

# Evaluación de genotipos de amaranto (*Amaranthus* spp.) para la adaptabilidad productiva en el área de la Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de la Pampa, Argentina

Evaluation of amaranth (*Amaranthus* sp.) genotypes for production in the area of the Faculty of Agriculture, Universidad de la Pampa, Argentina

Nilda Blanca REINAUDI <sup>1</sup>✉, Rodolfo REPOLLO <sup>1</sup>, Dagmar JANOVSKÁ <sup>2</sup>, John DÉLAMO FRIER <sup>3</sup> y Rosa MARTÍN DE TROIANI <sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de La Pampa, Ruta 35 - Km. 334, C.P. L6300. Santa Rosa, La Pampa, Argentina; <sup>2</sup>Department of Gene Bank, Crop Research Institute, Drnovská 507 161 06 Praha 6, Ruzyně, Czech Republic y <sup>3</sup>Departamento de Biotecnología y Bioquímica, Centro de Investigaciones y Estudios Avanzados, Instituto Politécnico Nacional. Unidad Irapuato. Km 9,6 Libramiento Carretera Irapuato-León. C. P. 36500 Irapuato, Guanajuato, México. E-mail: reinaudi@agro.unlpam.edu.ar ✉ Autor para correspondencia

Recibido: 14/10/2009 Fin de primer arbitraje: 18/09/2010 Primera revisión recibida: 19/12/2010 Aceptado: 10/01/2011

## RESUMEN

Se evaluaron las características agronómicas de 18 genotipos de amaranto (*Amaranthus* ssp.) cultivados en la Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de la Pampa, Argentina. Se determinó: días a la emergencia, cobertura, diámetro de tallo, días a antesis, a madurez comercial y a madurez fisiológica del grano, altura de planta y longitud de panícula a cosecha, rendimiento de grano, índice de cosecha (IC) y plantas cosechadas. Los resultados indicaron que *A. hybridus* K 593 fue más precoz y llegó a madurez fisiológica a los 91 días, seguido por *A. pumilus* RAFIN K 340. *A. hypochondriacus* San Antonio tuvo el período más largo en alcanzar la antesis, la madurez comercial y la madurez fisiológica (174 días). El número medio de hojas en *A. hypochondriacus* var. Nutrisol fue 101±19, también presentaron un número medio de hojas superior a 100, a madurez comercial, *A. cruentus* Mexicano, *A. cruentus* var. Morelos y *A. hypochondriacus* cv. Artasa 9122, las cuales presentaron dehiscencia a madurez fisiológica. *A. hypochondriacus* San Antonio presentó el fenómeno de "reverdecimiento," y un rendimiento de 1281 kg/ha. La mayor altura de planta fue para *A. hypochondriacus* Rojita/Rosita (209cm) y *A. cruentus* Candil (204 cm) respecto a *A. cruentus* R 127 (132cm) y *A. pumilus* RAFIN K 340 (107cm). La mayor longitud de panoja fue para los genotipos *A. hypochondriacus* var. Nutrisol (58 cm), *A. mantegazzianus* Pass cv. Don Juan (55 cm) y *A. hypochondriacus* var. San Antonio (55 cm) respecto a *A. cruentus* L var. Amont, *A. cruentus* cv. Don León (26 cm), *A. cruentus* R 127 (26 cm) y *A. cruentus* Mexicano (27 cm). El mayor rendimiento de grano fue para *A. hybridus* K 593 (2020 kg/ha) difiriendo significativamente ( $p \leq 0,10$ ) del rendimiento de *A. cruentus* R 127 (350 kg/ha) y *A. cruentus* Mex. Anguil (353 kg/ha). El mayor IC correspondió a *A. hypochondriacus* 9122 (22,5) con producción de 1748 kg/ha.

**Palabras claves:** *Amaranthus* spp., cultivos alternativos, rendimiento de grano, índice de cosecha.

## ABSTRACT

In this work the agronomic characteristics related to the production of grain in 18 genotypes of amaranth cultivated at the Faculty of Agriculture, Universidad Nacional de la Pampa, Argentina were studied. They were compared: days to the emergency and to coverage of the space between furrows, diameter of stem, necessary days to come to anthesis, milky-doughy maturity and to physiological maturity of the grain, plant height, length of cob at harvest, grain yield, index of crop (IC) and harvested plants. *A. Hybridus* K 593 was the most precocious and came to physiological maturity in 91 days, followed for *A. pumilus* RAFIN K 340. *A. hypochondriacus* San Antonio had the most prolonged period in reaching the anthesis, the milky and the physiological maturity (174 days). The average number of leaves in *A. hypochondriacus* var. Nutrisol was of 101±19 in anthesis. *A. cruentus* Mexican, *A. cruentus* var. Morelos and *A. hypochondriacus* Artasa 9122, which will suffer the dehiscence to maturity of all the leaves. *A. hypochondriacus* San Antonio presented the phenomenon of "to grow green again" and a seed yield seed of 1281 kg/ha. The plant height was greater for *A. hypochondriacus* Rojita/Rosita (209 cm) and *A. cruentus* Candil (204 cm) than for *A. cruentus* R 127 (132cm) and *A. pumilus* RAFIN K 340 (107cm). The higher panicle length was for genotype *A. hypochondriacus* var. Nutrisol (58 cm), *A. mantegazzianus* Pass cv. Don Juan (55 cm) and *A. hypochondriacus* var. San Antonio (55 cm) with respect to *A. cruentus* L var. Amont, *A. cruentus* cv. Don Leon (26 cm), *A. cruentus* R 127 (26 cm) and *A. cruentus* Mexican (27 cm). *A. hybridus* K 593 had a good grain yield, (2020 kg/ha) which differed significantly ( $p \leq 0.10$ ) of *A. cruentus* R 127 (350 kg/ha) and *A. cruentus* Mex. Anguil (353 kg/ha). *A. hypochondriacus* 9122 had the biggest IC (22.5) and a production of 1748 kg/ha.

**Key words:** *Amaranthus* spp., alternative crops, grain yield, harvest index

## INTRODUCCIÓN

Las familia Amaranthaceae está compuesta de aproximadamente 60 géneros y de 800 especies. El cultivo del amaranto se inició hace unos 5000 años y llegó a constituirse en una fuente alimenticia de los pueblos aztecas, incas y mayas tan importante como el maíz y los porotos. Las áreas de origen de los amarantos graníferos (principalmente *Amaranthus cruentus* y *Amaranthus hypochondriacus*) están distribuidas a través de México y se extiende en el interior de Guatemala y el sud-oeste de EEUU de América. En Sud América se encuentra en una banda estrecha que se extiende desde el sur de Ecuador, a lo largo del Perú y Bolivia hasta el norte de la Argentina. Fueron domesticados más tempranos o concurrentemente con el maíz. Probablemente después de la conquista de América emigró de México, Guatemala y de los andes peruanos a la India, Europa, Africa y Asia. En el siglo XX, el *Amaranthus hypochondriacus* ha incrementado su popularidad en las tribus montañosas de la India, Pakistán, Nepal, Tibet y China.

En la actualidad es cada vez mayor el interés en nuevos recursos vegetales y nuevos procesos de producción que contribuyan a resolver los difíciles y complejos problemas que está atravesando la disponibilidad de alimentos para un planeta cada vez más poblado (Matteucci y Pla, 1998). Es así que el amaranto, sin intención de transformarse en un

cultivo providencial, puede aportar soluciones, especialmente a pequeños productores, que en definitiva son los que más están sufriendo el impacto de situaciones desfavorables.

La disponibilidad de genotipos de altos rendimientos, posibilitará la incorporación de esta especie a los sistemas de producción agropecuaria de la región y su inclusión en la industria de alimentos como una fuente de proteína de alto valor biológico. Favorecido por la ausencia de gluten en el grano, que lo hace un alimento de calidad para los celíacos, aunque esta ausencia de gluteninas en el grano de amaranto, lo hacen difícil de amasar, por lo que tiene que combinarse con otro tipo de harinas.

El objetivo del presente trabajo, fue evaluar las características agronómicas días a la germinación, cobertura vegetal, diámetro del tallo, madurez fisiológica, madurez comercial del grano, altura de planta, longitud de panícula, rendimiento de grano e índice de cosecha en 18 genotipos de amaranto sembrados durante el ciclo 2006/2007 en la pampa Ondulada

## MATERIALES Y MÉTODOS

Dieciocho genotipos (Gen) de amaranto (Cuadro 1) se cultivaron en el campo de la Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de la Pampa, Argentina. (S: 36° 32', 726', W: 64°, 18', 721', 220

Cuadro 1. Genotipos evaluados y procedencia de los materiales sembrados en el campo de la Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de la Pampa, Argentina en la campaña 2006/07.

No Genotipo	Nombre del genotipo
1	<i>Amaranthus cruentus</i> Mexicano (INTA Anguil, L.P.)
2	<i>Amaranthus cruentus</i> R 127 (Origen: México) (Don.: USA AMES 2244)
3	<i>Amaranthus pumilus</i> RAFIN K 340 (Don.: Rep. Checa)
4	<i>Amaranthus cruentus</i> L. var. Amont (Origen: USA) (Don.: USA PI 538255)
5	<i>Amaranthus caudatus</i> L. CAC 48A (Origen: Perú) (Don.: Alemania)
6	<i>Amaranthus cruentus</i> cv. Don Guiem (Año: 2003) (INTA Anguil, L.P.)
7	<i>Amaranthus hypochondriacus</i> var. Revancha Morfotipo Mercado (Origen: México)
8	<i>Amaranthus hypochondriacus</i> var. Nutrisol Morfotipo Azteca
9	<i>Amaranthus cruentus</i> var. Tarasca Morfotipo Mexicano (Origen: México)
10	<i>Amaranthus cruentus</i> var. Morelos (Origen: México)
11	<i>Amaranthus hybridus</i> K 593 (USA PI 538325)
12	<i>Amaranthus hypochondriacus</i> 280 FK-FH1 (Origen y Don.: Hungría)
13	<i>Amaranthus cruentus</i> cv. Don León (INTA Anguil, L.P.)
14	<i>Amaranthus cruentus</i> cv. Candil (Origen: Río Cuarto)
15	<i>Amaranthus hypochondriacus</i> San Antonio (Origen: México)
16	<i>Amaranthus hypochondriacus</i> Rojita/Rosita (Origen: México)
17	<i>Amaranthus mantegazzianus</i> cv. Don Juan (Año: 2006) (INTA Anguil, L.P.)
18	<i>Amaranthus hypochondriacus</i> cv. Artasa 9122 (Año: 2006) (INTA Anguil, L.P.)

msnm), en un suelo que se clasifica como Aplustol éntico, con una capacidad de intercambio catiónico de 18,5 cmol kg<sup>-1</sup> suelo; 0,13 % N; 2,9 % de materia orgánica y 61 ppm de P. Cada genotipo fue sembrado a finales de noviembre de 2006, en parcelas de 18 m<sup>2</sup> (1,5 m x 12m) distribuidas al azar en cada uno de los 4 bloques, la distancia entre surcos fue de 0,25 m. La separación entre parcelas se realizó con maíz para evitar el cruzamiento entre genotipos. Se sembraron aproximadamente 3 kg/ha de semilla y se aplicó riego complementario por goteo para contar con condiciones de humedad adecuada para asegurarse una buena germinación y desarrollo del cultivo (volumen aplicado equivalente a una lámina de 0,100 m). El control de malezas se realizó manualmente y se aplicó tres oportunidades insecticida debido a la presencia de *Epicauta adspersa*. Debido a dos lluvias intensas (1° y 7 de diciembre) se produjo la pérdida del 50 % de los bloques, por lo que la medición de las variables estudiadas se llevó a cabo en sólo dos de ellos. En el Cuadro 2 se presentan las precipitaciones y temperaturas medias durante el ciclo del cultivo.

Durante el desarrollo del cultivo se contaron los días para la emergencia de las plántulas (DE), días para la cobertura del entresurco (DS), se midió el diámetro del tallo (DT) con un vernier, a 5 cm del suelo cada 20 días contados a partir de la nacencia, realizándose en total 6 mediciones. Para este último parámetro se marcaron 10 plantas seleccionadas al azar del 2° surco de los 6. Se registró el período de tiempo transcurrido desde la siembra hasta la antesis (DA), madurez lechosa-pastosa (DP) y madurez fisiológica del grano (DM)) para cada una de los 18 genotipos (se consideró la fecha de antesis, madurez comercial (lechosa-pastosa) y fisiológica cuando el 50 % de las plantas de cada parcela se encuentran en el respectivo estado fenológico).

De los 6 surcos correspondientes a cada unidad experimental: 2 corresponden a las borduras, otro se utilizó para hacer la medición de diámetro, altura de planta, larga de panoja a cosecha, número de hojas e índice de cosecha. Los tres surcos centrales se destinaron a evaluar rendimiento de grano, descartando 0,5 m de cada extremo de la unidad experimental. En cada una de estos estadios se contaron el número de hojas desarrolladas en las plantas marcadas. A la madurez comercial del grano se contaron la cantidad de plantas marcadas que aún permanecían en pie (determinación de % de plantas a cosecha) y en cada una de estas plantas marcadas en pie se procedió a medir: la altura de planta a cosecha (HP), largo de panoja (LP), se secó en estufa a 60° C, con circulación de aire forzado para evaluar su masa seca. Luego se separó el grano manualmente, pesado y calculado el índice de cosecha [IC= rendimiento de semilla/(biomasa aérea + rendimiento de semilla)]. Los surcos centrales se destinaron para evaluar la producción de granos, los cuales se cosecharon y trillaron manualmente expresándose en kg/ha.

El análisis estadístico se realizó mediante análisis de varianza para un diseño de bloques al azar con dos repeticiones y la separación de medias mediante test de Tukey. Se estudió la correlación entre DT y rendimiento, HP y rendimiento, HP y LP, LP y rendimiento de grano.

