



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE



FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

**Seguimiento del cultivo de *Amaranthus mantegazzianus*, *A. hypochondriacus*
y *A. cruentus*.”**

Pasantía que forma parte de los requisitos para obtener el título de
Ingeniero Agrónomo.

Presenta:

Fernando José CASALIS

Asesor: Ing. Agr. Hernán Pablo PIETRONAVE.

Lugar de realización: La Potasa, Departamento General Obligado,
Provincia de Santa Fe, Argentina 2015/16.

INDICE GENERAL

RESUMEN	6
CAPÍTULO I	7
INTRODUCCIÓN	7
I.1. EL AMARANTO: INFORMACIÓN GENERAL	7
<i>I.1.1 Origen</i>	7
<i>I.1.2. Resurgimiento del amaranto</i>	8
<i>I.1.3. Zonas donde se cultiva Amaranto:</i>	9
CAPITULO II.....	11
EL CULTIVO DE AMARANTO.....	11
<i>II.1 Taxonomía</i>	11
<i>II.2 Descripción Botánica</i>	11
II.2.1 La raíz	13
II.2.2 El tallo	13
II.2.3. La hoja	13
II.2.4. Inflorescencia y flor	14
II.2.5. El fruto	15
II.2.6. La semilla.....	16
<i>II.3 Requerimientos Edafoclimáticos del cultivo</i>	16
II.3.1 Clima.....	16
II.3.2 Condiciones edáficas	17
<i>II.4. Fases fenológicas del cultivo.....</i>	18
Emergencia: (Ve)	18
Fase vegetativa: (Vn).....	18
Fase reproductiva: (Rn)	18
<i>II.5 Fisiología del cultivo</i>	19
<i>II.6 Objetivos.....</i>	20
II.6.1. Generales	20
II.6.2. Específicos	20
CAPÍTULO III	21

DESARROLLO DE LA EXPERIENCIA	21
<i>III.1 Características del lote y labores.....</i>	21
<i>III.2. Condiciones climáticas:</i>	22
<i>III.3. Siembra y obtención de plantines.....</i>	25
<i>III.4. Cuidados del cultivo:</i>	26
III.4.1 Malezas.....	26
III.4.2 Plagas insectiles.....	27
III.4.3 Enfermedades	27
<i>III.5. Recolección de panojas y trilla</i>	28
<i>III.6. Mediciones</i>	29
CAPÍTULO IV.....	38
CONCLUSIONES	38
BIBLIOGRAFÍA	40
ANEXOS	44

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Análisis de suelo.....	22
Tabla 2. Precipitaciones.....	23
Tabla 3. Temperaturas medias y amplitud térmica media	23
Tabla 4. Evapotranspiración potencial de cada mes.....	24
Tabla 5. Evapotranspiración real de los cultivares.....	24
Tabla 6. Aplicaciones para el control de insectos.....	27
Tabla 7. Fechas y actividades realizadas.....	28
Tabla 8. Grados días necesarios para alcanzar la floración.....	31
Tabla 9. Relación hoja/tallo.....	34
Tabla 10. Composición química de la planta a comienzos de floración.....	35
Tabla 11. Rendimiento y supervivencia de los cultivares.....	36
Tabla 12. Composición química del grano.....	37
Tabla 13. Duración de los periodos vegetativos y reproductivos.....	49

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cultivo de Amaranto.....	07
Figura 2. <i>Amarantus cruentus</i>	12
Figura 3. <i>Amarantus mantegazzianus</i>	12
Figura 4. <i>Amarantus tricolor</i>	12
Figura 5. Hojas de amaranto.....	13
Figura 6. Tipos de panojas.....	14
Figura 7. Glomérulo.....	15
Figura 8. Diagrama de las partes del fruto.....	15
Figura 9. Semillas en proceso de germinación	16
Figura 10. Duración de los periodos vegetativos y reproductivos.....	30
Figura 11. Alturas promedios.....	31
Figura 12. Diámetros promedios.....	32
Figura13. Longitud de panoja.....	33
Figura 14. Preparación del suelo previo al trasplante.....	44
Figura 15. Siembra en Speedling.....	44
Figura 16. Plántulas <i>A. cruentus</i>	44
Figura 17. Plántulas <i>A. hypochondriacus artasa</i>	44
Figura 18. Plántulas <i>A. hypochondriacus280</i>	44
Figura 19. Plántulas <i>A. mantegazzianus</i>	44
Figura 20. Lote preparado previo al trasplante.....	45
Figura 21. Trasplante en el lugar definitivo.....	45
Figura 22. Soga con la cual se marcó el distanciamiento entre plantas.....	45
Figura 23. Medición del diámetro del tallo.....	45
Figura 24. Parcela en la cual se realizó el ensayo.....	45
Figura 25. Aporque.....	45

Figura 26. <i>A. cruentus</i> , después del aporque.....	46
Figura 27. <i>A. hypochondriacus artasa</i> , después del aporque.....	46
Figura 28. <i>A. hypochondriacus 280</i> , después del aporque.....	46
Figura 29. <i>A. mantegazzianus</i> , después del aporque.....	46
Figura 30. <i>A. cruentus</i> en floración.....	46
Figura 31. <i>A. hypochondriacus artasa</i> , en floración.....	46
Figura 32. <i>A. hypochondriacus 280</i> , en floración.....	47
Figura 33. <i>A. mantegazzianus</i> , previo a la floración.....	47
Figura 34. Cosecha de amaranto.....	47
Figura 35. Trilla de amaranto en forma manual.....	47
Figura 36. Planta de amaranto trozada, previo al análisis químico.....	47
Figura 37. Visita de escuelas.....	47
Figura 38. Parcela luego de intensas precipitaciones.....	48
Figura 39. Planta que continúa su crecimiento, a pesar de ser quebrada.....	48
Figura 40. Planta marchita, síntoma de ataque de hongos.....	48
Figura 41. Tallo atacado por hongos de suelo.....	48
Figura 42. Gusano telarañero.....	48
Figura 43. Daño causado por Spodoptera en panoja.....	48
Figura 44. Proteína bruta, digestibilidad y materia seca del tallo.....	49
Figura 45. Proteína bruta, digestibilidad y materia seca de la hoja.....	49
Figura 46. Proteína bruta, digestibilidad y materia seca de la inflorescencia.....	50
Figura 47. Supervivencia de los cultivares.....	50
Figura 48. Rendimiento de los cultivares.....	51
Figura 49. Digestibilidad del grano.....	51
Figura 50. Materia Seca del grano.....	52
Figura 51. Proteína Bruta del grano.....	52

RESUMEN

El presente trabajo consistió en el seguimiento de 4 variedades de Amaranto (*Amaranthus cruentus*, *A. hypochondriacus* artasa, *A. hypochondriacus* 280, *A. mantegazzianus*) donde se obtuvieron datos respecto a su desempeño a campo. La experiencia se realizó en La Potasa, provincia de Santa Fe, en un suelo **Arguidol Ácuico**. En cada variedad, se confeccionaron cuatro líneos de 10 metros de longitud distanciados a 0,7 m. Cada parcela estuvo delimitada lateralmente por dos líneos de maíz. El cultivo se estableció mediante siembra en speedling y posterior trasplante ubicando 6 plantas por metro lineal. Durante el desarrollo se hicieron observaciones respecto al diámetro y altura de la planta, longitud de panoja, estratificación, materia seca y calidad de forraje en el momento de floración, rendimiento en grano y su composición química. Además, se registrará la presencia de plagas y enfermedades que afectaron el cultivo. Dada la alternancia de períodos de sequía y encharcamiento durante el ciclo del cultivo, todas las variedades utilizadas mostraron plasticidad. Así, *A. hypochondriacus artasa* fue la variedad con menor cantidad de plantas a cosecha. Por otra parte, los mayores problemas de vuelco se dieron en *A. mantegazzianus*, quien mostró plantas de mayor tamaño y también con desuniformidad debido al bajo poder germinativo de las semillas que dificultó la obtención de plantines. Las variedades con mayores rendimientos fueron *A. hypochondriacus* 280, seguida por *A. cruentus*. Respecto a las enfermedades, se pudo observar la presencia de *fusarium sp*, que generó un marchitamiento de las plantas, podredumbre en la base del tallo como síntoma característico y posterior muerte de las mismas, dándose el mayor ataque en *A. hypochondriacus artasa*. Además se detectó la presencia de los géneros *Aspergillus* y *Mucor*. Se dieron ataques por parte de insectos, principalmente defoliadores que demandaron controles periódicos. Dentro de los insectos presentes se puede citar *Spodoptera frugiperda*, *Spoladea recurvalis*, *Diabrotica speciosa*, *Epicauta adspersa* y *Astylus atromaculatus*. Los dos primeros mencionados son los que se encontraron en forma reiterada.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

I.1. EL AMARANTO: INFORMACIÓN GENERAL

I.1.1 Origen

La palabra amaranto proviene de la conjunción de dos palabras griegas que significan "inmortal" y "no marchitado"; en tal sentido, haciendo honor a su nombre esta planta ha podido resistir los caprichos del hombre sin extinguirse (Sosa, 2011).

El amaranto es un cultivo de alto rendimiento (Figura 1) y su potencial como alimento vegetal de alta calidad nutricional ha sido reconocido por viejas culturas americanas desde épocas remotas (aproximadamente 1.000 antes de Cristo) (Sosa, 2011).

El grano de Amaranto, al igual que la quinua, es considerado como un pseudo cereal (Alejandro Iturbe y Gómez Lorence, 1999 en Gaibor Flor, 2012), ya que tiene propiedades similares a las de los cereales pero botánicamente no lo es; no pertenece a la familia de las Poaceas (cereales), pero al igual que estas produce semillas harinosas (Sosa, 2011).

En México es popularmente conocido como “alegría” y denominado en lengua náhuatl como Huautli, el amaranto es una planta herbácea de la familia *Amaranthaceae*.



Figura 1. Cultivo de Amaranto

Fuente: www.lucidcentral.org

La región de origen y domesticación es todavía una controversia, sin embargo evidencias arqueológicas ponen de manifiesto que era recolectado por los pueblos prehistóricos en el nuevo mundo (Troiani, 2003).

Probablemente los primeros en utilizarlo como un cultivo altamente productivo fueron los Mayas, de quienes otros pueblos de América, entre ellos los Aztecas y los Incas aprendieron su consumo.

Cuando los españoles llegaron a América el amaranto era uno de los granos más apreciados por los Aztecas. Se estima que ellos producían de 15.000 a 20.000 toneladas por año y además formaba parte de los tributos que cobraban a los pueblos sometidos (Becerra, 2000).

Desde tiempos prehispánicos, era parte de la dieta de los Mixtecos, Toltecas y Aztecas, entre otras culturas (Ortiz, 1997 en Gaibor Flor, 2012). Se utilizaba en la elaboración de diversos alimentos como atoles, tamales, pinole, tortillas y sus hojas se consumían también como verdura. Además con los granos se preparaba una harina, que mezclada con otros ingredientes, se utilizaba para fabricar imágenes con forma humana, que luego eran pintadas y usadas en diferentes cultos. Al finalizar las prácticas religiosas, las imágenes se repartían y comían, en rituales del Sol Nuevo, en el templo de Tenochtitlán (Becerra, 2000).

Debido a la asociación de esta planta y sus granos con los rituales paganos, durante la Conquista de América los españoles prohibieron la producción y el uso del cultivo, ya que veían con malos ojos que las utilizaran en rituales. De hecho, cualquier alimento del que no hablase la Biblia era puesto en duda sobre su idoneidad en tal sentido (Becerra, 2000).

El consumo de figuras se prohibió y se persiguió a quienes lo seguían practicando, siendo ésta una de las explicaciones de la diferencia en cuanto a expansión y producción que tuvo con respecto, por ejemplo, al maíz y al poroto (Bressani, 1989). Este factor asociado al reemplazo de cultivos nativos por los introducidos del viejo mundo, que eran los preferidos por los españoles, fueron responsables de la reducción del cultivo de amaranto de manera drástica.

Afortunadamente el arraigo de las costumbres en los pueblos fue muy fuerte y el consumo de amaranto se mantuvo durante siglos, gracias a la acción de pequeños agricultores que conservaron la tradición de su cultivo, aunque en pequeña escala (Becerra, 2000).

I.1.2 Resurgimiento del amaranto

Debido al continuo crecimiento de la población y a las deficiencias nutricionales existentes en diferentes regiones del mundo, continuamente se ha buscado ampliar la base alimentaria de la población. En estudios realizados por la Academia Nacional de Ciencias de Estados Unidos el amaranto fue considerado uno de los 36 cultivos potenciales más promisarios (Nacional Academy of Sciences, 1975). Esto se debe, en parte, a la capacidad de estas semillas para crecer en distintas regiones o zonas con un rendimiento relativamente alto, a su resistencia a las sequías, a las altas temperaturas y a diferentes plagas, a su elevada eficiencia en la fijación de CO₂ y a que es un cultivo que puede ser utilizado con múltiples propósitos además del consumo humano: forraje, alimento animal, abono verde, entre otros.

El hecho de ser uno de los cultivos con mejores perspectivas de futuro también se debe a que sus semillas presentan una atractiva composición química y un valor nutricional elevado si se lo compara con otros granos, como por ejemplo de cereales o de algunas leguminosas (Becker y Saunders, 1981; Bressani y García Vela, 1990). A su vez, el amaranto es uno de los pocos cultivos, junto a la soja y la quinua, cuyas semillas contienen proteínas que se aproximan al patrón de aminoácidos esenciales requeridos por el hombre y que podrían reemplazar eficientemente a las proteínas de origen animal (Bressani y Estrada, 1994). El valor nutritivo de las proteínas de amaranto es de 75, superior al presentado por el maíz (44), trigo (57) y cebada (62) y cercano al de la leche de vaca (72) (National Research Council, 1984).

