

Rendimiento de grano y calidad del forraje de amaranto (*Amaranthus* spp.) cultivado a diferentes densidades en el noreste de México

Amaranthus (*Amaranthus* spp.) grain yield and forage quality after cultivation at various densities in Northeastern Mexico

García-Pereyra¹ J, CGS Valdés-Lozano², E Olivares-Saenz², O Alvarado-Gómez², G Alejandre-Iturbide³, E Salazar-Sosa⁴, H Medrano-Roldán⁵

Resumen. Se evaluaron cuatro genotipos de *Amaranthus hypochondriacus* (655, 653, 153-5-3, y Criollo Tlaxcala) y uno de *Amaranthus cruentus* (genotipo 33) bajo cuatro densidades de población (DP): 31250; 41666; 62500 y 125000 plantas/ha, durante los ciclos agrícolas primavera-verano (PV) 2000, otoño-invierno (OI) 2001 y OI 2002, en la estación experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, México. En cada ciclo agrícola se utilizó un diseño en parcelas divididas sobre bloques completos al azar con dos repeticiones. Se evaluaron las características agronómicas de rendimiento de grano (RG), rendimiento de materia seca (MS), altura de planta (AP), diámetro del tallo (DT) y longitud de panícula (LP). Únicamente en OI 2001 se evaluó contenido de proteína bruta (PC), cenizas (C), fibra detergente ácida (FDA) y fibra detergente neutra (FDN) en tallo y hoja. Tanto la interacción triple A x B x C (genotipos x densidades x años), como la doble A x C (genotipos x años) resultaron estadísticamente significativas ($p < 0,05$) para todas las variables de rendimiento. El mayor RG en PV 2000 se registró en el genotipo 655 con 2221 kg/ha, mientras que en OI 2001 y 2002 el genotipo con mayor RG fue 33 con 1274 y 1926 kg/ha, respectivamente. El mayor rendimiento de grano se obtuvo con la densidad de población de 125 mil plantas/ha para todos los genotipos, en todos los ambientes de prueba. En cuanto a PC el genotipo 33 fue el que presentó los mayores valores para tallo y hoja con 95 y 248 g/kg, respectivamente. Para FDA los mayores valores fueron de 594 g/kg en el genotipo 655, y de 252 g/kg para el genotipo 653. Con respecto a FDN el genotipo 655 fue el de mayor contenido tanto en tallo como en hoja con 731 g/kg y 474 g/kg, respectivamente. Sobre la base de una mayor concentración de PC en la hoja y su mayor RG, el genotipo 33 es el que se recomienda para siembra extensiva en el ciclo OI, y el genotipo 655 para el ciclo de PV.

Palabras clave: *Amaranthus cruentus*, *Amaranthus hypochondriacus*, genotipos, densidad de población.

Abstract. We tested five *Amaranthus* genotypes (*A. hypochondriacus* 655, 653, 153-5-3, and Criollo Tlaxcala and *A. cruentus* genotype 33) at four population densities (31,250; 41,666; 62,500 and 125,000 plants/ha, during spring-summer (PV; July-December) 2000 and autumn-winter (OI) 2001 and 2002. Studies were conducted at the experimental station of the Agronomy Faculty of the Universidad Autónoma de Nuevo León, Mexico. A split plot experimental design on completely randomized blocks was used, with two replicates. The evaluated agronomic characteristics were grain yield (RG), dry matter yield (MS), plant height (AP), stem diameter (DT) and panicle length (LP). Crude protein (PC), ashes (C), acid detergent fiber (FDA) and neutral detergent fiber (FDN) were evaluated for stems and leaves in OI, 2001. The interactions (1) genotype x density x year, and (2) genotype x year were statistically significant ($p < 0.05$) for all yield variables. The greatest RG during PV 2000 was determined on genotype 655 with 2,221 kg/ha, while in OI 2001 and 2002, the genotype with greatest RG was 33 with 1,274 and 1,926 kg/ha, respectively. The greatest RG was obtained with 125,000 plants/ha in all genotypes. Genotype 33, of *A. cruentus*, presented the greatest PC contents, with 95 and 248 g/kg in stems and leaves, respectively. The greatest FDA contents were 594 g/kg in genotype 655, and 252 g/kg in genotype 653. Genotype 655 showed the greatest FDN contents in stems (731 g/kg) and leaves (474 g/kg). Because of a greater PC concentration and RG, genotype 33 is recommended for extensive seeding during OI, and genotype 655 during PV.

Key words: *Amaranthus cruentus*, *Amaranthus hypochondriacus*, genotypes, population density.

¹ Profesor Investigador. Instituto Tecnológico del Valle de Guadiana, Durango. Apartado Postal 393. Durango, Dgo.