## RESULTADOS

En el Cuadro 3 se presentan los valores para el número de días para la emergencia de las plántulas (DE), días para la cobertura del entresurco (DS), y el valor medio con sus desvíos estándar correspondientes a las 6 mediciones de diámetro de los tallos. En el Cuadro 4 se presentan el número de días a antesis (DA), días a madurez pastosa (DP), días a

Cuadro 2. Temperatura y precipitación durante el ciclo del cultivo de 18 genotipos de amaranto sembrados en la Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de la Pampa, Argentina en la campaña 2006/07.

Meses	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
Temperatura °C					
Mínima	11,7	15,3	16,8	14,8	13,3
Media	20,7	23,2	24,2	37,2	20,6
Máxima	27,5	31,3	31,5	29	25,2
Precipitación (mm)					
Acumulada mensual	14,9	65,0	57,1	72,6	203,6
Días con precipitación	4, 13, 26, 27, 29	1, 2, 7, 13, 19, 22, 24, 31	9, 22, 25, 28, 29	8, 10, 13, 15, 16, 19,21, 25, 26	4, 7, 8, 13, 15, 16, 21, 22, 26, 29, 30

Cuadro 3. Valores medios para el número de días para emergencia (DE), cobertura del entresurco (DS) y valores medios con sus desvíos estándar para el diámetro del tallo (cm) en seis mediciones (D1 a D6) de 18 genotipos de amaranto sembrados en la Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de la Pampa, Argentina en la campaña 2006/07.

Gen†	DE	DS	DT1	DT2	DT3	DT4	DT5	DT6
1	5	20	0,52 ± 0,12	1,08 ± 0,24	2,04± 0,41	2,05± 0,52	2,17± 0,33	2,55 ± 0,53
2	5	20	0,67 ± 0,14	1,13± 0,23	1,75± 0,42	1,96± 0,52	1,81± 0,49	2,45 ± 0,40
3	5	20	0,47± 0,09	0,92 ± 0,28	2,07 ± 0,64	2,31± 0,72	2,48 ± 0,76	2,25± 0,58
4	5	20	0,74± 0,21	1,81± 0,48	2,34± 0,66	2,55± 0,76	2,84± 0,72	2,77 ± 0,90
5	5	20	0,62± 0,24	1,24± 0, 73	1,75 ± 0,52	1,78± 0,56	1,94± 0,77	2,02± 0,21
6	5	20	0,53± 0,13	1,24± 0,31	2,40± 0,83	2,51± 0,72	2,88± 0,70	2,84± 0,34
7	5	25	0,48± 0,13	1,16± 0,32	2,32± 0,79	2,64± 0,74	2,92± 0,95	2,77± 0,66
8	5	20	0,57± 0,13	1,43± 0,53	2,56± 0,62	2,62± 0,49	3,53± 0,87	3,10± 0,52
9	5	20	0,65± 0,20	1,35± 0,36	2,26± 0,65	2,33± 0,65	2,47 ± 0,92	2,48± 0,81
10	5	25	0,61± 0,26	1,37± 0,27	2,10± 0,23	2,35± 0,50	2,69± 0,53	2,68 ± 0,53
11	5	20	0,52± 0,15	1,27 ± 0,26	1,67 ± 0,45	1,83± 0,59	2,04 ± 0,67	2, 80 ± 0,53
12	5	20	0,53± 0,21	1,21± 0,32	1,44 ± 0,47	1,93± 0,29	---	----
13	5	25	0,85± 0,35	1,62± 0,40	1,66± 0,75	1,88 ± 0,46	2,02± 0,56	2,02 ± 0,72
14	5	20	1,06± 0,34	1,91± 0,53	2,05± 0,80	2,31± 0,75	2,63± 0,53	2,46 ± 0,63
15	5	25	0,57 0,19	1,16 0,38	1,63 0,68	1,99 0,69	2,15 0,67	2,28 ± 1,03
16	5	25	0,54± 0,19	1,49 ± 0,34	2,37 ± 0,43	2,33± 0,67	2,44± 0,53	2,47 ± 0,49
17	5	25	0,61 ± 0,24	1,36 ± 0,28	1,75 ± 0,41	2,08± 0,44	2,03± 0,54	2,32 ± 0,83
18	5	20	0,50± 0,13	1,38± 0,19	1,81 ± 0,47	2,07± 0,45	2,12± 0,50	2,22 ± 0,40

† Ver Cuadro 1

DT1 a DT6: DT medidos cada 20 días contados a partir de la nacencia de las plántulas.

Cuadro 4. Valores medios para el número de días a antesis (DA), días a madurez comercial (DC), y días a madurez fisiológica (DM) con sus respectivos número de hojas y porcentaje de plantas a cosecha de 18 genotipos de amaranto sembrados en la Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de la Pampa, Argentina en la campaña 2006/07. El número de hojas a antesis, a madurez fisiológica y a cosecha se presentan con el desvío estándar.

Gen†	DA	No. hojas antesis	DP	No. hojas a madurez pastosa	DM	No. hojas a cosecha	Ciclo	% plantas a cosecha
1	56	31±13	79	109± 78	127	0	Intermedio	85
2	56	29±15	91	30± 14	127	0	Intermedio	25
3	54	31±27	83	47± 22	120	6 ± 5	Intermedio	50
4	56	20± 7	89	40±34	127	0	Intermedio	25
5	57	18± 5	89	21± 6	127	0	Intermedio	40
6	59	24± 9	86	24± 7	127	0	Intermedio	50
7	66	40±35	104	49±28	132	0	Largo	80
8	68	101±19	117	167± 67	135	0	Largo	75
9	57	34±16	100	59± 36	144	0	Largo	95
10	68	64±13	115	235±63	169	0	Largo	95
11	55	37±18	90	48± 20	127	0	Intermedio	55
12	43	24±10	66	24±8	91	27± 14	Corto	50
13	65	25±14	79	29± 5	144	0	Largo	65
14	54	24± 7	79	41± 23	144	0	Largo	35
15	64	36±16	115	32±11	174	12± 7	Largo	75
16	53	38±14	113	36±16	168	0	Largo	75
17	70	61±49	114	75±45	163	0	Largo	25
18	58	44±33	82	101±22	128	0	Intermedio	50

† Ver Cuadro 1

DT1 a DT6: DT medidos cada 20 días contados a partir de la nacencia de las plántulas.

madurez fisiológica (DM) con sus respectivos número de hojas con sus desvíos estándares.

En los cuadros 5, 6, 7 y 8 se muestran los análisis de varianza para el rendimiento de grano, índice de cosecha, altura de plantas y longitud de panojas. Se encontraron diferencias significativas entre genotipos a un nivel de significación de 0,10; 0,01; 0,05 y 0,01,

respectivamente. En el cuadro 9 se muestra la prueba de Tukey para estos caracteres.

La correlación entre la altura de planta y el rendimiento de semilla fue no significativa (Figura 1), pero si entre la altura de planta y longitud de panoja (Figura 2) y entre el rendimiento de semilla y la longitud de la panoja (Figura 3).

Cuadro 5. Análisis de varianza del rendimiento de grano de 18 genotipos de amaranto sembrados en la Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de la Pampa, Argentina en la campaña 2006/07.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor de F	Valor de p
Modelo	18	6203015,59	344611,98	2,17	0,0583
Genotipos	17	5623001,34	330764,78	2,08	0,0700
Bloques	1	580014,25	580014,25	3,65	0,0729
Error Experimental	17	2698077,37	158710,43		
Total	35	8901092,96			

Cuadro 6. Análisis de varianza del índice de cosecha de 18 genotipos de amaranto sembrados en la Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de la Pampa, Argentina en la campaña 2006/07.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor de F	Valor de p
Modelo	17	608,15	35,77	9,21	<0,0001
Genotipos	16	605,76	37,86	9,75	<0,0001
Bloques	1	2,38	2,38	0,61	0,4449
Error Experimental	16	62,12	3,88		
Total	33	670,26			

Cuadro 7. Análisis de varianza de la altura de planta de 18 genotipos de amaranto sembrados en la Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de la Pampa, Argentina en la campaña 2006/07.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor de F	Valor de p
Modelo	18	27038,02	1502,11	2,95	0,0152
Genotipos	17	26872,05	1580,71	3,10	0,0124
Bloques	1	165,97	165,97	0,33	0,5756
Error Experimental	17	8660,01	509,41		
Total	35	35698,03			

Cuadro 8. Análisis de varianza de la longitud de panojas de 18 genotipos de amaranto sembrados en la Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de la Pampa, Argentina en la campaña 2006/07.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor de F	Valor de p
Modelo	18	4199,14	233,29	5,15	0,0007
Genotipos	17	3990,35	234,73	5,18	0,0007
Bloques	1	208,79	208,79	4,61	0,0466
Error Experimental	17	770,42	45,32		
Total	35	4969,56			

Cuadro 9. Comparaciones de medias de acuerdo a la prueba ( $p \leq 0,05$ ) de Tukey para el rendimiento de grano (Rend), índice de cosecha (IC), altura de planta (AP) y longitud de panoja (LP) de 18 genotipos de amaranto sembrados en la Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de la Pampa, Argentina en la campaña 2006/07. Letras distintas indican diferencias significativas.

