}\text{C}$  para determinar su peso seco; éste se determinó mediante la relación peso verde- peso seco.

## 4) Altura de planta (AP) en cm.

Esta variable se registró en campo antes de cortar la planta, midiéndose desde la base del suelo hasta la parte final de la panícula.



5) Diámetro del tallo (DT) en mm.

Este se midió considerando tres secciones de la planta: parte inferior, parte central y parte superior, esta medida se efectuó con un vernier y se calculó un promedio.

6) Longitud de panícula (LP) en cm.

Se tomó desde la base al ápice de la panícula sin considerar las ramas laterales.

7) Inicio de aparición de la panícula (F)

Se registró la fecha cuando el 50 % de las plantas de cada parcela mostraban aparición de botones florales y se calculó el número de días transcurridos desde la fecha de siembra.

8) Días a panícula completa (A)

Se tomó la fecha cuando las panículas de las plantas de cada parcela estaban en un 50% de anthesis y se calcularon los días transcurridos desde la fecha de siembra.

9) Días a madurez comercial (MC)

Se tomó el dato cuando el tallo de la planta estuvo en un color amarillo café y el grano en un estado de madurez comercial por la dureza del grano, se anotó la fecha y se calcularon los días transcurridos desde la fecha de siembra. De las nueve variables medidas solo las seis primeras fueron analizadas.

### 3.2.6. Hipótesis estadísticas y comparación de medias

Las pruebas de hipótesis asociadas con las fuentes de variación se consideraron para el análisis de varianza de 7 variables, siendo: rendimiento de grano en  $\text{kg ha}^{-1}$  sin desecante, en  $\text{kg ha}^{-1}$  con desecante, % de germinación, rendimiento de forraje seco en  $\text{kg ha}^{-1}$ , altura de planta en cm, diámetro del tallo en mm, y longitud de panícula en cm y fueron de la forma siguiente:

Ho:  $B_1 = B_2 = B_3 = B_4$

Vs.

Ha: Al menos un  $B \neq 0$

Ho:  $T_1 = T_2 = T_3 = T_4 = T_5$

Vs.

Ha: Al menos un  $T \neq 0$

Donde:

B = Bloques y T = Tratamientos

Las hipótesis anteriores se probaron con el valor de la F calculada que resulta de dividir el cuadrado medio respectivo entre el cuadrado medio del error experimental, contra el valor de F tabulado al 0.05 nivel de probabilidad. Cuando se detectó diferencia significativa entre tratamientos la prueba de comparación de medias se realizó utilizando la técnica de la DMS protegida de Fisher (Steel y Torrie, 1980) y consistió en probar la hipótesis mediante la siguiente regla de decisión.

$H_0: \mu_i = \mu_j$

Vs.

$H_a: \mu_i \neq \mu_j$  para toda  $i \neq j$

Si la diferencia de las medias

Sí la diferencia de las medias

es menor ó igual a la DMS

es mayor a la DMS (0.05)

### **3.2.7. Diseño experimental y modelo estadístico empleado para el % de germinación cuando se incluyó desecante.**

Como se programó evaluar en cada parcela la cosecha de los dos surcos centrales, desecando uno y el otro sin desecado, se consideró determinar el efecto del desecante sobre el porcentaje de germinación de la semilla cosechada comparativamente con la semilla cosechada sin el uso del desecante y la interacción en los genotipos ensayados. El análisis estadístico para el % de germinación se efectuó bajo el diseño de parcelas divididas, donde en las parcelas grandes se alojan cinco genotipos, a saber: 153-5-3, 653, 655, Criollo Tlaxcala y 33, y en las parcelas chicas se ubicaron los dos métodos de cosecha con desecante y sin desecante.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

El modelo estadístico es como sigue:

$$Y_{ijk} : \mu + B_i + G_{ij} + \varepsilon_{ij}(a) + M_k + (G \times M)_{jk} + \varepsilon_{ijk}(b)$$

Donde ,  $Y_{ijk}$  : Es el valor de la observación de la  $i$  – ésima repetición asociada con el  $j$ -ésimo genotipo, en el  $k$  – ésimo método de siembra.

$\mu$  : Es el efecto verdadero de la media general.

$B_i$ : Es el efecto del bloque  $i$ .

$G_j$ : Es el efecto del genotipo  $j$ .

$\varepsilon_{ij}(a)$ : Es el error del bloque  $i$  en el  $j$ -ésimo genotipo.

$M_k$ : Método de cosecha (con desecante y sin desecante)  $k$ .

$(G \times M)_{jk}$ : Es el efecto de la interacción del genotipo  $j$  con el método de cosecha  $k$ .

$\varepsilon_{ijk}(b)$ : Es el error del método de cosecha.

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

### 3.2.8. Hipótesis estadísticas y comparación de medias para % de germinación con y sin desecante

Las pruebas de hipótesis asociadas con las fuentes de variación se consideraron para el análisis de varianza de dos variables siendo: porcentaje de germinación de la semilla cosechada con desecante y porcentaje de germinación de la semilla cosechada sin desecante.

Ho:  $G1 = G2 = G3 = G4 = G5$  Vs. Ha: Al menos un genotipo es diferente a los demás en % de germinación

Ho:  $M1 = M2$  Vs. Ha: Al menos uno de los métodos de cosecha es diferente al otro en % de germinación

Ho: No hay interacción  $G \times M$  Vs. Ha: Si hay interacción  $G \times M$  en % de germinación

#### DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Las hipótesis se prueban con el error experimental ( $\alpha$ ); para este modelo se procedió a la comparación de medias mediante la diferencia mínima significativa protegida de Fisher, solo cuando se rechazó la hipótesis nula, cuando  $F_c > F_t$ ,  $\alpha = 0.05$ , (Steel and Torrie, 1980).

### **3.3. Ciclos agrícolas OI 2001, Marín, N. L; PV 2001, Valle del Guadiana, Dgo; OI 2002, Marín, N. L. y PV 2002 Valle del Guadiana, Dgo.**

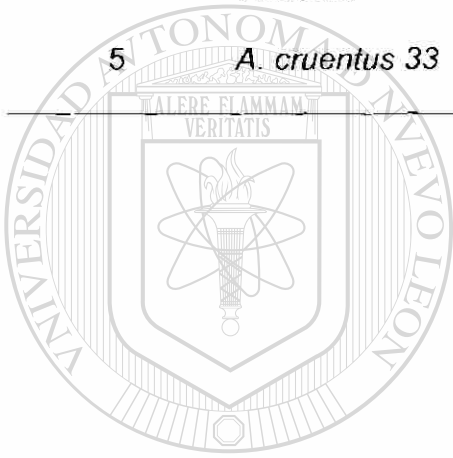
Para los cuatro ciclos agrícolas anteriores se utilizó material genético proveniente de PV 2000 y de OI 2001 en la localidad de Marín, N. L., el material de trabajo de campo utilizado fue similar en todos los ciclos agrícolas. El diseño experimental empleado fue de bloques completos al azar ajustado por covarianza para PV 2000 y en los demás ciclos agrícolas, OI 2001, PV 2001 y PV 2002 el diseño experimental utilizado fue de bloques completos al azar con arreglo en parcelas divididas. La evaluación estadística se efectuó mediante el paquete de Olivares, (1994) y en todos los casos a una  $p < 0.05$ .

#### **3.3.1. Material genético para cuatro ciclos agrícolas**

La semilla utilizada para la siembra fue cosechada en el ciclo agrícola PV 2000 y OI 2001 en la localidad de Marín N. L. la cual consistió de cinco genotipos; cuatro genotipos de la especie *A. hypochondriacus* 655, 653, 153-5-3 y Criollo Tlaxcala y el genotipo 33 de *A. cruentus*, los cuales se presentan en el Cuadro 13.

**Cuadro 13.** Genotipos utilizados y origen

Numero	Genotipo	Origen
1	<i>A. hypochondriacus</i> 153-5-3	Ciclo PV 2000 Marín, N. L.
2	<i>A. hypochondriacus</i> 653	Ciclo PV 2000 Marín, N. L.
3	<i>A. hypochondriacus</i> 655	Ciclo PV 2000 Marín, N. L.
4	<i>A. hypochondriacus</i> Criollo	Ciclo PV 2000 Marín, N. L.
<i>Tlaxcala</i>		
5	<i>A. cruentus</i> 33	Ciclo OI 2001 Marín, N. L.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

### **3.3.2. Material de trabajo de campo para cuatro ciclos agrícolas.**

En los trabajos de campo se utilizó tractor, arado de discos, bordeador, desterronadora, para las siembras realizadas en OI 2001 y OI 2002 Marín, N. L., PV 2002, Valle del Guadiana, Dgo. En el caso de PV 2001 Valle del Guadiana, Dgo, los trabajos de campo se efectuaron mediante tiro de mulas. Se utilizó en los cuatro ciclos agrícolas aspersor de mochila con capacidad de 20 litros, estacas de madera, hilo sintético, cinta métrica, cal en polvo, bolsas de papel, un bote horadado para siembra manual, cajón de bolsas experimentales, azadones, palas, insecticidas, una camioneta pickup de caja larga, báscula digital, cámara de germinación, tamices a diferente tipo de malla, botes de 20 litros, papel estraza y se trabajó en el local del Programa de Mejoramiento de Maíz, Frijol y Sorgo de la F A U A N L y se utilizó el equipo de cómputo del mismo.

### **3.3.3. Diseño experimental y modelo estadístico para el análisis de cada uno de los cuatro ciclos agrícolas.**

Para el análisis conjunto de los cuatro ciclos de siembra se empleó un diseño experimental de bloques completos al azar en parcelas subdivididas con dos repeticiones, en espacio y tiempo, los niveles empleados se presentan en el Cuadro 14.



**Cuadro 14.** Niveles de los factores A, B y C utilizados como tratamientos para cuatro ciclos agrícolas.

Factor A	Factor B	Factor C
Genotipos	Densidades de población	Ciclo de siembra
A1	B1	C1
Genotipo 153-5-3	125,000 plantas ha <sup>-1</sup> @ 10 cm	OI 2001 Marín, N. L.
A2	B2	C2
Genotipo 655	62,500 plantas ha <sup>-1</sup> @ 20 cm	PV 2001 Valle del Guadiana, Dgo.
A3	B3	C3
Genotipo 653	41,666 plantas ha <sup>-1</sup> @ 30 cm	OI 2002 Marín, N. L.
A4	B4	C4
Genotipo 33	32,500 plantas ha <sup>-1</sup> @ 40 cm	PV 2002 Valle del Guadiana, Dgo.
A5		
Genotipo		
Criollo Tlaxcala		

El modelo estadístico utilizado en los cuatro ciclos agrícolas OI 2001, PV 2001, OI 2002 y PV 2002 es el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + B_i + G_j + \varepsilon_{ij}(a) + D_k + (G \times D)_{jk} + \varepsilon_{ijk}(b) + C_l + \varepsilon_{ikl}(c) + (G \times C)_{jl} + \varepsilon_{il}(d) + (D \times C)_{kl} + (G \times D \times C)_{jkl} + \varepsilon_{ijkl}(e)$$

Donde:

$Y_{ijk}$ :	Es el valor de la observación del genotipo j en la densidad de población k y el ambiente l en el bloque i.
$\mu$ :	Es el efecto verdadero de la media general
$B_i$ :	Es el efecto del bloque i.
$G_j$ :	Es el efecto del genotipo j.
$\varepsilon_{ij}(a)$ :	Es el error experimental de la ij-ésima parcela grande para los genotipos j
$D_k$ :	Es el efecto de la densidad de población k
$(G \times D)_{jk}$ :	Es el efecto de la interacción de los genotipos j y las densidades de población k.
$\varepsilon_{ijk}(b)$ :	Es el error experimental de la ik-ésima parcela grande para las densidades de población k.
$C_l$ :	Es el efecto del ambiente l
$\varepsilon_{ikl}(c)$ :	Es el error experimental de la ik-ésima parcela grande en el ambiente l.
$(G \times C)_{jl}$ :	Es el efecto de la interacción de los genotipos j y los ambientes l.
$\varepsilon_{il}(d)$ :	Es el error experimental de la j-ésima parcela grande para los ambientes l.
$(D \times C)_{kl}$ :	Es el efecto de la interacción de las densidades de población k en los ambientes l.
$(G \times D \times C)_{jkl}$ :	Es el efecto de la interacción de los genotipos j, las densidades de población k, en los ambientes l.
$\varepsilon_{ijkl}(e)$ :	Es el error experimental en sub-sub parcela.

El análisis de varianza para el diseño de parcelas divididas se aprecia en el Cuadro 15

**Cuadro 15** Análisis de varianza para el diseño de parcelas sub-divididas.

Fuente de variación		Grados de Libertad
Bloques	$r - 1$	1
Genotipos (G)	$a - 1$	4
Error experimental (a)	$(a - 1)(r - 1)$	4
Densidades de población	$b - 1$	3
(D)		
G x D	$(a - 1)(b - 1)$	12
Error experimental (b)	$a(r - 1)(b - 1)$	15
Ambientes (c)	$c - 1$	3
Error experimental (c)	$b(r - 1)(c - 1)$	12
G x C	$(a - 1)(c - 1)$	12
Error experimental (d)	$bc(r - 1)(c - 1)$	48
D x C	$(b - 1)(c - 1)$	9
G x D x C	$(a - 1)(b - 1)(c - 1)$	36
Error experimental (e)	$(r - 1)a(b - 1)(c - 1)$	45
Total	$rabc - 1$	159

#### 3.3.4. Manejo agronómico del experimento

Los trabajos de campo para este ciclo agrícola OI 2001 en Marín, N. L. se efectuaron el 20 y 21 de marzo. Las parcelas se ubicaron en dos melgas de 10 por 50 m de longitud, en las cuales se ubicaron las sub-parcelas de 4 x 5 m en cuatro surcos de 0.80 m. El sistema de labranza utilizado fue el normal e igual al de PV 2000 en Marín, N. L., se dio un riego de presiembra el día 30 de marzo y la siembra en campo se realizó el día 3 de abril por la mañana con bastante humedad con los genotipos similares a los sembrados en PV 2000 en Marín, N. L., la forma de siembra se efectuó rayando el fondo del surco en el cual se depositó la semilla con un salero, utilizando los bordos entre surcos para desplazamiento de los sembradores. El 11 de abril se dio un aporque y el 12 un riego de auxilio por notar falta de humedad en las plantas. Se dio un raleo el 27 de abril cuando la planta tenía entre 30 y 40 cm de altura, se tomaron datos el 1º, 17 y 30 de mayo. La cosecha del amaranto se realizó el 17 de julio, con la misma metodología desarrollada en Marín N. L. PV 2000 pero sin el uso de desecante.

Para el ciclo agrícola OI 2002 en Marín, N. L. se prepararon para su siembra tres melgas de 10 x 60 m de longitud, los trabajos de preparación del terreno experimental, el método de siembra y los genotipos utilizados fueron similares a los realizados en OI 2001 para la misma localidad, se dieron tres riegos en total; el de presiembra el 14 de marzo, dos de auxilio el 19 de marzo y el 26 de abril. La siembra se realizó el 15 de marzo y la cosecha el 3 de julio del año 2002. Las plagas de mayor incidencia en este ciclo OI 2002 fueron el

gusano trozador del tallo y grillos, para combatirlos el 26 de abril se aplicó una dosis de una mezcla 50 % de cada uno de los insecticidas Metasidostox® y Furadan® para 1 litro ha<sup>-1</sup>, asperjado directamente al follaje con una mochila de 20 litros de capacidad.

Para el ciclo PV 2001, Valle del Guadiana, Durango, la preparación del lote experimental se inició el 1º de junio del 2001. El 4 de junio se marcaron las parcelas grandes de 80 m<sup>2</sup> y las sub-parcelas de cuatro surcos de 6 x 4 x 0.8 m para un tamaño de 19.2 m, para un total de 20 parcelas para los cinco genotipos en estudio con dos repeticiones en una superficie total de 1536 m<sup>2</sup> en las cuales se ubicaron las cuatro densidades de población que correspondieron a una distancia entre plantas de 10, 20, 30 y 40 cm. La siembra se realizó el 17 de junio del 2001. El método de siembra escogido fue el mismo que se utilizó en los 3 experimentos anteriores realizados en Marín, N. L., es decir a chorrillo en forma manual con un botecito previamente horadado. La semilla utilizada fue producto de la cosecha de la siembra de PV 2000 de Marín , N. L., a la cual se le había aplicado desecante foliar Paraquat®. La siembra se realizó a paso lento del tiro de mulas con una reja abriendo surco para cada parcela y tapando la semilla con una escobilla a una profundidad aproximada de 3 centímetros. No se dio ningún riego ni antes ni después, se cuidó de que el cultivo tuviera las mejores condiciones posibles para su buen desarrollo. Se encontró un daño mínimo en las hojas, el cual se atribuyó al gusano minador de la hoja y se procedió a hacer una aplicación de insecticida

con Paratión Metílico® 500 a una dosis de 500 ml ha<sup>1</sup>. La toma de datos se efectuó cada 15 días y en las etapas iniciales de la aparición de los primeros botones florales, al 50% de la floración y en la madurez fisiológica del cultivo. La cosecha del amaranto se realizó el día 23 de octubre, con la misma metodología de los experimentos efectuados en PV 2000, OI 2001 y OI 2002, pero con el uso de una máquina desgranadora diseñada para tal efecto, la cual consta de un motor de ½ HP, un molino provisto de soleras flexibles montadas en un eje, y un sistema de cribas de 1/16 " acopladas a una estructura de acero.

Para PV 2002, Valle del Guadiana, Durango, la preparación del lote experimental se inició el 7 de junio del 2002, la siembra se realizó el día 19 de junio a paso lento del tractor con la cultivadora abriendo surco para cada parcela y tapando con una escobilla a una profundidad aproximada de 3 centímetros. No se le dio ningún riego ni antes ni después de la siembra. No se encontraron plagas ni enfermedades en este ciclo agrícola y a los 2 meses después de la siembra se tomaron los datos de diámetro del tallo, altura de planta, longitud de la panícula, días a floración y días a la antesis. La semilla utilizada para la siembra fue la proveniente del ciclo agrícola PV 2001 en la localidad de Valle del Guadiana, Durango la cual consistió de los mismos cinco genotipos 655, 653, 153-5-3 y Criollo Tlaxcala de la especie *A. hypochondriacus* y el genotipo 33 de *A. cruentus*. La distribución de los experimentos se aprecia en el la Figura 2.

**Figura 2.** Croquis de localización y distribución de parcelas para cuatro ciclos agrícolas



### 3.3.5. Variables estudiadas

Las variables estudiadas se describieron para Marín, N. L. en PV 2000, además se calcularon en el Valle del Guadiana, para el ciclo de PV 2002 las unidades calor en tres etapas de crecimiento del cultivo.

#### i) Unidades calor

Se registraron los datos de temperatura mínima y máxima durante el día, se calculó su promedio y con él se obtiene la diferencia respecto a la temperatura mínima a la cual, aún puede haber crecimiento del cultivo, también llamada temperatura base, la cual para amaranto según Henderson y Johnson (1998), es de 14° C. Esta diferencia se suma diariamente, acumulándose desde la siembra hasta la cosecha, pudiendo determinar así las unidades calor en floración, antesis y madurez.



### 3.3.6. Hipótesis estadísticas y comparación de medias para cuatro ciclos agrícolas

Para las variables anteriores, las pruebas de hipótesis asociadas a las fuentes de variación del análisis de varianza fueron las siguientes:

Ho:  $G1 = G2 = G3 = G4 = G5$  Vs. Ha: Al menos uno de los genotipos es diferente a los demás

Ho:  $D1 = D2 = D3 = D4$  Vs. Ha: Al menos una de las densidades de población es diferente a las demás

Ho: No hay interacción G x D Vs. Ha: Sí hay interacción G x D

Ho:  $C1 = C2 = C3 = C4$  Vs. Ha: Al menos uno de los ambientes es diferente a los demás

Ho: No hay interacción G x D x C Vs. Ha: Sí hay interacción G x D x C

Cuando G, D, C ó G x C, G x D, D x C, G x D x C resultaron significativas la magnitud de las diferencias se prueban mediante la comparación de medias por DMS protegida de Fisher (Steel y Torrie, 1980). Los análisis estadísticos se efectuaron con el paquete computacional denominado Paquete Estadístico Diseños Experimentales, versión 2.5 (Olivares, 1994).

## IV. RESULTADOS Y DISCUSION

### 4.1. Ciclo agrícola PV del año 2000, Marín N. L.

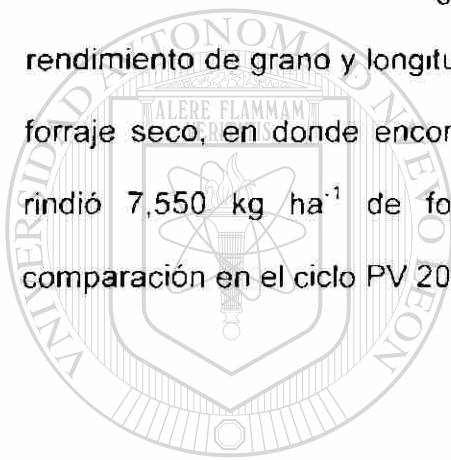
#### 4.1.1. Siembra directa

##### 4.1.1.1. Análisis de covarianza y comparación de medias

Los resultados del análisis de covarianza para rendimiento de grano cosechado con desecante (Gc), sin desecante (Gs), del rendimiento de forraje seco (FS), la altura de planta (AP), la longitud de panícula (LP) y el diámetro del tallo (DT) se presentan en el Cuadro 16, el cual corresponde a un análisis de bloques completos al azar con covarianza, que se tuvo que utilizar debido a que la densidad de población no fue uniforme y por lo tanto no se utilizó el análisis descrito en Materiales y Métodos. En el Cuadro 16, se puede apreciar que la covariable densidad de población fue significativa solo para Gc. En cuanto a bloques no se detectó diferencia significativa para ninguna de las variables. Para genotipos se detectaron diferencias significativas para Gc, FS, AP y DT y no así para GS y LP, en consecuencia, las comparaciones de medias para las variables significativas se presentan en el Cuadro 17.

Como se aprecia en el Cuadro 17, los genotipos de *A. hypochondriacus* de mayor rendimiento de Gc fueron el 153-5-3 y Criollo Tlaxcala con 2144 y 1968 kg ha<sup>-1</sup> y el de menor rendimiento de grano fue el genotipo 33 de *A. cruentus* con 1015 kg ha<sup>-1</sup>. El Gs no difirió estadísticamente entre genotipos de *A. hypochondriacus*. En cuanto a la variable FS el genotipo de menor rendimiento fue 655 con 1437 kg ha<sup>-1</sup>, siendo superado por los otros cuatro.