Address Correspondence to: Jesús García-Pereyra; e-mail: jpereyra5@hotmail.com.

² Profesor Investigador. División de Estudios de Posgrado, Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Marín, N. L. cigsalloz@hotmail.com.

³ Profesor Investigador. Instituto Politécnico Nacional. CIIDIR-IPN Unidad Durango. ghiturbide@hotmail.com.

⁴ Profesor Investigador. División de Estudios de Posgrado, Facultad de Agricultura y Zootecnia (FAZ-UJED). Gómez Palacio, Durango. enmageel1@yahoo.es.

⁵ Profesor Investigador. División de Estudios de Posgrado Instituto Tecnológico de Durango. hirammero@hotmail.com.

Recibido / Received 15.V.2006. Aceptado / Accepted 2.II.2009.

INTRODUCCIÓN

El amaranto es una especie con potencial agronómico para ser considerado como un cultivo de alternativa en zonas de escasa precipitación. Por ser una especie C_4 , está capacitada para hacer un uso eficiente del agua y producir grandes volúmenes de biomasa. Además, presenta un alto valor nutricional tanto en el grano como en forraje. Alejandro y Lorence (1986) mencionan que la magnitud de ambas producciones depende de las condiciones ambientales y fisiográficas de las localidades donde se siembre. Para obtener los mayores rendimientos de grano se deben utilizar espaciamientos de 10 a 50 cm entre plantas, y de 80 cm entre surcos (Webber, 1987; Kauffman y Weber, 1990). Varios autores han informado que es más conveniente utilizar altas densidades de población, ya que esto facilita la cosecha mecánica y el grano presenta una madurez más uniforme (Hass y Kauffman, 1984). La selección del sitio y la fecha de siembra, la densidad de población, la temperatura del suelo y la madurez del cultivo influyen en el rendimiento de grano (Reyna, 1983).

En la región de las grandes planicies en EE.UU., se han informado bajos rendimientos de grano en variedades de *A. cruentus*. Esto fue debido principalmente a su precocidad, y a que en la estación de crecimiento del cultivo existieron una alta competencia con malezas y heladas antes de su madurez comercial (Hass y Kauffman, 1984; Webb, 1985). En el Valle del Guadiana, Durango, región del norte centro de México, el mejor rendimiento de grano fue para *A. cruentus* (en fechas de siembra del 15 de marzo al 15 de abril) cuando la estación de crecimiento del cultivo se inició con temperaturas bajas y en ascenso. Sin embargo, *A. hypochondriacus* tuvo el mayor rendimiento, sembrado entre el 1 y el 15 de junio, cuando la estación de crecimiento del cultivo se inició con temperaturas altas y en descenso (García, 1998). El contenido de proteína bruta (PC) en amaranto se encuentra en el rango del 12 a 27% (Seiler, 1986). En las hojas y el tallo de amaranto los contenidos de hemicelulosa y ceniza son altos, y el de FDA es bajo; en sus paredes celulares existe una cantidad de proteína mayor que en la alfalfa. Esto hace suponer un alto valor de proteína en amaranto (Cheeke y Bronson, 1979).

Los objetivos de este trabajo fueron: (1) determinar el efecto de la densidad de población y el genotipo sobre el rendimiento de grano, altura de la planta, diámetro del tallo y la longitud de la panícula, en tres ambientes contrastantes en clima, altitud y tipo de suelo en el norte de México, y (2) comparar la calidad del forraje producido por cinco genotipos de amaranto.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los experimentos se condujeron en la Estación Experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, en Marín N. L. (25° 56' N, 100° 3' E), a una altura de 375 msnm, en los ciclos primavera-verano 2000,

y otoño-invierno 2001 y 2002. El material genético utilizado fueron cinco genotipos de amaranto, (1) cuatro de *A. hypochondriacus*: 655, 653, 153-5-3 y criollo Tlaxcala, provenientes del programa de amaranto del INIFAP- Tlaxcala, y (2) uno de *A. cruentus* 33, proveniente del Instituto Benson de EE.UU. En cada ciclo agrícola, los trabajos de campo fueron similares. Los tratamientos se establecieron en unidades experimentales de un tamaño uniforme de cuatro metros de ancho por seis metros de largo con cuatro surcos espaciados 0,80 m entre ellos. Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con dos repeticiones en un arreglo de parcelas divididas, asignando los genotipos en la parcela grande como factor A, y las densidades de población como factor B, con niveles de 31250; 41666; 62500 y 125000 plantas/ha.