En ese contexto, en el Congreso Mundial convocado en 1979 por la Academia de Ciencias de los Estados Unidos de América (National Academy of Science) y la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (F.A.O.) se incluyó al amaranto en la lista de las 23 plantas que pueden ser usadas para mejorar la nutrición y la calidad de vida de las personas en zonas tropicales, por su alto valor nutritivo, aprovechamiento integral, brevedad de su ciclo de cultivo y capacidad de crecer en condiciones adversas. A partir de entonces se han realizado exhaustivas investigaciones sobre sus características agronómicas y nutricionales, confirmando su enorme potencial como fuente de alimento de alta calidad.

Como se mencionó previamente el cultivo de amaranto estuvo replegado a áreas muy específicas, pero en los últimos años ha adquirido importancia tanto en el aspecto de la producción como en la investigación, procesamiento y comercialización. En este sentido debe remarcarse que la difusión mundial de los beneficios propios del amaranto ha tenido lugar una vez que la ciencia, apoyada en recursos tecnológicos de vanguardia, ha demostrado su extraordinario valor nutricional, particularmente en lo que se refiere al aporte proteico.

Prueba de ello son los numerosos artículos científicos publicados sobre el tema, así como revistas y sitios de internet especialmente dedicadas al mismo (por ejemplo, www.amaranth-future-food.net a nivel internacional y www.agro.unlpam.edu.ar/ de la Universidad Nacional de La Pampa, en nuestro país).

I.1.3 Zonas donde se cultiva Amaranto:

En el tiempo de la conquista el amaranto era el principal cultivo en América Central y ocupó considerables extensiones en los Andes Sudamericanos (Sumar, 1982). Entre 1577 y 1890 el amaranto llegó a África y Asia en sus formas ornamentales y fue introducido en los jardines europeos (Cole, 1979).

En las últimas décadas el cultivo de amaranto se ha difundido de manera exponencial en varios países, particularmente en los del Lejano Oriente. India es uno de los principales productores del mundo. China cultiva amaranto desde hace más de 100 años y es el país donde

se cultiva la mayor extensión. A tal punto que en 1998 se sembraron 150.000 ha (Becerra, 2000).

También se cultiva en Pakistán, Nepal, Birmania, Afganistán, Irán, África, Nigeria, Uganda, Oceanía, Malasia, Indonesia, (Mujica Sánchez y Berti Díaz ,1997).

En América, actualmente se cultiva en Ecuador, Perú, Bolivia, Argentina, México, Guatemala (Pietronave y Junco, 2007), como así también en Estados Unidos, e India.

El área potencial de cultivo en nuestro país comprende las provincias de Jujuy, Santiago del Estero, Córdoba, este de La Pampa y oeste de Buenos Aires. Actualmente, la siembra se ha concentrado en las provincias de Córdoba y San Luis (Sosa, 2011).

En Argentina el cultivo de amaranto se encuentra en pequeñas parcelas, a veces en asociación con maíz o con sorgo, y actualmente se están iniciando investigaciones tanto en las Universidades como en el INTA con buenas perspectivas, puesto que ensayos efectuados con materiales genéticos provenientes de diferentes partes de América han dado buenos resultados.

Prácticamente no hay datos concretos sobre superficie cultivada y producción en Argentina; únicamente se encontraron referencias parciales como: registros de 114, 1604 y 468 kilogramos de amaranto orgánico certificado en los años 1998, 1999 y 2000 respectivamente y una exportación de 23 toneladas a Alemania en 1996 (Pantanelli, 2009).

En el año 2014 en Argentina se cultivaron entre 2.000 y 3.000 ha, en la zona andina de San Luis y Mendoza junto con el noroeste. Los rindes que se obtuvieron fueron variados, pero se estima que el rendimiento normal sería entre 1.200 kg/ha y 2.500kg/ha, no obstante hay casos que acorde al manejo registran rindes superiores a los 4.000 kg/ha (<http://abcruraltv.com.ar/amaranto-una-maleza-o-cultivo-de-alta-rentabilidad/>, 2014)

En Jujuy, el Instituto de Biología de la Altura-INBA-Jujuy, tiene un cultivar de *Amaranthus mantegazzianus* de alto potencial de rendimiento que está siendo evaluado e investigado desde el punto de vista agronómico y nutricional (Chagaray, 2005).

En la zona, el amaranto es un cultivo con pocos antecedentes, sin embargo se realizaron experiencias en el norte de la provincia de Santa Fe, en el departamento General Obligado, en las localidades de Guadalupe Norte, El Arazá, Tapialito y Paraje Campo Ubajó, en la campaña 2005 y 2006 con *Amaranthus mantegazzianus*. A pesar de que las condiciones fueron desfavorables para casi todos los cultivos de verano, caracterizado por largos períodos de sequía y altas temperaturas, se realizaron pruebas de poder germinativo en la estación experimental INTA de Reconquista y el Vivero Municipal, dando valores del 90 al 100 % (Pietronave y Junco, 2007).

CAPITULO II

EL CULTIVO DE AMARANTO

II.1 Taxonomía

Reino: *Plantae*

Subreino: *Tracheobionta*

División: *Magnoliophyta*

Clase: *Magnoliopsida*

Subclase: *Caryophyllidae*

Orden: *Caryophyllales*

Familia: *Amaranthaceae*

Subfamilia: *Amaranthoideae*

Tribu: *Amarantheae*

Género: *Amaranthus L.*

Especies: *caudatus, cruentus, hypochondriacus, mantegazzianus*, etc.

Fuente: <https://es.wikipedia.org/wiki/Amaranthus>

II.2 Descripción Botánica

El amaranto es una planta perteneciente a la familia de las amarantáceas, la cual posee 70 géneros y más de 850 especies (Mujica Sánchez y Berti Díaz, 1997).

El género *Amaranthus* perteneciente a la familia *Amaranthaceae* posee numerosas especies de las cuales alrededor de 50 son nativas de América (Méjico, Guatemala, Perú, Bolivia y Argentina) y aproximadamente 15 de Europa, Asia, África y Australia (Sánchez, 2010).

Algunas de las especies del género *Amaranthus* son cultivadas para producir grano o para la producción de follaje para verdura y/o forraje, otras con fines tintóreos, algunas con fines ornamentales debido a que posee panojas terminales o axilares, erectas o decumbentes, con colores muy vistosos que varían desde el amarillo dorado hasta colores púrpuras y otras son malezas de cultivos de verano.

Las especies cultivadas son principalmente: *Amaranthus cruentus* (Figura 2), *Amaranthus hypochondriacus*, *Amaranthus caudatus*, *Amaranthus mantegazzianus* (Figura 3), y *Amaranthus tricolor* (Figura 4). Las tres primeras son graníferas, mientras que *A. mantegazzianus* se puede cultivar con doble propósito, hortícola y granífera y *A. tricolor* es exclusivamente hortícola.



Figura 2. *Amaranthus cruentus*

Fuente: www.sudesteagropecuario.com.ar/2010/12/15/amaranto-granifero/



Figura 3. *Amaranthus mantegazzianus*

Fuente: (Sánchez, 2010)

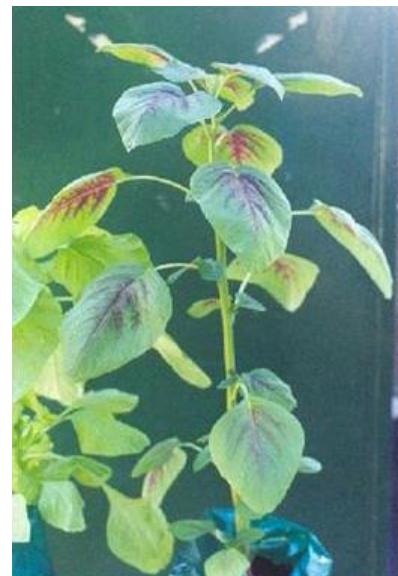


Figura 4. *Amaranthus tricolor*

Fuente: (Sánchez, 2010)

Es una especie anual, herbácea o arbustiva, que alcanza gran desarrollo en suelos fértiles; en algunos casos supera los 2 m de altura. Generalmente tiene un solo eje central, aunque también se presentan ramificaciones desde la base y a lo largo del tallo (Mazón *et al.*, 2003).

II.2.1 La raíz

La raíz es pivotante con un buen número de ramificaciones y múltiples raicillas delgadas, que se extienden rápidamente después de que el tallo empieza a ramificarse, facilitando la absorción de agua y nutrientes (Mujica Sánchez y Díaz Berti, 1997).

II.2.2 El tallo

El tallo es cilíndrico y anguloso con gruesas estrías longitudinales que le dan una apariencia acanalada, alcanza de 0.4 a 3 m de longitud; el grosor disminuye de la base al ápice, presenta distintas coloraciones que generalmente coincide con el color de las hojas, aunque a veces se observan estrías de diferentes colores, presenta ramificaciones que en muchos casos empiezan desde la base o a media altura y que se originan en las axilas de las hojas. El número de ramificaciones es dependiente de la densidad de población en la que se encuentre el cultivo (Pietronave y Junco, 2007).

II.2.3 La hoja

Las hojas son pecioladas sin estípulas, formas ovales, elípticas, opuestas o alternas con nervaduras prominentes en el envés, lisas o poco pubescentes de color verde o púrpura (Figura I.5) de tamaño variable de 6,5 -15 cm (Sumar, 1993; Tapia, 1997).

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).



Figura 5. Hojas de amaranto

Fuente: Galindo y Escamilla, 2001

II.2.4 Inflorescencia y flor

La inflorescencia del amaranto corresponde a panojas amarantiformes o glomeruladas muy vistosas (Figura I.6), terminales o axilares, que pueden variar de totalmente erectas hasta decumbentes, con colores que van del amarillo, anaranjado, café, rojo, rosado, hasta el púrpura; el tamaño varía de 0.5-0.9 m pudiendo presentar diversas formas incluso figuras caprichosas y muy elegantes (Tapia, 1997).

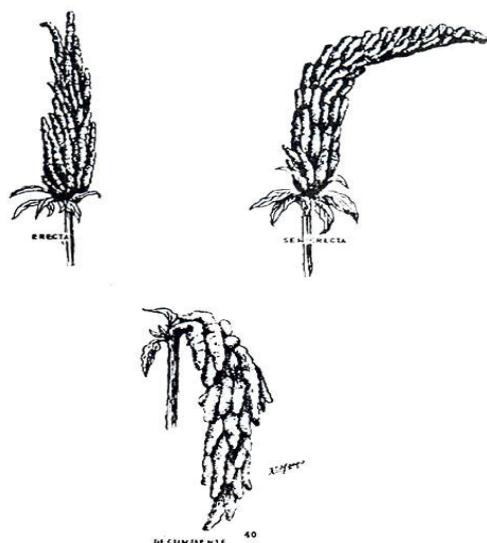


Figura 6. Tipos de panojas.

Fuente: Mujica Sanchez *et al.*, (1997)

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

El amaranto presenta flores unisexuales pequeñas, estaminadas y pistiladas, estando las estaminadas en el ápice del glomérulo y las pistiladas completan el glomérulo, el androceo está formado por cinco estambres de color morado que sostienen a las anteras por un punto cercano a la base, el gineceo presenta ovario esférico, súpero coronado por tres estigmas filiformes y pilosos, que aloja a una sola semilla (Tapia, 1997).

El glomérulo es una ramificación dicasial cuya primera flor es terminal y siempre masculina, en cuya base nacen dos flores laterales femeninas, cada una de las cuales origina otras dos flores laterales femeninas y así sucesivamente. Un glomérulo puede contener 250 flores femeninas, la flor masculina luego de expulsar el polen se seca y cae (Mujica Sanchez *et al.*, 1997).

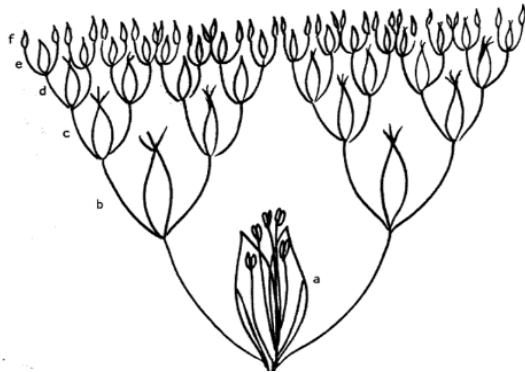


Figura 7. Glomérulo en el cual se observa una flor masculina (a) y múltiples flores femeninas (b-f)

Fuente:

https://books.google.com.ar/books?id=B5MzAQAAQAAJ&pg=PA6&lpg=PA6&dq=las+plantas+de+amaranto+son+monoicas+cuyas+flores&source=bl&ots=InALWEqbe5&sig=VUpLH4JEShxY6ER34OV7mq2h24c&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjm7Kya_KfPAhUDE5AKHZb2BEcQ6AEIHDAA#v=onepage&q=las%20plantas%20de%20amaranto%20son%20monoicas%20cuyas%20flores&f=false.

II.2.5 El fruto

El fruto es una cápsula pequeña que botánicamente corresponde a un pixidio unilocular (Figura 8), la que a la madurez se abre transversalmente, dejando caer la parte superior llamada opérculo, para poner al descubierto la inferior llamada urna, donde se encuentra la semilla. Siendo dehiscente, deja caer fácilmente la semilla (Sánchez Marroquín, 1980). Existen algunas especies de amaranto que tienen pixidios indehiscentes, característica que puede ser transferida a cultivares comerciales de amaranto (Brenner y Hauptli, 1990).

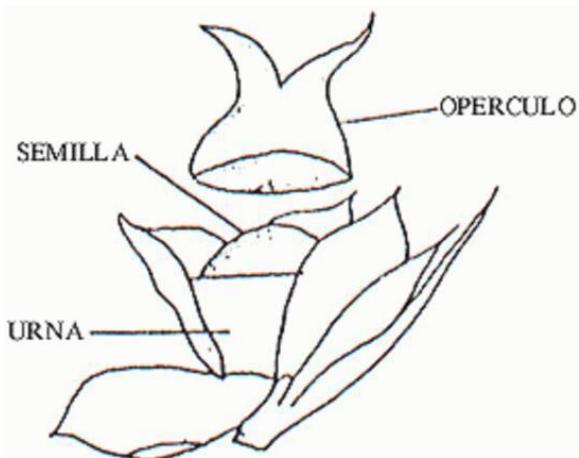


Figura 8. Diagrama de las partes del fruto.

Fuente: Mujica Sanchez *et al.*, (1997).

II.2.6 La semilla

La semilla es pequeña, lisa, brillante de 1-1,5 mm de diámetro, ligeramente aplanada, de color blanco, aunque existen de colores amarillentos, dorados, rojos, rosados, púrpuras y negros; el número de semillas varía de 1000 a 3000 por gramo (Nieto, 1990), las especies silvestres presentan granos de color negro con el episperma muy duro.

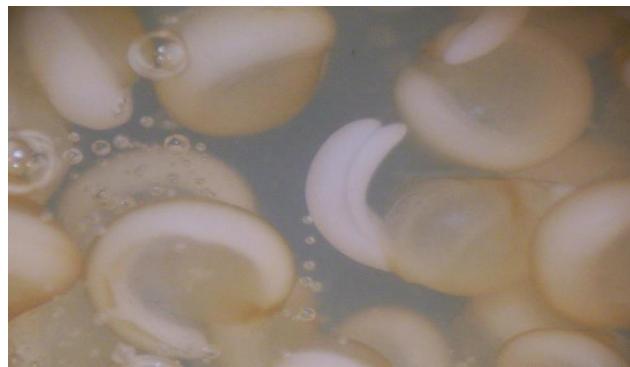


Figura 9. Semillas en proceso de germinación. Cedida por Alicia Guibert.

En el grano se distinguen cuatro partes importantes: episperma que es la cubierta seminal, constituida por una capa de células muy finas, endosperma que es la segunda capa, embrión formado por los cotiledones que es la más rica en proteínas y una interna llamada perisperma rica en almidón (Irving *et al.*, 1981).

II.3 Requerimientos Edafoclimáticos del cultivo

II.3.1 Clima

El rango de adaptación para el amaranto va desde el nivel del mar hasta los 2.800 m de altitud; las especies que mejor comportamiento presentan a altitudes superiores a los 1.000 m. son *A. caudatus* y *A. quitensis*. En general todas las especies crecen mejor cuando la temperatura promedio no es inferior a 15°C y temperaturas de 18° a 24°C parecen ser las óptimas para el cultivo (Montero *et al.*, 1994).

A nivel experimental se ha observado que la germinación de semillas es óptima a 35°C. La mayor eficiencia fotosintética se produce a los 40°C. La temperatura mínima de crecimiento ha sido estimada en 8°C y sufre daños por enfriamiento con temperaturas menores a 4°C. (Pietronave y Junco, 2007). El amaranto se siembra en el período libre de heladas (Sánchez, 2010).

En general todas las especies prosperan muy bien en ambientes con alta luminosidad (Nieto, 1990). La planta es sensible a la duración de la luz diurna, debido a esto los cultivos de amaranto no se han podido desarrollar bien en los Estados Unidos (Chagaray, 2005).

Es un cultivo que requiere de humedad adecuada en el suelo durante la germinación de las semillas y el crecimiento inicial pero luego de que las plántulas se han establecido, prosperan muy bien en ambientes con humedad limitada, porque forma un sistema radicular amplio y profundo que le permite contrarrestar el déficit de agua (Chagaray, 2005); de hecho hay un mejor crecimiento en ambientes secos y calientes que en ambientes con exceso de humedad. Mientras muchas especies utilizadas como verdura dan abundante producción de biomasa en ambientes con 3.000 mm de precipitación por año, las especies productoras de grano pueden dar cosechas aceptables en ambientes con 300 o 400 mm de precipitación anual (Nieto, 1989).

II.3.2 Condiciones edáficas

El género *Amaranthus*, se adapta a una amplia gama de tipos de suelo, sin embargo las especies productoras de grano prosperan mejor en suelos bien drenados con pH neutro o alcalino (generalmente superior a 6), no así las especies cultivadas como verdura, que prefieren suelos fértiles, con abundante materia orgánica y con pH más bajo. En general se ha demostrado que muchas especies toleran muy bien ciertos niveles de salinidad en el suelo, sin embargo hay especies como *A. tricolor* que también prosperan en suelos con altos niveles de aluminio (suelos ácidos) (Nieto, 1990). Según Pietronave y Junco (2007) el pH óptimo estaría comprendido entre 4,5 y 8,5.

Requiere cierta fertilidad del suelo para obtener rendimientos adecuados. Anteriormente se pensaba que el amaranto era de suelos pobres, sin embargo Chagaray (2005) afirma que es exigente en nutrientes, extrayendo del suelo cantidades considerables de nitrógeno, fósforo, potasio y calcio; el déficit de nitrógeno se manifiesta con prontitud en las plantas, mostrando amarillamiento, retraso en el crecimiento y emergencia prematura de la panoja, trayendo como consecuencia baja producción; en forma similar el déficit de los demás elementos producen bajos rendimientos de granos y materia seca en general. El exceso de nitrógeno sobre todo cuando es mal aplicado a las hojas o en contacto directo con la misma planta produce quemaduras del ápice y bordes de las hojas que prontamente desaparecen con el transcurrir de los días.

II.4 Fases fenológicas del cultivo

La descripción de los estados fenológicos del amaranto ha sido presentada por Mujica y Quillahuamán (1989) y Henderson (1993). Los estados fenológicos coincidentes por ambos autores son los siguientes:

Emergencia: (Ve)

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

Fase vegetativa: (Vn)

Estas se determinan contando el número de nudos en el tallo principal donde las hojas se encuentran expandidos por lo menos 2 cm de largo. El primer nudo corresponde al estado V1 el segundo es V2 y así sucesivamente. A medida que las hojas basales senescen la cicatriz dejada en el tallo principal se utiliza para considerar el nudo que corresponda. La planta comienza a ramificarse en estado V4.

Fase reproductiva: (Rn)

- ✓ Inicio de panoja (R1): El ápice de la inflorescencia es visible en el extremo del tallo. Este estado se observa entre 50 y 70 días después de siembra.
- ✓ Panoja (R2): La panoja tiene al menos 2 cm de largo.
- ✓ Término de panoja (R3): La panoja tiene al menos 5 cm de largo. Si la antesis ya ha comenzado cuando se ha alcanzado esta etapa, la planta debiera ser clasificada en la etapa siguiente.
- ✓ Antesis (R4): Al menos una flor se encuentra abierta mostrando los estambres separados y el estigma completamente visible. La antesis comienza desde el punto medio del eje central de la panoja hacia las ramificaciones laterales de esta misma. En esta etapa existe alta sensibilidad a las heladas y al stress hídrico. Este estado puede ser dividido en varios sub-estados, de acuerdo al porcentaje de flores del eje central de la panoja que han completado antesis. Por ejemplo si 20% de las flores del eje central han completado la antesis, el estado será R 4.2 y si es 50%, el estado correspondería a R 4.5. La floración debe observarse a medio día ya que en horas de la mañana y al atardecer las flores se encuentran cerradas, durante esta etapa la planta comienza a eliminar las hojas inferiores más viejas y de menor eficiencia fotosintética.

- ✓ Llenado de granos (R5): La antesis se ha completado en al menos el 95% del eje central de la panoja. Esta etapa según Mujica y Quihuallamán (1989), puede ser dividida en: Grano lechoso: Las semillas al ser presionadas entre los dedos, dejan salir un líquido lechoso.
- Grano pastoso: Las semillas al ser presionadas entre los dedos presentan una consistencia pastosa de color blanquecino.
- ✓ Madurez fisiológica (R6): Un criterio definitivo para determinar madurez fisiológica aún no ha sido establecido; pero el cambio de color de la panoja es el indicador más utilizado. En panojas verdes, éstas cambian de color verde a un color oro y en panojas rojas cambian de color rojo a café-rojizo. Además las semillas son duras y no es posible enterrarles la uña. En esta estado al sacudir la panoja, las semillas ya maduras caen.
- ✓ Madurez de cosecha (R7): Las hojas senescen y caen, la planta tiene un aspecto seco de color café. Generalmente se espera que caiga una helada de otoño para que disminuya la humedad de la semilla.

II.5 Fisiología del cultivo

Es una planta muy eficiente en la fijación de CO₂. También se caracteriza por no presentar fotorespiración y un bajo empleo de agua para producir la misma cantidad de follaje que los cereales (Nieto, 1990).

Algunas plantas de zonas cálidas y, en algunos casos, áridas o semiáridas han desarrollado un sistema que les permite fijar CO₂ rápidamente en forma de ácido málico o aspártico, para liberarlo después en el entorno de la rubisco. Puesto que los primeros productos de la fijación de CO₂ tienen 4 átomos de carbono, a estas plantas se las conoce como plantas C4 (Azcón Bieto y Talón, 2000 en Gallardo Quintana y García Montoya, 2011). El amaranto es una planta C₄, al igual que el sorgo, el mijo y la caña de azúcar, este tipo de plantas realizan la fotosíntesis de una manera muy eficiente en condiciones de alta temperatura y baja disponibilidad de agua. La combinación de características anatómicas del amaranto y su tipo de metabolismo (C₄), resulta en un incremento en la eficiencia en el uso de CO₂ bajo un rango amplio de estrés por agua y temperatura, lo que contribuye a su amplia distribución y su capacidad de adaptarse a condiciones ambientales diversas. Por todo ello puede ser un buen cultivo alternativo, muy especialmente en zonas cálidas y aún en zonas semiáridas si se usan métodos de cultivo adecuados (Stallknecht y Schulz Schaeffer, 1993).

II.6 Objetivos

II.6.1 Generales

- Estudiar el comportamiento del cultivo de *Amaranthus mantegazzianus*, *A.hypochondriacus* y *A. cruentus*.en el Norte de Santa Fe.
- Adquirir conocimientos teóricos y prácticos sobre el manejo del cultivo de Amaranto.

II.6.2 Específicos

- Analizar el comportamiento de cada cultivar en los diferentes estadíos fenológicos.
- Comparar los resultados de los distintos análisis químicos.
- Monitorear plagas desde la siembra hasta la cosecha.
- Generar información que aporte a recomendaciones prácticas del manejo del cultivo a los productores que lo requieran.

CAPÍTULO III

DESARROLLO DE LA EXPERIENCIA

La experiencia se realizó en el establecimiento “Don Marcos” en localidad de La Potasa, Provincia de Santa Fe ($29^{\circ} 08' 20,15''$ S y $59^{\circ} 45' 34,91''$ O a 51 msnm) durante la campaña 2015/16, en un área de 20 m de ancho por 10 m de largo.

III.1 Características del lote y labores

El suelo corresponde a un **Argidol Acuico**, presenta una textura franco-limosa con baja permeabilidad. (Visor Geo I.N.T.A.)

Respecto a los antecedentes del lote, el mismo ha pasado por muchos años en los que se realizó los cultivos de soja y girasol, bajo una metodología convencional, sin ubicar cultivos de gramíneas los cuales contribuirían a mantener e incluso mejorar los valores de materia orgánica de la suelo afectando positivamente las características del mismo.

En los últimos 3 años no se realizó más agricultura convencional y el lote quedo sin uso, cubierto de malezas. La causa de esta modificación respecto al manejo se debe a que se produjo un cambio de propietario.

Previo a la experiencia el productor había realizado un control mecánico de malezas y aplicación de estiércol proveniente de un feed lot que se encuentra próximo a la parcela, ya que la misma estaba destinada a la producción hortícola, antes que el propietario lo ceda para llevar a cabo la experiencia.

Posteriormente se aplicó Glifosato (48%) a razón de 3 l/Ha con la finalidad de controlar las malezas existentes en el lugar. A los 13 días después se trabajó la tierra mediante el uso de un motocultivador, repitiendo la operación tres veces en diferentes sentidos con la finalidad de mezclar el estiércol de la superficie y además descompactar el suelo.

Luego se realizó el muestreo de suelo mediante la obtención de una muestra compuesta con 3 submuestras y posterior envío de la misma a EEA INTA Reconquista, donde se analizó las características químicas (Tabla1).

Tabla 1. Análisis de suelo, realizados por el laboratorio de E.E.A. INTA Reconquista.
(N-NO₃⁻, N-NH₄⁺: Cantidad de Nitrógeno en forma de nitrato y amonio respectivamente)

DESCRIPCIÓN	MUESTRA	
	0-15 cm	15-30 cm
CIC	Cmol. Kg ⁻¹	12,5
Na⁺		0,3
K⁺		0,5
Ca²⁺		7,68
Mg²⁺		1,92
P(disp.)	mg.kg ⁻¹	30,4
N Kjeldahl	%	0,11
Cox		1,01
M.O		1,74
pH actual	rel. 1:2,5	6,7
C.E		0,1
N-NH₄⁺	mg.kg ⁻¹	1,3
NH₄⁺		1,6
N-NO₃⁻		12,5
NO₃⁻		55,1
		13

Un día previo al trasplante se realizó un nuevo laboreo con motocultivador y luego se confeccionaron los surcos con el uso de azadas.

Se realizaron, para cada cultivar 4 surcos de 15 cm de altura, 10m de longitud, distanciados a 0,70m cada uno. Dos líneas de maíz separaban cada una de las variedades y otros dos rodeaban toda la superficie quedando la parcela mejor organizada.

III.2 Condiciones climáticas:

Las precipitaciones durante el periodo en el cual se desarrollaron las evaluaciones, sumaron un total de 1441,7 mm (Tabla 2). Dichas precipitaciones estuvieron concentradas en los meses de noviembre, diciembre y abril, superando en un 15 % al promedio anual de 1251,3 mm en solo 7 meses.

Cuando se comparó los valores promedios históricos con los datos de precipitaciones durante la experiencia, se pudo ver que los meses de noviembre, diciembre y abril estuvieron por encima, mientras que octubre, enero y marzo se encontraron por debajo, los valores de febrero son los únicos que concuerdan con los datos mensuales de los años anteriores.

Es de importancia aclarar que cuando se menciona valores históricos de precipitación anual y mensual se refiere a datos recopilados desde 1960 a 2015.

Tabla 2. Distribución mensual de las precipitaciones durante el ciclo del cultivo en que se realizó la experiencia, registradas en casilla meteorológica a 1,5 m de altura (ubicada a 13,3 km en línea recta, desde el lugar donde se realizó la experiencia) Fuente: Observatorio Agrometeorológico E.E.A. INTA Reconquista.

AÑO	MES	PRECIPITACIONES
2015	Octubre	96,3 mm
	Noviembre	276 mm
	Diciembre	335,7 mm
2016	Enero	27,7 mm
	Febrero	159,7 mm
	Marzo	41,8 mm
	Abril	504,5 mm
Total		1441,7 mm

Las temperaturas que se presentaron se muestran a continuación (Tabla 3), cuando se las comparó con datos históricos respecto a las medias mensuales se vio que los meses de octubre, noviembre y diciembre estuvieron 1 °C por debajo, mientras que los meses de febrero y abril superaron las estadísticas en 1 °C, respecto a enero y marzo concuerdan con los valores históricos. Al igual que en el caso anterior con precipitaciones, los valores históricos se refieren a aquellos tomados desde 1960 a 2015.

Tabla 3. Temperaturas medias mensuales en °C y Amplitud térmica media mensual durante el ciclo del cultivo en que se realizó la experiencia, registradas en casilla meteorológica a 1,5 m de altura (ubicada a 13,3 km en línea recta, desde el lugar donde se realizó la experiencia) Fuente: Observatorio Agrometeorológico E.E.A. INTA Reconquista.

AÑO	MES	TEMPERATURA MEDIA MENSUAL	AMPLITUD MEDIA MENSUAL
2015	Octubre	19,4	9,5
	Noviembre	22	9,3
	Diciembre	25,3	9,2
2016	Enero	27,7	9,9
	Febrero	27,5	10,4
	Marzo	22,6	10,5
	Abril	21,5	6,7

Otro dato que se consideró de importancia fue la evapotranspiración potencial acumulada en cada uno de los meses en los que se dio la experiencia (Tabla 4), ya que al utilizar los mismos podemos obtener valores de la evapotranspiración real del cultivo y de esta manera estimar la demanda de agua.

Para la estimación de la evapotranspiración real (Tabla 5) se tomó los valores acumulados de evapotranspiración potencial de cada variedad, teniendo en cuenta el periodo comprendido entre siembra y cosecha, posteriormente se utilizó una constante de cultivo (K_c) de 0,8 basándose en el trabajo realizado por la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, (Chapingo, México). Titulado: “Rendimiento, eficiencia agronómica del nitrógeno y eficiencia en el uso del agua en amaranto en función del manejo del cultivo”

Tabla 4: Valores mensuales acumulados de evapotranspiración potencial (Método Penman)
Fuente: Observatorio Agrometeorológico E.E.A. INTA Reconquista.

Meses	Evapotranspiración Potencial (mm)
Octubre	106,1
Noviembre	135,4
Diciembre	156
Enero	187,3
Febrero	146,9
Marzo	108,4
Abril	60,7

Tabla 5: Evapotranspiración potencial durante el periodo siembra-cosecha respecto a cada uno de los cultivares. También muestra valores de evapotranspiración real, los cuales se calcularon mediante el uso de un coeficiente de cultivo (k_c) de 0,8.

Variedad	Evapotranspiración Potencial (mm)	Evapotranspiración Real (mm)
<i>A. cruentus</i>	654,8	523,84
<i>A. hypo. Artasa</i>	654,8	523,84
<i>A.hypo. 280</i>	729,7	583,76
<i>A. mantegaz.</i>	781,7	625,36

A. Mantegazzianus fue el que mayores demanda de agua presentó, seguido de *A. hypochondriacus 280*, y en último lugar encontramos las dos variedades restantes. Estos datos demuestran que los requerimientos hídricos están sumamente influenciados por la duración del ciclo que presenta cada variedad.

III.3 Siembra y obtención de plantines

Se utilizó semillas de *Amaranthus mantegazzianus*, *A. cruentus* Tarasca, *A. hypochondriacus L.* Artasa 9122, *A. hypochondriacus* 280 FK-FH1.

Es importante mencionar que las semillas de *Amaranthus mantegazzianus* fueron cedidas por el Centro Universitario Reconquista Avellaneda, UNL de Reconquista, Provincia de Santa Fe, mientras que las semillas de *Amaranthus cruentus*, *A. hypochondriacus* Artasa, y *A. hypochondriacus* 280 fueron enviadas por la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de La Pampa a través de un Acuerdo de Colaboración en el marco del Proyecto de Extensión N°99/12, Resolución CD N°260/12 “Estrategias para la difusión del cultivo de Amaranthus”.

Una vez obtenidas las semillas se procedió la siembra en speedling de 164 celdas, colocando en promedio 3 semillas en cada una, utilizando como sustrato una mezcla de humus, compost y arena, con la finalidad de conseguir características adecuadas en cuanto a retención de humedad, aireación y desarrollo radicular. Es importante aclarar que para la variedad *A. mantegazzianus* se utilizó el doble de semillas para cada una de las celdas debido a que se presumía un bajo poder germinativo de la misma debido a que tenía varios años. Por recomendación de quienes realizaron una experiencia en la zona unos años atrás se eligió esta fecha como la más adecuada para llevar a cabo la siembra.

Dicha recomendación se basa en que las heladas tardías podrían afectar el cultivo y también de esta forma tendríamos un mayor aprovechamiento de la radiación.

Una vez finalizada la siembra se colocó las bandejas sobre arena, bajo cubierta plástica para evitar el efecto adverso de las precipitaciones intensas y a su vez conseguir un microclima más favorable en cuanto a temperaturas y humedad. Los riegos se realizaron con una frecuencia de dos a tres veces al día dependiendo de las necesidades del cultivo.

La emergencia de las plántulas se evidenció a los 5 días en el caso de *A. cruentus*, *A. hypochondriacus* 280, *A. hypochondriacus artasa*, por el contrario la variedad *A. mantegazzianus* emergieron muy pocas plantas a pesar de haber colocado mayor cantidad de semillas, por lo que se necesitó realizar nuevamente el procedimiento de siembra, utilizando 10 veces más que en el caso anterior. Esto generó una desuniformidad de los plantines dentro de la misma variedad ya que emergieron de forma escalonada al ir transcurriendo los días, como así también entre las variedades que habían emergido con anterioridad.

Una vez que los plantines alcanzaron una altura aproximada de 15 cm se realizó el trasplante, con previa preparación del suelo descripta anteriormente.

Por cada metro lineal se colocó 6 plantas. Las parcelas correspondiente a cada cultivar estuvieron separadas por dos líneas de maíz, distanciados a 0,7 m, como así también su perímetro. Para poder lograr esta separación entre plantas en un mismo lineo se utilizó una

soga con marcas la cual se extendió sobre los mismos permitiendo que el lineo se disponga de forma recta.

Se pudo observar que el tamaño de bandejas utilizadas no era el adecuado ya que las plántulas al alcanzar las condiciones de trasplantes no presentaron un buen desarrollo radicular, observándose un estrangulamiento del sistema radicular que afectó durante todo el ciclo.

En lo referido a la reposición de plantas fue necesario hacerlo debido al anegamiento y muerte de éstas. El más afectado fue *A. mantegazzianus* a causa de estar ubicado en el lugar más bajo de toda la parcela y las plántulas eran más pequeñas debido a la resiembra (52 plantas).

III.4 Cuidados del cultivo:

Las condiciones climáticas durante el ciclo fueron muy variables, ya que a los 3 días de haber hecho el trasplante ocurrieron precipitaciones abundantes (118 mm, alcanzando valores de 49 mm/hora respecto a la intensidad), produciendo el encharcamiento de las parcelas y sus alrededores dificultando el drenaje del predio. Debido a esto, se realizó una red de desagües por medio de la utilización de pala y azada con la finalidad de conectar dicha red a desagües de mayor caudal y de esta manera ayudar a drenar los excesos de agua.

III.4.1 Malezas

Las malezas que se hicieron presentes en el cultivo se controlaron mediante el uso de azadas como así también el uso de Graminicidas. Las malezas más frecuentes fueron especies de los géneros: *Chloris sp*, *Cynodon sp.*, *Digitaria sp.*, *Echinochloa sp.*, *Shorgum sp.*, *Trichloris sp.*, *Bidens sp.*, *Ipomoea sp.*, *Portulaca sp.*

En un primer momento se llevó a cabo el aporque con el objetivo de evitar el vuelco de las plántulas durante su crecimiento. Teniendo en cuenta el avance de malezas se vio la necesidad realizar una segunda intervención mecánica mediante el uso de azadas y a su vez se repitió el aporque. Posteriormente se hicieron presentes malezas de hoja fina las cuales fueron controladas mediante aplicaciones dirigidas, de Haloxifop, con un pulverizador manual. Cuando el cultivo se encontraba en las últimas etapas, se realizó una tercera intervención con azadas.

III.4.2 Plagas insectiles

Debido a los ataques intensos de insectos, fue necesario aplicar en forma reiterada medidas de control químico para disminuir la población y minimizar las pérdidas. Las plagas insectiles que afectaron el cultivo fueron: *Spoladea recurvalis* conocido como “gusano telarañero”, el cual provocó una gran defoliación del cultivo y es la que se presentó con mayor frecuencia comparadas a las demás. Otro insecto que afectó al cultivo en forma aguda fue *Epicauta adspersa*, vulgarmente conocido como “bicho moro”, siendo muy común en la producción hortícola. La Vaquita de san Antonio (*Diabrotica speciosa*) también fue otro coleóptero que apareció durante el ensayo, causando la defoliación del cultivo al igual que el anterior.

A medida que el cultivo se acercaba al periodo de floración y durante el mismo, hubieron ataques frecuentes e intensos de *Spodoptera frugiperda*, conocido como “cogollero del maíz” en forma conjunta con “Gusano telarañero”, causando la defoliación de la planta y en el caso de *Spodoptera*, Además, generaron daños en las panojas, ya que cortaban algunas de las ramificaciones haciendo improductiva dicha porción.

Al final de floración se presentó *Astylus atromaculatus*, el cual se alimentaba de los granos de polen de *A. mantegazzianus*.

En lo referente al control de insectos, anteriormente mencionados, se utilizó diferentes principios activos (Tabla 6)

Tabla 6. Aplicaciones necesarias para el control de insectos durante la experiencia, dosis y principios activos utilizados.

Fecha	Principio Activo	Dosis	Observaciones
12/12/2016	Cipermetrina	120 a 200 cc/Ha	Aplicación a la totalidad
26/12/2016	Cipermetrina	120 a 200 cc/Ha	Aplicación a la totalidad
11/01/2016	Clorpirifos	300 cc/Ha	Solamente se aplicó a <i>A.mantegazzianus</i>
15/01/2016	Clorpirifos	300 cc/Ha	Aplicación a las 3 variedades restantes
08/02/2016	Clorantraniliprole	300 cc/Ha	Aplicación a la totalidad
28/03/2016	Cipermetrina	120 a 200 cc/Ha	Solamente se aplicó a <i>A.mantegazzianus</i>

III.4.3 Enfermedades

En el ensayo, el amaranto, no presentó enfermedades, a excepción de la presencia de hongos del suelo, que provocaron la muerte de pocas plantas próximas a floración. Cabe destacar que la mayor cantidad de muertes fueron en plantas de *A. hypochondriacus artasa*. En cuanto a los hongos podemos mencionar, *Mucor sp.*, *Fusarium sp* y *Aspergillus sp.* Que se

detectaron mediante un análisis de las plantas atacadas, llevado a cabo por la Universidad Nacional del Litoral, cede Reconquista.

Como síntoma visible de las plantas a causa del ataque de estos hongos lo que se pudo observar a campo, fue en un primer momento síntomas de marchitamiento en la parte apical que posteriormente se desplazó hacia la base, afectando la totalidad de la parte aérea. También se mostró una podredumbre en la base del tallo de manera que en 2-3 días se producía la muerte.

III.5 Recolección de panojas y trilla

Una vez que las plantas mostraron hojas secas en la base y amarillentas hacia el ápice, granos secos en la panoja, con cierta dehiscencia en la base de la misma, características que indican el momento de cosecha, se procedió al corte de las panojas.

Con tijeras de podar se cortó unos 10 cm por debajo de las ramificaciones de las panojas, exponiéndolas durante todo el día a la radiación solar sobre telas, para evitar la pérdida de semillas que se iban desprendiendo a causa de la deshidratación. Por las noches y en días nublados o lluviosos se las almacenaba bajo techo.

En el momento en que la pérdida de agua de las panojas fue suficiente como para facilitar la trilla, se llevó a cabo esta actividad en forma manual.

Para separar las semillas de las impurezas se utilizó zarandas y también el efecto del viento para aquellas partículas de menor tamaño.

Tabla 7: Fechas en las cuales se realizó cada una de las actividades durante el ciclo del cultivo.

Fecha	Actividad
11/10/2015	Aplicación de Glifosato
24/10/2015	Siembra en speedling
24/10/2015	Laboreo con Motocultivador y muestreo
21/11/2015	Laboreo con Motocultivador
22/11/2015	Trasplante
25/11/2015	Confección de desagües
03/12/2015	Aporque
21/12/2015	Control mecánico de malezas y aporque
19/02/2016	Aplicación dirigida de Haloxifop
28/02/2016	Recolección de panojas <i>A. cruentus</i> y <i>A. hypochondriacus artasa</i>
05/03/2016	Control mecánico de malezas
20/03/2016	Recolección de panojas <i>A. hypochondriacus 280</i>
07/04/2016	Recolección de panojas <i>A. mantegazzianus</i>

III.6 Mediciones

Durante el crecimiento y desarrollo del cultivo, se realizaron observaciones, llevando un registro de las mismas:

- Fases fenológicas: se midió semanalmente los distintos estadios.
- Días necesarios de emergencia, hojas verdaderas, floración, madurez fisiológica: cantidad de días en que se cumple cada fase de cultivo, relacionando dichos datos con las temperaturas ocurridas durante el cultivo y la temperatura base para determinar los grados días necesarios para cada estadio fenológico y para cada variedad determinando así el ciclo de cada uno.
- Altura de la planta y diámetro del tallo: se midió cada 7 días, en un número de 18 plantas por cultivar. Para la altura se utilizó una regla, desde la base de la planta hasta el ápice y para el tallo un calibre, en la base de la planta.
- Longitud de la panoja: se midió cada 7 días utilizando una regla desde la inserción de la inflorescencia en el tallo hasta el ápice de la misma, utilizando la misma cantidad de plantas que en la anterior.
- Estratificación: Para tener una representación más acertada de la estructura de la planta se hizo una estratificación por altura, la misma se realizó tomando alturas de las 18 plantas en el inicio de floración, sacando un promedio de las mismas (suma de alturas/ N° de plantas medidas) dividiendo el resultado por 2 así se obtendrá una altura determinada, la cual divide la planta en 2, una parte superior y una inferior.
- Relación hoja/tallo (al inicio de la floración): se contó la cantidad de hojas y tallos de cada estrato y de cada variedad para determinar cómo está constituido cada uno.
- Monitoreo de malezas, insectos y enfermedades: se realizó un seguimiento de cultivo, registrando la aparición de cada uno de ellos.
- Materia seca y análisis de calidad del forraje (al inicio de la floración): se obtuvo valores de proteína bruta, digestibilidad y FDN de cada cultivar
- Rendimiento (kg/ha): Se cosechó la inflorescencia en el momento adecuado, se procedió al secado y posterior extracción de semillas.
- Composición química del grano: mediante análisis de laboratorio se determinó valores de proteína, grasa, humedad y fibra para cada variedad.

Cabe aclarar que las diferentes muestras, una vez tomadas, fueron enviadas al laboratorio de la Universidad Nacional del Litoral, sede Reconquista, lugar donde se realizaron las determinaciones analíticas a excepción de los análisis correspondientes a FDA y FDN que fueron enviados a la firma Alberto Prieto S.A.

Dentro de las mediciones registradas se puede mostrar los datos sobre la duración de los períodos vegetativo y reproductivo del cultivo:

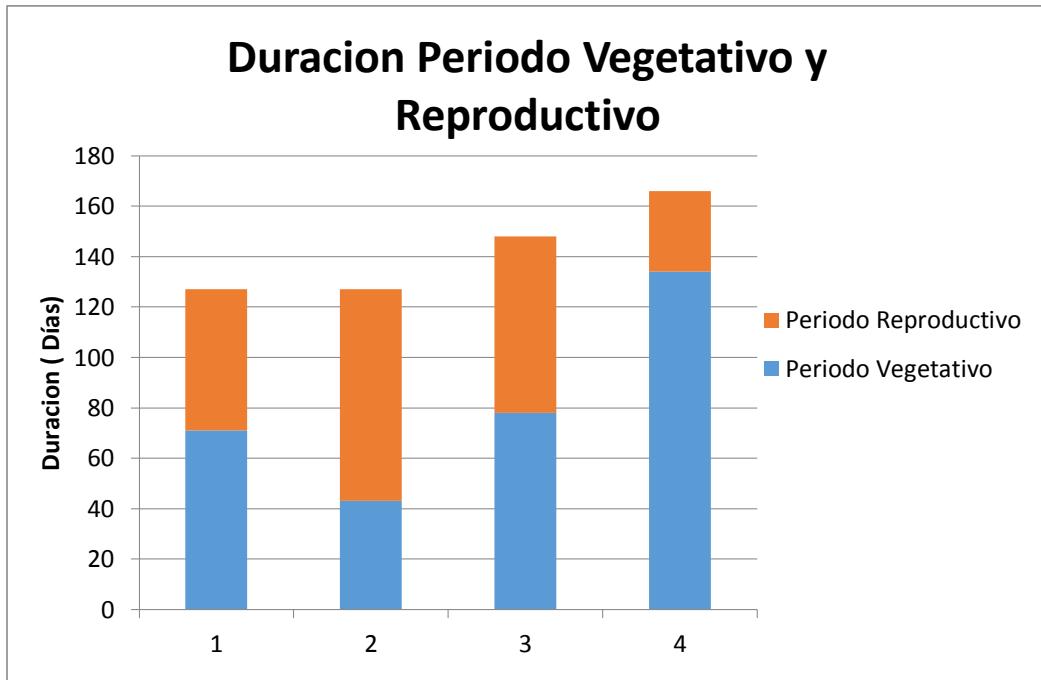


Figura 10. Duración de los períodos Vegetativos y Reproductivos de cada variedad. Para considerar el pasaje del período vegetativo al reproductivo se tomó como requisito que más del 50 % de las plantas sujetas a mediciones, presenten una panoja visible.
(1 = *A. cruentus*. 2 = *A. hypochondriacus artasa*. 3 = *A. hypochondriacus 280*. 4 = *A. mantegazzianus*). Ver Tabla 13, correspondiente al gráfico, en anexo.

Se puede observar que el cultivar con mayor duración del ciclo fue el *A. Mantegazzianus* (166 días), seguido de *A. hypochondriacus 280* (148 días) y por último *A. hypochondriacus Artasa* conjuntamente con *A. cruentus* fueron los que mostraron la menor duración (127 días, Fig. 10). Este parámetro estuvo relacionado con los grados días necesarios para alcanzar la floración en las distintas variedades (Tabla 8).

Respecto a los requerimientos en grados días (G.D.) necesarios para alcanzar la floración son bajos en el caso de *A. Hypochondriacus artasa*, a comparación de *A. mantegazzianus*, el cual necesita más que el triple para poder alcanzar la floración, mientras que los restantes presentan requerimientos intermedios. Estos valores nos dan una idea de la duración del ciclo de cada uno de los materiales genéticos utilizados en la experiencia. (Tabla 8).

Tabla 8. Grados días necesarios para alcanzar la floración en cada una de las variedades y fecha en la que se dio. Se tomó como datos una temperatura base de 8°C y las temperaturas medias diarias del Observatorio Agrometeorológico E.E.A. INTA Reconquista.

Floración	Variedad	G.D.
27/12/2015	<i>A. cruentus</i>	1003,7
06/12/2015	<i>A. hypo. Artasa</i>	642,4
10/01/2016	<i>A.hypo. 280</i>	1277,3
06/03/2016	<i>A. mantegaz.</i>	2347,1

Una característica importante a tener en cuenta para llevar a cabo el cultivo es la altura del mismo ya que afecta negativamente, debido a que cuanto mayor longitud presenta, mayor será la posibilidad de vuelco de la planta.

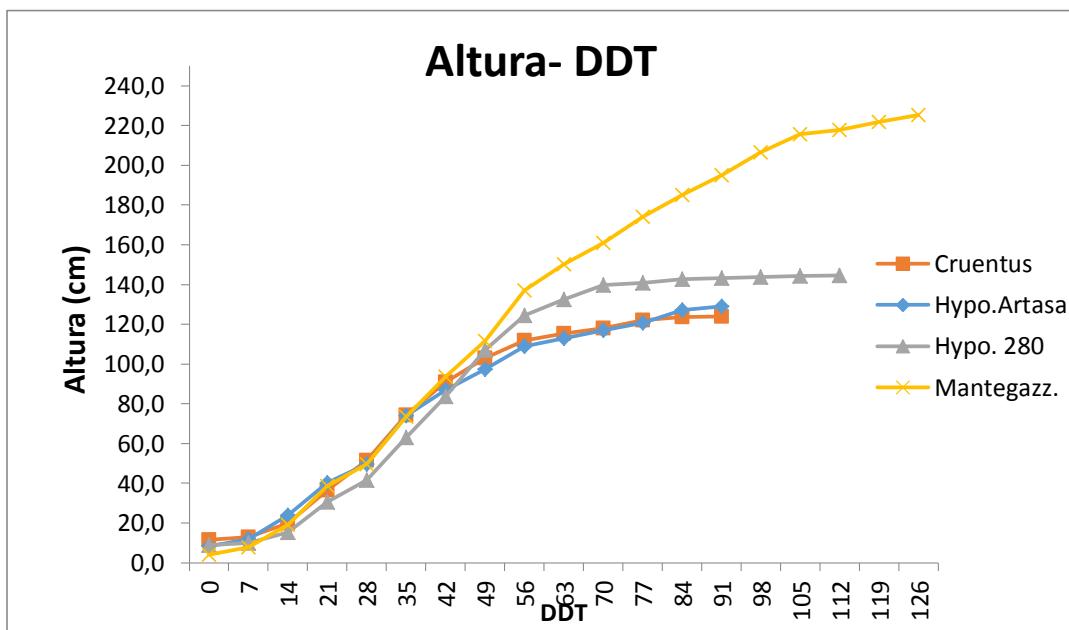


Figura 11: Altura promedio de las plantas, en función a los días después del trasplante (DDT), para cada variedad. Los valores se tomaron cada 7 días en 18 plantas de cada cultivar y se realizó un promedio de los mismos.

Durante los primeros 42 días ninguno de los cultivares mostró diferencia alguna en altura, luego se notó un marcado aumento en la variedad *A. mantegazzianus* que fue la más alta y debido a esto la que presentó mayores problemas de vuelco. Seguido del mismo tenemos *A. Hypochondriacus* 280 y por ultimo las 2 variedades restantes que fueron muy similares entre sí. (Figura 11). También se registró la evolución del diámetro de tallo para ver las diferencias entre las variedades evaluadas.

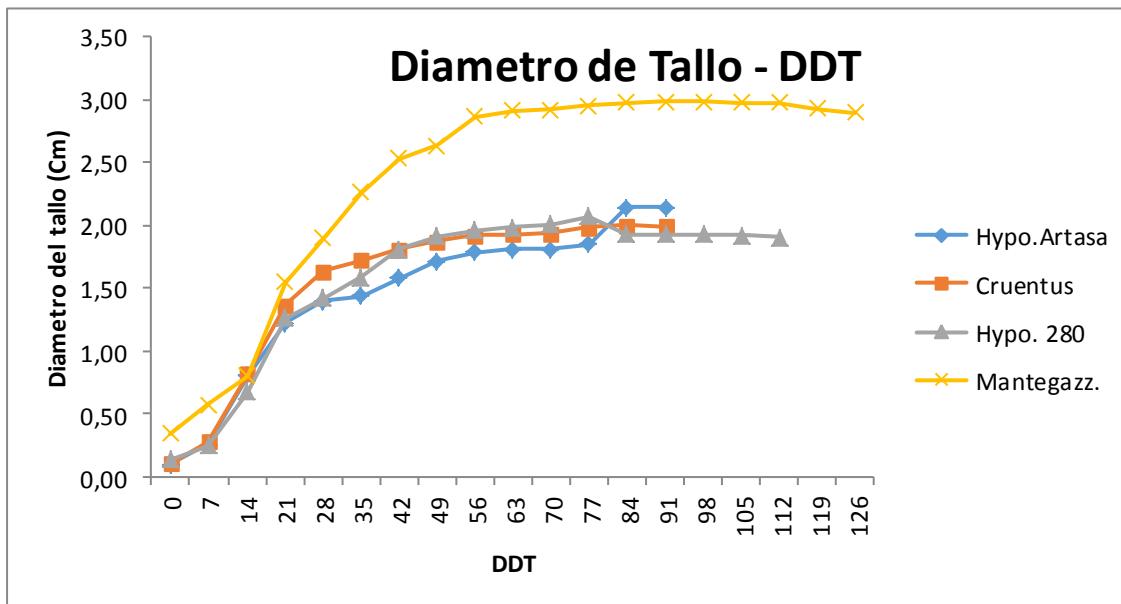


Figura 12. Diámetro promedio de las plantas, en función a los días después del trasplante (DDT), para cada variedad. Los valores se tomaron cada 7 días en 18 plantas de cada cultivar y se realizó un promedio de los mismos.