Genotipo	Rend (kg/ha)	IC	AP (cm)	LP (cm)
<i>A.cruentus</i> R 127	350 a	11,5 a	132 a	26 a
<i>A.cruentus</i> Mex	353 a	18,0 abcd	135 ab	27 a
<i>A.cruentus</i> LvarAmont	973 ab	11,0 a	148 ab	24 a
<i>A.pumilus</i> RAFIN K 340	1102 ab	15,5 abcd	107 a	31 ab
<i>A.caudatus</i> LCAC 48 <sup>a</sup>	1147 ab	17,0 abcd	146 ab	31 ab
<i>A.hyp</i> 280 FK-H1	1185 ab	10,5 a	140 ab	35 ab
<i>A.hyp</i> Revancha	1201 ab	10,5 a	160 ab	50 ab
<i>A.hyp</i> San Antonio	1220 ab	--- ---	152 ab	55 b
<i>A.cruentus</i> Don León	1227 ab	13,0 a	191 ab	26 a
<i>A.cruentus</i> cv Don Guiem	1255 ab	21,5 cd	163 ab	33 ab
<i>A.hyp</i> Nutrisol	1280 ab	11,0 a	197 ab	58 b
<i>A.mantegaz</i> cv.Don Juan	1286 ab	13,5 ab	173 ab	55 b
<i>A.cruentus</i> cvTarasca	1336 ab	12,5 a	169 ab	44 ab
<i>A.cruentus</i> Candil	1482 ab	14,5 abc	204 b	38 ab
<i>A.cruentus</i> var Morelos	1519 ab	12,0 a	191 ab	43 ab
<i>A.hyp</i> Rojita/Rosita	1574 ab	21,0 bcd	209 b	45 ab
<i>A.hyp</i> cv.Artasa 9122	1748 ab	22,5 d	140 ab	44 ab
<i>A.hybridus</i> K593	2020 b	22,0 cd	175 ab	44 ab

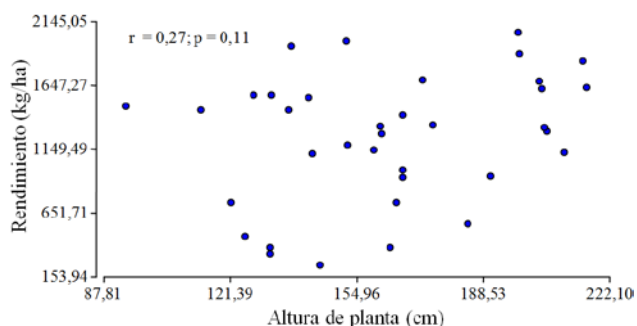


Figura 1. Correlación entre la altura de planta y el rendimiento de semilla de 18 genotipos de amaranto sembrados en la Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de la Pampa, Argentina en la campaña 2006/07

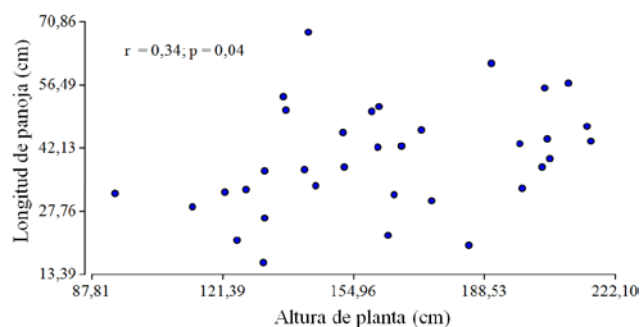


Figura 2. Correlación entre altura de planta y longitud de panoja de 18 genotipos de amaranto sembrados en la Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de la Pampa, Argentina en la campaña 2006/07.

## DISCUSIÓN

Los días a emergencia para todos los genotipos fueron menores (cinco días) a los indicados por Hurtado (2000) quien trabajó con los genotipos *A. paniculatus* y *A. dubius*, encontrando valores de 9 y 7 días para *A. hybridus* y *A. cruentus*, respectivamente. Los resultados de esta variable están fuertemente asociados a la humedad y temperatura del suelo, así como dependen

también del método de siembra y de los genotipos. Las seis mediciones del diámetro de tallo no presentaron correlación significativa ( $p \leq 0,05$ ) con el rendimiento de semilla y la altura de planta (Datos no mostrados).