Los trabajos para la preparación de la cama de siembra fueron: barbecho, rastra doble, surcado y bordeado. La distancia entre plantas se estableció cuando la planta tuvo 20 cm de altura mediante raleo. Para cada ciclo, las fechas de siembra y de cosecha fueron: (1) primavera-verano (PV) año 2000: siembra 04/08 y cosecha 07/12; (2) otoño-invierno (OI) año 2001: siembra 17/03 y cosecha 17/08; (3) OI año 2002: siembra 21/03 y cosecha 27/08. Para facilitar la cosecha de grano se usó un desecante químico foliar, Paraquat®, a una dosis de 250 ml/ha aplicándolo cuando el grano tenía 12-20% de humedad. La cosecha fue manual, desgranando la panícula y venteándola para separar las impurezas con una criba. Se cosecharon 20 plantas de los surcos centrales en cada unidad experimental (el rendimiento de grano por planta se cuantificó cuando la humedad del grano era constante, a un 12% de humedad). La temperatura, precipitación, humedad relativa y evaporación, se midieron por la mañana y por la tarde con una sola estación meteorológica representativa de la región. Los valores por día y en el mes fueron promediados.

Los datos se analizaron estadísticamente con el paquete de cómputo de Olivares (1996). Las variables evaluadas en tallo y hoja fueron: rendimiento de grano (RG), rendimiento de materia seca (MS), altura de planta (AP), diámetro del tallo (DT) y longitud de panícula (LP); contenido de proteína bruta (PC), cenizas (C), fibra detergente ácida (FDA) y fibra detergente neutra (FDN). Las evaluaciones se efectuaron sólo en el ciclo OI 2001.

RESULTADOS

Temperatura y precipitación. La temperatura fue un factor determinante en el rendimiento de grano para los genotipos de *A. hypochondriacus* para el ambiente de PV 2000; al efectuarse la siembra en el mes de agosto, con temperaturas superiores a 20°C, estos genotipos presentaron mejor desarrollo. El genotipo de *A. cruentus* requirió de temperaturas de siembra menores a 20°C en este

Tabla 1. Temperatura medias mensuales (°C) en Marín N. L. durante la estación de crecimiento del cultivo de amaranto: años 2000, 2001 y 2002.
Table 1. Mean monthly temperatures (°C) in Marín N. L. during the *Amaranthus* growing cycle: years 2000, 2001 and 2002.

Mes	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Prom.	
Estación	Año											
PV	2000						29,0	31,5	20,0	17,5	14,0	22,4
OI	2001	17,7	24,1	27,2	29,1	30,2	30,2					26,41
OI	2002	21,1	27,8	29,3	30,2	28,4	29,6					27,7

PV: primavera-verano / spring-summer.

OI: otoño-invierno / autumn-winter.

Tabla 2. Precipitación (mm) mensual y acumulada en Marín N. L. durante la estación de crecimiento del cultivo de amaranto: años 2000, 2001 y 2002.
Table 2. Monthly and accumulated precipitation (mm) in Marín N.L. during the *Amaranthus* growing cycle: years 2000, 2001 and 2002.

Mes	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Acum.	
Estación	Año											
PV	2000						45,0	45,0	156,0	17,0	24,0	287,0
OI	2001	31,0	17,0	29,0	21,0	13,0	75,0					186,0
OI	2002	0,0	5,0	26,0	52,0	198,0	47,0					328,0

PV: primavera-verano / spring-summer.

OI: otoño-invierno / autumn-winter.

ambiente para expresar su máximo RG. Para el ciclo de siembra PV, la temperatura fue en promedio de 22,4°C; la floración y la antesis se produjeron con temperaturas templadas (20°C en el mes de octubre) y la cosecha con 14°C, en el mes de diciembre. Para el caso de OI 2001 y 2002, la etapa de floración se presentó en el rango de temperaturas entre los 27,2 y 29,3°C en el mes de mayo (Tabla 1).

Para el ciclo de siembra de PV 2000, la etapa de llenado de grano en el genotipo 33 fue a temperaturas de 27 a 29°C, pero con un ciclo de crecimiento entre los 15 a 18°C, a lo cual se le atribuye su bajo RG. En el ciclo de siembra de PV 2000, el promedio de precipitación fue de 287 mm, un 35,1% mayor que aquel durante el ciclo de siembra OI de 2001 (186 mm); en el ciclo de siembra de OI 2002, el promedio de precipitación fue de 328 mm. En estos dos últimos ciclos, la etapa de llenado de grano fue en los meses de julio y agosto que tuvieron la mayor precipitación (Tabla 2). En la siembra efectuada en el ciclo de PV 2000, no se adicionaron fertilizantes, ni riego en ninguna etapa del cultivo. En los ciclos de OI 2001 y 2002, se aplicaron dos riegos espaciados: uno siete días antes de la siembra, y el otro en la etapa de floración del cultivo. Los suelos donde se efectuaron los experimentos tuvieron un buen drenaje, un pH de 8,19 y un contenido de materia orgánica de 1,28% (Tabla 3).