Respecto al diámetro, podemos ver que *A. mantegazzianus* presentó desde un primer momento los mayores valores. Se pueden diferenciar dos grupos, por un lado el nombrado anteriormente y por el otro los cultivares restantes. Esta característica por parte de *A. mantegazzianus* es importante ya que produce una disminución de la calidad de forraje, en caso de ser ésta la finalidad del cultivo.

Otro parámetro analizado en función a los días después del trasplante fue la longitud de panoja, con lo cual se recopiló la siguiente información:

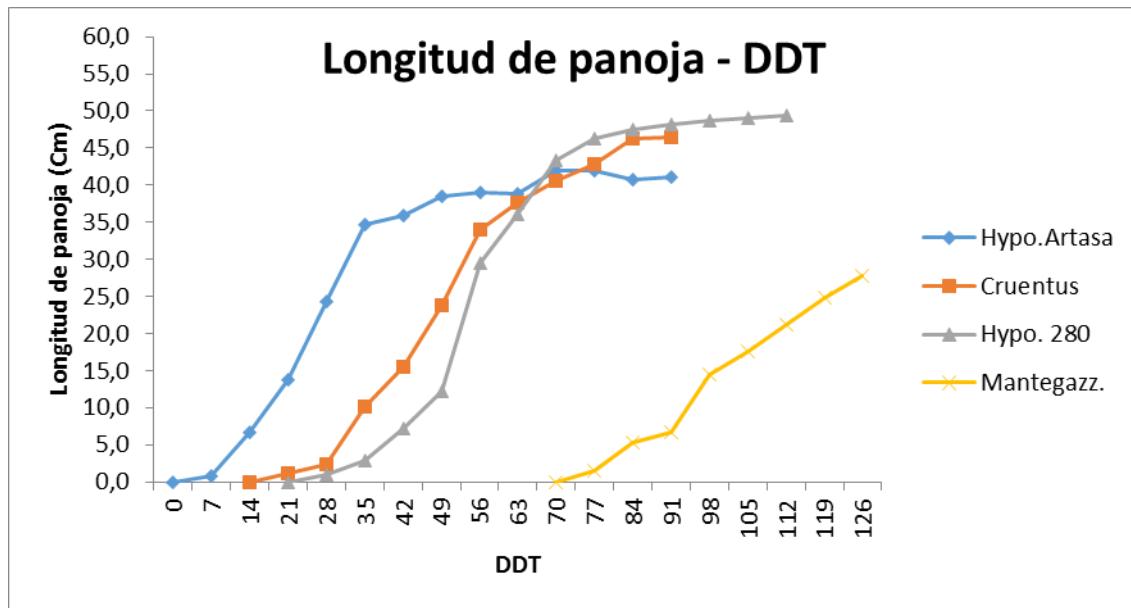


Figura 13. Longitud promedio de las panojas, en función a los días después del trasplante (DDT), para cada variedad. Los valores se tomaron cada 7 días en 18 plantas de cada cultivar y se realizó un promedio de los mismos.

Los cultivares *A. hypochondriacus 280* y *A. cruentus* que presentaron mayores rendimientos, son lo que mostraron la mayor longitud de panoja. Además se observó que en el caso de *A. hypochondriacus artasa* la aparición de las panojas ocurrió antes que en el resto. Por último tenemos *A. mantegazzianus*, alcanzó el estado de panojamiento recién al día 77 después de haber sido trasplantado. Además, se pudo observar que este cultivar mostró una floración más uniforme entre las diferentes plantas del mismo.

Un punto que se tuvo en cuenta, ya que nos da idea de la distribución de las hojas en el perfil de la planta, fue la relación hoja y tallo. Para ello se realizaron las mediciones recopilando la siguiente información.

Tabla 9. Promedios de tallos (Ramificaciones del tallo principal) y hojas en el estrato superior e inferior, de las 18 plantas muestreadas y por último la relación hoja tallo para cada variedad utilizada en la experiencia.

	Estrato	Tallos (nº)	Hojas (nº)	Relación H/T
<i>A. cruentus</i>	Superior	5,83	36,20	6,21
	Inferior	0,83	8,80	10,56
<i>A.hypo. Artasa</i>	Estrato	Tallo (nº)	Hojas (nº)	Relación H/T
	Superior	4,06	52,69	12,99
<i>A. hypo. 280</i>	Inferior	9,00	31,30	3,48
	Estrato	Tallos (nº)	Hojas (nº)	Relación H/T
<i>A. mantegazz.</i>	Superior	7,11	49,95	7,02
	Inferior	1,17	9,37	8,03
<i>A. mantegazz.</i>	Estrato	Tallo (nº)	Hojas (nº)	Relación H/T
	Superior	41,13	483,95	11,77
	Inferior	69,88	152,00	2,18

A. hypochondriacus artasa y *A. mantegazzianus* presentan una gran ramificación respecto a los demás, y a su vez, dentro de la misma planta se da con un mayor predominio en el estrato inferior.

En cuanto a *A. hypochondriacus 280* y *A. cruentus* se observó un predominio de hojas y ramificaciones en el estrato superior. También en la práctica se pudo ver que presentaron una menor cantidad de hojas en sí, pero compensaban con el tamaño. En el caso del último cultivar de la tabla anterior, mostró un gran número de hojas pero las mismas presentaban un tamaño pequeño. Estos valores son de importancia ya que nos da una idea de la distribución de las hojas en el perfil de la planta.

Cuando las plantas entraron en el período de floración se realizó un análisis de la composición química, con el objetivo de poder observar la calidad nutritiva de las mismas.

Tabla 10. Composición química de la planta en comienzo de floración para cada cultivar. (FDA L.C.= fibra detergente acida libre de cenizas, FDN L.C.=fibra detergente neutra libre de cenizas) Los gráficos correspondientes a la tabla pueden observarse en el anexo.

		Variedad			
		<i>A. cruentus</i>	<i>A. hypo. artasa</i>	<i>A. hypo. 280</i>	<i>A. mantegazz.</i>
TALLO	MS (%)	16,24	15,61	14,95	19,6
	PB (%)	8,62	10,12	7,02	7,1
	DIGESTIBILIDAD (%)	59,90	60,23	60,39	60,61
	FDN (%)	69,03	60,05	57,95	59,46
	FDN LC (%)	60,96	53,03	54,15	56,96
	FDA (%)	37,23	36,8	36,6	36,31
	FDA LC (%)	37,02	36,4	36,21	36,28
HOJA	MS (%)	25,59	23,76	23,66	32,5
	PB (%)	20,56	21,42	25,19	27
	DIGESTIBILIDAD (%)	76,19	76,30	76,34	75,52
	FDN (%)	74,09	53,33	67,92	47,91
	FDN LC (%)	57,02	41,61	53,04	41,99
	FDA (%)	16,31	16,18	16,12	17,18
	FDA LC (%)	15,04	15,76	15,46	16,08
INFLORESCENCIA	MS (%)	25,55	23,56	24,52	31
	PB (%)	19,22	19,36	18,6	26
	DIGESTIBILIDAD (%)	72,38	69,74	68,30	71,82
	FDN (%)	86,88	72,23	72,79	43,52
	FDN LC (%)	75,92	61,36	64,83	39,29
	FDA (%)	21,21	24,6	26,45	21,92
	FDA LC (%)	21,01	24,31	26,08	21,09

Teniendo en cuenta la composición química de los diferentes materiales genéticos utilizados en la experiencia vemos que los valores de proteína son muy buenos. Los mismos rondan entre 7 y 10 % en tallos, respecto a las hojas van desde 20 a 25% y por último tenemos la inflorescencia con 18 a 19%. Cabe resaltar que *A. hypochondriacus artasa* toma los mayores valores de proteína en tallos y a su vez es el que tuvo menor diámetro del mismo.

Teniendo en cuenta la digestibilidad, los mayores valores se observan en hojas e inflorescencia, comparado con el tallo.

En el caso de *A. mantegazzianus* se diferenció de los demás cultivares ya que presentó los mayores valores de materia seca, alto contenido de proteína en hojas e inflorescencia, los cuales son acompañados por buenos valores de digestibilidad que le da buena calidad en cuanto al uso como forraje.

Con respecto a los rendimientos, se recolectaron las panojas correspondientes a las 18 plantas seleccionadas al azar para realizar las mediciones. Una vez que se realizó el secado de las mismas, se procedió a la trilla y limpieza, de esta manera se obtuvo un valor total y se hizo el cálculo de rendimiento promedio por cada panoja. También se tuvo en cuenta la cantidad de plantas que llegaron a cosecha expresándose en porcentaje. Por último se estimó el rendimiento en kg/ha.

Tabla 11. Cantidad de panojas que se cosechó para evaluar los rendimientos, peso total obtenido de las mismas una vez trilladas, rendimientos promedios por panoja, porcentaje de plantas que llegarán a cosecha en una hectárea y rendimientos para cada variedad utilizada en la experiencia.

Variedad	Panojas cosechadas (nº)	Peso total (g)	Peso por panoja (g)	Supervivencia (%)	Plantas a cosecha (pl/Ha)	Rendimiento (Kg/Ha)
<i>A. cruentus</i>	18	581,76	32,32	100	85714	2770,2
<i>A. hypo artasa</i>	9	262,26	29,14	50	42857	1248,8
<i>A. hypo 280</i>	18	640,44	35,58	100	85714	3049,7
<i>A. mantegazz.</i>	16	168	10,5	88,9	76199	800,0

Respecto al rendimiento y supervivencia para cada variedad *A. cruentus* y *A. hypochondriacus 280*, llegaron la totalidad de las plantas a cosecha, dando valores de supervivencia del 100% y a su vez fueron los que mayor rendimientos mostraron.

Para el caso de *A. mantegazzianus* la supervivencia toma valores de 88% y *A. hypochondriacus artasa* 50%. En el caso del último cultivar mencionado, a pesar de tener una baja supervivencia, presentó muy buenos rendimientos respecto al anterior.

Una vez realizada la trilla y limpieza de los granos para cada una de las variedades, se realizó un análisis de la composición química del grano.

Tabla 12. Composición química del grano de cada cultivar. (FDA L.C.= fibra detergente acida libre de cenizas, FDN L.C.=fibra detergente neutra libre de cenizas)

Características (%)	<i>A.cruentus</i>	<i>A.hypo. Artasa</i>	<i>A.hypo. 280</i>	<i>A. mantegazz.</i>
H°	13,23	13,31	13,37	13,34
PB	20,16	20,2	17,85	20,21
MAT. GRASA	7,58	7,27	7,08	5,68
FDA	5,02	4,24	4,05	3,59
FDA L.C.	4,95	3,83	3,96	2,81
FDN	13,28	29,34	16,81	69,59
FDN L.C.	11,16	27,35	14,87	62,34
DIGESTIBILIDAD	84,98942	85,59704	85,74505	86,10339

Se pudo distinguir un alto contenido de proteína con una variación no tan marcada, a diferencia de *A. hypochondriacus* 280, que arrojó los valores más bajos, lo que podría considerarse como un efecto de dilución ya que fue el que presentó el mayor rendimiento respecto a los demás. El contenido de materia grasa tomó valores que rondan el 7 %, a excepción de *A. mantegazzianus* que arrojó 5% a su vez se puede apreciar una ventaja por parte del mismo en lo referido a digestibilidad.

Esta última característica, conjuntamente con los valores de proteína en hojas e inflorescencia, expresados anteriormente, contribuyen positivamente a la calidad nutritiva del material dando una ventaja, respecto a los demás, por parte de *A. Mantegazzianus*.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES

- ✓ En forma general, o sea para los cuatro materiales genéticos analizados, se pudo comprobar la gran plasticidad que presenta el cultivo ante las condiciones adversas que se puedan presentar, ya que durante el período del ensayo se dieron condiciones muy dispares. Por un lado intensas precipitaciones al comienzo y hacia fines del ciclo se produjo un período de sequía. Además se vio la gran capacidad de las plantas para seguir creciendo ante el vuelco o quiebre de las mismas.
- ✓ Respecto a las plagas que se presentaron, se necesitaron controles frecuentes para disminuir los daños, podría decirse que es un cultivo muy atractivo para las plagas insectiles, principalmente defoliadoras. Esto podría estar relacionado al gran valor nutritivo que presentan las plantas.
- ✓ En cuanto a enfermedades, fueron muy pocas las que se presentaron, más precisamente problemas con hongos de suelos, que muestran la necesidad de realizar una desinfección del suelo antes del trasplante, para evitar así este efecto que va en desmedro de los rendimientos.
- ✓ De los cuatro cultivares analizados, los que mejores rendimientos, supervivencia y longitud de panojas presentaron fueron *A. cruentus* y *A. hypochondriacus* 280, ya que llegaron la totalidad de las plantas evaluadas a cosecha, *A. hypochondriacus* artasa a pesar que solamente la mitad de las plantas llegó a cosecha mostró rendimientos aceptables, a su vez presentaban gran desuniformidad respecto al tamaño de las plantas.
- ✓ En el caso de *A. mantegazzianus* es un cultivar de ciclo mucho más largo que los anteriores, genera un planta de mayor porte y a causa de ello presenta grandes problemas en cuanto a vuelco de plantas, es muy susceptible a plagas y enfermedades, respecto a la aparición de las mismas, se las observaba en primer lugar en dicho cultivar y posteriormente en el resto. Desde el punto de vista ecológico estos aspectos son importantes ya que necesita mayor cantidad de controles durante todo su ciclo.
- ✓ Un punto importante que se pudo observar es que las bandejas utilizadas en el momento de producir los plantines, fueron muy pequeñas, ya que causaron el estrangulamiento de las raíces y éstas una vez trasplantadas continuaron su crecimiento en forma anormal, mostrando una menor exploración del suelo, además generó una menor fijación de la planta al suelo haciéndola más susceptible al vuelco.
- ✓ Teniendo en cuenta los resultados de los análisis químicos, para todos los cultivares, podemos ver el alto contenido proteico que presentan las diferentes partes de la planta, dándole una gran importancia para la alimentación del ganado, inclusive podría utilizársela en forma consociada con otras forrajeras.
- ✓ Para finalizar esta conclusión es importante destacar que también se obtuvieron aprendizajes personales entre los que se puede mencionar la necesidad de planificar

con anterioridad las actividades a desarrollar, como así también su cumplimiento en un determinado tiempo y que a pesar de ello muchas veces surgen situaciones imprevistas en las que se deben tomar nuevas decisiones a la brevedad; trabajar en forma conjunta con distintas instituciones con las cuales se compartió información, experiencias, consejos, incluyendo charlas en diferentes escuelas secundarias de la zona que también participaron de este proyecto y en las que se pudo dar a conocer la experiencia.