Para la variable AP el genotipo 653 fue el de mayor altura con 171 cm, comparado con el de menor altura que fue para el genotipo Criollo Tlaxcala con 121 cm teniendo una diferencia de 50 cm. Para DT el genotipo 33 de *A. cruentus* fue el de mayor grosor con 30 mm y el de menor DT fue 153-5-3 con 16.6 mm para una diferencia entre genotipos de 13.4 mm. Estos resultados coinciden con los reportados por Peña (1988), en una serie de experimentos realizados con los mismos genotipos en el estado de Tlaxcala en cuanto al rendimiento de grano y longitud de panícula, mas no así para el rendimiento de forraje seco, en donde encontró que el genotipo 653 de *A. hypochondriacus* rindió 7,550 kg ha<sup>-1</sup> de forraje, una producción mayor en Tlaxcala en comparación en el ciclo PV 2000 en Marín, N. L.



UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

**Cuadro 16** Análisis de covarianza para rendimiento de grano de amaranto y sus componentes, PV 2000 en Marín, N. L.

FV	Rendimiento					
	(kg ha <sup>-1</sup> )			AP	LP	DT
	Gc	Gs	FS	(cm)	(cm)	(cm)
Bloques	13220Ns	26758Ns	3486179Ns	1362 77Ns	70 62757Ns	18.20172Ns
Covariable	207294*	1223Ns	469613Ns	1623.7Ns	1 839543Ns	101.3852Ns
Genotipos	63346*	0 43949Ns	11280304*	2630.12*	70 62757Ns	124.41*
Error (a)	6845	0 23317	2095222	459.38	51.54175	33.319466
CV (%)	15.76	38.88	34 8	16.50	21.65	27.10

\*Significativo Ns: No significativo a una p< 0.05

**Cuadro 17.** Comparación de medias para algunas características agronómicas en cinco genotipos de amaranto, experimento 1: siembra directa PV 2000 en Marín N. L.

Genotipos	Rendimiento					
	(kg ha <sup>-1</sup> )			AP	DT	LP
	Gc*	Gs*	FS	(cm)	(mm)	(cm)
153-5-3	2144 a	1534	4828 a	127 b	16.16 b	31.41 a
653	1788 bc	1226	5920 a	171 a	18.16 b	36.61 a
Criollo Tlaxcala	1968 ab	1331	3784 a	121 b	17.66 b	31.41 b
655	1443 c	1392	1437 b	118 b	23.66 ab	41.53 a
33	1015 d	1694	4829 a	117 b	30.00 a	25.33 bc
DMS (0.05)	407.2	Ns	Ns	4.194	4.947	8.90

a, b, c: Literales iguales tienen la misma significancia estadística, Gc: Grano con desecado foliar, Gs: Grano sin desecado foliar

#### **4.1.2. Germinación de la semilla cosechada con y sin uso de desecante foliar.**

##### **4.1.2.1. Análisis de varianza y comparación de medias.**

En el Cuadro 18, se muestra el análisis de varianza para el porcentaje de germinación, en el cual se observa que hubo diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) entre bloques, genotipos con y sin el uso de desecante foliar, mas no así para la interacción, por lo que se procedió a efectuar la comparación de medias de los efectos principales las cuales se observan en los cuadros 19 y 20. Como se aprecia en el Cuadro 19, el mayor porcentaje de germinación con 83, 82 y 81 % fue para los genotipos 153-5-3, 33 y 655, respectivamente y el más bajo porcentaje con 73 y 74 % fue para los genotipos 653 y Criollo Tlaxcala.

En el Cuadro 20, en la comparación de la germinación de la semilla cuando se desecó químicamente y cuando se desecó en forma natural, se observa que la germinación de la semilla de amaranto es significativamente más alta cuando se hace la aplicación del desecante foliar, lo cual se puede explicar porque facilita el secado de grano.

Este resultado es importante en el manejo del cultivo cuando el grano cosechado será destinado a utilizarse como semilla para siembra, donde además se espera tener una cosecha mas limpia al reducirse la presencia de residuos de hoja, tallos y principalmente humedad de la semilla.

**Cuadro 18.** Análisis de varianza para el porcentaje de germinación de semillas de amaranto cosechados, con y sin desecado foliar: PV 2000.

Fuente de variación	GL	CM
Bloques	4	303.531250 *
Genotipos (A)	4	254.726563 *
Métodos (B)	1	1601.781250 *
(A) x (B)	4	78.429688 Ns
Error (a)	36	65.952225
Total	49	
C. V. (%)	10.29	

\* Significativo Ns: No significativo a una  $p < 0.05$

**Cuadro 19.** Comparación del porcentaje de germinación entre genotipos de amaranto, PV 2000.

Genotipos	Medias
153-5-3	83.9000 a
33	82.1000 a
655	81.7000 a
Criollo	74.0000 b
653	73.0000 b
DMS (0.05)	7.3734

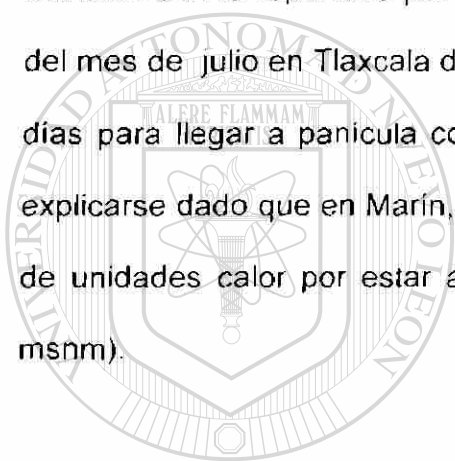
a, b: Literales iguales tienen la misma significancia estadística

**Cuadro 20.** Comparación de medias entre métodos de secado foliar para el porcentaje de amaranto, PV 2000.

Tratamiento	%
Con uso de desecante foliar	84.60 a
Sin uso de desecante foliar	73.28 b
DMS (0 05)	4.663

#### 4.1.3. Unidades calor en PV 2000 en Marín, N. L.

La determinación de las unidades calor de las últimas etapas de crecimiento del cultivo se observan en el Cuadro 21. Para este ciclo de siembra los genotipos de *A. hypochondriacus* tuvieron comportamientos similares en cuanto a necesidades de unidades calor con 960 unidades de siembra a cosecha, 11 unidades calor menos que el genotipo 33 de *A. cruentus*. Esto no coincide con lo reportado por Orozco y González, 1998) para siembras tardías del mes de julio en Tlaxcala donde los genotipos de *A. cruentus* necesitaron 89 días para llegar a panícula completa y 137 días para cosecha, lo cual puede explicarse dado que en Marín, N. L. se espera que se presenten mayor número de unidades calor por estar a menor altitud (365 msnm) que Tlaxcala (1960 msnm).



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

**Cuadro 21.** Unidades calor en las últimas etapas de crecimiento del cultivo de amaranto, experimento 1: siembra directa PV 2000, en Marín, N. L.

Genotipos	Emergencia*		Inicio de		Panicula		Madurez	
			aparición de la		completa		comercial	
	Días	U. C.	Días	U. C.	Días	U. C.	Días	U. C.
153-5-3	5	52	43	604	84	912	107	960
653	6	57	43	604	84	912	107	960
Criollo	5	52	48	630	86	923	107	960
Tlaxcala								
33	7	70	49	642	87	943	110	971
655	6	57	43	604	84	912	107	960

U. C. = Unidades calor      \* Días después de la siembra (15 de Julio del 2000)



#### 4.1.4. Consideraciones generales para el ciclo PV 2000 en Marín, N. L.

Los genotipos de mayor rendimiento de grano (RG) usando desecado foliar fueron 153-5-3 y Criollo Tlaxcala y el de menor RG fue el 33, en tanto ninguno de los genotipos fueron estadísticamente diferentes en RG cuando no se uso desecante foliar antes de la cosecha, teniendo numéricamente el 33 el mas alto RG. Para FS el genotipo de mayor rendimiento fue el 653 y el de mayor AP, por lo que conciliando los RG con Gc y Gs y en base a los resultados de este ciclo se podrian recomendar para su siembra extensiva en el ciclo de siembra de PV en la localidad de Marín, N. L., Criollo Tlaxcala y 33. Sin embargo el genotipo 33 fue el de menor DT y es afectado en su RG cuando se le aplica desecado foliar por lo que para este genotipo no se recomienda esta práctica. La utilización de desecado foliar incrementa significativamente la germinación de la semilla de amaranto, por lo que se recomienda desecar para genotipos cuando la semilla se va a utilizar en ciclos de siembra posteriores. El RG con desecado supera en mucho al sin desecado.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## **4.2. Ciclo agrícola OI 2001, Marin N. L.**

En este ciclo agrícola se realizaron dos experimentos, el primer experimento con siembra de transplante y el segundo con el método de siembra directa.

### **4.2.1. Experimento 1: Siembra de transplante**

En este experimento no hubo resultados cuantificables ya que a 25 días de establecido el experimento el día 20 de abril se observó un ataque en follaje y tallo por liebres en la mayoría de las unidades experimentales por lo que el día 27 de abril se tomó la determinación de eliminar el experimento.

### **4.2.2. Experimento 2: siembra directa.**

#### **4.2.2.1. Análisis de varianza para las variables evaluadas**

Como se explicó en Materiales y Métodos el análisis de varianza de este ensayo se realizó por bloques completos al azar en parcelas divididas. Los resultados de los análisis de varianza para las ocho variables estudiadas se observan en el Cuadro 22. Aquí se puede observar que todas las variables analizadas presentaron significancia estadística, tanto para genotipos, densidades de población como para la interacción genotipos x densidades, por lo que se procedió a la comparación de medias entre genotipos dentro de cada densidad para las ocho variables en estudio.

**Cuadro 22.** Significancia estadística de los cuadrados medios y coeficientes de variación para ocho características evaluadas en cinco genotipos de amaranto establecidos en cuatro densidades de población, bajo el arreglo de parcelas divididas, ciclo OI 2001 en Marín N. L.

Fuentes	Rendimiento			LP	DT	AP		
	(kg ha <sup>-1</sup> )			(cm)	(cm)	(cm)		
	RG	FV	FS			Vegetativa	Floración	Final
Bloques	7426.0 NS	1269760	1102336	7.22 NS	6.40 *	2.0234NS	5.625 NS	24 NS
		NS	NS					
Genotipos	2091403*	798.0*	111.8*	1695.3*	187.5*	1057.8*	134.6*	6032*
(A)								
Error (a)	16775	39.81	4.88	2.18	1.68	0.96	27.18	15.28
DP (B)	173431*	2166*	291.1*	26.09*	24.46*	78.83*	41.76*	328.9*
Error (b)	3465.9	46.49	9.99	4.74	1.65	0.55	23.27	10.06
A x B	36213*	343.7*	78.12*	37.40*	11.90*	37.27*	100.7*	368.2*
C V a(%)	35.22	16.75	16.90	4.52	5.45	1.80	5.28	2.45
C V b(%)	16.28	18.11	24.20	6.66	5.40	1.40	4.88	1.99

DP: densidad de población

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

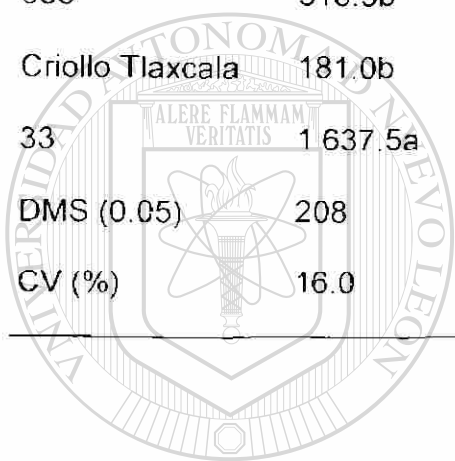
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

#### 4.2.2.2. Rendimiento de grano (RG)

En general, todos los genotipos de *A. hypochondriacus* tuvieron muy bajo RG, en Marín durante el ciclo OI 2001 siendo inferiores a  $306 \text{ kg ha}^{-1}$ . En cambio *A. cruentus* tuvo una producción muy superior entre  $892 \text{ a } 1637 \text{ kg ha}^{-1}$ . En el Cuadro 23, se tiene que el genotipo que presentó estadísticamente el mayor RG fue el 33 de *A. cruentus* en todas las densidades de población y el genotipo de menor rendimiento fue el 153-5-3 de *A. hypochondriacus*, a una densidad de población de  $31,250 \text{ plantas ha}^{-1}$ , lo cual se explica debido a que, no obstante que hubo formación de panícula en el 75% pero no tuvieron grano presentándose muchas plantas infértiles, a excepción del genotipo 33 de *A. cruentus* que tuvo un comportamiento aceptable en este ciclo de siembra. La superioridad del genotipo 33 puede explicarse por su adaptación a climas más secos y calientes (Alejandre y Gómez, 1986). En general existe una relación inversa entre la densidad de población y el RG. Estos resultados no coinciden con los reportados por Peña (1997) quien reporta rendimientos de grano de  $3600 \text{ kg ha}^{-1}$  para el genotipo 153-5-3 y de  $900 \text{ kg ha}^{-1}$  para el genotipo 33 de *A. cruentus* en la misma fecha de siembra de este estudio, pero en el ambiente de Xocoyucan Tlaxcala a 1980 msnm y en un clima mas fresco, por lo que a mayor altitud la temperatura menor a los  $30^\circ \text{ C}$  es determinante para un alto rendimiento de grano de *A. hypochondriacus*, en tanto que *A. cruentus* prospera mejor que *A. hypochondriacus* a temperaturas mayores a  $30^\circ \text{ C}$ .

**Cuadro 23.** Comparación de medias para RG (kg ha<sup>-1</sup>) en cinco genotipos de amaranto a cuatro densidades de población, ciclo de siembra de OI 2001, en Marín, N. L.

Genotipos	Densidad de población plantas ha <sup>-1</sup>			
	125, 000	62, 500	41, 666	31, 250
655	306.2b	93.7bc	90.0b	27.0b
153-5-3	179.0b	46.8c	33.0b	15.6b
653	318.5b	112.5bc	122ab	130.6b
Criollo Tlaxcala	181.0b	296.5b	124.5b	64.0b
33	1 637.5a	1 481a	1, 083a	892.0a
DMS (0.05)	208			
CV (%)	16.0			



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

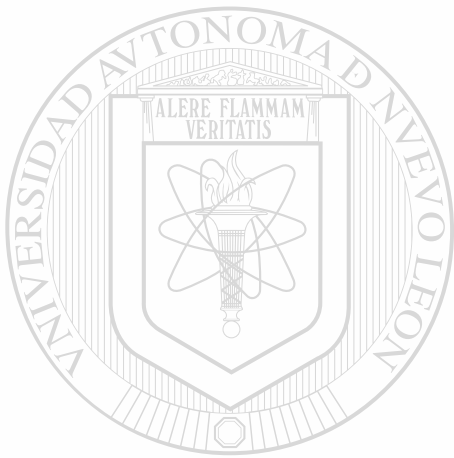
#### 4.2.2.3. Rendimiento de forraje verde (FV)

En cuanto al rendimiento de forraje verde, en el Cuadro 24, se aprecia que el genotipo 33 de *A. cruentus* tuvo un rendimiento de 80,610 kg ha<sup>-1</sup> con una densidad de población de 125,000 plantas ha<sup>-1</sup> fue de, siendo estadísticamente igual a Criollo Tlaxcala y 653 excepto en la densidad de 31,250 plantas ha<sup>-1</sup> donde fue igual a 153-5-3, superando a los demás genotipos. El genotipo de menor producción de forraje verde fue el 655 de *A. hypochondriacus* con 9,500 kg ha<sup>-1</sup> a 31,250 plantas ha<sup>-1</sup>.

#### 4.2.2.4. Rendimiento de forraje seco (FS)

En el Cuadro 25, se aprecia que el genotipo Criollo Tlaxcala a una densidad de población de 125,000 plantas ha<sup>-1</sup> rindió 37,310 kg ha<sup>-1</sup>, muy superior al de menor rendimiento con 3,260 kg ha<sup>-1</sup> a 31,250 plantas ha<sup>-1</sup> que fue el genotipo 655 de *A. hypochondriacus*. Todos los genotipos tuvieron la tendencia a un menor rendimiento a medida que la densidad de población se redujo. Martínez *et al.*, (1996) obtuvo resultados similares con el genotipo Azteca de *A. hypochondriacus* a una densidad de población de 83,500 plantas ha<sup>-1</sup>, observó que a medida que la densidad de población se incrementa hasta 125,000 plantas ha<sup>-1</sup> hay incrementos sustanciales en el rendimiento de forraje seco. Es importante señalar que no obstante que el genotipo 33 presentó el más alto rendimiento de forraje verde, en cuanto a forraje seco fue superado estadísticamente por otros genotipos en tres de las cuatro densidades de población. Este resultado coincide con el reportado por Peña, (1996) en una evaluación con el mismo genotipo 33 en Tlaxcala, en donde reporta mayor

rendimiento de forraje verde, en comparación con los genotipos de *A. hypochondriacus*, pero un menor rendimiento de forraje seco.



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

**Cuadro 24** Comparación de medias en la producción de FV en cinco genotipos de amaranto a cuatro densidades de población, ciclo de siembra de OI 2001 en Marín N. L.

Genotipos	*Densidad de población plantas ha <sup>-1</sup>			
	125,000	62,500	41,666	31,250
655	45,310 b	22,560 b	17,240 b	9,500 b
153-5-3	22,750 c	31,055 b	39,860 a	32,475 a
653	52,500 ab	53,750 a	38,640 a	14,515 b
Criollo Tlaxcala	72,500 a	57,650 a	34,825 a	21,030 ab
33	80,610 a	47,085 a	37,900 a	21,330 ab
DMS (0.05)	15,226			
C. V. (%)	18.11			

\* La comparación de medias es para cada densidad de población por separado

**Cuadro 25.** Comparación de medias en la producción de FS en cinco genotipos de amaranto a cuatro densidades de población, ciclo de siembra OI en Marín, N. L. 2001.

Genotipo	Densidad de población plantas ha <sup>-1</sup>			
	125,000	62,500	41,666	31,250
655	15,715a	15,456a	6,050c	3,260b
153-5-3	6,600d	10,230a	7,800bc	9,965a
653	15,500a	15,000a	14,160ab	7,025b
Criollo Tlaxcala	37,310a	14,530b	6,780c	9,230bc
33	24,985b	15,665b	17,805a	8,045c
DMS (0.05)	6,735			
CV. (%)	24.20			



#### 4.2.2.5. Longitud de panícula (LP)

En el Cuadro 26., se observa que el genotipo que mejor desarrollo obtuvo en este ciclo de siembra de Ol en Marín, N. L., en cuanto a la variable longitud de panícula, fue el genotipo 33 de *A. cruentus* en todas las densidades de población, superando estadísticamente al resto de los genotipos. El genotipo Criollo Tlaxcala de *A. hypochondriacus* siguió al 33 en LP en todas las densidades excepto en 31250 plantas ha<sup>-1</sup> donde Criollo Tlaxcala fue inferior a 33 y estadísticamente igual a 153-5-3. La mayor longitud de panícula en el genotipo 33 puede explicar el mayor rendimiento de grano respecto al resto de los genotipos.

#### 4.2.2.6. Altura de planta (AP)

En el Cuadro 27, se observa el comportamiento de la variable AP en las diferentes etapas de desarrollo del cultivo y a cuatro densidades de población todos los genotipos incrementaron su AP de la etapa vegetativa a la de madurez comercial. El genotipo 33 de *A. cruentus* en la etapa vegetativa fue el de menor AP comparado con los otros genotipos, a la floración igualó a algunos de ellos y en fructificación fue el de mayor AP en las cuatro densidades de población, el de menor AP a la fructificación fue el genotipo 655 a 62500 plantas ha<sup>-1</sup>. En experimentos realizados en el sur de Tlaxcala por Peña (1998) se presentaron alturas de plantas de 236, 234 y 164 cm para los genotipos 153-5-3, 655 y 33, siendo los dos primeros más altos en esa región que en Marín, N. L. El genotipo 33 resultó ser más consistente en AP en ambas regiones, esto es en el sur de Tlaxcala y en Marín, N. L.

**Cuadro 26.** Comparación de medias para LP (cm) en cinco genotipos de amaranto, a cuatro densidades de población, OI 2001, en Marín, N. L.

Genotipos	Densidad de población plantas ha <sup>-1</sup>			
	125, 000	62, 500	41, 666	31, 250
655	16d	24cd	16d	20c
153-5-3	25c	21d	26c	31b
653	22c	27c	24c	20c
Criollo Tlaxcala	40b	40b	41b	31b
33	51 <sup>a</sup>	55a	55a	57a
DMS (0.05)	4.49			
CV. (%)	6.60			

**Cuadro 27.** Comparación de medias para AP (cm) en cinco genotipos de amaranto en las distintas etapas de crecimiento del cultivo con diferente distancia entre plantas en el ciclo de siembra OI 2001 en Marín, N. L.

Genotipos	Etapas											
	Vegetativa				Floración				Fructificación			
	d1	d2	d3	d4	d1	d2	d3	d4	d1	d2	d3	d4
655	51b	52b	49b	59b	91b	95a	103ab	107a	141c	120d	123c	126d
153-5-3	51a	51b	42c	50d	102a	95a	86c	83c	185a	185b	169b	185b
653	69a	64a	62a	57c	101ab	95a	109a	96b	179a	126d	140d	124d
Criollo Tlaxcala	64b	63a	62a	63a	106a	103	96bc	103ab	152b	160c	148c	149c
33	38b	44c	30d	29e	107a	99a	100ab	96b	182a	196a	200a	196a
DMS(0.05)	1.5				11.38				7.91			
CV (%)	1.4				4.88				1.99			

Etapas Vegetativa del 20 de Marzo al 27 de abril 37 días, Floración del 28 de abril al 31 de mayo 34 días, Fructificación del 1º de junio al 5 de julio 35 días  
d1 = 125,000 plantas ha<sup>-1</sup>, d2 = 62,500 plantas ha<sup>-1</sup>, d3 = 41,666 plantas ha<sup>-1</sup>, d4 = 31,250 plantas ha<sup>-1</sup>.

#### 4.2.2.7. Diámetro del tallo (DT)

En cuanto a DT, el cual se aprecia en el Cuadro 28, este tuvo un rango de 17 a 27 mm, siendo el de mayor DT el genotipo 153-5-3 a una densidad de población de 125,000 plantas ha<sup>-1</sup> y el de menor DT fue el mismo genotipo a 31,250 plantas ha<sup>-1</sup>

#### 4.2.2.8. Unidades calor

La determinación de las unidades calor para las etapas de crecimiento del cultivo de la emergencia a la cosecha se presentan en el Cuadro 29. Para este ciclo OI 2001 en Marín, N. L., los genotipos de *A. hypochondriacus* requirieron de siembra a cosecha de 22 días más, lo que representa 343 unidades calor más que el genotipo 33 de *A. cruentus*. Boradonenko *et al.*, (1999) encontraron que genotipos de *A. hypochondriacus* tuvieron 11 días entre la etapa de panícula completa y madurez comercial, un comportamiento semejante fue observado en este ciclo OI 2001 en Marín, N. L. para 153-5-3, 653 y 655.

### DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

#### 4.2.2.9. Plagas y enfermedades

En este ciclo se presentaron diversas plagas como: *Diabrotica spp*, vaquita o catarinita, *Epitrix spp*, pulgillas, *Mizuz spp*, pulgas, *Ligus spp*, chinches *Feltia spp*, siendo las dos últimas las más importantes pero sin llegar a causar un daño económico en el cultivo, dado que se controlaron químicamente de manera oportuna.

**Cuadro 28.** Comparación de medias para DT (mm) en cinco genotipos de amaranto, a cuatro densidades de población, OI 2001, Marín, N. L.

Genotipos	Densidad de población (plantas ha <sup>-1</sup> )			
	125, 000	62, 500	41, 666	31, 250
153-5-3	27 a	25 a	21a	17 c
Criollo Tlaxcala	25 ab	24 a	23 a	22 b
33	23 ab	26 a	22 a	27ab
655	21 ab	24 a	24 a	30 a
653	20 b	22 a	22 a	22 b
DMS (0.05)	6.53			

**Cuadro 29.** Unidades calor en las ultimas etapas de crecimiento del cultivo de amaranto, experimento 2, siembra directa OI 2001, Marín, N. L.

Genotipos	Emergencia*		Inicio de aparición de la		Panícula completa		Madurez comercial	
	Días	U. C.	Días	U. C.	Días	U. C.	Días	U. C.
			Días	U. C.				
153-5-3	8	52	79	850	107	1271	119	1475
653	6	57	79	850	107	1271	119	1475
Criollo	4	52	54	490	61	602	119	1475
33	3	70	54	490	61	602	97	1132
655	8	57	79	850	107	1271	119	1475

\* Inicio del ciclo de siembra OI 2001, el 20 de marzo.

#### 4.2.2.10. Consideraciones generales para el ciclo OI 2001, Marín, N. L.

La colecta que por su rendimiento de grano y forraje en el ciclo de siembra de OI 2001 en Marín, N. L., tuvo el mejor comportamiento fue 33 de *A. cruentus* con 1, 637 kg ha<sup>-1</sup> de grano y con 80 610 kg ha<sup>-1</sup> de forraje verde a una densidad de población de 125,000 plantas ha<sup>-1</sup> es decir a una distancia entre plantas de 10cm y surcos a 0.80 m. Este resultado es similar al reportado por Alexandre y Gómez, (1986) en cuanto al rendimiento de esta variedad en Texcoco, México. En cuanto a la producción de forraje verde, los resultados difieren de Weber (1990) quien en estudios realizados con la misma especie, encontró rendimientos de 40,000 kg ha<sup>-1</sup> de forraje verde en la región de las grandes planicies en los E. U. A. equivalentes a un 50% menos de rendimiento de forraje verde, que el encontrado en Marín N. L. en el ciclo OI 2001. Por lo anterior, en base a los resultados del ciclo OI 2001, el genotipo 33 pudiera ser recomendado para su siembra comercial en este ciclo en el área de influencia de la FAUANL

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

### **4.3. Ciclo agrícola PV 2001, Valle del Guadiana, Durango**

#### **4.3.1. Experimento 1: análisis bajo densidades de población**

##### **4.3.1.1. Análisis de varianza para las variables evaluadas**

Los resultados del análisis de varianza para los genotipos en estudio se observan en el Cuadro 30., en el cual se aprecia que para la variable rendimiento de grano (RG) sólo hubo significancia estadística para los genotipos, y no para la densidad de población ni para la interacción genotipos x densidades de población. Para la variable forraje seco (FS) tanto para genotipos, densidades de población y la interacción genotipos x densidades de población hubo significancia estadística; en el caso de las demás variables en estudio, longitud de panícula (LP), altura de planta (AP) y diámetro del tallo (DT), no existió significancia estadística.

##### **4.3.1.2. Rendimiento de grano (RG)**

En el Cuadro 31, se tiene que los genotipos que presentaron mayor rendimiento fueron el 653 con  $1890 \text{ kg ha}^{-1}$  y el 655 con  $1470 \text{ kg ha}^{-1}$ , y el resto de los genotipos fueron de menor rendimiento. La superioridad de los genotipos 653 y 655 puede explicarse por su adaptación a climas más templados (Alejandre y Gómez, 1986). Estos resultados encontrados en este ciclo PV2001 son del orden de los reportados por Flores (1998) en Zacatecas, quien encontró rendimientos de grano de  $2050$  y  $1637 \text{ kg ha}^{-1}$  para estos dos mismos genotipos, respectivamente.

**Cuadro 30.** Cuadrados medios y coeficientes de variación para ocho características evaluadas en cinco genotipos de amaranto establecidos bajo cuatro densidades de siembra, en arreglo de parcelas divididas, PV 2001, Valle del Guadiana, Durango.

FV	Rendimiento		LP (cm)	AP (mm)	DT (cm)
	RG (kg ha <sup>-1</sup> )	FS (kg ha <sup>-1</sup> )			
Bloques	680160 NS	680160 NS	2310.3 *	13068.18 *	250 *
Genotipos (A)	1360411 *	104381184 *	402 5253NS	28.1250 NS	3821.2500 NS
Error (a)	156919.0	91136	301.2753	49.37500	1483.7500
Densidad de Población (B)	750741 NS	5213525.5 *	74.2916 NS	74.29166 NS	996.66668 NS
A x B	215296 NS	42728620 *	113 875 NS	113.875 NS	1002.9166 NS
Error (b)	285699.18	637952	135.2916	39.791668	665.00000
C V. (%)	32.46	4.82	23.27	36.37	18.62

**Cuadro 31.** Comparación de medias para rendimiento de grano (kg ha<sup>-1</sup>) en cinco genotipos de amaranto. PV 2001, Valle del Guadiana, Durango.

Genotipos	Media
653	1890.1250 a
655	1470.3750 ab
33	995.2500 b
153-5-3	972.8750 b
Criollo Tlaxcala	966.1250 b
DMS (0 05)	549.8

#### **4.3.1.3. Rendimiento de forraje seco (FS)**

Como se aprecia en el Cuadro 32, el comportamiento para FS de los genotipos dentro de cada densidad de población no fue el mismo, por lo que el genotipo 33, presentó el rendimiento mas alto a 125,000 y 41,600 plantas ha<sup>-1</sup>, y el genotipo Criollo Tlaxcala fue el de mayor rendimiento a 62,500 plantas ha<sup>-1</sup>, en tanto que a 31,250 plantas ha<sup>-1</sup>, Criollo Tlaxcala, 153-5-3 y 653 fueron los de mayor rendimiento de FS. Estos genotipos se recomendarían para su siembra a las densidades de población bajo los cuales fueron los de mejor rendimiento de FS. Resultados similares para rendimiento de FS en la misma localidad y con los mismos genotipos son los reportados por Martínez (1999).

#### **4.3.1.4. Longitud de panícula (LP)**

En el Cuadro 33, se observa que numéricamente el genotipo de mayor LP fue el 653, y el de menor LP fue el 33; sin embargo estas diferencias no fueron significativas estadísticamente. Este resultado del comportamiento del genotipo 33 es similar al reportado por De la Cruz y Guadarrama (1996) quienes encontraron longitudes de panícula para este mismo genotipo de 40 cm.



**Cuadro 32.** Comparación de medias para FS ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) de cinco genotipos de amaranto a cuatro densidades de población, PV 2001, Valle del Guadiana, Durango.

Genotipo	Densidad de población ( $\text{plantas ha}^{-1}$ )			
	125,000	62,500	41,666	31,250
33	24450 a	17700 b	22150 a	17050 b
655	22150 b	18400 b	13750 c	8550 c
Criollo Tlaxcala	21050 b	22985 a	18200 b	19300 a
153-5-3	9875 c	11100 c	12250 c	19425 a
653	9700 c	11600 c	12250 c	19400 a
DMS (0.05)	1529.4808			

**Cuadro 33.** Promedio para la variable LP (cm) en cinco genotipos de amaranto. PV 2001, Valle del Guadiana, Durango.

Genotipos	AP (cm)
653	65.0
655	55.0
153-5-3	54.0
Criollo Tlaxcala	50.0
33	40.0

#### 4.3.1.5. Altura de planta (AP)

En el Cuadro 34, se observa el promedio para la variable AP de todos los genotipos. El genotipo numéricamente con mayor promedio de altura, aunque estadísticamente igual al resto, fue el 153-5-3 y el de menor altura fue el genotipo 655. Este resultado difiere con lo reportado por Trinidad (1997), quien encontró una altura de planta de 160 cm, en la misma fecha de siembra (junio) para el genotipo 153-5-3 en Texcoco estado de México.

#### 4.3.1.6. Diámetro del tallo (DT)

En cuanto a DT estadísticamente no fue significativo pero en el Cuadro 35, se observan los resultados de la medición para esta variable en campo ordenados de mayor a menor.

#### 4.3.1.7. Consideraciones generales para el ciclo PV 2001, Valle del

##### Guadiana, Durango

En base a los datos del ciclo PV 2000, la colecta que por su rendimiento de grano y forraje pudiera ser considerada para sembrarse en años siguientes en el Valle del Guadiana, Dgo., para producción de grano son la 653 y 655 de *A. hypochondriacus* a una densidad de población de 125,000 plantas ha<sup>-1</sup> y para rendimiento de FS el genotipo 33 sería el recomendado; en tanto que para la producción de grano y forraje el genotipo mas indicado sería el 655.

**Cuadro 34.** Promedio para la variable AP (cm) en cinco genotipos de amaranto. PV 2001, Valle del Guadiana, Durango.

Genotipos	AP (cm)
153-5-3	185.0
653	160.0
33	150.0
Criollo Tlaxcala	145.0
655	125.0

**Cuadro 35.** Promedio para la variable DT (mm) en cinco genotipos de amaranto. PV 2001, Valle del Guadiana, Durango.

Genotipos	DT (mm)
655	17.0
153-5-3	16.0
33	16.0
Criollo Tlaxcala	15.0
653	12.0

#### **4.4. Ciclo agrícola OI 2002, Marín, N. L.**

##### **4.4.1. Experimento 1: siembra directa 15 de febrero**

No obstante que la siembra se realizó con bastante humedad y depositando la semilla en el fondo del surco, observando la emergencia del cultivo algunas los días 23 y 28 de febrero y el 10 de marzo, ésta fue sin embargo el número de plantas por parcela fue muy baja por lo que este experimento se dio por anulado a los 15 días de haber sembrado

##### **4.4.2. Experimento 2: siembra directa 22 de febrero**

El día 22 de febrero se sembró un segundo experimento y el 15 de marzo, por las mismas causas del experimento uno se decidió eliminarlo.

##### **4.4.3. Experimento 3: siembra directa 15 de marzo**

###### **4.4.3.1. Análisis de varianza para las variables evaluadas**

Los resultados de los análisis de varianza para las cinco variables estudiadas se presentan en el Cuadro 36, en el cual se puede observar que para la variable RG, se tuvo significancia estadística, para genotipos, densidades de población y para la interacción de genotipos x densidades de población. Para FS solo hubo diferencias entre densidades de población. Para LP solo entre genotipos hubo diferencias significativas. Para AP solo se detectaron diferencias significativas para densidades de población. En cuanto a DT la interacción fue significativa. Considerando las fuentes de variación en las que se detectó diferencia significativa para algunas de las cinco variables, se procedió a la prueba de comparación de medias.

**Cuadro 36** Cuadrados medios y coeficientes de variación para cinco características evaluadas en cinco genotipos de amaranto establecidos en cuatro densidades de siembra, bajo el arreglo de parcelas divididas, ciclo OI 2002 en Marín N. L.

FV	Rendimiento		LP	AP	DT
	(kg ha <sup>-1</sup> )		(cm)	(cm)	(cm)
	RG	FS			
Bloques	1347256 NS	1317888 NS	570 NS	4494.375 NS	6.40 NS
Genotipos (A)	6088497 *	4040256 NS	692.712 *	367.375 NS	15.28 NS
Error (a)	158788	3895488	17.812	253.0937	16.149
Densidad de población (B)	1909077*	3895488 *	70 427 NS	1181.625 *	10.625 NS
A x B	437120.6 *	7836629 NS	83.495 NS	296.5104 NS	23.708*
Error (b)	153695.2	7970338	92.8416	194.4666	5.925
C. V. (%)	42.19	35.73	22.79	7.55	10.5

#### 4.4.3.2. Rendimiento de grano (RG)

En el Cuadro 37, se observa que el genotipo 33 y Criollo Tlaxcala fueron los de mayor RG con 125,000 plantas ha<sup>-1</sup> y el 33 y el 653 superaron a todos los genotipos en las otras tres densidades de población. Resultados similares son los reportados por Berti *et al.*, (1997) en evaluación de 15 genotipos de *Amaranthus spp.*, con diferentes densidades de población, donde los *A. cruentus* sembrados bajo densidades de población altas en un ambiente seco y caliente en Chile superaron en RG a todos los genotipos de *A. hypochondriacus* en estudio.

#### 4.4.3.3. Rendimiento de forraje seco (FS)

En el Cuadro 38, se aprecia que la densidad de 125,000 plantas ha<sup>-1</sup> fue la que permitió obtener el rendimiento más alto y significativo respecto a las densidades menores. Similares resultados son los reportados por Henderson y

Johnson (1998), para cinco genotipos de amaranto, en donde, con el genotipo

Plainsman K343 de *A. cruentus*, obtuvo rendimientos de FS altos con el uso de densidades de población superiores a las 100,000 plantas ha<sup>-1</sup> en la región de

las grandes planicies en EUA. Por otra parte este resultado coincide con lo

reportado por García (2001) para la misma localidad y los mismos genotipos en

estudio en el ciclo de siembra de OI 2001.

**Cuadro 37.** Comparación de medias en RG ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) en cinco genotipos de amaranto a diferente densidad de población, OI 2002, en Marín, N. L.

Genotipos	Densidad de población plantas $\text{ha}^{-1}$			
	125, 000	62, 500	41, 666	31, 250
33	1982.5 a	1952.5 a	1534.5 a	1444.5 a
Criollo Tlaxcala	993.5 ab	375 bc	322.5 b	327 bc
153-5-3	345 bc	203.0 bc	142 b	15.5 c
653	253 bc	1479 a	1479 a	1218.5 ab
655	104 c	124 c	103 b	335 bc
DMS (0.05)	903.9			

**Cuadro 38.** Comparación de medias en la producción de FS a cuatro densidades de población, promedio de cinco genotipos. OI 2002, Marín, N. L.

Densidad de población (plantas $\text{ha}^{-1}$ )	FS ( $\text{kg ha}^{-1}$ )
125,000	13562.4 a
62,500	8304.6 b
41,666	5829.6 b
31,250	3906.4 b
DMS	6213.0

#### 4.4.3.4. Longitud de panícula (LP)

Estadísticamente solo existió significancia estadística para los genotipos en estudio, lo cual se observa en el Cuadro 39. El genotipo que mejor desarrolló en este ciclo de siembra en cuanto a LP fue el genotipo 653 de *A. hypochondriacus* con 57 cm y el de menor LP fue para el genotipo 33 de *A. cruentus* con 31 cm. Este resultado coincide con el reportado por Espitia (1986b) en donde encontró mayor LP en los genotipos de *A. hypochondriacus* en la región de Saltillo, Coah. y menor LP para los genotipos de *A. cruentus* en una evaluación preliminar efectuada en genotipos de amaranto.

#### 4.4.3.5. Altura de planta (AP)

En el Cuadro 40 se observa que la mayor AP se obtiene cuando se siembra con las densidades de población bajas de 41,666 y 31,250 plantas ha<sup>-1</sup>. Esto se debe a que cuando las plantas se encuentran con menor

competencia tienden a presentar mayor desarrollo, lo que coincide con lo reportado por Trinidad (1997) quien probó 15 genotipos de amaranto a diferente densidad de población y observó que todos desarrollaron mayor altura a medida que la densidad de población se redujo



**Cuadro 39.** Comparación de medias para LP (cm) en cinco genotipos de amaranto, promedio de cuatro densidades de población. OI 2002, Marín, N. L.

Genotipos	LP (cm)
653	57 a
153-5-3	40 b
655	42 b
Criollo Tlaxcala	40 b
33	31 c
DMS (0.05)	5.8

**Cuadro 40.** Comparación de medias para AP (cm) entre cuatro densidades de población, promedio de cinco genotipos de amaranto. OI 2002, Marín, N. L.

Densidad de población (plantas ha <sup>-1</sup> )	AP (cm)
125,000	161 b
62,500	156 b
41,666	200 a
31,250	200 a
DMS (0.05)	30.6

#### 4.4.3.6. Diámetro del tallo (DT)

Como se observa en el Cuadro 41, la densidad de 125,000 plantas  $\text{ha}^{-1}$  153-5-3 presentó el mayor DT promedio, en tanto que bajo 62,500 plantas  $\text{ha}^{-1}$  y 41,666 plantas  $\text{ha}^{-1}$  las diferencias entre genotipos no existieron, pero bajo 31,250 plantas  $\text{ha}^{-1}$ , 655 y 33 fueron los que presentaron el valor promedio de DT mas alto. Este resultado es similar al reportado por Garcia y Valdés (2002) para la misma localidad y los mismos genotipos en estudio en el ciclo de siembra de OI 2001.

#### 4.4.3.7. Unidades calor

Las unidades calor para cada una de las etapas de crecimiento del cultivo se observan en el Cuadro 42, en el cual se tiene que los genotipos de *A. hypochondriacus* necesitan mas unidades calor para su emergencia y para llegar a su madurez comercial, en contraparte con el genotipo 33 de *A.*

*cruentus* el cual tiene un requerimiento de 186 unidades calor menos a madurez comercial respecto a los genotipos de *A. hypochondriacus* y 25 unidades calor menos para la emergencia de las plantas en campo.

**Cuadro 41.** Comparación de medias para DT (mm) en cinco genotipos de amaranto, a cuatro densidades de población, OI 2002, Marín, N. L.

Genotipos	Densidad de población plantas ha <sup>-1</sup>			
	125, 000	62, 500	41, 666	31, 250
655	21 ab	23	24	30 a
153-5-3	27 a	25	20	16 c
653	20 b	22	21	22 bc
Criollo Tlaxcala	25 ab	23	21	22 bc
33	23 ab	26	21	27 ab
DMS (0.05)	7.10	Ns	Ns	

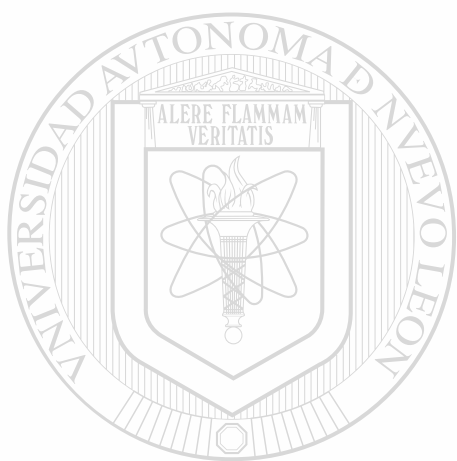
**Cuadro 42.** Unidades calor en las últimas etapas de crecimiento del cultivo de amaranto, OI 2002, Marín, N. L.

Genotipos	Emergencia		Inicio de aparición de la panícula		Panícula completa		Madurez comercial	
	Días	U. C.	Días	U. C.	Días	U. C.	Días	U. C.
153-5-3	6	50	54	732	95	1435	108	1569
653	6	50	54	732	95	1435	108	1569
Criollo	6	50	45	550	79	1153	108	1569
33	3	25	40	488	68	1043	98	1383
655	6	50	54	732	95	1435	108	1569

\* Inicio del ciclo de siembra OI 2002, el 20 de marzo.

#### 4.4.3.8. Consideraciones generales para el ciclo OI 2002, Marín, N. L.

La colecta que por su rendimiento de grano y forraje en el ciclo de siembra de OI 2002 en Marín, N. L., es recomendada para sembrarse en este ciclo es la 33 de *A. cruentus* a una densidad de población de 125,000 plantas ha<sup>-1</sup>.



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

#### **4.5. Ciclo agrícola PV 2002, Valle del Guadiana, Durango**

##### **4.5.1. Experimento 1: análisis por densidades de población**

###### **4.5.1.1 Análisis de varianza**

Los resultados del análisis de varianza para los genotipos en estudio se observan en el Cuadro 43, en el cual se aprecia que para la variable RG sólo hubo significancia estadística para las densidades de población y no para los genotipos ni para la interacción genotipos x densidades de población. Para las variables FS LP, AP y DT tanto para genotipos, densidades de población y la interacción genotipos x densidades de población hubo significancia estadística.

###### **4.5.1.2. Rendimiento de grano (RG)**

En el Cuadro 44, se tiene que a densidades de población altas de 125,000 y 62,500 plantas ha<sup>-1</sup> se obtienen los mayores rendimientos de grano con 1562 y 1539 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente, superiores estadísticamente respecto a las densidades de población de 41,666 y 31,250 plantas ha<sup>-1</sup>. Resultados similares son los reportados por Martínez (1988), en donde encontró que a medida que se utilizan densidades de población superiores a 100,000 plantas ha<sup>-1</sup> el rendimiento de grano se incrementa de un 40 a un 50 % con respecto a la utilización de densidades de población menores de 50,000 plantas ha<sup>-1</sup>. Este resultado es diferente con el reportado por Baltensperger (1991) en donde reporta rendimientos de grano hasta de 5964 kg ha<sup>-1</sup> bajo densidades de población de 31,250 plantas ha<sup>-1</sup> con el genotipo Plainsman de *A. cruentus*.