Tabla 3. Análisis de las características físicas y químicas del suelo donde se realizó el estudio en Marín N. L.

Table 3. Analysis of the soil physicochemical characteristics of the study site in Marín N.L.

Textura	Aciliosa
Arena	24,38%
Arcilla	47,62%
Limo	28,00%
p.H	8,19
Materia Orgánica	1,28%
Conductividad Eléctrica	0,892 mmhos/cm
Densidad Aparente	1,22 gr/cm ³
N-NO ₃	6 ppm
P	26,55 ppm
Ca	1,3 meq/lt
Mg	0,32 meq/lt
CO ₃	0,43 meq/lt
HCO ₃	6,21 meq/lt
Cl	0,92 meq/lt
Na	6,66 meq/lt
K	0,31 meq/lt

Fuente: Laboratorio de suelos FAUANL 2002.

Source: FAUANL Soil Laboratory 2002.

Tabla 4. Valores de los cuadrados medios y valores de significancia para las distintas variables morfológicas estudiadas en amaranto durante 2000, 2001 y 2002 en Marín, N. L.

Table 4. Mean square values and significance values for the various morphological variables studied in *Amaranthus* during 2000, 2001 and 2002 in Marín N.L.

Efecto	GL	RG	MS	AP	DT	LP
Bloques	1	624960,00 ^{NS}	8192 ^{NS}	1267,50 ^{NS}	24,2968 ^{NS}	81,6718 ^{NS}
Genotipos (A)	4	763498,00 ^{NS}	18869888*	1233,25 ^{NS}	328,4296*	484,7734 ^{NS}
Error (a)	4	304162	1877632,0	232,68750	13,5703	146,5664
Densidad de población (B)	3	244322,67 ^{NS}	33414774*	1248,25*	19,3997 ^{NS}	96,5208*
A x B	12	169868,00 ^{NS}	34116820*	465,1875*	40,65690*	60,5807*
Error (b)	15	142080,0	7228313,5	44,266666	6,427083	19,904
Años (C)	2	16659480,0*	797148928*	28440,125 ^{NS}	70,05664*	239,9218 ^{NS}
Error (c)	2	436521,59	1237504,0	1977,400	1,577344	36,079
A x C	8	4755453,00*	60097984*	4680,375*	75,39160*	855,5390*
Error (d)	8	375466,75	3157184,0	220,6187	6,908399	122,441
B x C	6	659774,68 ^{NS}	70594816*	1365,0833*	15,09244 ^{NS}	83,8359*
A x B x C	24	110126,66 ^{NS}	27992982*	515,75000*	33,45263*	56,7845*
Error (e)	30	124933,888	5890747,5	75,266670	9,386458	28,410
Total	119					

^{NS} No significativo ($p > 0,05$). ^{NS} Not significant ($p > 0,05$).

*Significativo a $p < 0,05$. *Significant at $p < 0,05$.

Análisis de varianza. Como se aprecia en la Tabla 4, existió diferencia estadística significativa para la interacción genotipos x años (A x C) para la variable RG; además, para esta variable no fueron estadísticamente significativos ($p \geq 0,05$) la interacción A x B (genotipos x densidades) y la interacción triple A x B x C (genotipos x densidades x años). En las demás variables en estudio (MS, AP, DT y LP) resultó estadísticamente significativa la interacción triple A x B x C, por lo que se presentan las comparaciones de medias.

Interacción genotipos por años (A x C) para RG. En la interacción genotipo x años (A x C), el genotipo 655 fue el de mayor rendimiento de granos (2221 kg/ha) en PV 2000. En OI 2001 y 2002, el genotipo 33 fue el de mayor rendimiento con 1274 y 1926 kg/ha, respectivamente (Tabla 5). Los genotipos de *A. hypochondriacus* 653, 153-5-3 y Criollo Tlaxcala presentaron en general buenos rendimientos de grano en PV 2000. Estos genotipos superaron al genotipo de *A. cruentus*, quien tuvo su mayor expresión para RG en los ambientes más cálidos en OI 2001 y 2002.

Interacción (A x B x C) para AP, DT y LP. Los genotipos de mayor AP fueron: (1) 33 en PV 2000 (172 cm), y (2) 655 y 153-5-3 en OI 2001 (192 y 182 cm, respectivamente) (Tabla 6). En OI 2002 no presentaron diferencias significativas ninguno de los genotipos experimentados. La menor AP

fue para los genotipos de *A. hypochondriacus* durante PV 2000. Para DT, los genotipos de *A. hypochondriacus* 153-5-3, 653, y Criollo Tlaxcala (15, 19 y 17 mm, respectivamente) fueron los de menor valor con respecto a 33, en PV 2000. En OI 2001, 33 (54 cm) fue el de mayor LP, excepto Criollo Tlaxcala. En OI 2002, todos los genotipos presentaron similares comportamientos para LP (Tabla 6).