BIBLIOGRAFÍA

- Azcon Bieto, J., Talon, M. (2000): Fundamentos de fisiología vegetal. Edicions Universitat de Barcelona. España.
- Becerra, R. (2000): Nuevas tecnologías para un cultivo antiguo. Conabio. Biodiversitas.30: 1-6. Descargado del sitio web: <http://www.biodiversidad.gob.mx/Biodiversitas/Articulos/biodiv30art1.pdf>. Acceso 30 de marzo de 2013.
- Becker, R.; Wheeler, E.; Lorenz, K.; Stafford, A.; Grosjean, O.; Betschart, A.; Saunders, R. (1981): A compositional study of amaranth grain. *Journal Food Sci.* 46: 1175-1180.
- Brenner, D.; Hauptli, H. (1990): Seed shattering control withinindehiscent utricles in grain amaranths. *Legacy* 3 (1): 2-3.
- Bressani, R.; García Vela, L. (1990): Protein Fractions in Amaranth Grain and Their Chemical Characterization. *Journal Agriculture Food Chemistry*: 38: 1205-1209.
- Bressani, R.; Estrada, L. (1994): Effect of lime cooking of grain amaranth on selected chemical components and on its protein quality. *Journal Agriculture Food Chemistry Agr. Food Chem.* 42: 1998-2001.
- Bressani, R. (2005). Amaranto: Composición química y valor nutritivo del grano. Págs 88-89. En: Boucher, F.; Muchnik, J. (editores). Agroindustria Rural Recursos Técnicos y Alimentación. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Costa Rica.
- Chagaray, A. (2005): Estudio de Factibilidad del Cultivo de Amaranto. Dirección Provincial de Programación del Desarrollo. Ministerio de Producción y Desarrollo. Gobierno de la Provincia de Catamarca. <http://www.produccioncatamarca.gov.ar>. Acceso 25 de junio de 2013.
- 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.
- Cole, J. (1979): Amaranth, from the past for the future. Rodale Press. Pennsylvania. USA.
- Díaz-Ortega, Araceli C.; Escalante-Estrada, J. Alberto; Trinidad-Santos, Antonio; Sánchez-García, Prometeo; Mapes-Sánchez, Cristina; Martínez-Moreno, David Rendimiento, eficiencia agronómica del nitrógeno y eficiencia en el uso del agua en

amaranto en función del manejo del cultivo Terra Latinoamericana, vol. 22, núm. 1, enero-marzo, 2004, pp. 109-116 Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. Chapingo, México

- Gallardo Quintana, G., García Montoya, S. (2011): Evaluación de cuatro niveles de materia orgánica en el cultivo de *Amaranthus caudatus* e industrialización del grano para la comunidad de San Clemente – Imbabura- Sangolquí. Tesis.
- Irving, D.; Betschart, A.; Saunders, R. (1981): Morphological studies on *Amaranthus cruentus*. Journal of Food Science 46: 1170-1174.
- Mazón, N.; Peralta, E.; Rivera, J.; Subia, G., Tapia, C. (2003): Catálogo del banco de germoplasma de amaranto (*Amaranthus spp.*) del INIAP – Ecuador. Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos, Departamento Nacional de Recursos Filogenéticos y Biotecnología, Estación Experimental Santa Catalina Quito, Ecuador, pág. 98.
- Myers, L. R. 1998. Nitrogen fertilizer effect of grain amaranth. Agron. J. 90:597-602.
- Montero, J.; Nieto, C.; Caicedo, C.; Rivera, M.; Vimos, C. (1994): INIAP-Alegría, primera variedad mejorada de amaranto para la sierra ecuatoriana. INIAP. Boletín Divulgativo N° 245. Ecuador.
- Monteros, C. J.; Nieto, C. C.; Caicedo, C. V.; Rivera, M. M. y Vimos, C. N. 1998. INIAP Alegría: Primera variedad mejorada de Amaranto para la sierra ecuatoriana. Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo
- Mujica Sanchez, A.; Berti Díaz, M.; Izquierdo, J. (1997): El Cultivo de Amaranto (*Amaranthus spp.*): producción, mejoramiento genético y utilización. Oficina de la FAO para América Latina y el Caribe, Chile.
- Mujica Sanchez, A.; Berti Díaz, M. (1997): El cultivo del amaranto (*Amaranthus spp.*): producción, mejoramiento genético y utilización. Escuela de Post-Grado Maestría Agricultura Andina UNA, Perú .Facultad de Agronomía UDEC, Chile. Oficial Regional de Producción Vegetal, FAO. Descargado del sitio web:

<http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/produ/ cdrom/contenido/libro01/home1.htm>

Acceso 16 de abril de 2013.

- National Academy of Sciences. (1975): Underexploited tropical plants with promising economic value. National Academy of Sciences Press, Washington.

- Nieto, C. (1990): El cultivo de amaranto (*Amaranthus spp*) una alternativa agronómica para Ecuador. INIAP, EE. Santa Catalina. Publicación Miscelánea N° 52. Quito, Ecuador. Descargado del sitio web: <http://www.biblioteca.ueb.edu.ec/bitstream/15001/176/1/Tesis%20Amaranto.pdf>. Acceso 25 de mayo de 2013.
- Ortiz, R. (1997): Amaranto. Historia y perspectivas. Editora y distribuidora Yug S.A. México.
- Paduán, M. (2011): Caracterización de almidón de amaranto (*Amaranthus mantegazzianus*) obtenido en planta piloto. Tesis. Universidad Nacional del Litoral.
- Pantanelli, A. (2009): Prometedora resurrección del amaranto. Los mayas ya lo sabían. Descargado del sitio web: http://www.alimentosargentinos.gov.ar/0-3/revistas/r_18/18_07_amaranto.htm. Acceso 03 de mayo de 2016.
- Pietronvave, H., Junco, G. (2007): Manual de Cultivo Manejo de Amaranto. Estación Experimental INTA. Reconquista. Santa Fe. Argentina.
- Pietronave, H. P. y Junco; G. (2011): Observaciones de una experiencia participativa de producción agroecológica de amaranto mediante tres diseños de cultivo en el norte de Santa Fe". INTA, temas: Agricultura Familiar. Descargado del sitio web: <http://inta.gob.ar/documentos/observaciones-de-una-experiencia-participativa-de-produccion-agroecologica-de-amaranto-mediante-tres-disenos-de-cultivo-en-el-norte-de-santa-fe/>. Acceso 21 de septiembre de 2016.
- Sanchez Marroquín, A. (1980): Potencial Agroindustrial del amaranto. Centro de Estudios Económicos y Sociales del Tercer Mundo. México.
- Sanchez Marroquín, A. (1983): Dos cultivos olvidados, de importancia agroindustrial: El Amaranto y La Quinua. México. En Archivos Latinoamericanos de Nutrición (33) 1: 11-32.
- Segura-Nieto, M.; Vázquez-Sánchez, N.; Rubio-Velázquez, H.; Olguin Martínez, O.; Rodriguez Nester, C.; Herrera-Estrella, L. (1992): Characterization of amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) seed proteins. Journal Agriculture Food Chemistry 40: 1553-1558.

- Sosa, M. (2011): Optimización de la aceptabilidad sensorial y global de productos elaborados con amaranto destinados a programas sociales nutricionales. Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Ciencias Exactas. Buenos Aires. Tesis doctoral.
- Stallknecht, G.; Schulz Schaeffer, J. (1993): Amaranth rediscovered. págs. 211-218. Descargado del sitio web:
<http://www.hort.purdue.edu/newcrop/proceedings1993/V2-211.html>.
Acceso 23/05/2016.
- Sumar, L. (1982): Amaranthus caudatus. El pequeño gigante. Universidad Nacional del Cusco. Perú. págs. 4-5.
- Sumar, K. (1993): La Kiwicha y su cultivo. Centro Bartolomé de las casas. Cuzco. Perú.
- Tapia, M. (1997): Cultivos andinos subexplotados y su aporte a la alimentación. 2º Ed. FAO, Oficina Regional para América Latina y el Caribe. Santiago, Chile.
- Troiani R. (2003): Los Amarantos una "nueva" alternativa. Seminario los nuevos viejos cultivos Amaranto/Quinoa/Chía. Bolsa de cereales de Buenos Aires. Descargado del sitio web:
<http://www.agro.unlpam.edu.ar/publicaciones-pdf/LosAmarantosunanuevaalternativa.pdf>
Acceso 23 de julio de 2016.

ANEXOS



Figura 14. Preparación del suelo previo al trasplante.



Figura 15. Siembra en speedling.



Figura 16. Plántulas *A. Cruentus*.



Figura 17. Plántulas *A. hypochondriacus artasa*.



Figura 18. Plántulas *A. hypochondriacus 280*.



Figura 19. Plántulas *A. mantegazzianus*.



Figura 20. Lote preparado previo al trasplante.



Figura 22. Soga con la cual se marcó el distanciamiento entre plantas.



Figura 24. Parcela en la cual se realizó el ensayo.



Figura 21. Transplante en el lugar definitivo.



Figura 23. Medición del diámetro del tallo.



Figura 25. Aporque.



Figura 26. *A. cruentus*, después del aporque.



Figura 28. *A. hypochondriacus* 280, después del aporque.



Figura 30. *A. cruentus* en floración.



Figura 27. *A. hypochondriacus artasa*, después del aporque.



Figura 29. *A. mantegazzianus*, después del aporque.



Figura 31. *A. hypochondriacus artasa* en floración.



Figura 32. *A. hypochondriacus* 280 en floración.



Figura 33. *A.mantegazzianus* previo a la floración.



Figura 34. Cosecha de Amaranto.



Figura 36. Planta de Amaranto trozada, previo análisis químico.



Figura 35. Trilla de Amaranto en forma manual.



Figura 37. Visita de escuelas.



Figura 38. Parcela luego de intensas precipitaciones.



Figura 40. Planta marchita, síntoma de ataque de hongos.



Figura 42. Gusano telarañero (*Spoladea Sp.*).



Figura 39. Planta que continúa su crecimiento a pesar de ser quebrada.



Figura 41. Tallo atacado por hongos de suelo.



Figura 43. Daño causado por *Spodoptera* en panoja.

Tabla 13. Duración de los períodos Vegetativos y Reproductivos de cada variedad.

Cultivar	Duración del ciclo (días)	Período vegetativo (días)	Período Reproductivo (días)
<i>A. cruentus</i>	127	64	63
<i>A.hypo. Artasa</i>	127	43	84
<i>A.hypo. 280</i>	148	78	70
<i>A.mantegazz.</i>	166	134	32

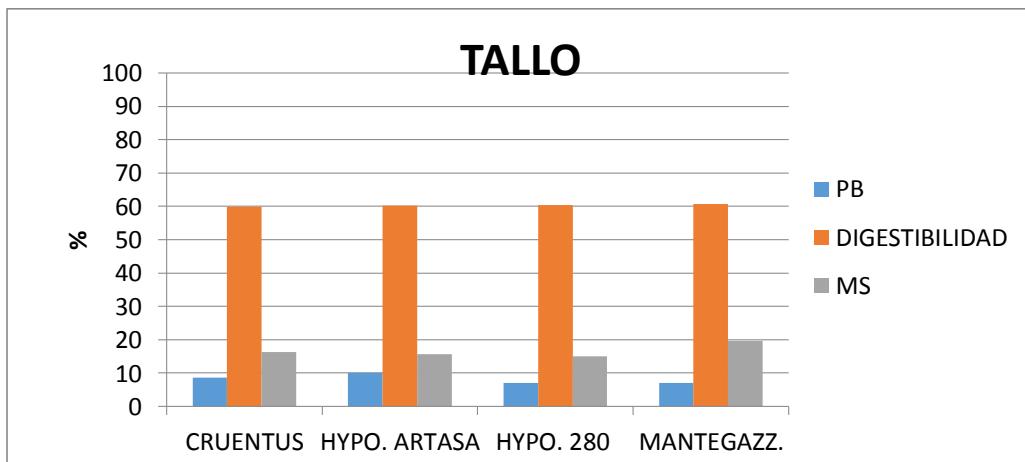


Figura 44. Proteína bruta, digestibilidad y materia seca del tallo.

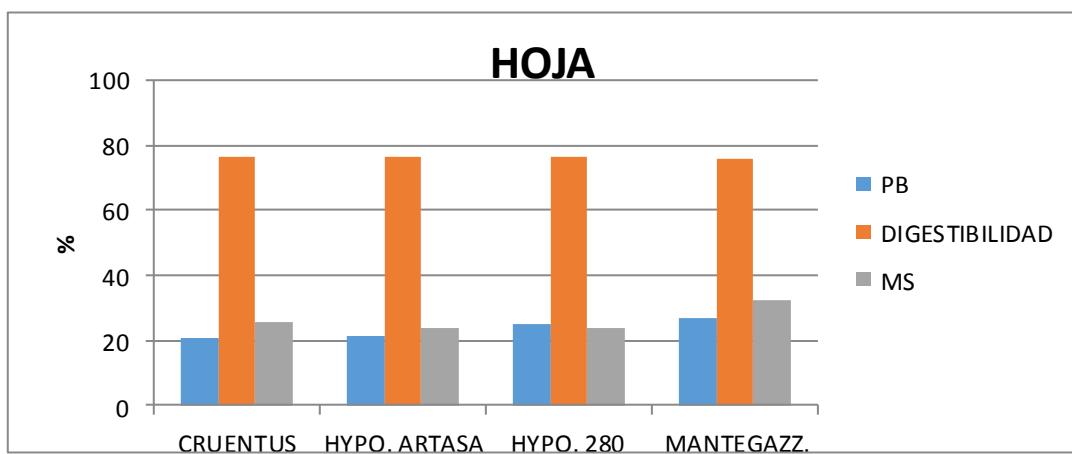


Figura 45. Proteína bruta, digestibilidad y materia seca de la hoja.

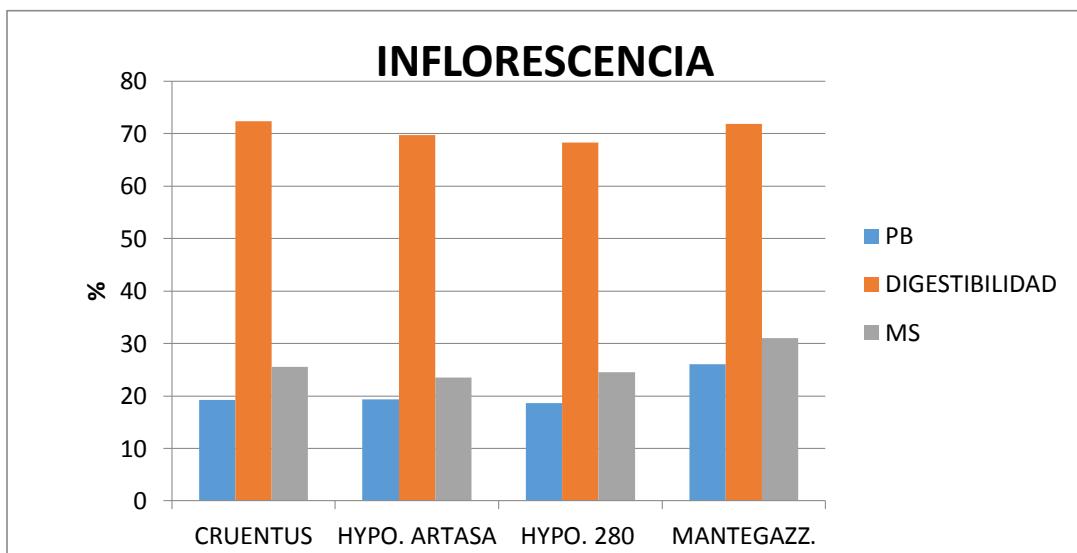


Figura 46. Proteína bruta, digestibilidad y materia seca de la inflorescencia.

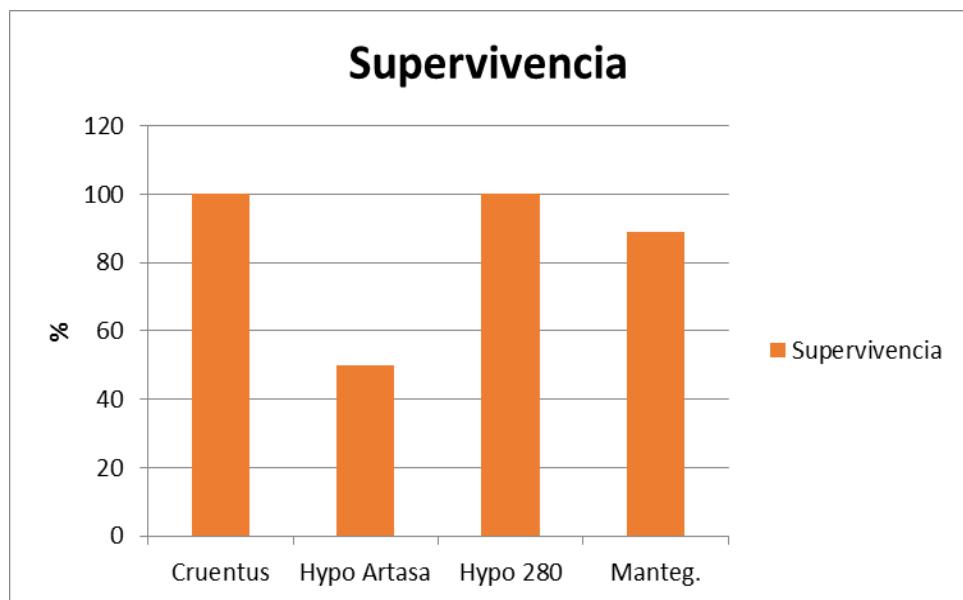


Figura 47. Supervivencia de los distintos cultivares.

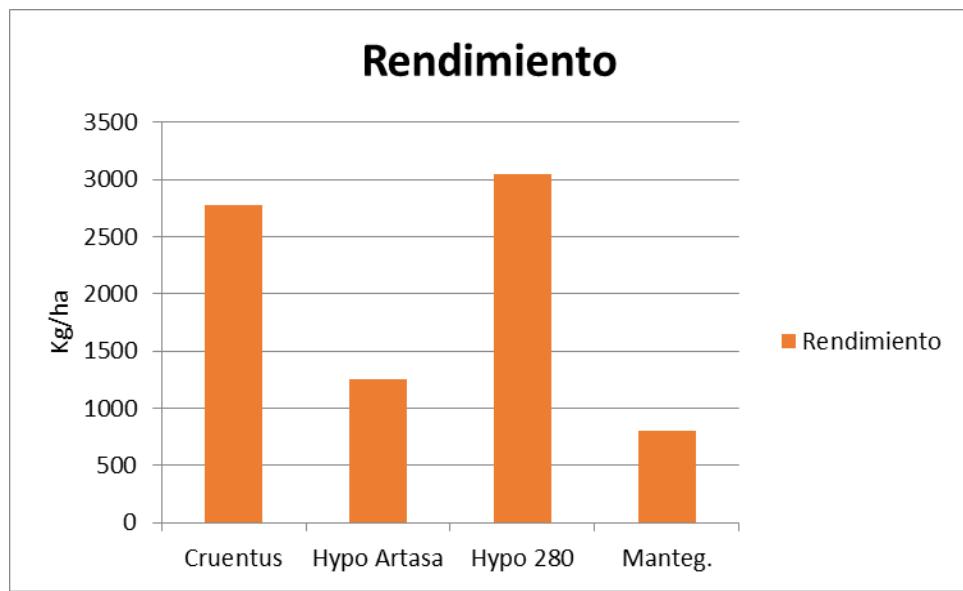


Figura 48. Rendimientos de los 4 cultivares utilizados en el ensayo.

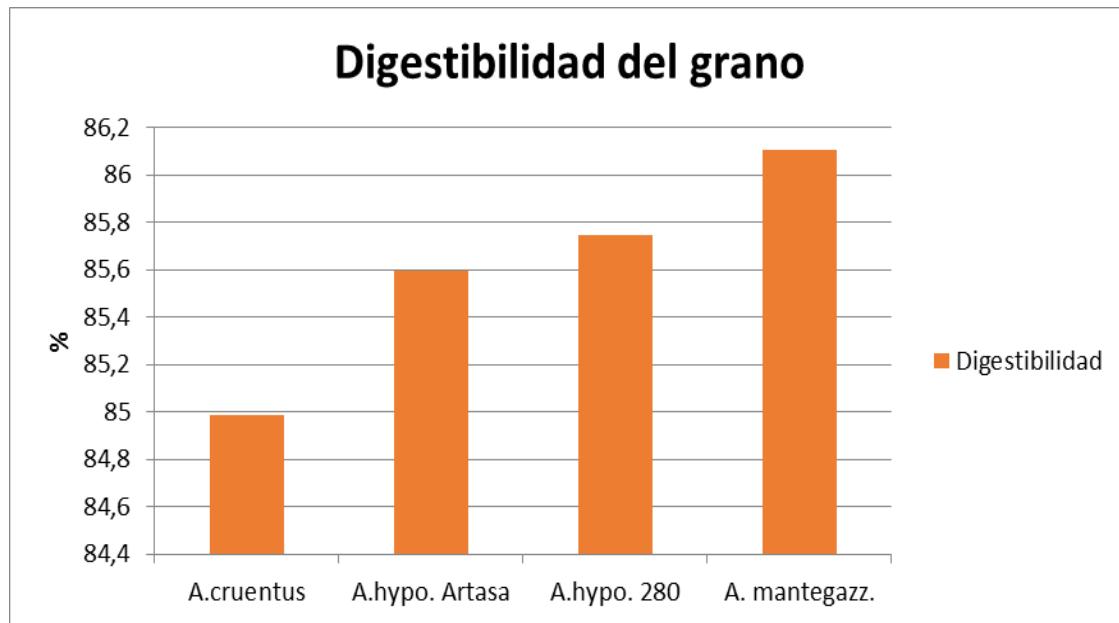


Figura 49. Digestibilidad del grano para cada variedad.

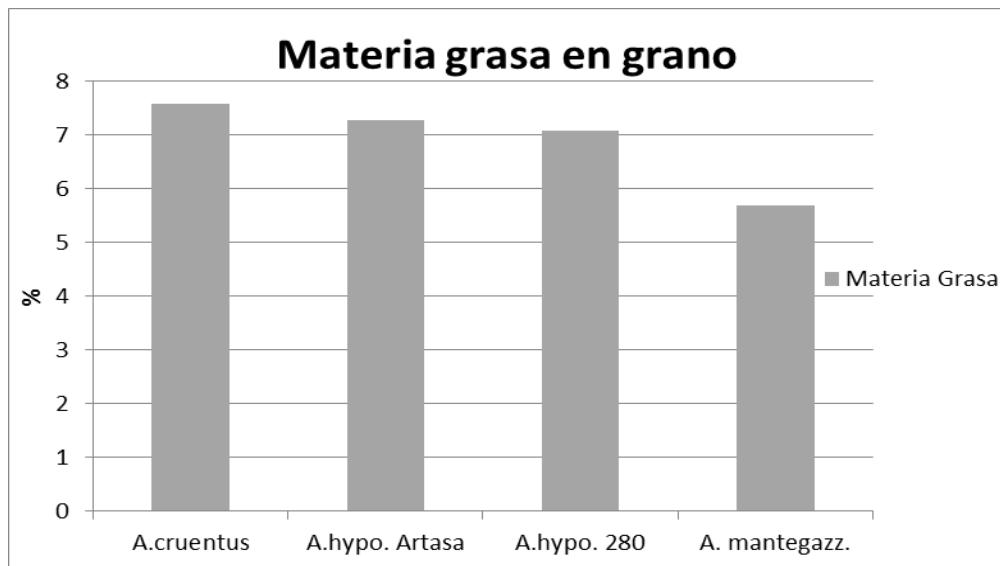


Figura 50. Materia grasa en grano para cada variedad.

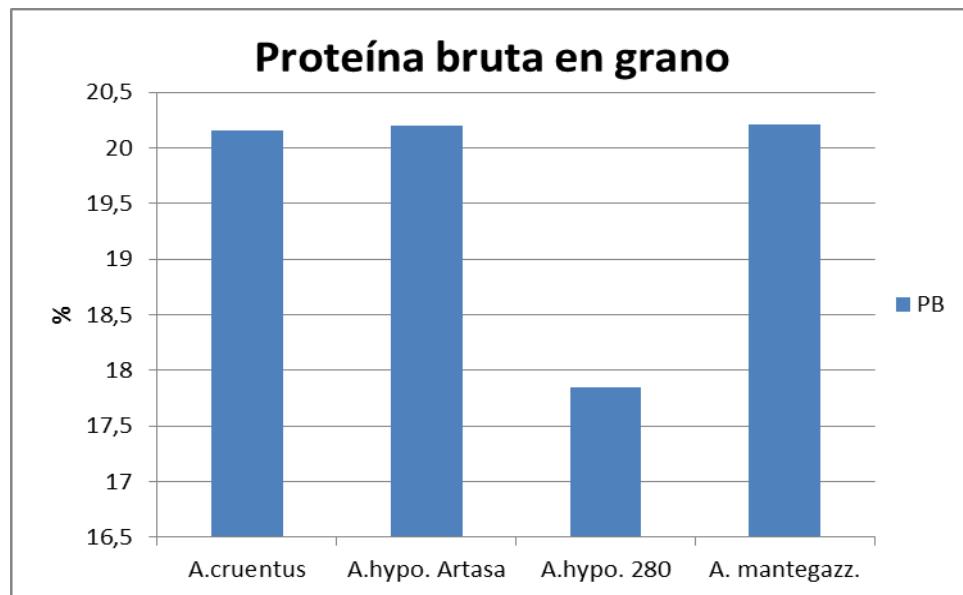


Figura 51. Proteína bruta del grano para cada variedad.