Respecto al IC se hallaron diferencias altamente significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre los genotipos, pero no se encontraron entre bloques. El IC en *A.*

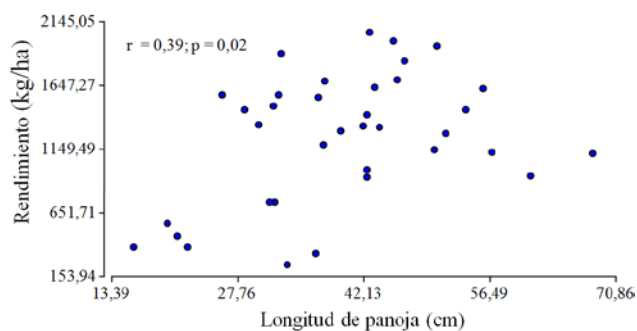


Figura 3. Correlación entre longitud de panoja y rendimiento de semilla de 18 genotipos de amaranto sembrados en la Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de la Pampa, Argentina en la campaña 2006/07.

*hypochondriacus* cv. Artasa 9122 (22,5) se destacó significativamente ( $p \leq 0,05$ ) de *A. cruentus* R 127 (11,5), *A. cruentus* L. var. Amont (11,0), *A. hypochondriacus* var. Revancha (10,5), *A. hypochondriacus* 280 FK-FH1 (10,5), *A. cruentus* cv. Don León (13,0), *A. hypochondriacus* var. Nutrisol (11,0), *A. cruentus* var. Tarasca (12,5) y *A. cruentus* var. Morellos (12,0). El IC de *A. hypochondriacus* cv. Artasa 9122 (22,5) no difirió ( $p \leq 0,05$ ) de *A. hybridus* K 593 (22,0); *A. hypochondriacus* Rojita/Rosita (21,0), *A. cruentus* cv. Don Guiem, *A. cruentus* Mexicano (18,00), *A. caudatus* L. CAC 48A (17,0) y *A. pumilus* RAFIN K 340 (15,5). *A. mantegazzianus* Pass cv. Don Juan tuvo un IC (13,5) y se manifestó con ramificaciones laterales e inflorescencias laterales, observación presentada también por Matteucci, (1998), por lo que se considera un genotipo de doble propósito: biomasa y semilla. Aquellos genotipos con IC más bajos son más aptos para uso hortícola o como forrajeros mientras que los de IC más altos se deben preferir para la producción de semilla.

Respecto a la altura de planta se encontraron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre los genotipos y no se encontraron diferencias entre bloques. Presentan mayor altura significativa de planta, *A. hypochondriacus* Rojita/Rosita (209cm), *A. cruentus* Candil (204 cm) respecto a *A. cruentus* R 127 (132 cm) y *A. pumilus* RAFIN K 340 (107 cm), lo cual no es una característica deseada para la cosecha mecánica, aunque para la cosecha con la máquina combinada ya no existe este impedimento. Troiani *et al.*, (2008) en la campaña 2007/08 realizado en el mismo lugar físico encontró la menor altura de planta

en *A. hypochondriacus* Artaza, mientras que la mayor altura la encontró en *A. mantegazzianus* al igual que Matteucci (2008) en el Instituto Fitotécnico de La Plata, Argentina. Estos resultados sugieren que la altura de planta se encuentra influenciada por las condiciones ambientales.

Respecto a la longitud de la panoja se hallaron diferencias altamente significativas ( $p \leq 0,01$ ) entre los genotipos y diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre bloques. Se destacan por su mayor longitud de panoja los genotipos *A. hypochondriacus* var. Nutrisol (58 cm) con un rinde significativo de 1280 kg/ha, *A. mantegazzianus* Pass cv. Don Juan (55 cm) y *A. hypochondriacus* var. San Antonio (55 cm) respecto a *A. cruentus* L var. Amont, *A. cruentus* cv. Don León (26 cm), *A. cruentus* R 127 (26 cm) y *A. cruentus* Mexicano (27 cm). El resto de los genotipos no difieren entre sí ( $p \leq 0,01$ ).

No se encontró correlación significativa entre la altura de planta y el rendimiento de semillas ( $r = 0,27$  y  $p \leq 0,11$ ). La correlación entre HP y LP ( $r = 0,34$  y  $p \leq 0,04$ ) y entre LP y rendimiento ( $r = 0,39$  y  $p \leq 0,02$ ) fueron significativas (gráficos 1, 2 y 3).

El genotipo más precoz (91 días) fue *A. hypochondriacus* 280 FK-FH1 con un buen rendimiento (1185 kg/ha), en segundo lugar aparece *A. pumilus* RAFIN K 340 (120 días) con un rendimiento de 1102 kg/ha. *A. hypochondriacus* San Antonio presentó el fenómeno del “reverdecimiento” de la panoja o crecimiento secundario en las estructuras florales, descrito por Torres Saldaña, et. al 2006, siendo un genotipo no adecuado para la cosecha mecánica, además de tener un ciclo largo (174 días).