Tabla 5. Resultado de la Interacción AxC para rendimiento de grano en amaranto (kg/ha) en el Noreste de México durante 2000, 2001 y 2002.

Table 5. Interaction AxC for *Amaranthus* grain yield (kg/ha) in Northeastern Mexico during 2000, 2001 and 2002.

Genotipos	Años		
	2000	2001	2002
655	2221 a	129 d	227 e
153-5-3	2029 c	69 d	362 d
653	2075 b	199 b	443 c
Criollo Tlaxcala	1309 d	162 c	1381 b
33	601 e	1274 a	1926 a
	$\alpha = 0,05$	$\alpha = 0,05$	$\alpha = 0,05$
	DMS= 1,331	DMS= 10,203	DMS= 1,334

Letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

Different letters in the same column indicate significant differences ($p < 0,05$).

Tabla 6. Altura de la planta (AP), DT y LP en amaranto sembrado en el noreste de México durante 2000, 2001 y 2002.**Table 6.** Plant height (AP), DT and LP in *Amaranthus* cultivated in North-eastern Mexico during 2000, 2001 and 2002.

Año	Genotipos	AP (cm)	DT (mm)	LP (cm)
2000	153-5-3	119 d	15 f	33 abc
	653	117 d	19 def	35 abc
	Criollo Tlaxcala	119d	17 ef	32 abc
	33	172 abc	30 ab	28 bc
	655	119 d	25 abcd	39 abc
2001	153-5-3	182 ab	21 cdef	27 bc
	653	139 cd	22 cde	26 bc
	Criollo Tlaxcala	151 bcd	24 bcd	40 abc
	33	129 d	31 a	54 a
	655	192 a	20 cdef	20 c
2002	153-5-3	179 ab	22 cde	51 ab
	653	184 ab	24 bcd	30 abc
	Criollo Tlaxcala	186 a	23 cde	40 abc
	33	179 ab	26 abc	37 abc
	655	183 ab	20 cdef	31 abc
DMS(0,05)		34,0	6,0	25,5

Dentro de cada columna, letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

Different letters within each column indicate significant differences ($p < 0,05$).

Materia seca. En OI 2001, el genotipo de mayor rendimiento (25 000 kg/ha) fue 33 (Tabla 7) y en OI 2002, los genotipos 33, 653 y 655 tuvieron los mayores rendimientos (16937, 15125 y 14375 kg/ha, respectivamente) a una DP de 125000 plantas/ha.

En PV 2000, 33 y Criollo Tlaxcala mostraron los mayores rendimientos (17861 y 17671 kg/ha, respectivamente) a una DP de 41666 plantas/ha. Este resultado se considera adecuado para *A. cruentus*, debido a que su mayor expresión en MS se encuentra en climas secos y calientes, como los que se presentan en OI en la localidad de Marín, N. L. En OI 2001 y OI 2002, 653 y 655 presentaron una buena adaptación y estabilidad, con bajos rendimientos de MS en PV 2000.

Calidad del forraje. Hubo diferencias significativas entre genotipos para las variables PC y FDA en tallos y hojas (Tablas 8 y 9). Los genotipos estudiados presentaron diferencias significativas para las variables C y FDN en el tallo, pero no en hoja. Los genotipos 33, 153-5-3 y 653 tuvieron una concentración similar de PC en tallo (Tabla 8). Las menores concentraciones de PC en tallo se presentaron en los genotipos 655 y Criollo Tlaxcala respecto a *A. cruentus* 33. Los genotipos 33, 153-5-3, 653 y Criollo Tlaxcala tuvieron una concentración de PC similar en hojas (Tabla 8). El genotipo 655 presentó una mayor concentración de cenizas en el tallo respecto a los genotipos 153-5-3 y 33 (Tabla 8). Los genotipos estudiados no difirieron en la concentración de cenizas en la hoja (Tabla 8). El genotipo 655 presentó la mayor concentración (594g/kg) de fibra detergente ácida en tallo (Tabla 9). La mayor concentración de FDA en hoja correspondió al genotipo 653 (Tabla 9). El genotipo 655 tuvo una mayor concentración de FDN en el tallo que los genotipos Criollo Tlaxcala, 33 y 653 (Tabla 9). Todos los genotipos analizados no presentaron diferencias estadísticas para FDN en hoja; su valor promedio fue de 430 g/kg. Los altos valores de FDN en el forraje de amaranto en este estudio probablemente fueron debidos a que los genotipos fueron sometidos a altas temperaturas y estrés hídrico durante las últimas ocho semanas de crecimiento del cultivo en el ciclo de siembra OI 2001.

