



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ



FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

RENDIMIENTO DE GRANO Y FORRAJE EN VARIEDADES DE AMARANTO
BAJO DOS DENSIDADES DE POBLACION EN SAN LUIS POTOSI

Por:

ARTURO MENDOZA ARAIZA

Tesis presentada como requisito parcial para obtener el título de
Ingeniero Agrónomo Fitotecnista

Soledad de Graciano Sánchez, S.L.P.

Agosto 2013



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ



FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

RENDIMIENTO DE GRANO Y FORRAJE EN VARIETADES DE AMARANTO
BAJO DOS DENSIDADES DE POBLACION EN SAN LUIS POTOSI

Por:

Arturo Mendoza Araiza

Tesis presentada como requisito parcial para obtener el título de
Ingeniero Agrónomo Fitotecnista

Asesor:

Dr. José Butrón Rodríguez

Co-Asesores

Dr. Ángel Natanael Rojas Velázquez

Dr. José Luis Woo Reza

El trabajo titulado “**RENDIMIENTO DE GRANO Y FORRAJE EN VARIEDADES DE AMARANTO BAJO DOS DENSIDADES DE POBLACION EN SAN LUIS POTOSI.**” fue realizado por: **Arturo Mendoza Araiza** como requisito parcial para obtener el título de “**Ingeniero Agrónomo Fitotecnista**” y fue revisado y aprobado por el suscrito comité de tesis.

Dr. José Butrón Rodríguez

Asesor

Dr. Ángel Natanael Rojas Velázquez

Co-Asesor

Dr. José Luis Woo Reza

Co-Asesor

Ejido de Palma de la Cruz, municipio de Soledad de Graciano Sánchez, San Luis Potosí
a 17 de Julio de 2013.

DEDICATORIAS

A DIOS

Por darme la dicha de tener vida y ser una mejor persona en caminata hacia el bien.

A mis padres JOSÉ MENDOZA MORENO Y AGUSTINA ARAIZA. Por brindarme su apoyo incondicional, educación comprensión y cariño durante mi formación profesional y humana.

A mis hermanos (a) Gisela, Efraín, Daniel y Jorge. Por ser la personas que son, y que siempre están ahí para apoyarme y que forman parte de los grandes momentos de mi vida, por su cariño que me brindaron durante el transcurso de mi carrera.

A MI ASESOR

Dr. José Butrón Rodríguez, por compartir sus conocimientos, consejos, confianza y por brindarme su apoyo le agradezco su dedicación y empeño en la elaboración de este proyecto

AGRADECIMIENTOS

A mi Universidad

Por darme la facilidad de forjar mis estudios profesionales.

A mi Facultad

Por haber recibido en ellas las instrucciones y enseñanzas que se me impartieron.

A mis asesores

Dr. José Butrón Rodríguez por la colaboración, paciencia, apoyo y sobre todo por haber guiado el desarrollo de este trabajo y llegar a la terminación del mismo. Por esa gran amistad y esos momentos de convivencia gracias.

Dr. Ángel Natanael Rojas Velásquez, por la colaboración, paciencia, apoyo y sobre todo por haber guiado el desarrollo de este trabajo. Por esa gran amistad y confianza gracias.

Dr. José Luis Woo. Por la buena disposición de su tiempo y el apoyo académico para realizar este trabajo.

A MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS

Por brindarme su amistad y esos buenos momentos que vivimos; Hilario, Josué Prisciliano, Josué Pedro, Juan Antonio, Eduardo, Josué Pedro, Ventura, Rosa Lilia Viviana, Giovanna y Amaranta los que me faltan de Fitotecnia 2008- 2012 que compartimos muchos momentos y experiencias juntos, a todos les deseo éxito en la vida.

A mis maestros, gracias por su tiempo y apoyo incondicional, Mc. Martín Anaya Camacho, Teacher, Ma de Guadalupe Barrientos y Claudia Rodríguez Tienda.

CONTENIDO

| | Página |
|---|--------|
| DEDICATORIA..... | i |
| AGRADECIMIENTOS..... | ii |
| CONTENIDO..... | iii |
| ÍNDICE DE CUADROS..... | v |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | vii |
| RESUMEN..... | xiii |
| SUMMARY..... | x |
| INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 1.1 Hipótesis..... | 2 |
| 1.2 Objetivo..... | 2 |
| LITERATURA REVISADA..... | 3 |
| Origen e Historia..... | 3 |
| Clasificación Taxonómica..... | 5 |
| Morfología del cultivo..... | 6 |
| Valor Nutricional..... | 8 |
| Contenido Energético..... | 12 |
| Calidad del forraje..... | 13 |
| Variedades utilizadas en México..... | 15 |
| Regiones productoras..... | 15 |
| Densidad de Población..... | 17 |
| Requerimientos Básicos del Cultivo..... | 18 |
| Técnicas de Manejo del Cultivo..... | 19 |
| Ciclo Vegetativo y Rendimientos..... | 21 |
| