

## **Trabajo final de graduación**

# ***EVALUACIÓN DE LA FERTILIZACIÓN Y RIEGO SUPLETORIO SOBRE LA PRODUCCIÓN DE SEMILLA Y CONTENIDO PROTEICO DE *Amaranthus hypochondriacus****

Autores: **Daniel Alberto Rach**

(DNI: 32803994) N° Legajo: 3129

**Walter Ramiro Salvarrey**

(DNI: 33169543) N° Legajo: 3389

Director: **Ing. Agr. (Mg) Teresa M. Sánchez**

(DNI: 12903182)

Co- Director: **Ing. Agr. Rodolfo Repollo**

(DNI: 27128563)

Carrera: **Ingeniería Agronómica.**

**Comité Evaluador: Dr. Héctor A. Paccapelo**

**Ing. Agr. Nilda B. Reinaudi**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA - UNLPam.**

**Año 2015**

<b>Índice</b>	<b>Pág.</b>
Resumen.....	2
Introducción.....	3
Hipótesis.....	7
Objetivos Generales.....	8
Objetivos Particulares.....	8
Materiales y Métodos.....	9
Resultados y Discusión.....	14
Conclusiones.....	25
Agradecimientos.....	26
Bibliografía.....	27

## Resumen

Las especies de *Amaranthus* cultivadas en la actualidad están aumentando sus posibilidades de consumo debido al valor nutritivo y a la plasticidad agronómica que poseen. El contenido proteico en semillas de este cultivo es fuente de intenso estudio de varios trabajos en distintas partes del mundo.

El objetivo de este trabajo fue evaluar el comportamiento del cultivo de *Amaranthus hypochondriacus* L cv. Artasa 9122, con tres niveles de fertilización: 0; 50 kg ha<sup>-1</sup> y 100 kg ha<sup>-1</sup> de NPK.

Se sembró *Amaranthus hypochondriacus* L. cv. Artasa 9122, en el campo de la Facultad de Agronomía UNLPam. En forma manual a chorrillo el 28 de noviembre de 2012, a una densidad de 4 kg ha<sup>-1</sup>. El cultivo debió ser resembrado el 21 de diciembre de 2012 por factores climáticos adversos y depredación de aves, que imposibilitaron la uniforme emergencia del cultivo. El diseño fue en bloques al azar con 5 repeticiones. Se sembraron 5 bloques de 15 metros de largo y 1,25 metros de ancho, cada uno conteniendo 5 surcos con una separación de 0,25 metros entre los mismos. Cada bloque fue subdividido en tres parcelas de 5 metros cada una, lo que determinó una superficie de 6,25 m<sup>2</sup> por tratamiento.

Las variables estudiadas fueron: altura de planta, diámetro de tallo y largo de panoja, en momento de antesis y a cosecha. También se evaluó rendimiento de semilla y contenido proteico de la semilla.

Las dosis de fertilizante mostraron diferencia altamente significativa sobre la altura de planta y diámetro de tallo, tanto en momento de antesis como en el momento de cosecha. Con respecto al largo de panoja, en donde se encontró diferencia altamente significativa para el tratamiento de 100 kg ha<sup>-1</sup> al momento de antesis, mientras que al

momento de cosecha, el largo de panoja mostró una diferencia altamente significativa entre los tratamientos de 0, 50 y 100 kg ha<sup>-1</sup>.

La cosecha de las panojas se realizó a mano el 25 de abril de 2013 y la obtención de semillas se obtuvo mediante la trilla en campo experimental. Se encontraron diferencias altamente significativas en el rendimiento y el contenido de proteína cruda de la semilla, en relación a las distintas dosis de fertilizante estudiadas, mostrando mayor respuesta con la dosis de 100 kg ha<sup>-1</sup>.

## **Introducción**

Los amarantos (*Amaranthus*) pertenecen a la familia Amaranthaceae, donde el género *Amaranthus* contiene alrededor de 60 especies (Marccone *et al.*, 2003). La mayoría son nativas de América y solo 3 especies se las cultiva actualmente para la producción de grano y son: *A. cruentus* L., *A. caudatus* L. y *A. hypochondriacus* (Kauffman, 1990). Conocido vulgarmente como kiwicha (Perú); grano inca (Bolivia); ataco, quinua de Castilla (Ecuador); alegría (México), rejgira, ramdana, Eeerai (India); bledo, yerba caracas o pira (Venezuela) (Tapia, 1997; Olivares y Peña, 2009).

Hay evidencias arqueológicas que este cultivo fue utilizado en América desde hace 4000 años. Cuando los españoles llegaron al continente americano, encontraron al amaranto, junto con el maíz y la quinua, como los principales granos alimenticios de las poblaciones nativas (Estrella, 1986).

Posee la particularidad de crecer en suelos pobres y ricos, en climas fríos, cálidos o tropicales y de contar con rápido crecimiento. A pesar de ser un alimento mucho más nutritivo que el trigo, avena y la quinua, en lo que a calidad se refiere; los españoles prohibieron esta llamada “comida de indios”, porque decían tenía efectos afrodisíacos. Cuando Hernán Cortes comienza su conquista, castigaba con la muerte a cualquiera que

cultivara amaranto en el continente americano. Además se piensa, que los cultivos de amaranto desaparecieron porque generaba gran dificultad el manejo de su cosecha y la limpieza de su grano, por su tamaño tan pequeño. (Calvo Figari *et al.*, 2001).

Esta planta crece en Asia, África, América Central y América del Sur, sus hojas han sido utilizadas como hortalizas y su semilla como cereal. Si bien el amaranto (*Amaranthus* spp) al igual que la quínoa (*Chenopodium quinoa* Willd) son considerados pseudocereales, ya que éstas son especies dicotiledóneas, que no están estrechamente relacionadas con los verdaderos cereales que son monocotiledóneas (Alvárez – Jubete, *et al.*, 2010) El nombre pseudocereal deriva de la producción de esta semilla pequeña que se asemeja en función y composición a los cereales verdaderos (Valcárcel - Yamani *et al.*, 2012).

Después de cocinadas, las hojas y granos de esta planta se empleaban como alimento, aromatizante y colorante de las poblaciones andinas.

Su variabilidad genética les facilita una excepcional adaptabilidad a un amplio rango de condiciones ambientales, que permitió que sea una potencial especie alternativa, en la Argentina, especialmente para la zona semiárida pampeana, principalmente por su valor nutritivo y potencial agronómico (Troiani *et al.*, 1998; Troiani *et al.*, 2004).

El interés mundial por el amaranto se puede considerar medianamente reciente. A partir de los años 80, aparecen las primeras investigaciones, lideradas por la Academia Nacional de Ciencias de Estados Unidos y prácticamente se produce el redescubrimiento del cultivo, justificado por las tendencias mundiales de los consumidores hacia nuevos alimentos funcionales, detectándose en investigaciones recientes componentes bioactivos del amaranto que reducen el colesterol y una actividad antioxidante por la presencia de compuestos poli fenólicos y péptidos que

potencian la actividad antihipertensiva y antitumoral (Martínez, 2009; Aphalo *et al.*, 2009; Fritz *et al.*, 2009).

*Amaranthus hypochondriacus* es una especie anual, alcanza gran desarrollo y altura, en algunos casos hasta los 2,60 m. Su ciclo vegetativo dura aproximadamente entre 90 a 120 días.

La morfología de la planta presenta un tallo de disposición central, cilíndrica desde el cual salen ramificaciones desde la base a lo largo del tallo. Las hojas son romboides, lisas y con poco a nula pubescencia, con nervaduras prominentes, que van de la coloración verde a rojiza (Morros *et al.*, 1990; Tapia, 1997). En lo que respecta a las inflorescencias, es una panoja, grande, pueden alcanzar hasta los 90 centímetros de altura, adquiriendo diferentes formas como, laxas, densas y glomeruladas y es de color rojizo (Troiani *et al.*, 2005).

El fruto es un pixidio unilocular, es decir, una cápsula que cuando madura presenta dehiscencia transversal, lo que facilita la caída de la semilla (Sumar K., 1983).

La semilla es chica, de 0,9 a 1,5 mm de diámetro y 0,5 mm de espesor, siendo el peso de 1.000 semillas entre 0,6-1,2 g, con variabilidad de colores, que van desde el blanco, dorado, marrón y del rosa al negro (Bressani, 2003).

Este vegetal es eficiente en su proceso fotosintético, ya que es una planta C<sub>4</sub>, con un mecanismo de fijación de carbono que supera en eficiencia al resto de las plantas CAM y C<sub>3</sub>. Las plantas con ruta C<sub>4</sub> crecen, en general, más rápidamente y responden bajo condiciones ambientales adversas. Hacen uso más eficiente del agua consumida para formar biomasa, en comparación con las plantas C<sub>3</sub> (Lees, 1982; Martineau, 1985). Soporta la escasez e irregularidad de lluvias, sin embargo las épocas fisiológicas críticas de requerimientos de humedad son: entre la siembra y la aparición de las dos primeras hojas verdaderas, entre panojamiento y floración y durante la formación de granos. Los

amarantos productores de grano se desenvuelven bien con escasa agua, más aún, llegan a crecer mejor en condiciones secas y templadas. La cantidad total de agua requerida por el amaranto productor de semilla a través de su ciclo vital es de solo el 60% del agua en comparación al trigo o la cebada, por lo tanto el amaranto de semilla es un cultivo ideal para las regiones secas. La precipitación anual más aceptable para el cultivo es la que oscila entre 400 a 1.000 mm. Resiste a plagas y enfermedades comunes o presenta baja incidencia de éstas en los rendimientos de producción (Troiani *et al.*, 1988; Troiani *et al.*, 2004; Delano Frier, 2009). La aplicación de fertilizantes debe estar estrechamente relacionada con la disponibilidad de humedad; por lo que los requerimientos nutricionales del amaranto, estarán definidos por las condiciones ambientales donde sea cultivado. Se sabe que el N es el elemento más restrictivo en el crecimiento de un cultivo; en amaranto se menciona que a medida que el ambiente sea más favorable se deberá aplicar mayor cantidad de N (Stallknecht *et al.*, 1989).

Cuando se siembra amaranto, por el tamaño de la semilla no debe colocarse a demasiada profundidad, no superar los 1,5 cm (Jacquelin *et al.*, 2011), ya que si bien ocurre la germinación las reservas se agotan antes que el eje embrionario alcance la superficie. A esto debe agregarse la compactación que puede sufrir el suelo como consecuencia de una lluvia intensa (Forcella *et al.*, 2000). Para lograr un buen stand de plantas, la semilla debe ser fresca y sana, preferentemente de la campaña anterior por que el almacenamiento prolongado por más de un año disminuye el poder germinativo (Gómez Pando, 2003), así como una alta energía germinativa y una distancia adecuada entre surcos para controlar la malezas (Reinaudi *et al.*, 1996). Trabajos como el de Hevia *et al.* (2002) muestran un contenido de proteína promedio de 16,8%, destacándose su riqueza en aminoácidos esenciales como la metionina y lisina; siendo su eficiencia proteínica comparable con la de la caseína de la leche (Pérez Borroto *et al.*, 2003).

Además, su contenido en aceite es 1,5 a 3,0 veces mayor, en comparación con otros granos, lo que le confiere un alto contenido calórico. El contenido de hierro y calcio es 15 mg y 250 mg/100 g. de semilla respectivamente (Calvo Figari *et al.*, 2001).

El área potencial de cultivo en la Argentina, comprende las provincias de Jujuy, Salta, Santiago del Estero, Córdoba, La Pampa y oeste de Buenos Aires (Covas, 1994). En la provincia de La Pampa (25 de Mayo) se han realizado experiencias con *A. mantegazzianus* y *A. cruentus* con la finalidad de producir biomasa para cubos deshidratados y pellets (Troiani *et al.*, 2008 y Troiani *et al.*, 2005).

Existen numerosas experiencias realizadas con *Amaranthus hypochondriacus* sobre la respuesta del mismo a la fertilización nitrogenada y con fósforo, obteniéndose mayor producción de granos, aunque existen controversias en cuanto a las dosis de fertilizantes más adecuadas para el incremento de la producción (Ramírez Vázquez *et al.*, 2011).

Trabajos como el de Myers (1998), que aplicó 0; 45; 90; 135 y 180 kg de N ha<sup>-1</sup> a tres variedades de amaranto y observó un incremento del rendimiento del 42% cuando la dosis de fertilizante fue de 180 kg con respecto a la de 0 kg, el autor encontró que este aumento se debió a un mayor número de granos por planta, manteniéndose constante el peso de los granos y el número de plantas por hectárea. También observó que la dosis alta de nitrógeno retrasó la maduración del grano como resultado de un prolongado período vegetativo y un retraso en la maduración del grano (Myers, 1998).

## **Hipótesis**

La fertilización con NPK estimula la tasa de crecimiento de *Amaranthus hypochondriacus* var. Artasa 9122, mejorando el stand de plantas e incrementando la producción de granos por planta y por unidad de superficie.

## **Objetivos generales**

Obtener semilla de buena calidad para proveer a productores que deseen realizar siembras de amaranto, ya que este genotipo es muy solicitado, debido a que presenta una arquitectura adecuada para la cosecha mecánica.

Generar conocimientos del manejo del cultivo, con fertilización y riego supletorio.

## **Objetivos particulares**

- Evaluar el comportamiento de *A. hypochondriacus* Artasa 9122, con tres niveles de fertilización.
- Evaluar el efecto de la fertilización sobre el contenido de proteína cruda en el grano.
- Determinar número de plantas m<sup>-2</sup> al momento de la antesis y al momento de la cosecha.
- Determinar altura de plantas y diámetro de tallo, a la antesis y a cosecha.
- Contar el número de plantas caídas al momento de cosecha, para establecer el porcentaje de vuelco.
- Determinar largo de panoja al momento de cosecha.
- Determinar el peso fresco y seco de plantas enteras (biomasa aérea) y rendimiento de semilla.
- Determinar el Índice de Cosecha (IC = rendimiento de semilla/ (biomasa aérea + rendimiento de semilla)).
- Determinar el N proteico de las semillas mediante método de Kjeldahl.

## **Materiales y Métodos**

El estudio se realizó en el Campo de la Facultad de Agronomía- UNLPam., en un predio contiguo al Sector Huerta, ubicado a  $36^{\circ} 32, 726' S$ ,  $64^{\circ} 18,721' W$  y 220 metros sobre el nivel del mar. Se sembraron 5 bloques de 15 m de largo por 1,25 m de ancho, conteniendo 5 surcos con una separación de 0,25 m entre los mismos. Cada bloque se subdividió en tres parcelas, donde se ubicaron al azar los distintos tratamientos con diferentes dosis de fertilización. Cada parcela tuvo una superficie de  $6,25 m^2$ .

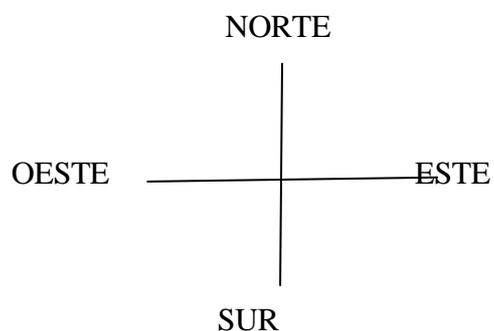
Las mediciones de las diferentes variables, se realizaron descartando 0,50 m de cada extremo y los surcos exteriores de cada parcela, se trabajó con los 3 surcos centrales.

El suelo utilizado es de textura franco- arenoso, con un contenido inicial de 0,13 % de nitrógeno. El mismo fue tratado con una aplicación de glifosato a razón de  $2,5 \text{ litros ha}^{-1}$ , en pre - siembra para el control de malezas.

La siembra de *Amaranthus hypochondriacus* L. cv. Artasa 9122 se realizó manualmente a chorrillo el 28 de noviembre de 2012, con una densidad de siembra de  $4 \text{ kg ha}^{-1}$ , y a una profundidad de 1 centímetro debido al pequeño tamaño de la semilla. El cultivo debió ser resembrado el 21 de diciembre de 2012 por factores climáticos adversos que imposibilitaron la uniforme emergencia del cultivo y problemas con pájaros, que comían las plántulas.

La experiencia (Tabla1) se realizó con 3 niveles de fertilización con triple 15, los mismos fueron distribuidos al azar y fueron los siguientes:

- T1 (Tratamiento 1:  $0 \text{ kg ha}^{-1}$ )
- T2 (Tratamiento 2:  $50 \text{ kg ha}^{-1}$ )
- T3 (Tratamiento 3:  $100 \text{ kg ha}^{-1}$ )



**Tabla 1:** Croquis del ensayo

<b>Bloque A</b>	T2	T3	T1
<b>Bloque B</b>	T1	T2	T3
<b>Bloque C</b>	T3	T1	T2
<b>Bloque D</b>	T2	T3	T1
<b>Bloque E</b>	T1	T2	T3

Durante el transcurso del desarrollo del cultivo se aplicó un riego supletorio por goteo, al momento de siembra y durante el transcurso del mismo cuando las condiciones de estrés de las plantas lo requerían. La lámina total aplicada durante todo el periodo de desarrollo fue de 90 mm, aplicado principalmente en el mes de enero, donde las altas temperaturas, las escasas precipitaciones y las elevadas tasas de evapotranspiración (debido a la poca

cobertura que poseía el cultivo durante ese mes), hicieron necesario la aplicación del riego para satisfacer las necesidades hídricas del mismo. EL volumen de agua antes mencionado, fue sin tener en cuenta el problema de anegamiento que se produjo, en 3 oportunidades, por problemas de cierre de válvulas del equipo, detallado en resultados y discusión.

El control de malezas se realizó en forma manual y el control de bicho moro (*Epicauta adspersa*) con cipermetrina a una dosis de 2 L ha<sup>-1</sup>.

Las plantas que se le realizaron las mediciones fueron marcadas individualmente. La cosecha de panoja se realizó a mano el 25 de abril de 2013 y la obtención de semillas se obtuvo mediante la trilla en campo experimental.

Durante el seguimiento del cultivo se efectuaron diferentes mediciones que se detallan a continuación:

- Número de plantas m<sup>-2</sup>: se efectuó al momento de antesis y cosecha.
- Altura de planta: se midió desde la superficie del suelo al extremo de la panoja con cinta métrica al momento de antesis y cosecha del cultivo.
- Diámetro del tallo: se tomó a 5 centímetros del nivel del suelo con Vernier al momento de antesis y cosecha.
- Largo de la panoja: se realizó con cinta métrica al momento de antesis y cosecha.
- Número de plantas caídas: al momento de cosecha para determinar el porcentaje de vuelco.
- Peso fresco y seco de plantas enteras y rendimiento de semillas: se cortaron las plantas marcadas, se colocaron en estufa con circulación de aire hasta peso constante, para determinar el peso seco.
- Índice de cosecha: se realizó con la siguiente formula:  
IC = rendimiento de semilla/ (biomasa aérea+ rendimiento de semilla)

- N proteico de las semillas: se determinó por el método de Kjeldahl (Volonteri y Jonas, 1981)



**Fotografía 1:** Ensayo a una semana de la siembra. 28 Diciembre 2012



**Fotografía 2:** Plantas en floración. 14 de Marzo 2013



**Fotografía 3:** Plantas en floración. 14 Marzo 2013

Para mayor información se adjuntan en las Tabla 2 y 3 de los datos climáticos de temperaturas y precipitaciones registradas durante en el ciclo del cultivo.

**Tabla 2:** Precipitaciones (mm) durante el ciclo del cultivo

<b>Nov. 2012</b>	<b>Dic. 2012</b>	<b>Ene.2013</b>	<b>Feb. 2013</b>	<b>Mar.2013</b>	<b>Abr. 2013</b>	<b>May.2013</b>
82,3	86,1	20,5	71,3	63,5	37,6	5,1

(Fuente: Cátedra de Agrometeorología de la Fac. de Agronomía – UNLPam.)

**Tabla 3:** Temperatura (°C) media, mínima, máxima, mínima absoluta y máxima absoluta, registradas durante el ciclo del cultivo

Meses	Nov/ 12	Dic/12	Ene/13	Feb/13	Mar/13	Abr/13	May/13
<b>Mínima</b>	12,8	13,9	15,4	13,8	9,8	10,0	4,0
<b>Media</b>	19,8	21,3	23,3	22,2	17,1	17,1	11,9
<b>Máxima</b>	26,8	28,7	31,2	30,7	24,4	24,3	19,8
<b>Min Abs</b>	5,1	7,9	5,6	4,4	3,0	0,6	-6,4
<b>Max Abs</b>	33,5	35,8	37,5	37,0	32,2	31,7	27,4

(Fuente: Cátedra de Agrometeorología de la Fac. de Agronomía – UNLPam.)

## Resultados y Discusión

Durante el desarrollo de la experiencia se registraron algunos inconvenientes con el equipo de riego. Problemas específicos de cierres de válvulas, provocaron el anegamiento del ensayo con gran volumen de agua proveniente del tanque del campo en tres oportunidades. Este exceso de riego en los tratamientos, ocasionó mortandad de plántulas ya crecidas (Fotografía 4), causando así que la densidad de plantas por metro cuadrado sea menor a las esperadas y además generó cambios en la estructura de la planta. Al momento de anthesis en el tratamiento de 0 kg ha<sup>-1</sup> se registró una densidad de 48.900 pl ha<sup>-1</sup> con 13,36% de plantas caídas por hectárea, para el tratamiento de 50 y 100 kg ha<sup>-1</sup> se registró una densidad de 50.800 y 69.120 pl ha<sup>-1</sup> con una pérdida de plantas por hectárea de 12,36% y 4,68% respectivamente al momento de la cosecha. Esta densidad está por debajo del óptimo de 173.000 pl ha<sup>-1</sup>, hallado por Henderson *et al.* (2000) y Troiani *et al.* (2004) para poder competir con las malezas, evitar el desarrollo lateral de las plantas y facilitar el trabajo de las cuchillas de la cosechadora.



**Fotografía 4:** Plantas afectadas por el exceso de riego. 21 Enero 2013

El índice de cosecha del ensayo muestra valores de 0,23; 0,25 y 0,28, para los tratamientos de 0 kg ha<sup>-1</sup>, 50 kg ha<sup>-1</sup> y 100 kg ha<sup>-1</sup> de fertilizante respectivamente. Estos valores son mayores a los obtenidos por Muñoz (2012) y Reinaudi *et al.* (2011) con el mismo genotipo utilizado en el presente trabajo, obteniendo un índice de cosecha de 0,21 y 0,22 respectivamente sin fertilización, mostrando así el efecto de la fertilización sobre la relación de rendimiento de semilla y sobre la biomasa aérea del cultivo.

El estudio estadístico se realizó mediante el análisis de varianza (ANOVA) utilizando el software InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2011) a fin de evaluar el comportamiento de *A. hypochondriacus* Artasa 9122 con 3 niveles de fertilización.

En Tabla 4 se presentan los resultados de ANOVA correspondiente a altura de planta al momento de antesis. Se encontró diferencias altamente significativas con respecto a la altura de la planta, en función de las diferentes dosis de fertilizante. Además se puede

observar (Fig. 1) que en el tratamiento de 100 kg ha<sup>-1</sup> de fertilizante, la altura de las plantas fue mayor, con un promedio de 143,60 cm con respecto a los tratamientos de 0 y 50 kg ha<sup>-1</sup> que le correspondieron valores de 125,28 y 136,52 cm respectivamente.

**Tabla 4:** Análisis de la varianza de altura de planta en antesis

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Altura (cm)	15	0,76	0,72	3,49

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

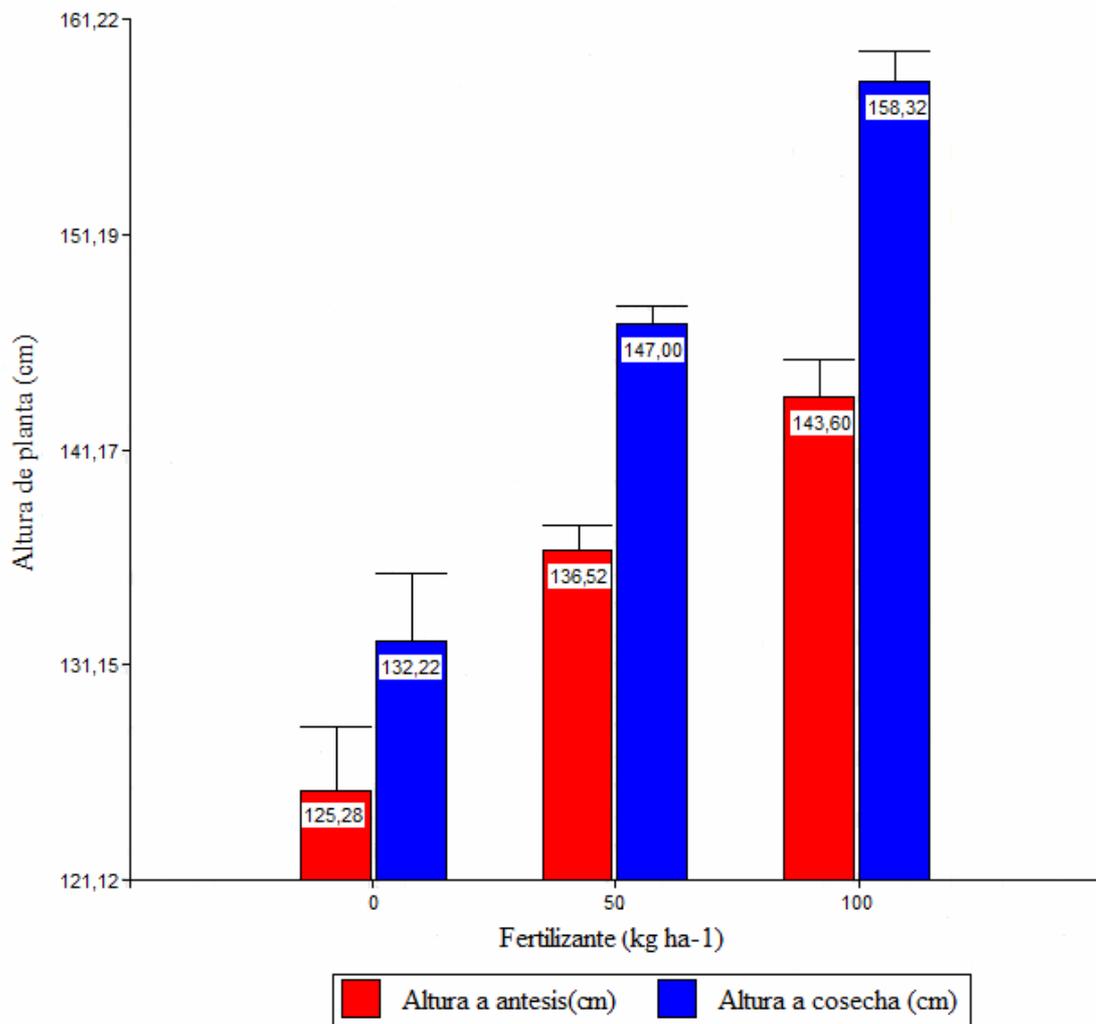
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	853,48	2	426,74	19,22	0,0002
Fertilizante (kg ha <sup>-1</sup> )	853,48	2	426,74	19,22	0,0002
Error	266,42	12	22,20		
Total	1119,89	14			

**Test: Duncan Alfa=0,10**

Error: 22,2013 gl: 12

Fertilizante (kg ha <sup>-1</sup> )	Medias	n	E.E.	
0	125,28	5	2,11	A
50	136,52	5	2,11	B
100	143,60	5	2,11	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ )



**Figura 1:** Altura de planta (cm) en antesis y a cosecha

El otro momento de determinación de altura de planta se realizó al momento de cosecha. En el cual, también se encontraron diferencias altamente significativas entre los tratamientos (Tabla 5), siguiendo la misma perspectiva que en momento de antesis. El crecimiento en altura de la planta, después de la antesis, fue reducido, debido a que fisiológicamente el cultivo destina los nutrientes a la fase reproductiva.

**Tabla 5:** Análisis de la varianza de altura de planta en cosecha

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Altura (cm)	15	0,87	0,85	3,18

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1713,00	2	856,50	39,92	<0,0001
Fertilizante (kg ha <sup>-1</sup> )	1713,00	2	856,50	39,92	<0,0001
Error	257,46	12	21,45		
Total	1970,46	14			

**Test: Duncan Alfa=0,10***Error: 21,4547 gl: 12*

Fertilizante (kg ha <sup>-1</sup> )	Medias	n	E.E.	
0,00	132,22	5	2,07	A
50,00	147,00	5	2,07	B
100,00	158,32	5	2,07	C

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,10)*

Diferencias altamente significativas se encontraron (Tabla 6) con respecto al diámetro del tallo, en función de las diferentes dosis de fertilizante en el momento de anthesis. Observándose diámetros de tallos mayores a los normales (Fig. 2), ya que es influenciado por la densidad de plantas siendo mayor a bajas densidades (Henderson *et al.*, 2000). Este resultado es consistente con la plasticidad morfológica del amaranto reportada por Hauptli, (1977); Putnam, (1990) y Martínez *et al.*, (1999).

**Tabla 6:** Análisis de la varianza de diámetro del tallo en antesis

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Diámetro (cm)	15	0,72	0,67	10,35

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

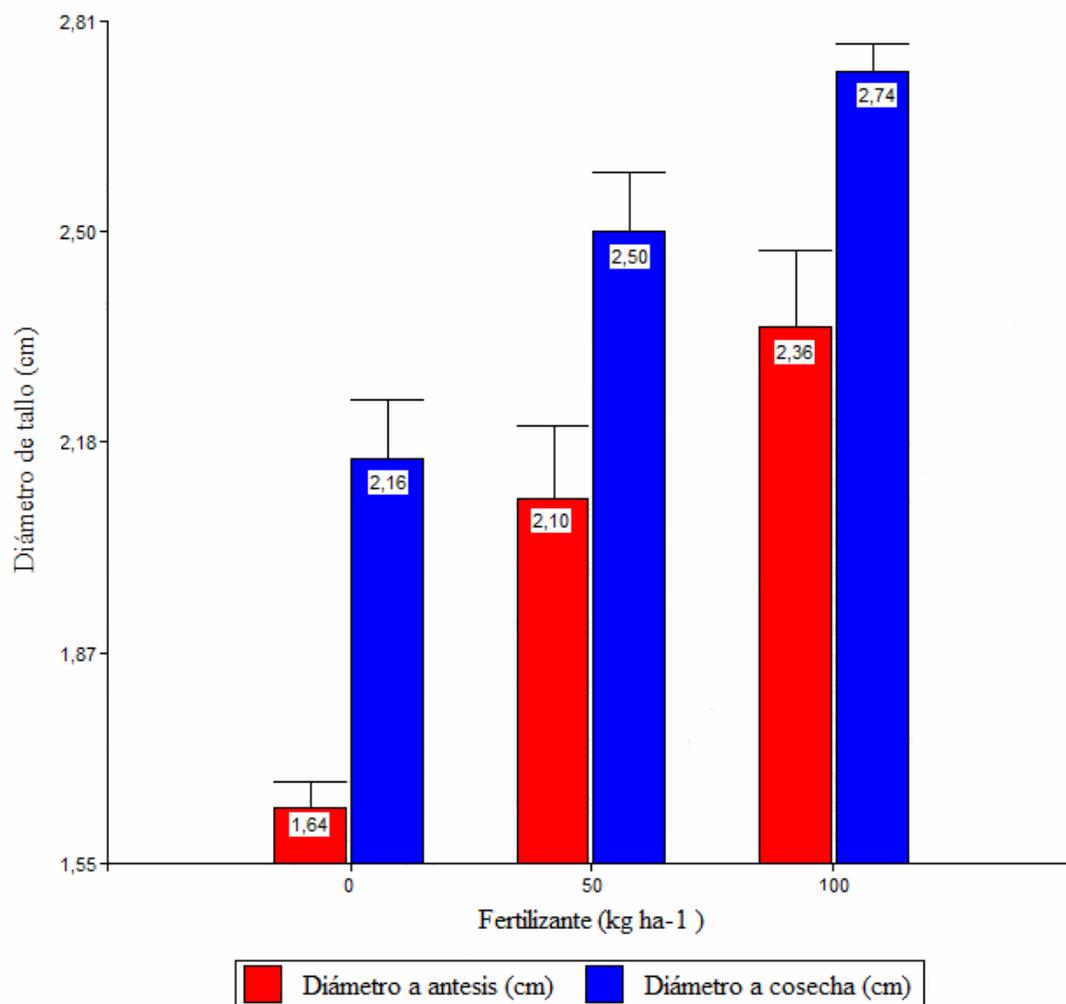
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1,33	2	0,67	15,07	0,0005
Fertilizante (Kg ha <sup>-1</sup> )	1,33	2	0,67	15,07	0,0005
Error	0,53	12	0,04		
Total	1,86	14			

**Test: Duncan Alfa=0,10**

Error: 0,0442 gl: 12

Fertilizante (Kg ha <sup>-1</sup> )	Medias	n	E.E.	
0	1,64	5	0,09	A
50	2,10	5	0,09	B
100	2,36	5	0,09	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ )



**Figura 2:** Diámetro de tallo (cm) en antesis y a cosecha

En el tratamiento de 100 kg ha<sup>-1</sup> de fertilizante, el diámetro de las plantas fue mayor con un promedio de 2,36 cm, comparado con los demás tratamientos de 0 y 50 kg ha<sup>-1</sup> con valores de 1,64 y 2,10 cm respectivamente.

El otro momento de determinación se realizó a la cosecha, obteniéndose también diferencias altamente significativas para los diferentes niveles de fertilización (Tabla 7).

**Tabla 7:** Análisis de la varianza de diámetro de tallo en cosecha

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Diámetro (cm)	15	0,71	0,66	6,86

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,85	2	0,42	14,81	0,0006
Fertilizante (kg ha <sup>-1</sup> )	0,85	2	0,42	14,81	0,0006
Error	0,34	12	0,03		
Total	1,19	14			

**Test: Duncan Alfa=0,10**

Error: 0,0287 gl: 12

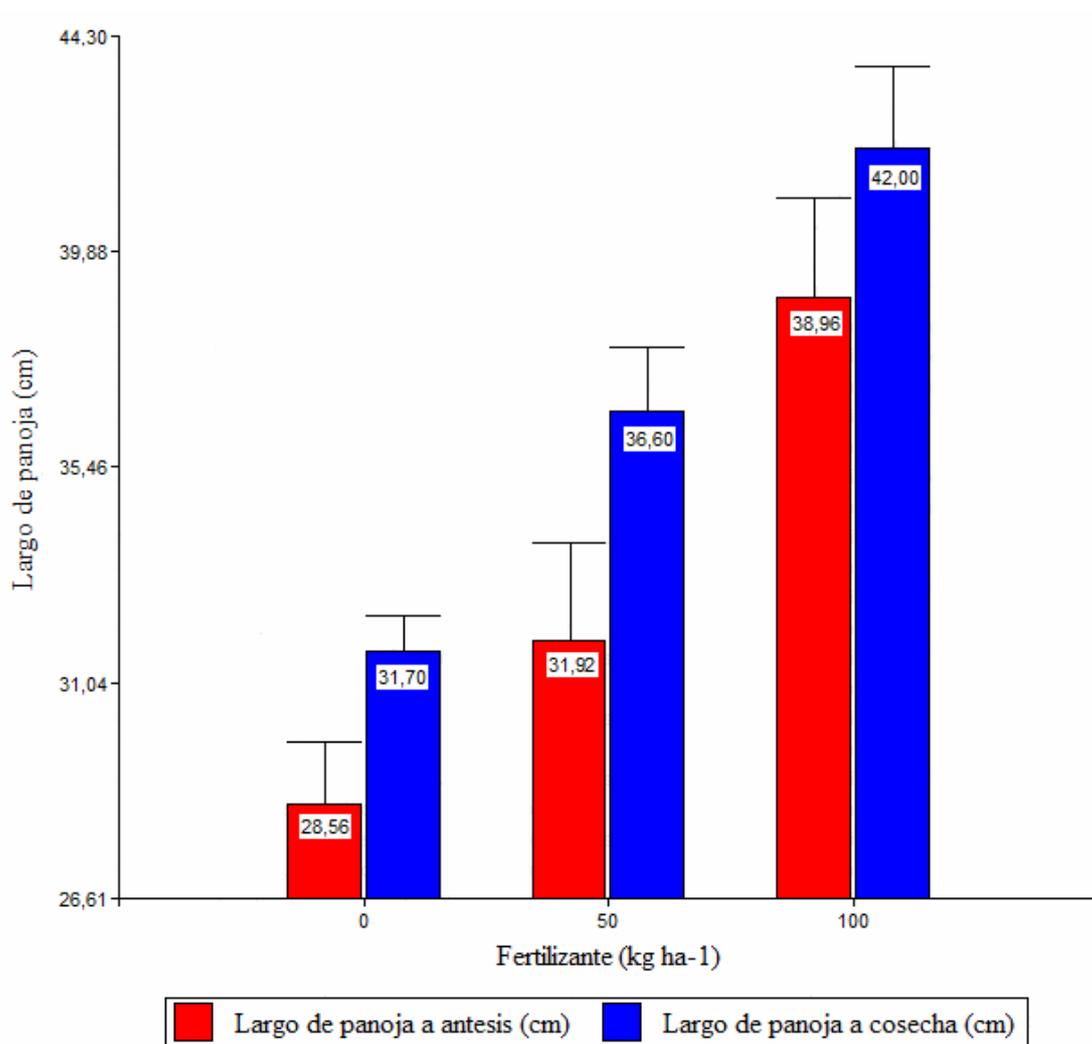
Fertilizante (kg ha <sup>-1</sup> )	Medias	n	E.E.	
0,00	2,16	5	0,08	A
50,00	2,50	5	0,08	B
100,00	2,74	5	0,08	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ )

En Tabla 8 se muestran el cuadro de ANOVA y diferencias de medias para la variable largo de panoja. Se encontraron diferencias altamente significativas para el tratamiento con 100 kg ha<sup>-1</sup> respecto a los tratamientos de 0 y 50 kg ha<sup>-1</sup>, con una longitud media de 28,56 cm y 31,92 cm respectivamente y el tratamiento de 100 con una longitud media de 38,96 cm, estas diferencias fueron obtenidas al momento de anthesis de la planta de *Amaranthus hypochondriacus*. Esto se correlaciona a lo encontrado por Rojas (2000) en el cual considera que esta variable tiene una relación directamente proporcional a aplicación del nitrógeno siempre y cuando la aplicación del mismo haya

sido antes de que las panojas hayan alcanzado su máximo desarrollo; encontrando que en ausencia de fertilizante, las panojas presentan alturas bajas.

Al momento de cosecha se encontraron diferencias altamente significativas entre los tratamientos de 0, 50 y 100 kg ha<sup>-1</sup>, con una longitud media de panoja de 31,70 cm, 36,60 cm y 42,00 cm respectivamente (Tabla 9 y Fig. 3).



**Figura 3:** Largo de panoja (cm) en antesis y a cosecha

**Tabla 8:** Análisis de la varianza de largo de panoja en antesis

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Altura panoja (cm)	15	0,60	0,53	12,04

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	281,69	2	140,84	8,85	0,0044
Fertilizante (kg ha <sup>-1</sup> )	281,69	2	140,84	8,85	0,0044
Error	191,07	12	15,92		
Total	472,76	14			

**Test: Duncan Alfa=0,10**

Error: 15,9227 gl: 12

Fertilizante (kg ha <sup>-1</sup> )	Medias	n	E.E.
0	28,56	5	1,78 A
50	31,92	5	1,78 A
100	38,96	5	1,78 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ )**Tabla 9:** Análisis de la varianza de largo de panoja en cosecha

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Altura panoja (cm)	15	0,72	0,68	7,92

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	265,43	2	132,72	15,64	0,0005
Fertilizante (kg ha <sup>-1</sup> )	265,43	2	132,72	15,64	0,0005
Error	101,80	12	8,48		
Total	367,23	14			

**Test: Duncan Alfa=0,10**

Error: 8,4833 gl: 12

Fertilizante (kg ha <sup>-1</sup> )	Medias	n	E.E.
0,00	31,70	5	1,30 A
50,00	36,60	5	1,30 B
100,00	42,00	5	1,30 C

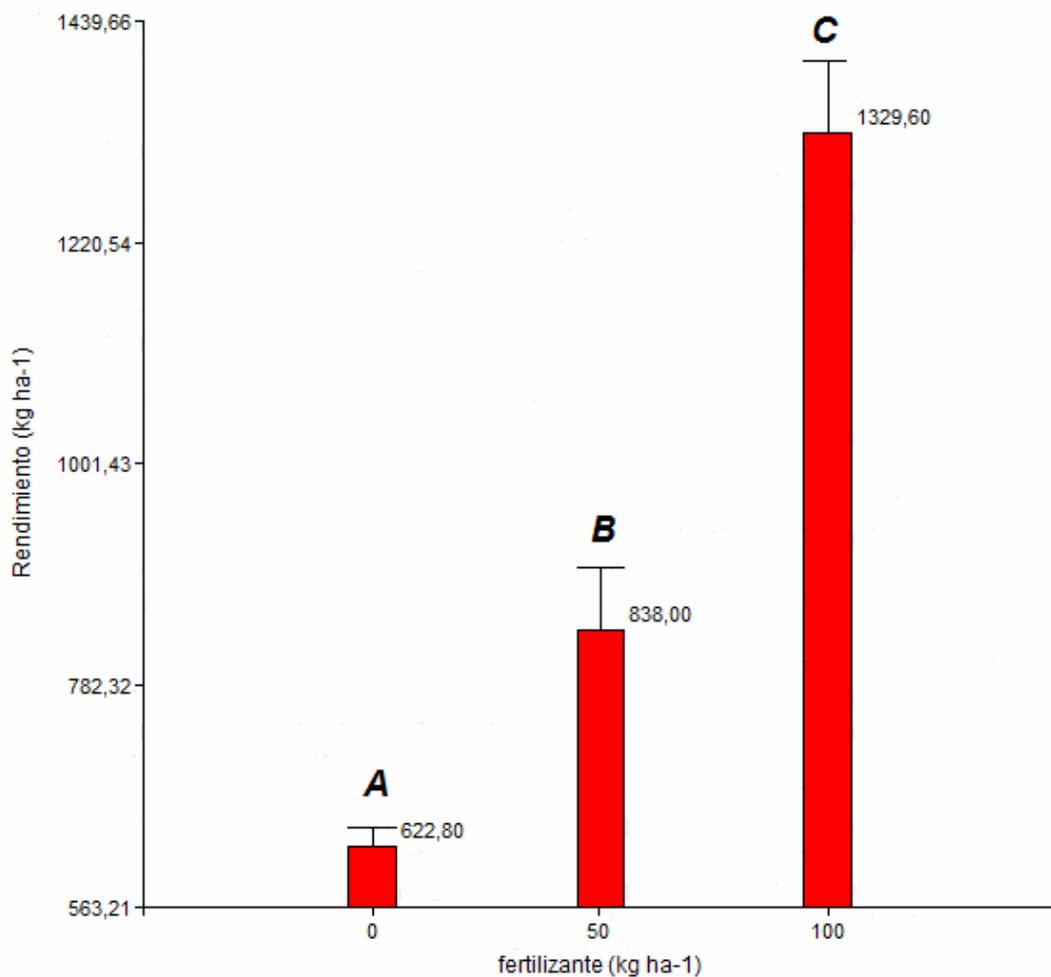
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ )

Respecto al rendimiento de semilla (Fig. 4), se encontraron diferencias altamente significativas entre los tratamientos. Además se puede observar que el tratamiento de 100 kg ha<sup>-1</sup> de fertilizante es el que mejor comportamiento mostró con un rinde de 1.329,60 kg ha<sup>-1</sup>, siguiéndole el tratamiento de 50 kg ha<sup>-1</sup> con un rinde de 838,00 kg ha<sup>-1</sup> y finalmente el tratamiento con 0 kg ha<sup>-1</sup> con un rinde de 622,80 kg ha<sup>-1</sup>. Esto es coincidente con Myers (1998), en donde encontró un incremento del 42% del

rendimiento con la dosis de fertilizante de 180 kg ha<sup>-1</sup> respecto a la de 0 kg ha<sup>-1</sup>, mostrando así el efecto de la fertilización sobre el rendimiento.

Comparando el rinde de 1.127 kg ha<sup>-1</sup> obtenido por Vargas López *et al.* (1993) en la campaña 1991/1992 en la Estación Experimental Agropecuaria de Anguil (INTA) realizado sin fertilización, pareciera que con dosis superiores a los 100 kg ha<sup>-1</sup> en nuestra zona se incrementarían los rindes.

Si bien no se ha estudiado el efecto de la altura de la planta sobre el rendimiento, los resultados obtenidos en este trabajo se asemejan a los de Morales en el 2000 y por Beltrán en el 2005, que encontraron que las plantas de mayor altura son las que registraron un mayor rendimiento.



**Figura 4:** Rendimiento de semilla (kg ha<sup>-1</sup>) a las distintas dosis de fertilizante

En Tabla 10 se observa que existieron diferencias altamente significativas con respecto al porcentaje de proteína cruda en semilla ( $N \times 6,25$ ), determinado mediante el método de Kjeldahl (Volonteri y Jonas, 1981), entre los tres tratamientos.

Los resultados muestran que el tratamiento de  $100 \text{ kg ha}^{-1}$  se encontró un valor de proteína en semilla del 21,61%, mostrando la mejor respuesta a la fertilización y superando a diferencia de los tratamiento de 0 y  $50 \text{ kg ha}^{-1}$ , con un valor de 18,42% y 19,77% respectivamente (Tabla 10 y Fig. 5). Estos porcentajes de contenido proteico están por encima a lo encontrado por Hevia *et al.*, (2002), demostrando el efecto de la fertilización sobre esta variable. Todos los valores encontrados son superiores a los presentados por Valcárcel- Yamani *et al.* (2012) para *Amaranthus* spp.

**Tabla 10:** Análisis de la varianza de porcentaje de proteína cruda

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
% Proteína Cruda	15	0,69	0,64	4,91

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

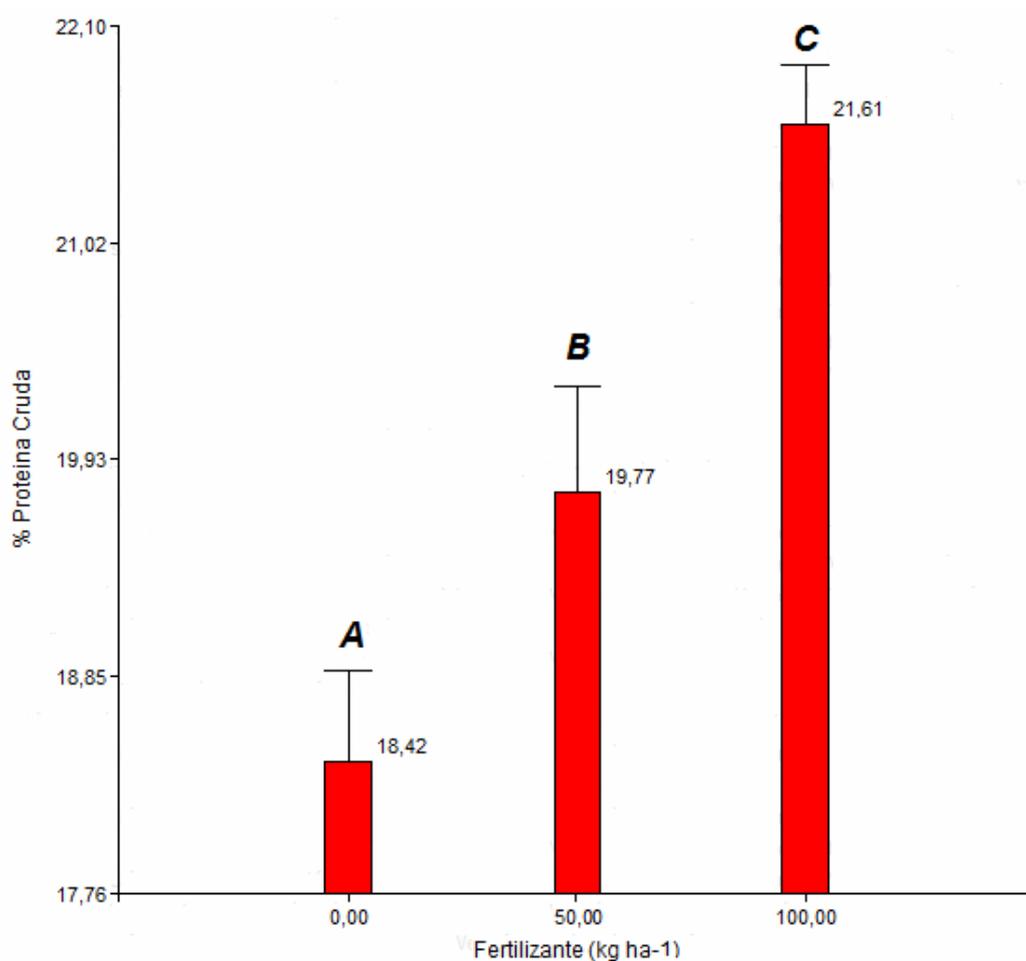
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	25,70	2	12,85	13,41	0,0009
Fertilizante ( $\text{kg ha}^{-1}$ )	25,70	2	12,85	13,41	0,0009
Error	11,50	12	0,96		
Total	37,20	14			

**Test: Duncan Alfa=0,05**

Error: 0,9584 gl: 12

Fertilizante ( $\text{kg ha}^{-1}$ )	Medias	n	E.E.	
0,00	18,42	5	0,44	A
50,00	19,77	5	0,44	B
100,00	21,61	5	0,44	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )



**Figura 5:** Porcentaje de proteína cruda respecto a las distintas dosis de fertilizante

## Conclusiones

Bajo las condiciones en que se realizó la experiencia, se puede concluir que la fertilización con NPK estimuló la tasa de crecimiento de *Amaranthus hypochondriacus* var. Artasa 9122.

Se comprobó la respuesta a la fertilización sobre las características evaluadas del cultivo tales como tamaño de la planta, diámetro del tallo, largo de panoja y rendimiento de semilla.

Con el largo de panoja se concluye que para el momento de anthesis se encontró que solo hay respuesta significativa con la dosis de 100 kg ha<sup>-1</sup>. En cambio al momento de

cosecha parece ser que la respuesta a la fertilización es mayor, mostrando así resultado positivo a las diferentes dosis. Con respecto a esta característica se pueden generar inconvenientes en la cosecha mecánica por el tamaño de las panojas.

En cuanto al rendimiento de semilla se puede concluir que las diferentes dosis de fertilizante afectaron positivamente el mismo. Mostrando mayor respuesta la fertilización de 100 kg ha<sup>-1</sup> comparado con las otras dosis evaluadas.

Podemos concluir que existe respuesta en el contenido proteico de las semillas de *Amaranthus hypochondriacus* a las diferentes dosis de fertilizante a la cual se evaluó, obteniéndose la mayor respuesta, con la fertilización de 100 kg ha<sup>-1</sup>.

En síntesis, la baja densidad de plantas, causado por problemas de anegamiento y pérdida de plántula por ataque de pájaros, junto con la fertilización y el riego provocaron un cambio en la estructura normal del cultivo que se tradujo en un mayor rendimiento y un porcentaje proteico en semilla.

## **Agradecimientos**

- A la Dra. Adriana A. Gili, por su asesoramiento en el análisis estadístico del presente trabajo.
- A la Cátedra de Agrometeorología de la Facultad de Agronomía- UNLPam.
- A la Técnica Química Sra. Mirta Castaño por su colaboración en determinación de Proteína Cruda del material estudiado.
- A la Ing. Agr. (Mg) Teresa M. Sánchez por el aporte de citas bibliográficas y su constante ayuda en el transcurso del presente trabajo.

## Bibliografía

- Abdo, G. del C.; Morales Mata, A.; Villota, G.; Equipo Prohuerta Haití; Blanco Beteta, F. J.; Vigil, C.; Saavedra, F.; Núñez de Olmedo, T. C.; Castellanos, A.; Figueroa, V.; Pujols, R.; Membreño, J.; Naut, L.; Rodríguez, A.; Figuereo, L. y Pérez Aquino, F. 13 cultivos tradicionales y sus recetas típicas. Pág. 24. Octubre 2012.
- Alvarez- Jubete, L.; Arendt, E. K.; Gallagher, E. 2010. Nutritive value of pseudocereals and their increasing use as functional gluten –free ingredients. *Trend in Food Scienceand Technology*. Vol. 21, pp. 106-113.
- Aphalo, P; Barrio, N; Fritz, M; Moronta J.; Orsini, C.; Quiroga A.; Sabbione A. C.; Tironi V.; Vecchi B.; Scilingo A.; Rinaldi G.; Martinez E. N. y Añòn M. C. 2009. Actividad fisiológica de péptidos provenientes del Amaranto. Jornadas de Amaranto 2009. La Plata. Argentina. 22-23 Octubre 2009.
- Arellano Vázquez, J. L.; Galicia Franco, J. A. 2007. Rendimiento y característica de planta y panoja de Amaranto en respuesta en nitrógeno y cantidad de semilla. *Agric. Téc. Mex.* (on line). Vol. 33, n. 3, pp. 251-258.
- Beltrán S. J. A. 2005. Producción de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus* L.), fertilizado con gallinaza en Huazulco, Morelos. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Cuernavaca, Mor. 48 p.
- Calvo Figari, A.; Iturrizaga Atkins, S.; Nystrom, J.; Salas Ballester, R. 2001. Fideos imperial enriquecidos con Kiwicha. Seminario de Agro-Negocios.

Facultad de Administración y Contabilidad. Universidad del Pacifico.  
[www.upbusiness.net](http://www.upbusiness.net) . Pág.: 1-14. Julio 2001.

- Covas, G. 1994. Perspectivas del Cultivo de los Amarantos en la República Argentina. Estación Experimental Agropecuaria Anguil. INTA. Publicación miscelánea N° 13. 10p.
- Delano Frier J. P. 2009. Amaranto: producción, cultivo, plagas y tolerancias a condiciones de estrés. Jornadas de Amaranto 2009. La Plata. Argentina. 22-23 Octubre 2009.
- Di Rienzo J. A.; Casanoves F.; Balzarini M. G.; Gonzalez L.; Tablada M.; Robledo C. W. 2011. Infostat versión 2011. Grupo Infostat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL: <http://www.infostat.com.ar>
- Estrella, E. 1986. El Pan de América, Etnohistoria de los alimentos aborígenes en el Ecuador. Consejo Superior de Investigaciones Científicas CSIC. Centro de Estudios históricos. Madrid. 181p.
- Hevia, F.; Berti, M.; Wilckens, R.; Yévenes, C. 2002. Contenido de proteína y algunas características del almidón en semillas de Amaranto (*Amaranthus spp.*) cultivado en Chillan, Chile. Agro sur v.30 n.1 Valdivia ene. 2002.
- Forcella, F.; Vence, A. L. 2000. Modeling seedling emergence. <http://sciencedirect.com/science?>. 14 p.
- Fritz, M.; Vecchi B.; Condés, M. C.; Añon, M. C.; Rinaldi, G. 2009. Efecto de los hidrolizados de Amaranto sobre el sistema cardiovascular. Jornadas de Amaranto 2009. La Plata. Argentina. 22-23 Octubre 2009.
- Gómez Pando, L. Kiwicha. 2003. [http:// www.samconet.com/productos/producto/103/descripción103.htm](http://www.samconet.com/productos/producto/103/descripción103.htm).