Tabla 7. Contenido de MS (kg/ha) en amaranto cultivado en el Noreste de México durante 2000 2001 y 2002.**Table 7.** Dry Matter content (kg/ha) in *Amaranthus* cultivated in Northeastern Mexico during 2000, 2001 and 2002.

Geotipos	PV 2000				OI 2001				OI 2002			
	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4
153-5-3	5200 d	7206 c	4298 d	4161 d	7800 c	10330 c	7445 c	9965 c	9000 b	8812 c	8207 c	4657 d
653	5244 d	5855 d	6640 c	5840 d	15550 b	15900 b	14160 b	7025 c	15125 a	5281 d	5072 d	3656 d
Criollo Tlaxcala	6416 d	4820 d	17671 a	2674 e	17310 b	14530 b	6785 c	9230 c	9875 b	8493 c	5600 d	4237 d
33	12351 b	15961 a	17861 a	14481 a	25000 a	15665 b	17805 b	7955 c	16937 a	8875 c	4832 d	4327 d
655	6944 c	6765 c	3201 d	4269 d	15715 b	15465 b	6050 c	3260 d	14375 a	10052 b	5437 d	2655 e
DMS	3789				6735				2678,6			

Letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

C1: 125000 plantas/ha; C2: 62500 plantas/ha; C3: 41666 plantas/ha; C4: 31tt250 plantas/ha.

Different letters in the same column indicate significant differences ($p < 0,05$).

C1: 125,000 plants/ha; C2: 62,500 plants/ha; C3: 41,666 plants/ha; C4: 31,250 plants/ha.

Tabla 8. Días a cosecha (D), y proteína cruda (PC) y cenizas (C) en hojas y tallos en cinco genotipos de amaranto evaluados en Marín, N. L. durante el ciclo OI 2001.

Table 8. Days to harvest (D), and crude protein (PC) and ash concentrations (C) in leaves and stems of five *Amaranthus* genotypes evaluated in Marín N.L. during the 2001 OI cycle.

Genotipo	D (días)	PC* (g / kg)		C* (%)	
		tallo	hoja	tallo	hoja
<i>A. cruentus</i> 33	97	95 a	248 a	16,3 c	23,0
<i>A. hypochondriacus</i> 15-5-3	119	81 ab	242 a	16,7 bc	23,8
<i>A. hypochondriacus</i> 653	119	87 ab	207 a	18,5 ab	23,0
<i>A. hypochondriacus</i> Criollo Tlaxcala	119	73 b	212 a	17,6 abc	25,6
<i>A. hypochondriacus</i> 655	119	48 c	153 b	18,9 a	28,3
DMS (0,05)		17,10	41,70	1,74	NS
CV (%)		14,36	12,72	6,56	11,91

*Base materia seca. *Dry matter basis.

Letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

Different letters in the same column indicate significant differences ($p < 0.05$).

Tabla 9. Fibra detergente ácida (FDA) y fibra detergente neutra (FDN) en hojas y tallos en cinco genotipos de amaranto cultivados en Marín, N. L. durante el ciclo OI 2001.

Table 9 Acid detergent fiber (FDA) and Neutral detergent fiber (FDN) concentrations in leaves and stems of five *Amaranthus* genotypes cultivated in Marín N.L. during the 2001 OI cycle.

Genotipo	D (días)	FDA (g / kg*)		FDN (g / kg*)	
		tallo	hoja	tallo	hoja
<i>A. cruentus</i> 33	97	488 b	235 ab	665 b	474
<i>A. hypochondriacus</i> 15-5-3	119	524 b	199 c	669 ab	382
<i>A. hypochondriacus</i> 653	119	508 b	252 a	664 b	472
<i>A. hypochondriacus</i> Criollo Tlaxcala	119	501 b	201 bc	673 b	422
<i>A. hypochondriacus</i> 655	119	594 a	174 c	731 a	434
DMS (0,05)		49	35	40	NS
CV (%)		6,18	10,78	3,80	10,98

*Base materia seca. *Dry matter basis.

Letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

Different letters in the same column indicate significant differences ($p < 0.05$).

DISCUSIÓN

Temperatura y precipitación. Nuestros resultados respecto a requerimientos de temperatura para el cultivo del amaranto coinciden con los reportados por Reyna (1983), quien determinó los requerimientos climáticos de esta especie en México. Henderson y Johnson (2000) encontraron mayores RG para los genotipos de *A. cruentus* cuando la siembra se realizó con temperaturas entre 15 y 20°C y climas secos y calientes. Peña (1996) informó baja adaptación de *A. hypochondriacus* en Tlaxcala, región ubicada en el Valle central de México, en donde la temperatura durante la etapa de crecimiento del cultivo no sobrepasa los 20°C. Orozco y Gonzáles (1997) evaluaron 15 genotipos de amaranto *A. cruentus* en Salaíces, región ubicada en el estado de Chihuahua, México, y encontraron buena adaptación de los mismos, en climas semiáridos y calientes.

Interacción genotipos por años (A x C) para RG. Peña (1996) reportó que en Tlaxcala los genotipos 653 y 655 de *A. hypochondriacus* alcanzaron rendimientos medios de 1510 y 1250 kg/ha, superando al genotipo 33 de *A. cruentus* que produjo un RG de 600 kg/ha. Tendencias similares en RG fueron encontradas por Henderson y Johnson (2000) para el genotipo 33 de *A. cruentus* cultivado en la región de las grandes planicies en EE.UU. Los resultados obtenidos para las dos especies de *Amaranthus* para los genotipos de *A. hypochondriacus* coinciden con los informados por Alejandre y Lorence (1986): el RG es mayor en climas templados, mientras que para *A. cruentus* el RG es mayor en climas semitropicales.

Interacción (A x B x C) para AP, DT y LP. El resultado encontrado en este estudio difiere al reportado en amaranto por la Facultad de Ciencias Agropecuarias (1999) en experimentos efectuados en Colombia: a la misma densidad de población de 125000 plantas/ha, AP fue de 113,5 cm en genotipos de *A. hypochondriacus*.

En una evaluación de seis genotipos de amaranto en la Pampa Ondulada en Argentina, Matteucci (1998) reportó 44cm de LP bajo una DP de 31250 plantas/ha para los genotipos de *A. hypochondriacus*. Este valor supera en un 20% al valor de LP reportado en este estudio. Esto es debido principalmente a que con una baja densidad de población la planta adquiere mayor LP.

Materia seca. Henderson y Johnson (2000) informaron rendimientos de MS de 11000 kg/ha a una DP de 125000 plantas/ha para el genotipo MT3 de *A. cruentus* en estudios efectuados en la región de las grandes planicies en EE.UU. Este resultado difiere al encontrado en este estudio para esta variable, ya que en los experimentos de OI 2001 y 2002, *A. cruentus* presentó MS de 25000 y 16397 kg/ha, respectivamente, a la misma DP.

Calidad del forraje. Byron et al. (2001) hallaron niveles en *A. cruentus* de 100 g/kg de PC a 90 días desde la siembra a cosecha comercial. Seiler (1986) reportó valores de 12 a 65 g/kg de PC en tallo, y de 29 a 167 g/kg de PC en hoja y tallo en forraje de girasol. Esta especie es utilizada en la región del valle del Guadiana en Durango, México, como alimento de ovinos. Santín y Lazcano (1986) informaron que la concentración de C en toda la planta de amaranto, sin incluir el grano, fue de 18%. Sánchez (1980) reportó que la concentración de C en el forraje de hojas y tallo de amaranto fue de 14,5%. Este resultado es similar al obtenido en nuestro estudio.

Byron et al. (2001) hallaron concentraciones inferiores de FDA (260 a 354 g/kg, 281 g/kg en el tallo de *A. hypochondriacus*) a las encontradas en este estudio. En otros estudios en alfalfa y avena forrajera, especies utilizadas en el valle del Guadiana, se encontraron concentraciones de 237 y 437 g/kg de FDA, respectivamente (Marten y Andersen, 1975).

Byron et al. (2001) informaron concentraciones de FDN de 380 a 470 g/kg en el forraje de amaranto. Estos niveles presentan concentraciones de nitratos superiores a 1,5 % que pueden causar toxicidad al animal que los consume como forraje verde. Sin embargo, su nivel puede reducirse si se utiliza como ensilado. En este estudio, los genotipos 655 y 153-5-3 presentaron los mayores valores para FDN en el tallo con 731 y 669 g/kg, respectivamente. Una de las causas de las elevadas concentraciones de FDN en el forraje de amaranto es el exceso en la fertilización nitrogenada. Ésta también permite un incremento en la concentración de nitratos, sobre todo en el tallo.

CONCLUSIÓN

El mayor rendimiento de grano se obtuvo en *A. hypochondriacus*, en los genotipos 655 y 653, para el ciclo de siembra PV 2000; en OI el genotipo 33 de *A. cruentus* presentó mejor RG que las otras especies en estudio. La altura de la planta AP, DT y LP no presentaron variaciones importantes en los tres ambientes de estudio. Sin embargo, los genotipos de *A. hypochondriacus* presentan mayores rendimientos en PV, y el de *A. cruentus* en OI, para producción de materia seca a la máxima densidad de población. Los valores nutritivos del forraje de amaranto son similares a los de otros forrajes que comúnmente se encuentran en la región, como es el caso de avena y alfalfa; PC 33, 153-5-3 y 653 presentan los mayores valores en OI. Sin embargo, por su estabilidad y buen desarrollo, recomendamos sembrar 33 cuando se trate de obtener cantidades mayores de proteína en este último ciclo mencionado. Todos los genotipos de amaranto estudiados presentan altos valores de FDA y FDN, con respecto a otros forrajes de uso tradicional en la alimentación animal (ej.: alfalfa, sorgo y avena). La utilización actual de amaranto dependerá de los objetivos que se pretendan en la siembra: produc-

ción de grano u obtención de forraje. Si el objetivo es éste último, programas de mejoramiento vegetal deberían tratar de reducir los altos valores de FDA y FDN en el forraje de amaranto.