**Cuadro 43.** Significancia estadística de los cuadrados medios y coeficientes de variación para cinco características evaluadas en cinco genotipos de amaranto establecidos en cuatro densidades de población, bajo el arreglo de parcelas divididas, ciclo PV 2002 Valle del Guadiana, Durango.

FV	Rendimiento		LP	AP	DT
	RG (kg ha <sup>-1</sup> )	FS (kg ha <sup>-1</sup> )	(cm)	(cm)	(cm)
Bloques	563828 NS	512 NS	6.398438 NS	0.187500 NS	0.400391 NS
Genotipos	242820 NS	23060128*	495.962*	51.5874*	563.6562*
(A)					
Error (a)	613252	61344	12.912109	1.962646	29.0
Densidad de población	404385.3*	61344*	822.966*	75.6331*	5161.10*
(B)					
A x B	96347 NS	13081749*	44.8626*	14.8208*	323.88*
Error (b)	112429.6	43886.9	8.05	2.483333	36.3
C. V. (%)	28.57	3.31	6.06	8.93	4.34

**Cuadro 44.** Comparación de medias en el rendimiento de grano de amaranto (RG) en (kg ha<sup>-1</sup>) de cuatro densidades de población, promedio de cinco genotipos. PV 2002, Valle del Guadiana, Durango.

Densidad de población plantas ha <sup>-1</sup>	Media RG (Kg ha <sup>-1</sup> )
125000	1562 a
62500	1539 a
41666	856 b
31250	814 b
DMS (0.05)	712

#### 4.5.1.3. Rendimiento de forraje seco (FS)

En el Cuadro 45 se aprecia que los genotipos 653, Criollo Tlaxcala y 33 a una densidad de población de 125,000 plantas ha<sup>-1</sup>, tuvieron rendimientos de FS de 12,250, 12,250 y 12,200 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente el cual fue superiores al resto de los genotipos. Este resultado es similar en cuanto al rendimiento de FS con el reportado por García (2002) para la misma localidad y para los mismos genotipos. Resultados similares son los encontrados por Stordahl *et al.*, (1999) en donde reportan rendimientos de 12,000 kg ha<sup>-1</sup> para la especie de *A. hypochondriacus* bajo densidades de población de 125,000 plantas ha<sup>-1</sup> en Minnesota.

#### 4.5.1.4. Longitud de panícula (LP)

En el Cuadro 46, se observa que el genotipo que tuvo el mejor desarrollo en este ciclo de siembra en cuanto a la variable LP, fueron los genotipos 33 de *A. cruentus* y 153-5-3, el primero en todas las densidades de población y el segundo a 125,000 y 62,500 plantas ha<sup>-1</sup>, en tanto que 653 fue estadísticamente igual a 33 bajo 31,250 plantas ha<sup>-1</sup>. El tamaño de la panícula tiende a incrementarse a medida que la separación entre plantas en forma individual es mayor. Estos resultados difieren con los reportados por Martínez (1999) quien en la misma localidad encontró variaciones de LP para los mismos genotipos de 30 y 45 cm respectivamente.

**Cuadro 45.** Comparación de medias en la producción de (FS) en cinco genotipos de amaranto a cuatro densidades de población. PV 2002 Valle del Guadiana, Durango.

Genotipo	Densidad de población (plantas ha <sup>-1</sup> )			
	125, 000	62,500	41, 666	31, 250
653	12250 a	1837 e	5000 b	2100 c
Criollo Tlaxcala	12250 a	3062 d	3406 c	1225 d
33	12200 a	6400 c	3375 c	3062 b
153-5-3	9437 b	7250 b	4540 b	2150 c
655	8375 c	9187 a	9875 a	9487 a
DMS (0.05)	513			

**Cuadro 46.** Comparación de medias para LP (cm) en cinco genotipos de amaranto, a cuatro densidades de población. PV 2002, Valle del Guadiana, Durango.

Genotipos	Densidad de población (plantas ha <sup>-1</sup> )			
	125, 000	62, 500	41, 666	31, 250
33	42 <sup>a</sup>	51ab	64a	64a
153-5-3	42 <sup>a</sup>	52ab	52b	60ab
653	32b	41c	54b	63a
Criollo Tlaxcala	32b	32d	34c	41c
655	30b	45bc	48b	55b
DMS (0.05)	7.17			



#### 4.5.1.5. Altura de planta (AP)

En el Cuadro 47, se aprecia el promedio para AP en las densidades de población de 125,000 y 62,500 plantas ha<sup>-1</sup>, fue el más alto para los genotipos 653 y 655; en tanto que en las densidades de 41,666 y 31,250 plantas ha<sup>-1</sup>, 153-5-3 fue el de mayor AP. Este resultado difiere con lo reportado por la Facultad de Ciencias Agropecuarias en Manizales Colombia (1999) en donde se encontró una AP de 75 cm, para *A. cruentus* en la evaluación de cuatro especies de amaranto.

#### 4.5.1.6. Diámetro del tallo (DT)

En el Cuadro 48, se aprecia que Criollo Tlaxcala fue el genotipo de mayor DT a 125,000 plantas ha<sup>-1</sup>, a 62,500 plantas ha<sup>-1</sup>: No hubo diferencias en DT entre los genotipos. A 41,666 plantas ha<sup>-1</sup> 653 y 153-5-3 fueron los de menor DT, superados estadísticamente por los otros tres genotipos, en tanto que a 31,250 plantas ha<sup>-1</sup>, 655 y 653 presentaron el mismo DT el cual fue superior a los otros genotipos. Estos resultados son similares a los reportados por Martínez (1996) en donde para el genotipo 655 y 153-5-3, encontró diferencias similares en DT en los Valles de Oaxaca a 125,000 plantas ha<sup>-1</sup>

**Cuadro 47** Comparación de medias para AP (cm) en cinco genotipos de amaranto, a cuatro densidades de población. PV 2002, Vaile del Guadiana, Durango.

Genotipos	Densidad de población (plantas ha <sup>-1</sup> )			
	125, 000	62, 500	41, 666	31, 250
653	128 a	135 ab	140 c	142 c
655	120 ab	142 a	157 ab	172 ab
Criollo Tlaxcala	112 b	128 b	122 d	167 b
153-5-3	110 b	130 ab	165 a	185 a
33	95 c	115 c	145b c	165 b
DMS (0.05)	13.3			

**Cuadro 48.** Comparación de medias para DT (mm) en cinco genotipos de amaranto, a cuatro densidades de población. PV 2002, Valle del Guadiana, Durango.

Genotipos	Densidad de población (plantas ha <sup>-1</sup> )			
	125, 000	62, 500	41, 666	31, 250
Criollo Tlaxcala	22 a	20 a	20 a	20 b
33	16 b	16 b	20 a	20 b
655	15 b	16 b	18 a	25 a
653	14 b	11 c	17 ab	25 a
153-5-3	11 c	12 c	15 b	16 c
DMS (0 05)	3.4			

#### 4.5.1.7. Unidades calor

La determinación de las unidades calor para cada una de las etapas de crecimiento del cultivo se aprecian en el Cuadro 49. Para este ciclo de siembra de PV 2002 en el Valle del Guadiana, los genotipos de *A. hypochondriacus* requieren de 9,12 a 24, 9 a 17 y 16 a 22 unidades calor mas que el genotipo 33 de *A. cruentus* para respectivamente la emergencia, inicio de aparición de la panícula completa y madurez comercial. Estos resultados coinciden con lo reportado por Reyna (1993) en donde ubica a *A. cruentus* en zonas de climas muy calientes, calientes y semicálidas hasta los limites con los templados, por lo que requiere menos unidades calor para completar su ciclo.

#### 4.5.1.8. Consideraciones generales para el ciclo PV 2002, Valle del Guadiana, Durango

En consideración a los resultados obtenidos en este ciclo en esta localidad, de los cinco genotipos ensayados, 653, Criollo Tlaxcala y 33 sembrados a 125,000 plantas ha<sup>-1</sup>, serian los recomendados para la producción de FS y grano.

**Cuadro 49.** Unidades calor en las últimas etapas de crecimiento del cultivo de amaranto, PV 2002, Valle del Guadiana, Durango.

Genotipos	Emergencia		Inicio de aparición de la panicula		Panicula completa		Madurez comercial	
	Días	U. C.	Días	U. C.	Días	U. C.	Días	U.C.
			Días	U. C.				
153-5-3	9	54	74	231	84	261	149	318
653	9	54	74	231	84	261	149	318
Criollo	9	54	70	219	81	253	135	312
33	5	45	62	207	77	244	112	296
655	9	54	74	231	84	261	149	318

\* Inicio del ciclo de siembra PV 2002, el 19 de junio.  
Cosecha del 31 de octubre al 17 de noviembre.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

#### **4.6. Análisis conjunto de los ciclos de siembra de PV 2000, OI 2001, PV 2001, OI 2002, PV 2002 en dos localidades contrastantes del norte de México.**

##### **4.6.1. Análisis de varianza**

Los resultados del análisis de varianza para los cinco genotipos estudiados 153-5-3, 653, Criollo Tlaxcala, 33 y 655, en cuatro densidades de población de 31250, 41666, 62500 y 125000 plantas ha<sup>-1</sup> durante los ciclos agrícolas OI 2001 en Marín, N. L., PV 2001 en el Valle del Guadiana, Durango, OI 2002 en Marín, N. L., y PV 2002 en el Valle del Guadiana, Durango, considerados como ambientes se observan en el Cuadro 50.

En este Cuadro se aprecia que para la variable rendimiento de grano (RG) existe significancia estadística para densidades de población (B), para los ambientes de estudio (C), en las interacciones A x C y B x C, no así en la

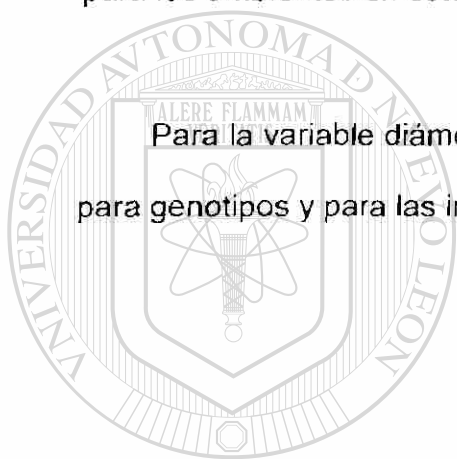
interacción A x B x C. Por lo anterior, en RG tanto para los genotipos como para las densidades de población fueron influenciados por los ambientes de prueba.

En cuanto a la variable de rendimiento de forraje seco (FS) se detectó significancia estadística tanto para genotipos, densidades de población, ambientes y para todas las interacciones por lo que el comportamiento del rendimiento está fuertemente influenciado por el ambiente y su respuesta es diferente para todos los genotipos en estudio.

Para la variable longitud de panícula (LP) se detectó significancia para las densidades de población y para todas las interacciones dobles A x B, A x C y B x C, no así para la triple interacción A x B x C.

Para la variable altura de planta (AP) se detectó significancia estadística para genotipos, densidades de población y todas las interacciones, pero no así para los ambientes en estudio.

Para la variable diámetro del tallo (DT) solo existió significancia estadística para genotipos y para las interacciones A x C y B x C.



# UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

**Cuadro 50.** Cuadrados medios y coeficientes de variación para cinco características evaluadas en cinco genotipos de amaranto establecidos en cuatro densidades de población, en los ciclos agrícolas de OI 2001 Marín, N. L., PV 2001 Valle del Guadiana, Durango, OI 2002 Marín, N. L., y PV 2002 Valle del Guadiana, Durango.

FV	Rendimiento		LP	AP	DT
	RG (kg ha <sup>-1</sup> )	FS (kg ha <sup>-1</sup> )	(cm)	(cm)	(mm)
Repeticiones	1270368NS	2332672NS	97.656250NS	726.75NS	11.558594NS
Genotipos (A)	1521880NS	94957056*	135.07031NS	4625.312*	153.306*
Error (a)	284032	2071040	165.5625	413.187	15.586914
Densidades de población (B)	1059472*	126689960*	149.70832*	830.3333*	12.506511NS
A x B	177374.67NS	46886740*	113.51823*	344.9166*	10.068685NS
Error (b)	232834.14	4071151	33.747917	135.083328	11.864583
Ambientes (C)	7112533.5*	976522560*	2055.4895NS	17351.9160NS	709.4062NS
Error (c)	279876.281	1103735.5	913.408386	5702.482910	78.955986
A x C	2269878.7*	43853484*	846.63544*	2363.5207*	45.406250*
Error (d)	504672.25	3244748.75	80.853638	503.233398	16.779232
B x C	348716.43*	169826304*	345.1007*	1519.277832*	40.95009*
A x B x C	102146.66NS	29598322*	90.079865NS	378.930542*	22.291124NS
Error (e)	144746.31	4922117.5	56.597916	225.633331	13.609028
C V (%)	23.1	18.6	5.0	4.5	6.7

## 4.6.2. Comparación de medias

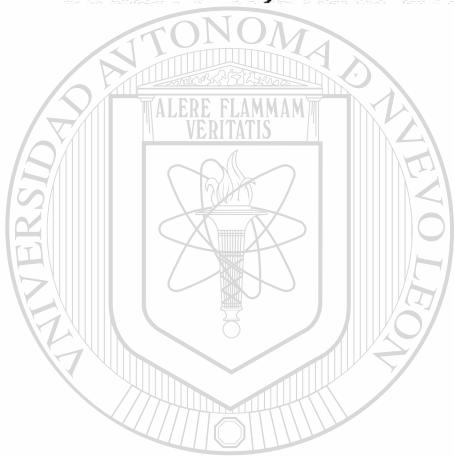
### 4.6.2.1. Rendimiento de grano (RG)

#### 4.6.2.1.1. Interacción genotipo x ambiente (A x C)

Debido a que la interacción A x C fue estadísticamente significativa, se procedió a efectuar el análisis de comparación de medias (Cuadro 51) en el cual se aprecia que en OI 2001, Marín, N. L., el genotipo 33 fue el de mayor RG, superando significativamente a los otros cuatro genotipos. En el mismo año pero en el ciclo PV en el Valle del Guadiana, Dgo., 653 y 655 fueron los genotipos de mayor RG. En el año 2002, en el ciclo OI en Marín, N. L., nuevamente el genotipo 33 y ahora el genotipo Criollo Tlaxcala también presentó un alto RG estadísticamente igual al 33, superando estos dos genotipos al resto. En PV 2002 en el Valle del Guadiana todos los genotipos tuvieron buen rendimiento sin llegar a detectarse diferencias estadísticas entre ellos. Estos resultados confirman que los genotipos de *A. hypochondriacus* presentan su mas alto RG en el ciclo PV en el Valle del Guadiana por encontrar condiciones ambientales semejantes a los de su adaptación y por el contrario, en los ambientes de OI 2001 y 2002 en Marín, N. L., estos genotipos presentaron un menor rendimiento, en tanto que el 33 presentó los rendimientos mas altos por tener adaptación a condiciones calientes y secas. Estos resultados coinciden con los publicados por Alejandre y Gómez (1986) para la especie *A. hypochondriacus* en donde ésta presenta mejor adaptación a climas mas templados de mayor altitud a los 1500 msnm. Henderson y Johnson (1998) evaluaron en cuatro ambientes templados, cuatro genotipos de *A. cruentus* y dos de *A. hypochondriacus* x *A. hybridus* sembrados en junio en la región de las



grandes planicies en E. U. A., en donde bajo tres condiciones templadas encontraron para los genotipos de *A. cruentus* un mayor rendimiento de grano (1169 kg ha<sup>-1</sup>) respecto a los genotipos de *A. hypochondriacus* x *A. hybridus* (876 kg ha<sup>-1</sup>), por lo que considerando los resultados obtenidos en este trabajo para el genotipo 33 de *A. cruentus* en los ambientes templados de PV Valle del Guadiana, su comportamiento no es similar a los de los genotipos de *A. cruentus* ensayados en la región de las grandes planicies.



# UANL

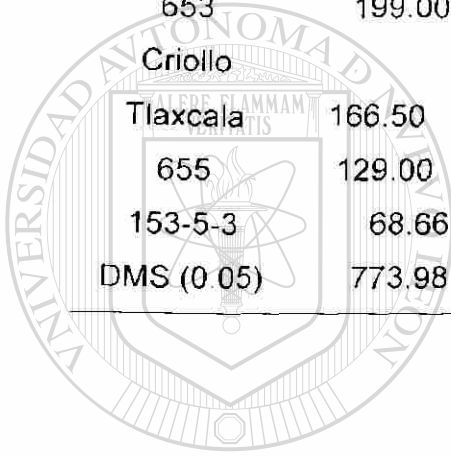
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

**Cuadro 51.** Comparación de medias para RG en amaranto (kg ha<sup>-1</sup>) para la interacción genotipo x ambiente (A x C), OI 2001 Marín, N. L., PV 2001 Valle del Guadiana, Durango, OI 2002 Marín, N. L., y PV 2002 Valle del Guadiana, Durango.

Genotipos	2001		2002	
	OI	PV	OI	PV
	Marín, N. L.	Valle del Guadiana, Dgo	Marín, N. L.	Valle del Guadiana, Dgo
33	1274.62 a	995.12 b	1951.75 a	972.50 a
653	199.00 b	1890.12 a	443.60 b	1204.50 a
Criollo				
Tlaxcala	166.50 b	968.62 b	1381.75 a	1015.12 a
655	129.00 b	1655.50 ab	227.50 b	1314.50 a
153-5-3	68.66 b	1097.89 b	362.50 b	1360.12 a
DMS (0.05)	773.98			



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



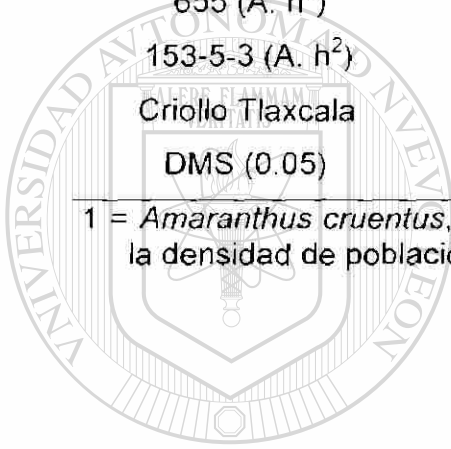
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Considerando los resultados del Cuadro 51 y los correspondientes al ciclo PV 2000 en Marín, N. L., para RG con desecación foliar (Cuadro 17) ajustados a 122,000 plantas ha<sup>-1</sup> incluyendo la DMS, se procedió a integrarlos en el Cuadro 52, en el cual se aprecia que en cuanto a la colecta 33 de *A. cruentus* ésta es la de mayor rendimiento de grano promedio en los dos ciclos OI (2001-2002) en Marín N. L. y la de más bajo rendimiento promedio de grano en el ciclo de PV en la misma localidad, siendo superada estadísticamente por las demás colectas de *A. hypochondriacus*; sin embargo, en este mismo ciclo de PV, el promedio de RG de 2001 y 2002 en el Valle del Guadiana, Dgo., la colecta 33 de *A. cruentus*, aún que con tendencia numérica a presentar un menor rendimiento respecto a las de *A. hypochondriacus*, no fue diferente estadísticamente a estos genotipos. Este comportamiento puede ser explicado por el origen geográfico de las colectas de *A. cruentus* y *A. hypochondriacus* y donde las condiciones ambientales en Marín N. L. en el ciclo OI son cálidos y secos durante la fase reproductiva del cultivo, condiciones que *A. cruentus*, por su origen puede tolerar; en tanto que en PV Marín, N. L. y PV Valle del Guadiana, las condiciones son equivalentes a un clima templado, lo cual favorece el crecimiento de *A. hypochondriacus*.

**Cuadro 52.** Comparación de medias para RG en amaranto ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) para la interacción genotipos x ambiente (A X C), PV 2000 Marín, N. L., OI 2001-2002 Marín, N. L., PV 2001-2002 Valle del Guadiana, Dgo.

Genotipos	Media OI	Media PV	Media PV
	(2001– 2002)	(2000)	(2001 –2002)
	Marín N. L.	Marín N. L*	Durango, Dgo.
33 (A. c <sup>1</sup> )	1613.9a	600.0 c	983.8 a
653 (A. h <sup>2</sup> )	321.3 b	2071.0 a	1547.3 a
655 (A. h <sup>2</sup> )	178.3 b	2220.0 a	1490.0 a
153-5-3 (A. h <sup>2</sup> )	215.7 b	2029.0 a	1229.0 a
Criollo Tlaxcala	774.1 b	1305.0 b	991.9 a
DMS (0.05)	773.98	402.7	773.98

1 = *Amaranthus cruentus*, 2 = *Amaranthus hypochondriacus*, \*RG: estimado a la densidad de población de 122,000 plantas  $\text{ha}^{-1}$



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

#### 4.6.2.1.2. Interacción densidades de población x ambientes (B x C)

La comparación de medias para RG entre densidades dentro de ambientes, se aprecia en el Cuadro 53, y se observa que en OI 2001 en Marín, N. L., todas las densidades de población no difirieron estadísticamente y en el 2002, la densidad de 125,000 plantas ha<sup>-1</sup> estadísticamente superó a las otras densidades. En el Valle del Guadiana, Dgo., al observar el ciclo PV 2001 y PV 2002, se aprecia que la densidad de población de 125,000 plantas ha<sup>-1</sup>, en lo general estuvo estadísticamente entre las de más alto rendimiento. Estos resultados presentan las mismas tendencias a los reportados por Bharat y Whitehead (1993) para *A. hypochondriacus* en donde el mayor RG fue cuando se utilizaron densidades de población de 125,000 plantas ha<sup>-1</sup>. Sin embargo, los resultados obtenidos difieren de los publicados por Apaza *et al.*, (2002) por un genotipo 87f-51 de *A. hypochondriacus* el cual bajo una densidad de población de 31,250 plantas ha<sup>-1</sup> en Tarija, Bolivia, produjo 1590 kg ha<sup>-1</sup>, al igual que los encontrados por Henderson (1993) en Dakota del Norte, en donde obtuvo RG de 1560 kg ha<sup>-1</sup> bajo densidades de población de 125,000 plantas ha<sup>-1</sup>. Por lo anterior la densidad de 125,000 plantas ha<sup>-1</sup> puede considerarse la mas adecuada para la producción de grano de amaranto en Marín, N. L. y en el Valle del Guadiana, Durango.

**Cuadro 53.** Comparación de medias para RG en amaranto ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) para la interacción densidad de población x ambiente (B x C), en los ambientes de OI 2001 Marín, N. L., PV 2001 Valle del Guadiana, Durango, OI 2002 Marín, N. L., y PV 2002 Valle del Guadiana, Durango.

Densidad de población	2001		2002	
	OI	PV	OI	PV
	Marín, N. L.	Valle del Guadiana, Dgo	Marín, N. L.	Valle del Guadiana, Dgo
31250	232.75 a	1562.75 a	668.92 b	1227.80 a
41666	297.06 a	1006.80 b	757.90 b	937.40 ab
62500	416.07 a	1417.40 a	727.50 b	1112.80 b
125000	524.60 a	1306.52 a	1339.75 a	1415.40 a
DMS (0.05)	343.14			

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

### 4.6.3. Rendimiento de forraje seco (FS)

#### 4.6.3.1. Interacción genotipo x densidad x ambiente (A x B x C)

La comparación de medias para la variable rendimiento de FS, bajo la interacción de genotipos x densidades de población x ambiente se presenta en el Cuadro 54. Los genotipos de mayor rendimiento de FS fueron el Criollo Tlaxcala y el 33 con 37,310 y 24,985 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente ambos en Marín, N. L., con una densidad de población de 125,000 plantas ha<sup>-1</sup>. La significancia estadística para esta múltiple interacción, se debe principalmente a la magnitud de las diferencias en las condiciones climáticas de altitud y latitud de los ambientes en estudio. Los rendimientos de forraje estadísticamente son más bajos variaron de 1,171 a 11,875 kg ha<sup>-1</sup> en el ambiente del Valle del Guadiana, Durango., en PV y en el ambiente de Marín, N. L., en OI, lo cual se puede explicar debido a que ocurren temperaturas templadas (20°C) en la etapa reproductiva durante la estación de crecimiento del cultivo, lo que limita su crecimiento (10°C). Similares resultados son los reportados por Reyna (1993) en donde ubica a los *A. cruentus* en climas más secos y calientes y por consecuencia con un rápido crecimiento y con mayor contenido de biomasa seca. Henderson y Johnson (2000) reportan que los mayores rendimientos de FS fueron para el MT3 de *A. cruentus* a una densidad de población de 125,000 plantas ha<sup>-1</sup> en la región de las grandes planicies en EUA. Brenner (1990) atribuye el alto rendimiento de FS para los genotipos de *A. cruentus* a que son de foto período corto en el cual no se presenta en OI en Marín, N. L., lo que favorece en su etapa vegetativa un mayor crecimiento en Marín, N. L.

**Cuadro 54.** Rendimiento de FS en amaranto ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) para la interacción genotipo x densidad de población x ambiente (A x B x C), OI 2001 Marín, N. L., PV 2001 Valle del Guadiana, Durango, OI 2002 Marín, N. L., y PV 2002 Valle del Guadiana, Durango.

Genotipo	Ambientes	Densidad de población		FS ( $\text{kg ha}^{-1}$ )
		(kg ha <sup>-1</sup> )		
Criollo	OI 2001 N. L.	125000		37310 a
33	OI 2001 N. L.	125000		24985 b
33	PV 2001 Dgo.	125000		24450 bc
Criollo	PV 2001 Dgo	62500		22985 bcd
33	PV 2001 Dgo	41666		22150 bcde
655	PV 2001 Dgo.	125000		22150 bcde
Criollo	PV 2001 Dgo	125000		21050 bcdef
153-5-3	PV 2001 Dgo.	31250		19425 bcdefg
653	PV 2001 Dgo.	31250		19400 bcdefg
Criollo	PV 2001 Dgo	31250		19300 bcdefg
655	PV 2001 Dgo.	62500		18400 bcdefgh
Criollo	PV 2001 Dgo.	41666		18200 bcdefgh
33	OI 2001 N. L.	41666		17805 bcdefghi
33	PV 2001 Dgo.	62500		17700 bcdefghi
33	PV 2001 Dgo.	31250		17050 bcdefghij
33	OI 2002 N. L.	125000		16937 bcdefghij
33	OI 2001 N. L.	62500		15900 bcdefghijk
653	OI 2001 N. L.	125000		15715 bcdefghijkl
655	OI 2001 N. L.	62500		15665 bcdefghijklm
33	OI 2001 N. L.	125000		15550 bcdefghijklmn
653	OI 2001 N. L.	62500		15465 bcdefghijklmn
655	OI 2002 N. L.	125000		15125 bcdefghijklmno
653	OI 2001 N. L.	62500		14530 bcdefghijklmnop



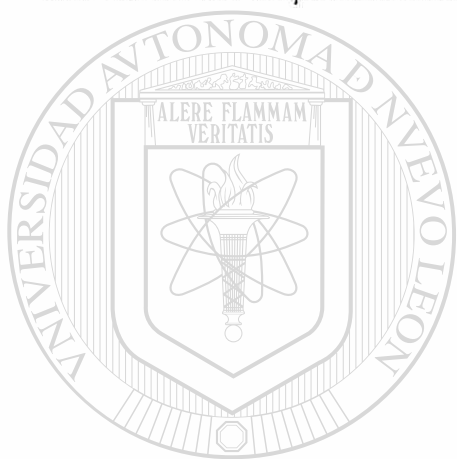
Continúa Cuadro 54

Criollo	OI 2002 N. L.	125000	14375 bcdefghijklmnopq
655	PV 2002 Dgo	31250	14375 bcdefghijklmnopq
653	OI 2001 N. L.	41666	14160 bcdefghijklmnopqr
653	PV 2001 Dgo.	41666	13750 cdefghijklmnopqrs
655	PV 2001 Dgo.	41666	12250 defghijklmnopqrst
153-5-3	PV 2001 Dgo.	41666	12250 defghijklmnopqrst
Criollo	PV 2002 Dgo.	31250	11875 efghijklmnopqrstu
33	PV 2002 Dgo.	31250	11875 efghijklmnopqrstu
653	PV 2001 Dgo.	62500	11600 efghijklmnopqrstu
153-5-3	OI 2002 N. L.	125000	11500 efghijklmnopqrstu
153-5-3	PV 2001 Dgo.	62500	11100 fghijklmnopqrstu
153-5-3	OI 2001 N. L.	62500	10230 fghijklmnopqrstu
655	OI 2002 N. L.	62500	10052 fghijklmnopqrstu
153-5-3	OI 2001 N. L.	31250	9965 ghijklmnopqrstu
153-5-3	PV 2001 Dgo.	125000	9875 ghijklmnopqrstu
Criollo	PV 2002 Dgo.	41666	9875 ghijklmnopqrstu
655	PV 2001 Dgo.	31250	9687 ghijklmnopqrstu
653	PV 2002 Dgo.	125000	9550 ghijklmnopqrstu
655	OI 2001 N. L.	31250	9375 ghijklmnopqrstu
Criollo	OI 2002 N. L.	31250	9230 ghijklmnopqrstu
33	OI 2002 N. L.	62500	8875 ghijklmnopqrstu
153-5-3	PV 2002 Dgo.	62500	8812 ghijklmnopqrstu
153-5-3	PV 2001 Dgo.	41666	8755 ghijklmnopqrstu
655	OI 2002 N. L.	31250	8550 ghijklmnopqrstu
Criollo	OI 2002 N. L.	62500	8493 ghijklmnopqrstu
153-5-3	OI 2001 N. L.	41666	8207 hijklmnopqrstu
33	OI 2001 N. L.	31250	7955 hijklmnopqrstu
153-5-3	OI 2001 N. L.	41666	7445 hijklmnopqrstu
653	OI 2001 N. L.	31250	7025 ijklmnopqrstu
Criollo	OI 2001 N. L.	41666	6785 ijklmnopqrstu

153-5-3	PV 2002 Dgo.	125000	6650 jklmnopqrstu
33	OI 2001 N. L.	41666	6200 jklmnopqrstu
655	OI 2002 N. L.	41666	6050 jklmnopqrstu
Criollo	OI 2002 N. L.	41666	5600 klmnopqrstu
655	OI 2002 N. L.	41666	5437 klmnopqrstu
653	OI 2002 N. L.	62500	5280 klmnopqrstu
653	OI 2002 N. L.	41666	5072 klmnopqrstu
33	OI 2002 N. L.	41666	4832 lmnopqrstu
153-5-3	PV 2002 Dgo.	62500	4685 lmnopqrstu
153-5-3	OI 2002 N. L.	31250	4657 mnoopqrstu
653	PV 2002 Dgo.	62500	4600 nopqrstu
33	OI 2002 N. L.	31250	4327 opqrstu
Criollo	OI 2002 N. L.	31250	4237 pqrstu
655	PV 2002 Dgo.	41666	4062 pqrstu
33	OI 2002 N. L.	31250	3656 pqrstu
655	PV 2002 Dgo.	62500	3645 pqrstu
33	PV 2002 Dgo.	62500	3541 pqrstu
655	PV 2002 Dgo.	41666	3437 qrstu
655	OI 2001 N. L.	31250	3260 rstu
Criollo	PV 2002 Dgo.	62500	3064 stu
33	PV 2002 Dgo.	125000	2968 stu
653	PV 2002 Dgo.	41666	2812 stu
653	PV 2002 Dgo.	125000	2800 stu
655	OI 2002 N. L.	31250	2655 tu
153-5-3	PV 2002 Dgo.	125000	2421 tu
655	PV 2002 Dgo.	125000	1796 tu
Criollo	PV 2002 Dgo.	125000	1171 u
DMS			11045.15

(0.05)

Estos resultados para FS son muy superiores a los reportados por Stordahl *et al.*, (1999) en Minnesota en donde obtuvieron de 8,800 a 9,800 kg ha<sup>-1</sup> de FS para *A. hypochondriacus* bajo densidades de población de 125,000 plantas ha<sup>-1</sup>. Por otra parte, estos resultados coinciden con los obtenidos por Burton *et al.* (2002) en la región de las grandes planicies en EUA con el genotipo MT3 de *A. cruentus* para un rendimiento de FS de 17,502 kg ha<sup>-1</sup> bajo una densidad de población de 62,500 plantas ha<sup>-1</sup>.



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

#### 4.6.4. Longitud de panícula (LP)

##### 4.6.4.1. Interacción genotipo x densidad de población (A x B)

La comparación de medias se presenta en el Cuadro 55, en el cual se aprecia que el genotipo de mayor LP fue el Criollo Tlaxcala con 52.00 cm bajo una densidad de población de 31,250 plantas ha<sup>-1</sup>, el genotipo de menor LP fué el 655 con 37.0 cm a una densidad de población de 125,000 plantas ha<sup>-1</sup>. Similares resultados son los reportados por Apaza (2002) con el genotipo 87f-51 de *A. hypochondriacus* para una LP de 51.5 cm en el ambiente de Tarja, Bolivia bajo una densidad de población de 120,000 plantas ha<sup>-1</sup>. Este resultado difiere del reportado por Matteucci (1998) en donde para los genotipos de *A. hypochondriacus* obtuvo 44.0 cm de LP bajo una densidad de población de 31,250 plantas ha<sup>-1</sup>.

##### 4.6.4.2. Interacción genotipo x ambiente (A x C)

La comparación de medias se presenta en el Cuadro 56, en el cual se aprecia que los genotipos de mayor LP fueron el 655 de *A. hypochondriacus* con 55.25 cm en el PV 2002 en el ambiente del Valle del Guadiana, Dgo., y el 33 en OI 2001 en Marín, N. L. el genotipo de menor LP fue el 655 con 20.62 cm en OI 2001 en el ambiente de Marín, N. L. Alexandre y Gómez (1986) publicó longitudes de panícula similares para los genotipos de *A. hypochondriacus* en experimentos realizados con amaranto en el ambiente de Texcoco, Estado de México.

**Cuadro 55.** Comparación de medias para LP (cm) para la interacción genotipo x densidad de población (A x B), OI 2001 Marín, N. L., PV 2001 Valle del Guadiana, Durango, OI 2002 Marín, N. L., y PV 2002 Valle del Guadiana, Durango.

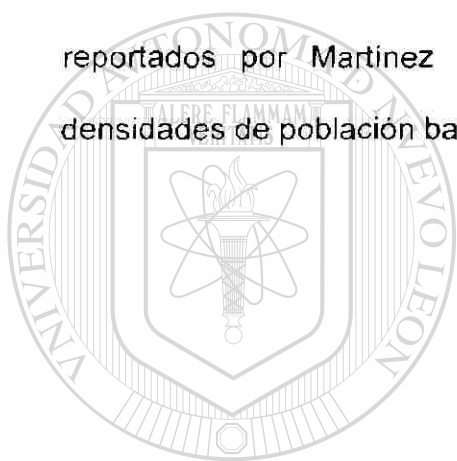
Genotipo	Densidad de población (plantas ha <sup>-1</sup> )	LP (cm)
Criollo Tlaxcala	31250	52.00 a
655	31250	48.12 ab
Criollo Tlaxcala	41666	46.12 abc
153-5-3	41666	46.12 abc
153-5-3	62500	46.00 abc
653	31250	44.12 bcd
Criollo Tlaxcala	62500	44.00 bcd
153-5-3	125000	43.87 bcd
33	62500	43.62 bcde
655	62500	43.00 bcde
655	41666	42.25 bcde
33	125000	41.25 cde
33	31250	41.12 cde
653	125000	39.25 de
153-5-3	31250	38.50 de
653	41666	38.50 de
Criollo Tlaxcala	125000	38.50 de
653	62500	38.12 de
33	41666	38.00 de
655	125000	37.62 e
DMS (0.05)		6.18

**Cuadro 56.** Comparación de medias para LP (cm) para la interacción genotipo x ambiente (A x C), OI 2001 Marín, N. L., PV 2001 Valle del Guadiana, Durango, OI 2002 Marín, N. L., y PV 2002 Valle del Guadiana, Durango.

Genotipo	Localidad	LP (cm)
655	PV 2002 Valle del Guadiana, Dgo.	55.25 a
33	OI 2001 Marín, N. L.	54.75 a
153-5-3	PV 2001 Valle del Guadiana	54.25 ab
655	PV 2001 Valle del Guadiana	54.00 ab
Criollo Tlaxcala	PV 2001 Valle del Guadiana	52.50 ab
653	PV 2002 Valle del Guadiana	51.87 ab
653	OI 2002 Marín, N. L.	51.25 ab
Criollo Tlaxcala	PV 2002 Valle del Guadiana	47.62 bcd
153-5-3	OI 2001 Marín, N. L.	44.62 bcde
153-5-3	OI 2001 Marín, N. L.	41.12 cdef
655	OI 2002 Marín, N. L.	40.50 cdef
Criollo Tlaxcala	OI 2001 Marín, N. L.	40.00 cdefg
Criollo Tlaxcala	OI 2002 Marín, N. L.	37.50 defgh
33	PV 2001 Valle del Guadiana, Dgo	37.00 efgh
33	OI 2002 Marín, N. L.	34.75 fghi
33	PV 2002 Valle del Guadiana, Dgo	30.25 ghij
653	OI 2002 Marín, N. L.	28.37 hij
153-5-3	OI 2001 Marín, N. L.	28.30 ij
653	OI 2001 Marín, N. L.	26.62 ij
655	OI 2001 Marín, N. L.	20.62 j
DMS (0.05)		9.79

#### 4.6.4.3. Interacción densidad de población x ambiente (B x C)

En la comparación de medias (Cuadro 57), se aprecia que la mayor LP, fue para la densidad de población de 31250 plantas ha<sup>-1</sup> en PV 2002 en el ambiente del Valle del Guadiana, Dgo., la menor LP fue para la densidad de población de 125,000 plantas ha<sup>-1</sup> en OI 2002 en el ambiente de Marín, N. L. Las mayores longitudes de panícula en su conjunto fueron para los genotipos en el ambiente del Valle del Guadiana, Dgo. Resultados similares son los reportados por Martínez (1999) en donde la mayor LP se obtuvo con densidades de población bajas en el ambiente del Valle del Guadiana, Durango.



# UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

**Cuadro 57.** Comparación de medias para LP en (cm) para la interacción densidad de población x ambiente (B x C) OI 2001 Marín, N. L., PV 2001 Valle del Guadiana, Durango, OI 2002 Marín, N. L., y PV 2002 Valle del Guadiana, Durango.

Densidad de población (plantas ha <sup>-1</sup> )	Ambiente	LP (cm)
31250	PV 2002 Valle del Guadiana	56.70 a
125000	PV 2001 Valle del Guadiana	52.80 ab
62500	PV 2001 Valle del Guadiana	51.50 ab
41666	PV 2002 Valle del Guadiana	50.70 abc
31250	PV 2001 Valle del Guadiana	48.30 bcd
41666	PV 2001 Valle del Guadiana	47.00 bcd
62500	PV 2002 Valle del Guadiana	44.30 cde
62500	OI 2002 Marín, N. L.	43.20 def
125000	OI 2002 Marín, N. L.	41.90 defg
31250	OI 2001 Marín, N. L.	38.80 efgh
41666	OI 2002 Marín, N. L.	36.10 fghi
125000	PV 2002 Valle del Guadiana	35.60 ghi
31250	OI 2002 Marín, N. L.	35.30 ghi
41666	OI 2002 Marín, N. L.	35.00 ghi
62500	OI 2002 Marín, N. L.	32.80 hi
125000	OI 2002 Marín, N. L.	30.10 i
DMS (0.05)		13.54



#### 4.6.5. Altura de planta (AP)

##### 4.6.5.1. Interacción (A x B x C)

En el Cuadro 58, se aprecia que el genotipo de mayor AP fue el 653 de *A. hypochondriacus* con 202 cm, bajo las densidades de población de 125,000 y 62,500 plantas ha<sup>-1</sup>, en OI 2002 en Marín, N. L., y el genotipo 655 a 31,250 plantas ha<sup>-1</sup> también en 2001 en Marín, N. L.

La menor AP fué para el genotipo 33 con 75 cm en PV 2001 en el ambiente del Valle del Guadiana, Dgo. Este resultado coincide con lo reportado por Calderón (1991) en donde encontró significancia estadística en dos de cuatro ambientes de prueba para 12 genotipos, reportando alturas de 176 cm para los genotipos de *A. cruentus* y de 136 cm para los genotipos de *A. hypochondriacus* en la interacción múltiple en ambientes de prueba de 700 msnm a 1950 msnm.

Bharat y Whitheard (1993) reportan AP de 129.3 y 120.7 cm bajo densidades de población de 125,000 y 31,250 plantas ha<sup>-1</sup> en experimentos en invernadero. Este resultado es diferente al publicado por la Facultad de Ciencias Agronómicas de Manizales, Colombia (1999) en experimentos bajo densidades de población de 125,000 plantas ha<sup>-1</sup>, donde obtuvieron AP de 113.5 cm en genotipos de *A. hypochondriacus*.

**Cuadro 58.** Comparación de medias para la variable AP en (cm) para la interacción genotipo x densidad de población x ambiente (A x B x C), OI 2001 Marín, N. L., PV 2001 Valle del Guadiana, Durango, OI 2002 Marín, N. L., y PV 2002 Valle del Guadiana, Durango.

Genotipo	Ambientes	Densidad de población (plantas ha <sup>-1</sup> )	AP (cm)
653	OI 2002 N. L.	125000	202.0a
653	OI 2002 N. L.	62500	201.0a
655	OI 2001 N. L.	31250	200.0a
655	OI 2001 N. L.	41666	195.0ab
655	OI 2001 N. L.	62500	192.0abc
153-5-3	OI 2002 N. L.	41666	189.0abc
Criollo	OI 2002 N. L.	62500	188.0abcd
33	OI 2002 N. L.	31250	187.0abcd
Criollo	OI 2002 N. L.	125000	186.0abcde
33	OI 2002 N. L.	62500	186.0abcde
153-5-3	OI 2001 N. L.	62500	186.0abcde
655	OI 2002 N. L.	62500	186.0 abcde
153-5-3	OI 2001 N. L.	41666	185.0 abcdef
153-5-3	PV 2001 Dgo.	125000	185.0 abcdef
153-5-3	PV 2002 Dgo.	31250	185.0 abcdef
33	OI 2002 N. L.	31250	184.0 abcdef
153-5-3	OI 2001 N. L.	31250	183.5 abcdefg
33	OI 2002 N. L.	41666	182.0 abcdefgh
655	OI 2001 N. L.	125000	182.0 abcdefgh
153-5-3	OI 2002 N. L.	62500	180.0 abcdefghi
153-5-3	OI 2001 N. L.	125000	179.0 abcdefghi
655	OI 2002 N. L.	125000	179.0 abcdefghi
655	OI 2002 N. L.	41666	178.0 abcdefghij
153-5-3	OI 2002 N. L.	31250	177.0 abcdefghij
Criollo	OI 2002 N. L.	31250	176.0 abcdefghij
655	OI 2002 N. L.	31250	175.0 abcdefghij
653	OI 2001 N. L.	31250	174.0 abcdefghij
153-5-3	OI 2002 N. L.	125000	172.0 abcdefghijk
655	PV 2002 Dgo.	41666	172.0 abcdefghijk
653	OI 2002 N. L.	31250	171.0 abcdefghijk
Criollo	OI 2002 N. L.	41666	169.0 abcdefghijkl
Criollo	PV 2002 Dgo.	31250	167.0 abcdefghijklm
153-5-3	PV 2002 Dgo.	125000	165.0 abcdefghijklmn
653	OI 2002 N. L.	41666	164.0 abcdefghijklmno
Criollo	OI 2001 N. L.	41666	161.0 bcdefghijklmnop
653	PV 2001 Dgo.	31250	160.0 bcdefghijklmnopq
Criollo	PV 2001 Dgo.	31250	160.0 bcdefghijklmnopq
653	PV 2001 Dgo.	125000	160.0 bcdefghijklmnopq

Continúa Cuadro 58.

Criollo	PV 2001 Dgo.	125000	160.0	bcdefghijklmnopq
655	PV 2002 Dgo.	31250	157.0	bcdefghijklmnopq
Criollo	OI 2001 N. L.	41666	156.0	bcdefghijklmnopqr
Criollo	PV 2001Dgo.	41666	155.0	cdefghijklmnopqr
Criollo	PV 2001 Dgo.	62500	155.0	cdefghijklmnopqr
653	PV 2001Dgo.	62500	155.0	cdefghijklmnopqr
153-5-3	PV 2001 Dgo.	41666	150.0	cdefghijklmnopqr
653	PV 2001 Dgo.	41666	150.0	defghijklmnopqrs
Criollo	PV 2001 Dgo.	41666	150.0	defghijklmnopqrs
655	OI 2001 N. L.	31250	148.0	defghijklmnopqrs
Criollo	OI 2001 N. L.	62500	147.0	efghijklmnopqrst
Criollo	PV 2002 Dgo.	125000	145.0	fghijklmnopqrst
33	PV 2002 Dgo.	41666	144.0	ghijklmnopqrst
33	PV 2002 Dgo.	31250	142.0	hijklmnopqrst
655	PV 2002 Dgo.	41666	142.0	hijklmnopqrst
33	PV 2001Dgo.	31250	142.0	ijklmnopqrst
653	PV 2002 Dgo.	62500	140.0	ijklmnopqrst
153-5-3	PV 2002 Dgo.	31250	140.0	ijklmnopqrst
653	OI 2001 N. L.	31250	135.0	jklmnopqrst
33	PV 2002 Dgo.	62500	135.0	jklmnopqrst
153-5-3	OI 2002 N. L.	41666	132.0	klmnopqrstu
Criollo	PV 2002 Dgo.	125000	130.0	klmnopqrstu
153-5-3	PV 2002 Dgo.	62500	128.0	mnopqrstuv
653	OI 2001 N. L.	62500	127.0	mnopqrstuv
33	OI 2001N. L.	62500	127.0	nopqrstuvwxyz
653	OI 2001 N. L.	62500	126.0	nopqrstuvwxyz
655	PV 2002 Dgo.	125000	126.0	nopqrstuvwxyz
33	PV 2001 Dgo.	125000	125.0	opqrstuvwxyz
653	PV 2002 Dgo.	125000	125.0	opqrstuvwxyz
33	PV 2002 Dgo.	125000	124.0	pqrstuvwxyz
criollo	PV 2002 Dgo.	41666	123.0	pqrstuvwxyz
655	PV 2002 Dgo.	41666	122.0	pqrstuvwxyz
655	PV 2002 Dgo.	62500	120.0	pqrstuvwxyz
655	OI 2001 N. L.	41666	120.0	qrstuvwxyz
33	PV 2001 Dgo.	125000	120.0	rstuvw
criollo	PV 2002 Dgo.	62500	115.0	rstuvw
153-5-3	PV 2002 Dgo.	125000	112.0	stuvw
153-5-3	PV 2002 Dgo.	31250	110.0	stuvw
33	OI 2001 N. L.	41666	100.0	tuvwxy
33	PV 2002 Dgo.	125000	95.0	vwxy
655	PV 2001 Dgo.	125000	90.0	wxy
33	PV 2001 Dgo.	31250	75.0	x
DMS		38.69		

(0.05)

#### 4.6.6. Diámetro del tallo (DT)

##### 4.6.6.1. Interacción genotipo x ambiente (A x C)

La comparación de medias para DT se observa en el Cuadro 59, en el cual los genotipos de mayor DT fueron el 33 de *A. cruentus* y el 653 de *A. hypochondriacus* tanto en OI 2001 en Marín, N. L., como en PV 2002 en el Valle del Guadiana, Dgo. En PV 2001 Durango y en OI 2002 Marín, N. L. los genotipos no presentan estadísticamente diferencias entre ellos. Espitia (1987) a reportado por que el DT no se relaciona con RG, pero los resultados estadísticos para genotipos x ambientes (A X C), tanto para RG (Cuadro 51) y para DT (Cuadro 59) se asocian lineal y significativamente (0.05) con un valor de correlación de  $r = 0.4517$ .

##### 4.6.6.2. Interacción densidad de población x ambiente (B x C)

Al efectuar la comparación de medias (Cuadro 60), se aprecia que en el Valle del Guadiana, Dgo., tanto para el 2001 como para el 2002, las densidades de población no difieren estadísticamente entre ellas, en cambio en OI 2001 y OI 2002 en Marín, N. L., se observa una tendencia significativa a reducir los promedios de DT en la densidad alta de 125,000 plantas  $ha^{-1}$ , presentando valores mas altos de DT al reducir la densidad de población.

**Cuadro 59.** Comparación de medias en DT (mm) para la interacción genotipo x ambiente (A x C), OI 2001 Marín, N. L., PV 2001 Valle del Guadiana, Durango, OI 2002 Marín, N. L., y PV 2002 Valle del Guadiana, Durango.

Genotipos	2001		2002	
	OI	PV	OI	PV
	Marín, N. L.	Valle del Guadiana, Dgo	Marín, N. L.	Valle del Guadiana, Dgo
33	31.75 a	16.54 a	21.75 a	18.62 a
653	26.50 a	13.75 a	21.37 a	17.50 a
Criollo	24.37 b	15.62 a	23.50 a	12.40 ab
Tlaxcala				
655	22.37 b	14.25 a	24.62 a	13.75 b
153-5-3	21.47 b	12.50 a	23.12 a	13.50 b
DMS (0.05)	4.26			

**Cuadro 60.** Comparación de medias para DT en (mm) para la interacción densidad de población x ambientes (B x C). OI 2001 Marín, N. L., PV 2001 Valle del Guadiana, Durango, OI 2002 Marín, N. L., y PV 2002 Valle del Guadiana, Durango.

Densidad de población	2001		2002	
	OI	PV	OI	PV
	Marín, N. L.	Valle del Guadiana, Dgo	Marín, N. L.	Valle del Guadiana, Dgo
31250	24.10 a	15.60 a	23.00 a	15.90
41666	24.00 a	16.00 a	21.10 b	15.00
62500	23.45 a	18.00 a	24.20 a	15.90
125000	20.90 b	18.70 a	15.40 ab	15.00
DMS (0.05)	3.10			

Bharat y Whitehead (1993) reportan DT para genotipos de *A. cruentus* de 27, 19, 25 y 21 cm, bajo densidades de población de 125,000, 62,500, 41,666 y 31,250 plantas ha<sup>-1</sup>, respectivamente, para amaranto en invernadero, estos valores difieren a los encontrados en este trabajo conducido bajo las mismas densidades pero bajo condiciones de campo, por lo que estas diferencias podrían ser explicadas en base a las condiciones de invernadero y campo.

#### 4.7. Conclusiones

La característica del amaranto de tener una buena plasticidad morfológica y buena adaptación a diferentes ambientes, permite que a medida que la densidad de población se incrementa de 62550 a 125000 plantas ha<sup>-1</sup> en el ambiente de Marín N. L. exista una tendencia a incrementar el rendimiento de grano, el rendimiento de forraje seco y la altura de planta, manteniéndose estable la longitud de panícula y el diámetro del tallo teniendo este último mayor grosor cuando se tienen densidades de población bajas, esto se observó en el genotipo 33 de *A. cruentus* el cual está ubicado para sembrarse en regiones con climas más secos y calientes como los que se presentan en el ciclo OI en el ambiente de Marín, N. L.

En el caso de los genotipos de *A. hypochondriacus* el mejor rendimiento de grano se obtiene en el ambiente del valle del Guadiana, Dgo. sembrados bajo la densidad de población de 62,500 plantas ha<sup>-1</sup> y el mayor rendimiento de forraje seco a densidades de población de 125000 plantas ha<sup>-1</sup> en donde se tiene la máxima expresión para esta característica y para los componentes de

altura de planta y diámetro del tallo. En cuanto a la componente longitud de panícula permanece estable y con un tamaño semejante en todos los ambientes de estudio.

## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES

Basándose en los resultados obtenidos en el trabajo de campo y específicamente en el análisis estadístico, se acepta la hipótesis general de que tecnológicamente el cultivo del amaranto para la producción de grano y forraje es una alternativa viable en el norte y noreste de México bajo las siguientes condiciones:

- 1) En general para producción de grano y forraje los genotipos de *A. hypochondriacus* son más adecuados para sembrarse extensivamente en el Valle del Guadiana, Dgo., recomendándose para su siembra el genotipo 653 a la densidad de 125,000 plantas ha<sup>-1</sup>.

- 2) Bajo las condiciones de Marín, N. L., en general para el ciclo OI el genotipo 33 tanto para grano como para forraje es el más adecuado para siembras extensivas a la densidad de 125,000 plantas ha<sup>-1</sup>. En referencia al ciclo PV, el genotipo 653 a una densidad de 125,000 plantas ha<sup>-1</sup> sería el recomendado.

- 3) La temperatura de siembra óptima para obtener una buena germinación y un crecimiento del cultivo aceptable es cuando el suelo tiene en promedio 15°

C. Esto se manifiesta en el mes de abril en el ambiente Marín N. L. y en el mes de junio en el ambiente de PV en el Valle del Guadiana, Dgo.

4) Cuando la siembra es manual se recomienda el método a chorrillo y cuando es mecánica, mediante una sembradora adaptada para granos pequeños y depositando la semilla en el fondo del surco en un suelo con bastante humedad, a "Tierra /avenida".

5) Con el objeto de facilitar la cosecha mecánica y la obtención de un mayor porcentaje de germinación en la semilla de amaranto, se recomienda utilizar una dosis de 500 ml ha<sup>-1</sup> del desecante foliar químico Paraquat® aplicado siete días antes de la cosecha y de preferencia su aplicación por la tarde y en ausencia de corrientes de aire.

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN®  
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



## VI. LITERATURA CITADA

- Adams, R. S., T McCarty, and L. J. Hutchinson. 1992. Prevention and control of nitrate toxicity in cattle. Penn. State Dairy Anim. Sci. Publ. 92-107. Penn Univ., college Agric. Coop. Ext. Serv., University Park, Pa.
- Alcalá, P. 1978. Tachinidos parásitos de *Copitarsia turbata* Herr-Shaff en el valle del Mantaro. Rev. Peruana de Entomología Agrícola. 21(1): 126.
- Aguilar, J. y Alatorre, G. F. 1978. Monografía de la planta de la alegría. Memoria del grupo de Estudios Ambientales, A.C. 157-203 pp.
- Alejandro I. G. y F. Gómez. 1986. Cultivo del Amaranto en México. Colección de Cuadernos Universitarios. Serie Agronomía No. 12. U. A. CH.
- Alejandro I. G. 2000. Grain amaranths (*Amaranthus spp.*), Instituto Politécnico Nacional, Durango.
- Apaza, V. 1996. Evaluación de cuatro especies de amaranto garnifero sometidas a cuatro densidades de cultivo (Sella Cercado-Tarija). Tesis (Ing. Agr.). Universidad Autónoma Juan Misael Saracho. Tarija-Bolivia. 126 p.
- Aragón G. A. A., Tapia R. I. Huerta S., y S. Cabelin. 1999. Insectos presentes en el cultivo del amaranto en el valle de Tehuacan Puebla. Amaranto cultivo promisorio del siglo XXI, Pág. 138-141.
- Baltensperger, D. 1991. Release of Plainsman (P.I. 538322) grain amaranth. Legacy 4 (4):7.
- Barrales, D. J., y H. López. 1992. Influencia de la profundidad de siembra sobre la germinación y emergencia en *Amaranthus hypochondriacus* L. Amaranto. Cultivo Promisorio del Siglo XXI. Pag: 53-62.
- Barros C. y B R Marco. 1997. Amaranto; Fuente maravillosa de sabor y salud. Editorial Grijalvo.151 Pág.
- Baumann A. 1988. An Integrated weed managment study to evaluate palmer amaranth competition in cotton. Texas Agricultural Extension Service. Soil and Crop Sciences College Station, Texas: 77843-2774.

- Berti, M., H. Serri, R. Wilckens, and I. Figueroa. 1997. Field evaluation of grain amaranth (*Amaranthus* spp) in Chile. p. 223-226. *En*: J. Janick (ed.). Progress in New Crops. ASHS Press, Alexandria, VA.
- Betschart, J. R. and Murray, S. 1979. Nutritional studies on *Amaranthus hypochondriacus* and its milling fractions. Proceedings of the 2<sup>nd</sup> Amaranth Conference. Rodale Press, Pennsylvania. 59-60 pp.
- Bharat P. S. and W F. Whitehead. 1993. Population Density and Soil pH Effects on Vegetable Amaranth Production. In: Janick and J. E. Simon (eds), New Crops, Wiley, New York.
- Borodanenko, A., Gonzáles C. J. y R. Ramirez. 1999. Avances del Programa de Mejoramiento Genético de Amaranto en la Universidad de Guanajuato. El Amaranto Cultivo promisorio del siglo XXI. Pág. 83-88.
- Brenner, D. 1990. Seed Shattering Control with Indehiscent Utricles in grain amaranths, *Legacy* 3(1); 2-3.
- Brenner, D. 1992. The Plainsman story. *Legacy* 1 (5): 12-13.
- Bressani, R. 1989. The proteins of grain amaranth. *Foods Reviews International*. 51: 1338.
- Brümmer, J.M. y G. Morgenstern. 1992. Backeigenschaften der Pseudo-Cerealien Amarant und Quinoa. *Getreide, Mehl u. Brot*. 46 (3): 78-84.
- Burton L. Jhonson and Tracey L. Henderson. 2002. Water Use Patterns of Grain Amaranth in the Northern Great Plains. *Agronomy J.* 94: 1437-1443.
- Byron B., J. Moore, E. Brummer, D. Knapp, Rusell, and Gibson. 2001. Forage Nutritive Value of Various Amaranth Species at Different Harvest Dates. *Crop Sci.* 41: 466-472.
- Cárdenas, L. 1991. Caracterización y efecto de la densidad en el cultivo de amaranto (*Amaranthus cruentus* L.), manejado mediante el sistema orgánico. Tesis Ing. Agrónomo. Univ. de Chile, Santiago, Chile.
- Calderón, L. L. 1991. Caracterización y efecto de la densidad en el cultivo de amaranto (*Amaranthus cruentus* L.), manejado mediante el sistema orgánico. Tesis Ing. Agrónomo. Univ. de Chile, Santiago, Chile.

- Carrasco, F. 1987. Insectos de la kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.) cultivada en Cusco y Apurimac. Rev. Peruana de Entomología Agrícola. 30: 38-41.
- Carlisle, R. J. and Misra, L. 1980. Canopy and chemistry of pasture weeds. Weed Sciences 28 ( 2 ):139 pp.
- Casillas, F. 1977. Anteproyecto técnico económico de una planta industrializadora de semilla de alegría *Amaranthus leococarpus* s. Wats Tesis Q.F.B. Tecnología de alimentos, Facultad de Química, UNAM. México. D. F. 63 pp.
- Casillas, F. 1986a. Importancia de la semilla de alegría. p. 289-299. En: Primer Seminario Nacional del Amaranto. Chapingo, México.
- Casillas, F. 1986b. Obtención de nuevos productos a partir de la semilla de la alegría. p. 300-306. En: Primer Seminario Nacional del Amaranto. Chapingo, México.
- Cervantes, M. J. 1986. El amaranto como alimento para animales. p. 354-360. En: Primer Seminario Nacional del Amaranto. Chapingo, México.
- Cervellini, J.E., R.O. Braun, R. Estéves y F. Covas. 1994. Efecto de la sustitución parcial del maíz (*Zea mays* L.) por grano de amaranto (*A. mantegazzianus* Passer) suministrado en dos modalidades integrando la dieta de terminación de pollos parrilleros. El amaranto y su potencial (1-2): 24-25.
- Chaturvedi, A., G. Sarojini and N.L. Devi. 1993. Hypocholesterolemic effect of amaranth seeds (*A. esculentus*). Plants Foods for Human Nutrition. 44: 63-70.
- Cheeke, P. R and J. Bronson. 1980. Feeding trials with *Amaranthus* grain, forage and leaf protein concentrates. Proc. of the Second Amaranth Conference. Rodale Press, Pennsylvania. 5-11 pp.
- Cark, K.M. and R.L Myers. 1994. Intercrop performance of pearl millet, amaranth, cowpea, soybean and guar in response to planting pattern and nitrogen fertilization. Agron. J. 86:1097-1102.

Connor, J.K., R.J.W. Gartner, M.R. B.M. Runge and R.N. Amos. 1980. *Amaranthus edulis*: an ancient food source re-examined. Aust. J. Exp. Anim. Husb. 20: 156-161.

Cothren, J. T., P. H. Jost, and S. P. Biles. 1999. Cotton Desiccation and Defoliation By Paraquat Influenced By Time of Day. Crop Sci. 39: 859-862.

Cunard, A. 1977. Amaranth agronomy 1975-1976 in Amaranth round up. Rodale Press, Pennsylvania, USA. 35-36 pp.

De la Cruz Colín, O. F., Guadarrama V., S. 1996. Evaluación del rendimiento de grano y sus componentes en 12 genotipos de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus* L.), V. 14, Pag: 37-40.

Downton, W. J. S., 1973. *Amaranthus edulis*: A high lysine grain amaranth World crops. 25: 20.

Early, D. K. 1977. Cultivation and uses of amaranth in contemporary Mexico. Proc. of the first Amaranth conference Rodale Press, Pennsylvania 35-38 pp.

Early, K. D. 1986. Cultivo y usos del Amaranthus (kiwicha) en dos centros de domesticación: México y Perú. En: V Congreso Internacional de Sistemas Agropecuarios Andinos. Puno, 0- 14 marzo. PISA, IID-CANADA. Puno, Peru.

Elbehri, A., D.H. Putman and M. Schmitt. 1993. Nitrogen fertilizer and effects on yield and nitrogen efficiency of grain amaranth. Agronomy Journal. 85 (1): 120-128.

Elías, J. 1977. Food value of Amaranth greens and grains. In : Proc. first Amaranth seminar. Emmaus, Pa. USA. 83-99 pp.

Espitia, R. E. 1986a. Plagas y enfermedades del ar.aranto (*Amaranthus* spp.) en México. p: 233-238. En: Primer Seminario Nacional del amaranto. Chapingo, México.

Espitia, R. E. 1986b. Caracterización y evaluación preliminar de germoplasma de *Amaranthus* spp. Tesis Profesional. UAAN Saltillo, Coahuila, México.

Espitia, R. E. 1991a. Revancha: variedad mejorada de amaranto para los Valles altos de México. p. 64. *En*: Primer Congreso Internacional del Amaranto. Oaxtepec, Morelos.

Espitia, R. E. 1991b. Estabilidad del rendimiento en amaranto. p. 65. *En*: Primer Congreso Internacional del Amaranto. Oaxtepec, Morelos, 22-27 sep. México.

Espitia, R. E., C. F. Gonzáles y C. S. Miranda. 1991. Asociación genética del rendimiento y sus componentes en razas de amaranto. p. 39. *En*: Primer Congreso Internacional del Amaranto. Oaxtepec, Morelos, 22-27 sep. México.

Facultad de Ciencias Agropecuarias. 1999. Comportamiento de cuatro especies de amaranto (*Amaranthus spp.*) en el Municipio de Manizales- Caldas. No. 24 Producción. Universidad de Caldas A. A. 775 Manizales Colombia.

FAO. 1990. Guía para el manejo de plagas en cultivos andinos subexplotados. Oficina Regional para América Latina y el Caribe. Santiago, Chile.

FAO. 1992. Manual sobre utilización de cultivos andinos subexplotados en la alimentación. FAO, Oficina Regional para América Latina y el Caribe.

Santiago, Chile.

Feine C. 1979. Amaranth: gentle giant of the past and future. In: *New agricultural crops*. Gary A. Ritchie ed. A.A.A.S. Selected symposium. Traducido del Inglés por Dr. Federico Gómez L. U.A.CH. México. 41-63 pp.

Flores, R. S. 1998. Estudio preliminar de 8 genotipos de Amaranto en Ojo Caliente, Zacatecas. Ciclo Primavera-Verano 1996. VIII Congreso Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico Agropecuario. Morelia, Mich. 115 pp.

Frantzen, T. 1993. Amaranth in rotations. *Legacy* 6 (1): 4-5.30

García E. 1964. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Copen. Instituto de Geografía de la UNAM,

- García, L. A., M. A. Alfaro and R. Bressani. 1987. Digestibility and nutritional value of crude-oil from three amaranth species. *J. Amer. Oil Chem Soc.* 64: 371-375.
- García P. J. y Valdés L. C. G. S. 2002: Interacción genotipo x ambiente en amaranto en dos localidades del norte de México. Memoria del Seminario de Primavera FAUANL.
- García P. J. y Valdés L. C. G. S. 2002a. Comportamiento productivo y agronómico del amaranto en cinco ciclos de siembra. XIII Congreso Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico Agropecuario. DGETA.
- Gardner, F. P., R. B. Pearce, and R. L. Mitchell 1985. *Physiology of crop plants.* Iowa State Univ., Fargo.
- Garmendia, A. 1985. Enfermedades del amaranto. Programa de investigación del amaranto. Informe 83-2. Cusco, Perú.
- Gómez, O.S. y F.J. Tena. 1986. Cambios en la concentración de lisina y proteína durante la germinación del amaranto. p. 502- 512. *En: Primer Seminario Nacional del Amaranto.* Chapingo, México.
- Granados J. P. 1990. Amaranto su cultivo en México. *Aust. J. Exp. Anim. Husb.* 20: 186-199.
- Grant, W. F. 1959. Cytogenetic studies in *Amaranthus*; In *Cytological aspects of sex determination in dioecious species.* *Can. J. of Bot.* 37: 317, 323 pp.
- Hardwood, R. R. 1979. The present and future status of *Amaranthus*. *Proc. of the Second Amaranth Conference.* Rodale Press, Pennsylvania 153-159 pp.
- Hauptli, H. 1977. Agronomic potencial and breeding amaranth. *Proc. Of the First Amaranth conference.* Emmaus, Pa.
- Hauptli, H. and K. Jain. 1980. Genetic polymorphisms and yield components in a population of amaranth. *The Journal of Heredity* 71: 290-292.
- Henderson, T.L. 1993. Agronomic evaluation of grain amaranth in North Dakota. Thesis Ph. D. North Dakota State, North Dakota, USA.

Henderson, T. L. and B. L. Johnson. 1998. Grain amaranth seeding dates in the Northern Great Plains. *Agronomy J.* 90(3): 339-344.

Henderson, T. L. and B. L. Johnson. 2000. Row spacing, plant population, and cultivars effects on grain amaranth in the northern Great Plains. *Agronomy Journal*. [print] March April 92(2): 329-336.

Irving, D.W., A.A. Betschart and R.M. Saunders. 1981. Morphologic studies on *Amaranthus cruentus*. *J. Foods Science* 46: 1170-1173.

Jaik, A.D. y F.J. Tena. 1986. Optimización del proceso de tostado de la semilla de alegría (*Amaranthus hypochondriacus*) y diseño de un prototipo de tostadora. p. 397-405. *En: Primer Seminario Nacional del Amarantho*. Chapingo, México.