- Henderson, T. L.; Burton, L. J.; Schneiter, A. A. 2000. Row spacing, plant population and cultivar effects on grain Amaranth in the Northern Great plain, en *Agron. J.* 92: 329-336.
- Huaptli, H. 1977. Agronomic potential and breeding strategy for grain amaranth. In: *Proc. Amaranth Sem., 1st, Maxatawny, P.A. Rodale Press, Emmaus, P.A.* pp: 71-81.
- Jacquelin, L. M.; Llovet, A.; Elisei, J. 2011. El cultivo de amaranto. INTA. E.E.A. Pergamino “Ing. Agr. Walter Kugler”.
- Kauffman, C. S.; Weber, L. E. 1990. Grain amaranth. In: J. Janick and J.E. Simon (eds.), *Advances in new crops.* Timber Press, Portland, OR. p. 127-139.
- Lees, P. 1982. El super cultivo del futuro. *Agricultura de las Américas (EE.UU.)* 31 (8): 16-17, 32.
- Marcone, M. F.; Jahaniaval, F.; Aliee, H.; Kakuda, Y. 2003. Chemical characterization of *Achyranthes bidentata* seed. *Food Chemistry* 81:7-12.
- Martineau, J. R. 1985. Requerimientos del Amaranto. *El Amaranto (Gua.)* no. 4: 3-4.
- Martinez M. D.; Nuñez, F. J.; Terrazas, T.; Del Mar, R.P. L.; Trinidad, S. A.; Larque, S. A. 1999. Plastic responses to clipping in to species of amaranth from the Sierra Norte de Puebla, México. *Gen. Res. Crop Evol.* 46: 225-234
- Martínez N. 2009. El Amaranto un alimento nutritivo y promotor de la salud. *Jornadas de Amaranto 2009.* La Plata. Argentina. 22-23 Octubre 2009.
- Morales, O. E. 2000. Evaluación de la fertilización orgánica e inorgánica en el cultivo del amaranto a dos fechas de siembra en Cuernavaca, Morelos. Tesis

Profesional. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Cuernavaca, Mor. 49 p.

- Morros, M.; Trujillo, B.; Ponce, M. 1990. Descripción del género *Amaranthus* L., con tres nuevos registros para Venezuela y consiguiente clave para las especies. Revista Ernstia 58-59-60:45-51.
- Muñoz, O. 2012. Medición de variables agronómicas en tres amarantos con la finalidad de mecanizar el proceso productivo. Trabajo de tesis final. Facultad de Agronomía UNLPam.
- Myers, R. L. 1998. Nitrogen fertilizer effects on grain amaranth. Agron. J. 90:597-602.
- Olivares, E.; Peña, E. 2009. Bioconcentración de elementos minerales en *Amaranthus dubius* (bledo, pira), creciendo silvestre en cultivos del estado Miranda, Venezuela, y utilizado en alimentación. Interciencia 24:604-611.
- Pérez Borroto, M.; Machado Saiz, J.; Rodríguez Sánchez, I.; Guardia Madrazo, T. 2003. El amaranto cultivo alternativo para áreas en proceso de desertificación. Resumen de algunas experiencias cubanas. Cuba: Medio ambiente y Desarrollo. Rev. Electrónica de la Ag. Medio ambiente. Año 3 N° 5, 5 p.
- Putnam, D. H. 1990. Agronomic practices for grain Amaranth 1990. In: Proceedings of National Amaranth Symposium 4th, Minneapolis, MN. 23-25 Aug. 1990. Minnesota Ext. Serv. University of Minnesota, St Paul, MN. USA. Pág. 151-162.
- Ramírez Vázquez, M. L.; Espitia Rancel, E.; Carballo Carballo, A.; Zepeda Bautista, R.; Vaquera Huerta, H.; Córdova Téllez, L. 2011. Fertilización y

densidad de plantas en variedades de Amaranto (*Amaranthus hypochondriacus* L.). Rev. Mex de Ciencias Agrícolas. Vol. 2 (6): 855-866.

- Reinaudi N.; Repollo R.; Janovská D.; Délamo Frier J.; Martín de Troiani R. 2011. 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. Revista Científica UDO Agrícola. 11(1): 50-57.
- Reinaudi, N.; Grégoire, H.; Siliquini, O. 1996. Presión de competitividad de la maleza en el rendimiento de biomasa usando dos especies hortícolas de amaranto. XIX Congreso Arg. Horticultura. San Juan. Argentina.
- Rojas, M. M. 2000. Efecto de la fertilización orgánica en el rendimiento del cultivo de amaranto *Amaranthus hypochondriacus* L. en el campo experimental de la UAEM. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad autónoma del estado de Morelos. Cuernavaca, Morelos, México.
- Stallknecht, G. F.; Schulz-Schaeffer, J.; Baldrige, D. E. and Larson, R. A. 1989. Registration of Montana 3 grain amaranth germplasm. Crop Sci. 29:244-245.
- Sumar Kalinowski, L. 1983. El pequeño gigante; el Amaranto y su potencialidad (Gua.) no. 2: 1-3.
- Tapia, M. 1997. Cultivos andinos sub explotados y su aporte a la alimentación. 2da. Edición. FAO, Oficina Regional para América Latina y el caribe. Santiago, Chile. 273 p.

- Troiani, R. M.; Sánchez, T. M.; Reinaudi, N. 1998. Una amarantácea con posibilidades de consumo y cultivo granífero y hortícola. Rev. Facultad de Agronomía (LUZ). Universidad del Zulia. Venezuela. 15: 30-37.
- Troiani, R. M.; Sánchez, T. M.; Reinaudi, N. B.; Ferramola, L. A. 2004. Optimal sowing date of three species of grain-bearing amaranth in the semi-arid Argentine Pampa. Spanish Journal of Agricultural Research 2 (3): 385-391.
- Troiani, R. M.; Sánchez, T. M.; Ferramola, L. A. 2005. Incidencia de la fertilización en amaranto en la zona semiárida pampeana. Rev. de la Facultad de Ciencias Agrarias, Mendoza Argentina. Tomo XXXVII. Pág. 65-71.
- Troiani, R. M. de; Sánchez, T.; Reinaudi, N. 2008. Amaranto: cultivo bajo riego supletorio, calidad y conservación de biomasa. I Jornadas de Ciencias Naturales en la Patagonia. Biodiversidad y Conservación. Esquel. Pág. 102.
- Valcárcel- Yamani, B.; Caetano da Silva Lannes, S. 2012. Application of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) and Amaranth (*Amaranthus* spp.) and their influence in the nutritional value of cereal based foods. Food and Public Health. 2 (6): 265-275.
- Vargas López, J. L.; Covas, G. F.; Sàenz A. M. 1998. Boletín informativo. Estación Experimental Agropecuaria Anguil INTA, Facultad de Agronomía. Marzo 1998. Edición N° 21.
- Vargas López, J. L.; Covas, G.; Bailac, F. J. 1993. Comportamiento de ocho cultivares de amaranto granífero (*Amaranthus* spp.) Anguil, Prov. de La Pampa. Campaña 1991/1992. Boletín informativo INTA. Pág. 7. Diciembre 1993.

- Volonteri H.; Jonas O. 1981. La determinación de nitrógeno en materiales biológicos. Bol. Centro Pampeano de Estudios en Cs. Naturales y Agronómicas. 2: 23-30.