AGRADECIMIENTOS

Los autores de este trabajo agradecen el apoyo para la realización de los experimentos a la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León y al Instituto Tecnológico del Valle de Guadiana. G. Alejandro Iturbide agradece a la COFAA del IPN por la beca de exclusividad, al MC Rafael Vélver Galván por la revisión del escrito y al Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología de Durango (COCYTED).

REFERENCIAS

- Alejandre, I.G. y F. G. Lorence (1986). Cultivo del amaranto en México. Colección Cuadernos Universitarios serie Agronomía No. 12. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 245 p.
- Byron, B S., K.G. Moore, E. CH. Brummer, A. D. Knapp, J Russell y L. Gibson (2001). Forage nutritive value of various amaranth species at different harvest dates. *Crop Sci.* 41: 466-472.
- Cheeke, P.R. y J. Bronson (1979). Feeding trials with Amaranths grain forage and leaf protein concentrations. p.5-11. En: Proc.2nd Amaranth Conf., Rodale Research Center, Kutztown, PA. 13-14. Rodale Press, Emmaus, PA.
- 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. 775 Manizales Colombia.
- García, P. J. (1998). Evaluación de seis genotipos de amaranto en el Valle del Guadiana, Durango. IX Congreso Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico Agropecuario. DGETA. Mérida, Yucatán. 141 p.
- Hass, P.W. y C.S. Kauffman (1984). Grain amaranth: An overview on research and production methods. New Crops Dep., Rodale Res. Ctr., Rodale Press, Emmaus, P. A.
- Henderson, T.L. y B.L. Johnson (1998). Grain amaranth seeding dates in the Northern Great Plains. *Agronomy Journal* 90: 339-344.
- Henderson, T.L. y B.L. Johnson (2000). Row spacing, plant population, and cultivar effects on grain amaranth in the northern Great Plains. *Agronomy Journal* 92: 329-336.
- Kauffman, C.S. y L.E. Weber (1990). Grain amaranth. En: Janick, J. y Simon, J.E. (eds.), pp. 127-139. Advances in new crops. Timber Press, Portland, OR.
- Olivares, S.E. (1996). Software de Diseños Experimentales. Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, México. Versión 2.5.
- Marten, G.C. y R.N. Andersen (1975). Forage nutritive value and palatability of 12 common annual weeds. *Crop. Sci.* 15: 821-827.
- Matteuci, S.D. (1998). Potencial productivo en la Pampa Ondulada, Argentina. Comportamiento de seis germoplasmas de amaranto. *Rev. Fac. Agron (Luz)* 15: 560-570.

- Orozco, G.H. y P.G. González (1997). Evaluación de 15 genotipos de amaranto (*Amaranthus cruentus*) en Salaices, Chih. VIII Congreso Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico Agropecuario. DGETA. Morelia, Mich. 216 p.
- Peña P.R. (1996). Comportamiento productivo agronómico de 4 genotipos de amaranto (*Amaranthus* spp.) en seis fechas de siembra. VII Congreso Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico Agropecuario. DGETA Roque, Celaya, Guanajuato. 156 p.
- Reyna, T.T. (1983). Requerimientos climáticos para el cultivo del Amaranto (*Amaranthus* spp.) en México. En: Trinidad S.A, Gómez F. y Suárez L.G. (comps), pp. 81-85. El amaranto, su cultivo y aprovechamiento, Colegio de Posgraduados. Montecillo Estado, de México.
- Sánchez-Marroquín, A. (1980). Potencial agroindustrial del amaranto. Centro de Estudios Económicos y Sociales del Tercer Mundo. México.
- Santín, H. C. y S.M. Lazcano (1986). Pasado, presente y futuro del amaranto. FAO. Cuaderno de nutrición No. 1: Enero-febrero.
- Seiler, J.G. (1986). Forage Quality of selected wild sunflower species. *Agronomy Journal* 78: 1059-1064.
- Webb, D.M. (1985). Seed germination and seedling emergence in *Amaranthus* spp. M. S. Thesis. Montana State Univ., Bozeman.
- Webber, E. (1987). Amaranth Grain Production Guide. Rodale Research Center Rodale Press Inc.