Jiménez, P.R. y E.S. Cordero. 1986. *Amaranthus* spp en la alimentación Xochimilca y su proyección en la alimentación básica. p. 56-64. *En: Primer Seminario Nacional del amarantho*. Chapingo, México.

Kauffman, C.S. 1986. Observaciones sobre las investigaciones preliminares para el desarrollo de variedades mejoradas de amarantho de grano en cinco países. p. 280-285. *En: Primer Seminario Nacional del Amarantho*. Chapingo, México.

---

Kauffman, C.S. and L.E. Weber. 1990. Grain amaranth. p. 127-139. *En: J. Janick and J.E. Simon (eds.). Advances in New Crops*. Timber Press. Portland, OR.

Kulakow, P.A., H. Hauptli and S.K. Jain. 1985. Genetics of grain amaranths. I. Mendelian analysis of six color characteristics. *J. Hered.* 76: 27-30.

Kulakow, P.A. and S.K. Jain. 1985. The inheritance of flowering in *Amaranthus* species. *J. Genet.* 64: 85-100.

Kulakow, P.A. and S.K. Jain. 1987. Genetics of grain amaranths. IV. Variation in early generation response to selection in *Amaranthus cruentus* L. *Theor. Appl. Gen.* 74:113-120.

Khoshoo, T. N.; Pal, M. 1973. Cytogenetic patterns in *Amaranthus*. *Chromosomes today*. 3:259-67 pp.

Lázaro, E. y J. Sarmiento. 1988. Estudio de la abundancia relativa de las plagas de los cultivos de quinua y kiwicha en la Molina. p. 75-180. *En: VI Congreso Internacional sobre Cultivos Andinos*. INIAP, CIID-CANADA. Quito, Ecuador.

Lehman, J.W. 1990. Pigments of grain and feral amaranths. *Legacy* 3 (1): 3-4.

Lehman, J.W., R.L. Clark and K.J. Frey. 1991. Biomass heterosis and combining ability in interspecific and intraspecific rating of grain amaranths. *Crop Sci.* 31: 1111-1116.

Lutz, R. 1986. Observaciones sobre el cultivo y usos del amaranto en América Latina. p. 225-231. *En: Primer Seminario Nacional del Amaranto*. Chapingo, México.

Lyon, C.K. and R. Becker. 1987. Extraction and refining of oil from amaranth seed. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 64: 233.

Márquez, S. F. 1990. Generalidades sobre el establecimiento de un programa inmediato de mejoramiento genético en amaranto, *En: El Amaranto, su Cultivo y Aprovechamiento*. C. P. Montecillos, Edo. De México.

Martínez, M. O. 1996. Dosis óptima económica de fertilización orgánica e inorgánica de amaranto (*Amaranthus cruentus* L.) tipo mexicano 656, en Nazareno, Xoxocotlán, Oax. VII Congreso Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico Agropecuario. Roque, Celaya, Guanajuato. 157 pp.

Martínez, N. A. 1999. Evaluación agronómica de seis genotipos de amaranto en el Valle del Guadiana, Durango. XII Congreso Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico Agropecuario. Condal, Yuc. 157 pp.

Mapes, C., O. and A. Díaz, 1995. Developmental study of five races of amaranth (*Amaranthus spp.*) in Chalco, State of Mexico. *Anales del Instituto de Biología Universidad Nacional Autónoma de México Serie Botánica* 66(2): 149-169.



- Masoni, A. y L. Ercoli. 1994. Influencia de la época de cosecha sobre el rendimiento de concentrado de proteína foliar de amaranto. el amaranto y su potencial 1-2: 17-23.
- Matteuci S. D. 1998. Potencial productivo en la Pampa Ondulada, Argentina. Comportamiento de seis germoplasmas de amaranto. Rev. Fac. Agron (Luz) 15: 560-570.
- Misra, P. S. and Okoso, M. 1971. Chemurgic studies on some diploid and tetraploid grain Amaranths. In: Process. Indian Academy of Sciences. 748:155-160 pp.
- Monteros, J.C., C. Nieto, C. Caicedo, M. Rivera, y C. Vimos. 1994. INIAP-Alegría, Primera variedad mejorada de amaranto para la sierra Ecuatoriana. INIAP. Boletín Divulgativo N° 245. Ecuador.
- Mújica, S.A. 1992. Granos y leguminosas andinas. P. 129-146. En: Cultivos marginados otra perspectiva de 1492. J. E. Hernández B. y J. León (eds.). Colección FAO. Producción y Protección Vegetal N° 26. Italia, Roma.
- Mújica, S. A. 1994. Resistencia duradera en quinua (*Chenopodium quinoa* Willd ). p. 23-24. En: Taller sobre resistencia duradera en cultivos alto andinos. 30 may - 2 junio. Quito. INIAP-WAU-DGIS. Ecuador.
- Mújica, S.A. y A. Quillahuaman. 1989. Fenología del cultivo de la kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.). p. 29-31. En: Curso taller fenología de cultivos andinos y uso de la información agro meteorológica. Puno, 7-10 agosto. INIA, PICA. Peru.
- Murray, M. J. 1940. The genetics of sex determination in the family Amaranthaceae. Genetics, 25 : 409-31 pp.
- Myers, R.L. 1996. Amaranth: New crop opportunity. p. 207-220. In: J. Janick (ed.), Progress in new crops. ASHS Press, Alexandria, VA.
- National Academy of Sciences, 1975. Underexploited tropical plants with promising economic value. Washington, D. C. USA.
- National Research Council, 1984. Amaranth: modern prospects for ancient crop. National Academy Press, Washington, D. C. USA.

- Necoechea, M.H., C.J. Camacho y G. R. Pérez. 1986. Elaboración de una pasta a base de Alegria (*Amaranthus leucocarpus* S.Wats.). p. 459-478. En: Primer Seminario Nacional del Amaranto. Chapingo, México
- Nieto, C. 1990. El cultivo de amaranto (*Amaranthus* spp) una alternativa agronómica para Ecuador. INIAP. EE. Santa Catalina. Publicación Miscelánea N° 52. Quito, Ecuador.
- Nu World Amaranth Inc. 1998 Amaranth is a New Crop in World . 1988. Life Power. Austria A-31101 St. Polten .
- Odwongo, W. O. and J. S. Mugerwa. 1980. Performance of calves on diets containing Amaranthus leaf meal. Animal Feed Sciences and Technology. 5:193-204.
- Olivares S, E. 1994. Paquete de Diseños Experimentales FAUANL versión 2.5 Facultad de Agronomía.
- Ortega, G. L. 1990. Usos y valor nutritivo de los cultivos andinos. INIA, PICA. Arequipa, Perú.
- Orozco G. H. y P. G. González. 1998. Evaluación de 15 genotipos de amaranto en Salaiques, Chih. VIII Congreso Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico Agropecuario DGETA, Morelia Mich.
- 
- Pal, M. and khoshoo, T. N. 1973b. Evaluation and improvement of cultivated Amaranths. Cytogenetics relationships in grain types. Theoretical and Applicational Genetic. 43:242-251.
- Pan R. S. 1991 Estudios sobre la variabilidad en amaranto vegetal (*Amaranthus tricolor* L.) El Amaranto y su potencial, Universidad de Guatemala. Apartado Postal 82, 01901 Guatemala, C. A.
- Peiretti, E. G. and J. J. Gesumaria. 1998. Effect of interrow spacing on growth and yield of grain amaranth (*Amaranthus* spp). Investigación Agraria Producción y Protección Vegetales 13(1-2): 139-151. Dep. Producción Vegetal, Fac. Agron. Vet., Univ. Nacional Río Cuarto, Ruta Nacional no. 36 km 601, 5800-Río Cuarto, Argentina
- Peña, P. R. 1995. Densidades de población y fertilización nitrogenada en el amaranto (*Amaranthus hypochondriacus* L.) Colecta 153-5-3 en

- Xoxoyucan, Tlax. VI Congreso Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico Agropecuario. Roque, Celaya, Gto.
- Peña, P. R. 1995. Evaluación de 21 genotipos de amaranto (*Amaranthus spp*) y su valor de uso en la industria alimenticia. VI Congreso Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico Agropecuario. Roque, Celaya, Guanajuato. 143 pp.
- Peña, P. R. 1996. Comportamiento productivo agronómico de 4 genotipos de amaranto (*Amaranthus spp*) en 6 fechas de siembra. VII Congreso Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico Agropecuario. Roque, Celaya, Gto. 156 pp.
- Peña, P. R. 1998. Efecto del modelo y la densidad de siembra sobre 4 genotipos de Amaranto (*Amaranthus spp* ). VIII Congreso Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico Agropecuario. Morelia, Mich. 117 pp.
- Peña, P. R. 1998. Efecto del modelo y la densidad de siembra sobre 4 genotipos de amaranto ( *Amaranthus spp* ). VIII Congreso Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico Agropecuario. Morelia, Mich. 117 pp.
- 
- Pérez, J. L., A Sanchez, J. Kuri y L. Zavala. 1986. Producto instantáneo para elaboración de cremas alimenticias. p. 321-328. En: Primer Seminario Nacional del Amaranto. Chapingo, México.
- Putnam, D. H. 2001. Agronomic practices for amaranth, p. 151-162. In: Proc. 4<sup>th</sup>, Minneapolis, MN. 23-25 Aug. Minn. Ext. Serv., Univ. of Minnesota, St Paul.
- Rayas-Duarte, P. and R. Joeb. 1992. Study on the squalene content in amaranth grains (Abstracts). Proceedings of the 6<sup>th</sup> Annual National Meeting of the Amaranth Institute, North Dakota State. University, Fargo, N.D.
- Rayas-Duarte, P., C.M. Mock and L.D. Satterlee. 1996. Quality of spaghetti containing buckwheat, amaranth and lupin flours. Cereal Chemistry 73 (3): 381-387.

- Reyes, M. J. 2001. La plasticidad de las plantas. Elementos No. 41, Vol. 8, Marzo-Mayo.
- Reyna, T. T. 1990. Requerimientos climáticos para el cultivo del amaranto (*Amaranthus spp.*) En México. Memoria Colegio de Posgraduados. Montecillo, Edo. De México. 81-85 pp.
- Rodale, R. 1977. Fixing Amaranth: Nutritional charts and recipes. p. 37-48. In: Amaranth Round-Up. Pennsylvania, USA.
- Robertson, K.R. 1981. The General of Amaranaceae in the south eastern United States. J. of The Arnold Arboretum 62 (3): 267-314.
- Ruttle, J. 1976. Amaranth, the gentle giant. Organic Gardening Farming. 23:106-110.
- Fitterer, B. L. Johnson, and A. A. Scheneiter. 1996. Grain amaranth harvest timelines in eastern North Dakota. P. 220-223. In Janick (ed.), Progress in new crops. ASHS Press, Alexandria, V. A.
- Sánchez, M. A. 1980. Potencial agroindustrial del amaranto. Centro de Estudios Económicos y Sociales del Tercer Mundo. México.
- Sánchez, M. A. y S. Maya. 1986. Enriquecimiento del maíz con harina de amaranto en la elaboración de tortilla. p. 421-435. En: Primer Seminario Nacional del Amaranto. Chapingo, México.
- Sánchez, M. A., M. Y. Domingo, J. A. Torres y S. Maya. 1986. Fortificación de semolina con harina integral de amaranto. p. 479-494. En: Primer Seminario Nacional del Amaranto. Chapingo, México.
- Sánchez, M. A., J. Pérez, J. Briones y J. Kuri. 1986. Potencialidad de la hoja de amaranto. p. 307-314. En: Primer Seminario Nacional del Amaranto. Chapingo, México.
- Sánchez, E. M., R. E. Espitia y K. S. Osada. 1991. Etiología del Tizón (*Alternaria tenuis*) en Amaranto (*Amaranthus spp.*). p. 66. En: Primer Congreso Internacional del Amaranto. Septiembre 22-27. Oaxtepec, Morelos, México.
- Sánchez, E. M., R. E. Espitia y K.S. Osada. 1991. Etiología de la mancha negra del tallo (*Macrophoma sp.*) en el Amaranto (*Amaranthus sp.*). p. 67. En:

- Primer Congreso Internacional del Amaranto. Septiembre 22-27. Oaxtepec, Morelos, México.
- Santa Cruz, U. H. y M.N. Marban. 1986. Respuesta del cultivo de alegría *Amaranthus hypochondriacus* a niveles iniciales de infestación del nematode *Nacobbus aberrans*. P.193-203. En: Primer Seminario Nacional del Amaranto. Chapingo, México.
- Santín, H. C. y Lazcano, S. M. 1986. Pasado, presente y futuro del Amaranto. Cuaderno de Nutrición No. 1. Enero-Febrero 1986.
- Sauer, J. D. 1950. The grain *amaranthus*. A survey of their history and classification. Annals of the Missouri Botanical garden. 37: 561-632. USA.
- Sauer, J.D. 1967. The grain amaranths and their relatives: a revised taxonomic and geographic survey. Annals of Missouri Botanical Garden 54:103-137.
- Saunders, R.M. and R. Becker. 1984. Amaranthus: A potential food and feed resource. En: Adv. Sci. Tech. Vol.VI. AACC. Ed. Pomeranz.
- Sepúlveda, H. 1989. Quinoa y amaranto: dos pseudocereales con gran perspectiva. El Campesino 120 (10): 970.
- 
- Singhal, R.S. y P.R. Kulkarni. 1988. Review: amaranth and under utilized resource. Int. J. Food Sci. Tech. 23: 125-139.
- Sosa, C. T. 1986.. Valor nutritivo de rastrojos de achita (*Amaranthus caudatus* L.), soya (*Glicine max*) y alfalfa (*Medicago sativa*) en Ayacucho a 2695 msnm. Tesis Ing. Agr. Universidad Nacional San Cristobal de Huamanga. Ayacucho, Perú.
- Steel R. G. D. and J. H. Torrie. 1980. Principles and procedures of statistics, a biometrical approach. McGraw Hill Co., 625p.
- Stordahl, J. L., Sheaffer C. C. and DiCostanzo, A. 1999. Variety and maturity affect amaranth forage yield and quality. J. of Production Agriculture 12(2): 249-253.

- Subramanian, N. y M. Rodríguez. 1986. Alternativa tecnológica para el amaranto. p. 376-379. *En*: Primer Seminario Nacional del Amaranto. Chapingo, México.
- Sumar, K. L. 1986. Avances del programa de investigación de *Amaranthus* del CICA, Cusco, Perú. p. 141-151. *En*: Primer Seminario Nacional del Amaranto. Chapingo, México.
- Sumar, K. L. 1993. La kiwicha y su cultivo. Centro Bartolomé de las Casas. Cusco, Perú.
- Supak James R. 1984. Understanding and using heat units. Western cotton production conference. Summary proceedings. Oklahoma City, P: 15-20.
- Tapia, M. 1997. Cultivos andinos subexplotados y su aporte a la alimentación 2a Edición. FAO, Oficina Regional para América Latina y el Caribe. Santiago, Chile.
- Teutonico, R. A. And Knor. 1985. Amaranth: composition, properties, and applications of a rediscovered food crop. *Food Tech.* 39(4): 49-61.
- Tracey L. Henderson, Burton L. Johnson, and Albert A. Scheneiter. 1998. Grain Amaranth Seeding Dates in the Northern Great Plains. *Agron. J.* 90:339-344.
- Transue, D.K., D.J. Fairbanks, L.R. Robinson and W.R. Andersen. 1994. Plant genetic resources. *Crop Sci.* 34: 1385-1389.
- Trinidad S. A. Gómez, L. F. y Suárez, R. G. 1990. El Amaranto (*Amaranthus spp*) su cultivo y aprovechamiento. Memoria, Colegio de Postgraduados, Montecillo México. 51-52 pp.
- Trinidad S. A. 1997. Tecnología del Cultivo de Amaranto (*Amaranthus Spp.*) CEDAF- IRENAT, Colegio de Postgraduados, Montecillo México.
- Valdés L, C. G. S. 1984. An overlook to Amaranth as a posible new crop and suggestions for its genetic improvement plant breeding methodologies (CSSC 598), Las Cruces N.M., NMSU.

Valdiviá, M., H. A. Alfonso y L. M. Fraga. 1989. *Amaranthus*: Un cereal antiguo con posibilidades en la avicultura moderna. *Avicultura Profesional* 6 (4) 140-144.

Vergara, C. y G. Sánchez. 1983. *Pyralidae* registrados en el Museo de Entomología de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Ministerio de Agricultura. Segunda Edición. Lima, Perú.

Vilca, J. y A. Jeri. 1989. Evaluación preliminar de los daños de un Curculionido (Coleoptera) barrenador de tallo, sobre el banco de germoplasma de Achita (*Amaranthus caudatus* L.) en Ayacucho. p. 27. *En*: Convención Nacional de Entomología, 32°. Soc. Ent. Del Perú. Lima, Peru.

Vough, L. R., E. K. Cassel, and S. M. Barao. 1991. Nitrate poisoning in livestock. *Animal Agriculture Update Newsletter* 6: 7-11. Coop. Ext. Serv., Univ. Maryland. College Park, MD.

Waldroup, P.W. and H.M. Hellwing. 1985. The utilization of grain amaranth by broiler chickens. *Poultry Sci.* 64: 759-762.

Walters, R.D., D.L. Coffey and C.E. Sams. 1988. Fiber, nitrate and protein content of *Amaranthus* accessions as affected by soil nitrogen application and harvest date. *Hort Science* 23 (2): 338-341.

---

Webb, D. M. and C. W. Smith. (1987). Amaranth seedling emergence as affected by seedling depth and temperature on a thermogradient plate. *Agronomy J.* 79(1): 23-26.

Webber E. 1987. *Amaranth Grain Production Guide*. Rodale Research Center Rodale Press Inc.

Wilson, R.L. 1996. Another amaranth pest: blister beetles. *Legacy* 9 (1): 9-10.

Yabar, E. y B. Baca. 1981. Algunos lepidópteros que atacan al tarhui (*Lupinus mutabilis* Sweet.) en el Cusco. *Revista Peruana de Entomología Agrícola* 24 (1): 81-85.

## VII. APENDICE

**Cuadro 1A.** Temperaturas (°C) máxima y mínima mensual, días superiores a 34 °C e inferiores a 14 °C en el ciclo agrícola PV 2000 en la localidad de Marín, N. L.

Rangos	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre
Mínima	20	20	5	7	0
Máxima	38	43	35	28	28
Días > 34 °C	29	17	4	0	0
Días < 14 °C	0	0	3	4	11

Fuente: Departamento de Meteorología y Climatología de la Facultad de Agronomía de la UANL., Marín, N. L.

**Cuadro 2A.** Precipitación (mm) diaria y total mensual en el ciclo agrícola PV 2000 en la localidad de Marín, N. L.

Mes	agosto		septiembre		octubre		noviemb e		diciembre		Acumulada	
	Días	mm	Días	mm	Días	mm	Días	mm	Días	mm	Días	mm
	4	15	6	5	6	6	3	6	2	8		
	14	16	14	15	7	122	4	3	3	10		
	15	14	15	20	9	3	18	6	5	2		
			25	5	10	2	30	2	12	4		
					11	3						
					18	4						
					19	10						
					20	6						
Total	3	45.0	4	45.0	8	156.0	4	17.0	4	24.0	23	287.0

Fuente: Departamento de Meteorología y Climatología de la Facultad de Agronomía de la UANL., Marín, N. L.



**Cuadro 3A.** Origen, localidad de prueba, fecha de prueba y características agronómicas más importantes de los genotipos en estudio.

Genotipo	Origen	Localidad de prueba	Fecha de prueba	Rend. Ton ha <sup>-1</sup>		AP cm	DT mm	LP cm	A dias	F dias	MF dias
				G	FS						
153-5-3	Recibido por PMMFYS-UANL del ITA 29 de Xocoyucan Tlax En 1998, origen INIFAP 1986	Xocoyucan Tlaxcala	Ciclo PV 1996	3.4	16.6	220	22	81	113	143	163
		Valle del Guadiana, Durango. Dgo.	Ciclo PV 1998	3.1	2.77	198	33	61	115	145	160
653	Recibido por PMMFYS-UANL del ITA 29 de Xocoyucan Tlax. En 1998, origen INIFAP 1986.	Xocoyucan Tlaxcala	Ciclo PV 1996	2.2	12.4	220	20	77	106	133	160
		Valle del Guadiana, Durango. Dgo.	Ciclo PV 1998	3.4	4.33	170	39	67	110	130	158
Criollo Tlaxcala	Recibido por PMMFYS-UANL del ITA 29 de Xocoyucan Tlaxcala. En 1998, origen regional.	Xocoyucan Tlaxcala	Ciclo PV 1996	1.9	12.0	220	28	77	88	113	157
		Valle del Guadiana, Durango. Dgo.	Ciclo PV 1998	2.9	4.5	170	28	56	85	110	135
33	Recibido por PMMFYS-UANL del ITA 29 de Xocoyucan Tlax. En 1998, origen Instituto Benson E U	Xocoyucan Tlaxcala	Ciclo PV 1996	0.9	8.4	130	12	71	85	107	130
		Valle del Guadiana Durango. Dgo.	Ciclo PV 1998	1.0	3.8	102	17	50	87	110	132
655	Recibido por PMMFYS-UANL del ITA 29 de Xocoyucan Tlax En 1998, origen INIFAP 1986	Xocoyucan Tlaxcala	Ciclo PV 1996	2.6	12.8	210	24	73	108	138	165
		Valle del Guadiana, Durango. Dgo.	Ciclo PV 1998	2.0	3.2	138	27	41	110	128	160

AP: Altura de Planta, DT: Diámetro del Tallo, LP: Longitud de Panícula, A: Inicio de aparición de la panícula, F: panícula completa, MF: Madurez comercial.

Fuente: VI y IX Congreso Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico Agropecuario (1996 y 1999) Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria. SEP.

**Cuadro 4A.** Temperatura mínima, máxima y precipitación durante la estación de crecimiento del cultivo de amaranto en el ciclo de siembra OI 2001 en la localidad de Marín N. L.

Temperatura						
° C						
	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Promedio
Minima	5.0	11.0	17.0	21.0	21.0	15.0
Máxima	32.0	36.0	42.0	42.0	41.0	38.0
Precipitación						Acumulada
(mm)						(mm)
precipitación	31.0	17.0	29.0	21.0	1.3	111.0
Días de precipitación	6	2	3	2	1	14

Fuente: Departamento de meteorología y climatología de la F.A.U.A.N.L. 2001.