*A. cruentus* var. Morellos presentó el mayor número de hojas a cosecha ( $27 \pm 14$ ), característica no deseada para la cosecha mecánica. Los genotipos *A. cruentus* Mexicano, *A. cruentus* R 127, *A. cruentus* L. var. Amont, *A. caudatus* L. CAC 48 A, *A. cruentus* cv. Don Guiem, *A. hypochondriacus* var. Revancha, *A. hypochondriacus* var. Nutrisol, *A. cruentus* var. Tarasca, *A. cruentus* var. Morellos, *A. hybridus* K 593, *A. cruentus* cv. Don León, *A. cruentus* cv. Candil, *A. hypochondriacus* Rojita/Rosita, *A. mantegazzianus* cv. Don Juan y *A. hypochondriacus* cv. Artasa 9122 tuvieron dehiscencia total de sus hojas a la madurez.

Los genotipos tradicionales mexicanos (*Amaranthus cruentus* var. Tarasca, *A. cruentus* var.

Morelos y *A. hypochondriacus* Rojita/Rosita) se comportaron, también en Argentina como materiales altos, coincidiendo con lo citado por Torres Saldaña *et. al.*, (2006). Las dos variedades generadas recientemente de porte intermedio en México (Estrada y Sahagún, 2001) como Revancha tuvieron un comportamiento similar en el campo de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de la Pampa (160 cm) con gran heterogeneidad morfológica y un rendimiento de 1060 kg/ha, mientras que Nutrisol alcanzó mayor altura (190 cm) y un rendimiento mayor de 1516 kg/ha.

Respecto al rendimiento de semillas se encontraron diferencias significativas y no se hallaron diferencias significativas entre los bloques. Sobresale por su rendimiento de semilla *A. hybridus* K 593 (2020 kg/ha) difiriendo significativamente ( $p \leq 0.10$ ) de *A. cruentus* R 127 (350 kg/ha) y *A. cruentus* Mexicano (353 kg/ha).

El mayor porcentaje de plantas en pie correspondió a *A. cruentus* var. Morellos (95%), *A. cruentus* var. Tarasca (95%), *A. cruentus* Mex. Anguil (85%) y *A. hypochondriacus* var. Revancha (80%).

## CONCLUSIONES

Todos los genotipos estudiados cumplieron su ciclo fenológico en las condiciones en que se realizó el ensayo. No son genotipos adecuados *A. hypochondriacus* San Antonio para la producción de semilla debido al “reverdecimiento de la panoja” y *A. hypochondriacus* var. Revancha Morfortipo Mercado por la heterogeneidad de planta e inflorescencia.

*A. hypochondriacus* cv. Artasa 9122 y *A. cruentus* cv. Don. Guiem se destacaron por su índice de cosecha. *A. hybridus* K593 presentó el mayor rendimiento de semilla.

## AGRADECIMIENTO

Se agradece el apoyo brindado por Laura E. Antón de Ferramolas en el análisis estadístico y a la cátedra de Climatología Agrícola por los datos meteorológicos brindados. Trabajo financiado por el Proyecto Amaranth Future Food, Comisión Europea (Danish Institute of Agricultural Science) IP6 032263.

## LITERATURA CITADA

- Estrada, L. A. y C. Sahagún. 2001. Guía para cultivar amaranto en el Distrito Federal. Folleto para Productores N° 1 SAGARPA, INIFAP, CIR-CENTRO. CEVAMEX, Chapingo. Estado de México. 16 p.
- Hurtado, J. 2000. Comportamiento de cuatro especies de amaranto en el municipio de Manizales-Caldas. Fitotecnia. Universidad de Caldas. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Disponible en <http://ciagrope.tripod.com/fitote24.html>. Consultado Octubre 2010.
- Matteucci, S. D. 1998. Potencial productivo del amaranto en la pampa ondulada, Argentina. Comportamiento de seis germoplasmas. Revista de la Facultad de Agronomía 15: 560-570.
- Matteucci, S. D. y L. Pla. 1998. Estructura de correlaciones y selección de descriptores en la evaluación de germoplasmas de amaranto. Revista de la Facultad de Agronomía 15: 545-559.
- Troiani, R. M. de; N. B. Reinaudi y T. Sánchez. 2008. Agronomic characteristics relationship with yield seed of sixteen genotypes of *Amaranthus* grown in Argentina. 5<sup>th</sup> International Symposium of the European Amaranth Association. Slovak Republic. Nov. 9-14 2008. p 48-50.
- Torres Saldaña, G.; T. A. Santos, T. Trujillo Reyna, H. Castillo Juárez, A. Estrada Escalante y A. León González. 2006. Respuesta de genotipos de amaranto a densidades de población. Revista Fitotecnia Mexicana 29 (4): 307-312.