**Cuadro 5A.** Datos de temperaturas máximas 1961- 2002 en el Valle del Guadiana Durango.

ESTACIÓN	EL PUEBLITO					MUNICIPIO DURANGO					REG HID. 11		
	AÑOS	ENE	FEB.	MAR.	ABR	MAY	JUN.	JUL	AGO.	SEP.	OCT	NOV	DIC
1961							32.0	28.4	29.1	29.3	27.7	25.3	32.0
1962	27.6	26.5	29.4	29.4	34.0	36.1	32.0	31.4	28.6	28.0	27.4	22.3	36.1
1963	25.5	26.5	29.5	33.5	33.5	33.0	29.5	29.5	27.0	27.5	27.0	23.5	33.5
1964	23.5	29.0	29.5	32.0	32.5	32.5	31.0	29.0	27.5	27.0	26.5	24.5	32.5
1965	24.5	25.5	28.5	30.5	34.5	33.5	30.5	29.5	28.5	28.5	27.5	26.0	34.5
1966	21.5	24.5	27.5	31.5	33.5	35.5	30.5	29.5	28.5	28.5	27.5	26.0	35.5
1967	24.5	27.5	30.5	33.5	35.5	32.5	29.5	30.5	26.5	27.5	28.5	25.0	35.5
1968	25.5	27.0	30.5	31.5	34.0	34.0	29.5	29.5	27.5	28.5	26.5	24.0	34.0
1969	26.5	26.0	27.5	31.5	32.0	35.0	31.0	30.5	28.0	29.5	29.5	24.5	35.0
1970	25.0	24.0	28.0	31.5	32.0	33.5	30.5	29.5	28.0	30.5	27.5	26.5	33.5
1971	25.5	27.5	30.5	31.5	32.5	34.0	29.5	27.0	28.0	27.0	28.5	25.0	34.0
1972	25.5	27.0	28.5	33.5	34.5	32.5	31.5	30.0	29.5	29.0	28.5	25.5	34.5
1973	25.0	30.0	27.5	29.5	33.5	35.0	29.0	27.0	27.0	29.5	29.5	26.5	35.0
1974	25.0	27.5	30.0	30.5	34.5	33.5	30.5	28.5	26.5	27.5	26.0	23.5	34.5
1975	24.5	23.0	30.5	31.5	30.5	32.0	28.5	26.5	28.5	26.5	27.5	25.0	32.0
1976	21.5	25.5	26.5	28.5	31.5	31.5	29.0	28.5	21.5	29.0	21.5	22.0	31.5
1977	22.5	25.0	32.0	29.0	31.5	32.0	29.5	30.0	31.0	30.5	26.5	28.0	32.0
1978	25.0	26.0	30.0	32.0	34.5	33.0	32.0	28.0	28.5	26.5	27.0	26.0	34.0
1979	24.5	24.0	28.0	32.0	33.0	34.0	34.0	29.0	29.5	30.5	26.5	24.0	34.0
1980	25.0	28.5	31.5	31.0	35.0	35.0	31.0	32.0	27.5	27.5	25.0	25.0	35.0
1981	22.5	24.0	27.0	30.0	33.0	34.0	28.0	29.5	28.5	28.5	26.0	25.0	34.0
1982	23.5	26.5	31.0	33.0	35.5	38.0	30.0	30.5	30.5	30.5	27.0	20.5	38.0
1983	22.5	23.5	29.0	35.0	34.5	33.5	33.0	30.0	29.0	29.0	26.0	25.0	35.0
1984	23.0	27.0	28.0	31.5	33.0	34.5	27.0	27.0	28.0	29.0	28.5	27.5	34.5
1985	24.0	26.0	30.0	32.0	35.0	34.0	28.5	30.0	29.5	29.5	29.0	26.0	35.0
1986	26.5	30.5	30.5	30.5	33.5	34.5	30.0	32.5	30.5	28.5	29.0	27.0	34.5
1987	26.5	26.0	26.5	31.0	32.5	35.0	32.5	30.5	32.5	29.5	28.5	26.5	35.0
1988	24.5	32.0	35.0	33.0	34.0	34.0	29.0	28.0	29.5	28.5	29.0	28.0	35.0
1989	26.0	28.5	29.5	31.5	36.5	33.0	29.0	29.0	28.5	28.5	27.5	26.5	36.5
1990	26.5	25.0	30.5	32.5	35.0	36.0	29.5	28.5	28.5	28.5	27.5	27.5	36.0
1991	26.0	27.5	30.5	33.5	35.0	34.0	30.5	30.5	28.0	26.0	25.0	24.5	35.0

Continúa Cuadro 5A.

1992	22.5	24.5	28.0	29.0	29.5	35.0	33.0	30.5	30.0	28.0	26.5	26.5	35.0
1993	26.5	28.0	33.0	24.5	32.5	35.5	30.0	32.0	28.5	30.0	28.5	26.5	35.5
1994	26.0	27.0	29.5	30.5	34.5	34.5	34.0	33.5	34.5	32.5	31.5	27.0	34.5
1995	28.0	30.0	30.0	31.0	35.0	36.0	33.0	33.0	30.0	30.0	29.0	28.0	36.0
1996	27.0	31.0	30.0	32.5	34.5	33.5	31.5	31.0	28.0	29.0	25.0	27.0	34.5
1997	24.0	26.0	29.0	32.0	32.4	34.5	30.5	29.0	26.5	25.0	25.0	23.0	34.5
1998	21.0	27.0	29.0	29.5	37.0	33.0	30.0	26.5	25.5	25.0	23.0	24.0	37.0
1999	23.0	24.0	25.0	29.5	30.0	30.0	24.0	24.0	27.0	25.0	22.0	21.0	30.0
2000	23.0	25.0	26.0	30.0	29.5	26.0	25.0	26.0	28.0	26.0	23.0	23.0	30.0
2001	22.4	24.5	25.0	32.0	32.0	31.0	28.0	26.0	28.0	25.0	23.0	21.0	32.0
2002	25.0	24.0	28.0	36.0	32.0	30.0	30.0	27.0	25.0	26.0	25.0	22.0	36.0
MAXIMO	28.0	32.5	35.0	36.0	37.0	38.0	34.0	33.5	34.5	32.5	31.5	28.0	38.0
PROMEDIO	24.6	26.6	29.2	31.3	33.4	33.7	30.3	29.3	28.5	28.2	26.9	24.9	34.4

Fuente: Comisión Nacional del Agua. Departamento de Aguas Superficiales e Ing. de Ríos 2002.



# UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

**Cuadro 6A.** Datos de temperaturas mínimas 1961- 2002 en el Valle del Guadiana Durango.

ESTACIÓN	EL PUEBLITO					MUNICIPIO. DURANGO					REG HID 11		
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN.	JUL.	AGO	SEP.	OCT.	NOV	DIC	ANUAL
1961							13.0	11.5	13.1	6.7	1.1	-1.2	-1.2
1962	-4.5	2.9	0.8	5.6	8.9	13.4	11.1	13.3	13.4	7.0	5.0	0.1	-4.5
1963	0.5	-1.0	2.5	10.0	9.5	14.5	13.5	14.0	10.0	6.5	2.5	6.5	-6.5
1964	-5.0	-1.5	-0.5	5.0	10.0	11.0	13.5	14.0	13.0	7.5	4.5	0.5	-5.0
1965	-0.5	3.5	1.5	9.5	8.5	13.5	13.5	13.5	13.5	5.5	7.5	0.5	-0.5
1966	-0.5	-0.5	2.0	4.0	8.5	14.5	13.5	14.5	11.5	5.5	1.5	2.0	-2.0
1967	-4.5	-1.0	4.5	7.5	11.5	14.0	15.0	14.0	10.0	3.5	4.5	2.0	-4.5
1968	-3.5	1.5	0.0	0.7	8.5	11.5	13.5	12.5	12.5	8.5	0.5	1.0	-3.5
1969	4.5	3.0	-2.5	5.5	6.0	6.5	14.5	14.5	9.5	5.0	-2.5	-0.5	-2.5
1970	0.0	-4.5	-0.5	6.0	8.0	13.5	13.5	13.0	10.0	5.0	-1.5	3.5	-4.5
1971	2.5	0.0	-1.5	3.5	8.0	12.5	14.0	13.5	12.5	8.5	0.0	-3.5	-3.5
1972	1.0	2.0	3.5	6.0	11.0	12.5	8.5	14.0	13.0	8.0	4.5	2.5	1.0
1973	-2.5	-2.5	2.5	2.5	11.5	13.0	14.0	13.5	12.0	7.0	2.5	-3.5	-3.5
1974	1.0	-3.5	1.5	6.0	11.5	11.5	13.0	13.5	11.5	6.5	-3.0	-0.5	-3.5
1975	-0.5	-2.5	4.5	9.5	10.0	14.0	13.0	13.0	2.0	8.0	4.0	-1.5	-2.5
1976	-2.0	-1.0	3.5	5.5	6.5	13.5	14.0	13.0	11.0	3.0	3.5	2.0	-2.5
1977	1.0	1.5	1.0	2.0	9.0	12.0	12.0	11.0	12.5	7.0	2.0	1.5	1.0
1978	1.0	-1.0	1.0	2.5	5.0	12.0	13.0	13.0	11.5	6.0	5.0	0.5	-1.0
1979	0.5	1.5	3.0	5.0	6.0	11.0	14.0	12.5	7.0	7.0	-3.5	1.0	-3.5
1980	0.0	3.0	5.0	-1.0	6.0	14.5	13.0	12.5	12.0	4.5	-2.5	2.5	-2.5
1981	-2.0	2.0	0.5	6.5	8.0	11.5	13.0	12.0	11.0	8.0	4.0	2.0	-2.0
1982	-1.0	0.5	1.0	9.5	8.5	14.0	13.0	12.0	10.0	8.0	0.5	-1.5	-1.5
1983	-1.5	1.5	3.0	3.0	10.5	12.5	11.5	12.0	11.5	7.0	2.0	-5.0	-5.0
1984	0.5	-2.5	2.0	4.5	8.5	9.5	12.0	12.0	8.5	6.0	1.5	2.0	-2.0
1985	-6.0	1.0	4.0	5.0	9.0	12.5	12.0	6.5	8.5	7.0	1.5	0.5	-6.0
1986	-1.0	-1.0	-1.0	7.0	9.0	11.5	12.0	11.0	10.0	4.5	-3.0	-2.0	-3.0
1987	-2.0	-3.0	1.0	3.0	5.0	9.0	12.0	12.0	11.0	7.5	2.0	2.0	-3.0
1988	-4.0	-3.0	-2.0	5.0	10.0	9.0	13.0	13.5	9.0	7.0	3.0	-2.0	-4.0
1989	-1.0	1.5	-2.0	8.0	10.5	10.0	13.5	12.5	6.5	6.5	1.5	-1.5	-2.0
1990	0.5	1.5	4.0	5.0	6.0	12.5	11.0	12.5	11.5	5.0	2.5	-3.0	-3.0
1991	-2.5	-1.5	1.5	4.0	8.5	9.5	11.5	12.0	9.0	5.0	-1.5	-1.0	-2.5
1992	-3.0	-2.0	2.0	4.0	6.0	11.0	12.0	12.0	7.5	10.5	1.0	0.5	-3.0
1993	2.0	1.0	1.0	1.5	8.0	12.0	13.0	12.0	9.0	4.0	0.5	0.0	0.0
1994	-2.0	3.5	3.0	5.5	8.0	12.0	13.0	13.0	8.5	6.0	4.0	0.5	-2.0
1995	-1.5	0.5	4.0	3.0	9.0	8.0	10.0	9.0	12.0	5.0	3.0	1.0	-1.5
1996	-0.5	0.5	2.5	3.0	10.0	13.0	13.0	12.5	10.5	3.0	-2.0	0.5	-2.0
1997	-2.0	0.5	2.0	2.0	7.5	10.0	13.0	9.0	7.5	-0.5	-1.0	-1.7	-17.0
1998	-4.5	-7.5	-6.5	-5.0	2.0	9.0	9.0	8.0	9.0	5.0	0.0	-8.0	-8.0
1999	-5.0	-1.5	-0.5	3.5	1.0	9.0	9.5	10.0	6.0	1.0	-3.5	-6.0	-6.0
2000	-4.0	-5.5	-1.5	-1.0	8.0	9.0	8.5	6.0	4.0	1.0	-5.0	-4.5	-5.5
2001	-7.0	-4.0	-6.0	3.0	1.0	7.0	7.0	8.0	7.0	3.0	-4.0	-7.0	-7.0
2002	-6.5	-6.5	-4.0	1.0	7.5	8.0	7.0	7.0	2.0	0.0	-4.5	-6.0	-6.5
MINIMO	-7.0	-7.5	-6.5	-5.0	1.0	6.5	7.0	6.0	2.0	-0.5	-5.0	-1.7	-17.0
PROMEDIO	-1.6	-0.6	1.0	4.3	8.0	11.5	12.2	11.9	9.8	5.6	0.9	-1.5	-3.5

Fuente: Comisión Nacional del Agua, Departamento de Aguas Superficiales e Ing. De Ríos 2002.

**Cuadro 7A. Datos de precipitación mensual en mm, 1961- 2002 en el Valle del Guadiana Durango.**

ESTACIÓN AÑOS	EL PUÉBLITO					MUNICIPIO DURANGO						REG. HID. 11		ANUAL
	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.		
1961							101.3	131.0	91.0	10.6	0.0	0.2	334.1	
1962	14.4	0.0	0.0	7.2	0.0	57.1	35.3	63.7	47.0	31.5	0.1	40.1	296.4	
1963	0.0	0.0	0.0	6.4	21.5	73.3	155.2	136.1	231.9	39.0	0.2	24.7	688.3	
1964	7.5	0.0	2.4	0.0	11.2	48.0	124.0	168.2	106.1	20.2	1.0	18.8	507.4	
1965	8.7	9.4	0.0	8.5	1.0	45.2	79.9	104.8	100.9	8.2	8.9	41.3	415.9	
1966	9.6	14.5	0.0	19.3	22.5	104.6	123.7	219.0	86.7	25.5	44.3	29.1	699.1	
1967	19.3	1.5	2.2	1.5	8.0	86.9	131.8	184.6	63.1	21.0	0.0	28.5	548.4	
1968	1.0	21.2	82.0	0.8	1.5	3.3	208.8	101.7	222.1	6.2	10.0	36.0	694.6	
1969	2.0	13.5	0.0	0.0	0.0	49.0	85.7	56.5	80.0	48.5	20.5	58.1	413.8	
1970	13.0	44.5	2.0	0.0	0.7	124.1	67.0	70.0	175.0	31.0	3.5	0.0	530.8	
1971	17.5	0.0	0.0	0.0	8.0	79.4	52.6	163.5	104.7	56.0	0.0	4.5	486.0	
1972	13.5	0.0	0.0	0.0	27.5	50.7	62.0	55.6	66.9	10.7	68.0	19.5	374.4	
1973	20.5	21.7	0.0	0.5	16.3	104.0	149.4	343.5	75.5	18.5	0.0	6.6	756.4	
1974	7.5	0.0	0.8	0.0	28.1	36.0	107.3	106.0	124.0	1.5	0.0	59.0	470.8	
1975	15.0	0.0	0.0	0.0	0.7	16.5	126.5	121.5	24.5	27.0	0.0	16.5	348.2	
1976	2.0	0.0	0.0	6.0	0.5	101.5	215.0	126.5	192.0	18.0	62.5	26.0	750.0	
1977	23.5	0.0	0.0	1.5	0.0	87.5	95.0	112.5	42.0	73.0	0.0	0.0	435.0	
1978	0.0	8.5	0.0	0.0	0.0	25.0	117.5	160.0	126.5	65.5	0.0	14.0	517.0	
1979	20.0	6.0	0.0	0.0	0.0	14.5	79.5	197.4	33.0	0.0	0.0	13.5	363.9	
1980	9.5	10.5	0.0	0.0	0.0	39.0	68.0	128.3	126.0	55.2	12.0	15.0	463.5	
1981	33.5	0.0	5.0	21.5	0.0	124.1	78.5	108.4	125.9	68.6	0.0	25.5	591.0	
1982	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	13.5	93.0	52.1	44.0	3.5	91.0	55.8	356.4	
1983	18.0	1.5	10.0	0.0	70.1	26.0	127.5	219.5	127.0	47.0	0.0	5.0	651.6	
1984	61.8	0.0	0.0	6.0	2.5	109.8	323.4	79.1	36.6	13.3	13.3	23.0	668.8	
1985	128.0	1.6	0.0	1.0	16.5	150.8	100.8	85.7	44.6	39.9	1.0	39.6	609.5	
1986	0.0	3.5	0.0	0.5	12.5	50.9	180.8	93.6	181.8	47.1	0.0	43.9	614.6	
1987	64.1	42.0	0.0	0.0	31.0	27.0	150.0	103.0	92.0	0.0	12.5	40.5	562.6	
1988	5.0	0.0	0.0	2.5	0.0	135.5	231.0	245.0	16.0	24.0	1.0	10.5	670.5	
1989	0.0	0.0	0.0	2.5	17.0	1.0	60.5	173.5	47.0	32.0	59.5	41.0	434.0	
1990	18.5	17.0	2.0	0.0	15.0	31.5	266.5	141.0	99.0	94.0	0.0	0.0	684.5	
1991	0.0	1.5	0.0	0.0	0.0	28.0	311.5	101.0	114.5	66.5	84.0	50.5	757.5	
1992	162.0	10.0	10.0	7.0	23.0	4.5	70.5	74.0	35.8	12.0	0.8	28.8	438.9	
1993	9.6	0.0	0.5	0.0	0.0	149.8	112.1	100.9	232.9	26.0	44.6	0.0	676.4	
1994	13.7	0.0	7.7	11.8	0.0	45.2	67.3	160.7	81.4	90.9	1.0	11.8	491.5	
1995	2.6	0.0	0.0	0.0	1.4	59.6	103.0	131.5	118.7	0.0	0.0	3.0	419.8	
1996	0.0	0.0	0.0	3.5	9.3	30.7	56.7	200.9	81.1	140.5	24.7	4.5	551.0	
1997	67.0	23.5	21.9	26.1	29.9	71.1	71.1	67.4	104.0	12.3	20.3	2.5	517.7	
1998	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	56.8	115.1	182.1	61.1	81.3	3.0	0.0	501.9	
1999	0.0	0.0	0.0	0.0	9.7	160.2	225.1	79.9	36.6	0.0	10.6	7.0	529.1	
2000	0.0	0.0	0.0	0.0	14.1	104.1	98.5	63.4	127.4	85.8	2.3	1.6	497.2	
2001	0.0	0.0	28.5	0.0	12.6	97.1	144.6	103.1	100.6	72.0	0.0	3.2	561.9	
2002	1.0	51.3	0.0	0.0	8.7	54.1	103.9	140.3	94.5	50.0	54.8	4.0	562.6	
MAXIMO	162.5	51.3	83.0	26.1	70.1	160.2	323.4	343.5	232.9	140.5	91.0	59.6	757.5	
MINIMO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	35.3	52.1	16.0	0.0	0.0	0.0	296.4	
PROMEDIO	19.3	7.5	4.3	3.3	10.3	65.3	126.2	129.9	98.3	38.1	16.0	20.8	539.3	

Fuente: Comisión Nacional del Agua. Departamento de Aguas Superficiales e Ing. De Ríos 2002.

**Cuadro 8A.** Datos de evaporación mensual en mm, 1992 - 2002 en el Valle del Guadiana Durango.

ESTACIÓN		PROMEDIO ANUAL					MUNICIPIO. DURANGO		
AÑOS	ACUM.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	
1992	1248.4	272.0	210.0	160.0	152.0	157.7	148.5	151.0	
1993	1192.8	257.0	168.7	212.7	141.8	135.1	152.2	128.4	
1994	1108.8	199.0	193.0	141.4	141.8	162.5	154.1	117.8	
1995	1134.0	288.9	242.6	161.5	114.0	152.4	150.21	167.43	
1996	1204.0	309.0	208.3	160.2	127.6	125.1	166.7	115.6	
1997	1377.5	275.6	248.2	219.6	164.1	183.2	162.0	126.9	
1998	1358.4	323.0	252.8	189.4	146.7	150.6	172.7	126.6	
1999	1261.2	257.0	199.0	208.8	174.8	175.3	130.6	118.8	
2000	1080.0	191.0	238.0	193.11	190.7	168.3	159.8	121.9	
2001	1212.0	237.0	203.3	186.2	140.8	178.16	158.6	110.8	
2002	1148.3	245.0	186.8	176.9	138.4	151.9	135.4	117.8	
MAXIMO		358.5	266.0	22.7	205.4	272.3	219.9	224.8	
MINIMO		191.0	142.3	141.4	112.3	125.2	109.7	97.4	
PROM.		277.1	210.8	186.9	152.5	167.4	169.9	145.0	

Fuente: Comisión Nacional del Agua. Departamento de Aguas Superficiales e Ing. De Ríos 2002.

**Cuadro 9A.** Análisis de las características físicas y químicas del suelo donde se realizó el experimento del ciclo agrícola PV 2001, en el Valle del Guadiana, Durango.

Textura	Arcillosa
Arena	24.38 %
Arcilla	47.62 %
Limo	28.00%
p. H.	8.19
Materia Orgánica	1.28%
Conductividad Eléctrica	0.892 mmhos $\text{cm}^{-1}$
Densidad Aparente	1.22 $\text{gr}/\text{cm}^3$
N-NO <sub>3</sub>	6.00 ppm
P	26.5 ppm
Ca	1.3 meq/lt
Mg	0.32 meq/lt
CO <sub>3</sub>	0.43 meq/lt
HCO <sub>3</sub>	6.21 meq/lt
Cl	0.92 meq/lt
Na	6.66 meq/lt
K	0.31 meq/lt

Fuente: Departamento de análisis de suelos y aguas, Instituto Tecnológico Agropecuario de Durango 2002.



**Cuadro 10A.** Temperatura mínima, máxima y precipitación durante la estación de crecimiento del cultivo de amaranto en el ciclo de siembra OI 2002 en la localidad de Marín N. L.

Temperatura							
°C							
	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Promedio
Mínima	2.0	0.0	15.0	17.0	21.0	20.0	14.0
Máxima	31.0	40.0	42.0	45.0	42.0	38.0	39.5
Precipitación acumulada							
(mm)							
Precipitación	3	0	5.0	26.0	94.0	198.0*	128.0
Días de precipitación	2	0	1	2	2	4	11

\* no se considera por estar la precipitación fuera de la cosecha.

Fuente: Departamento de meteorología y climatología de la F.A.U.A.N.L. 2002.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



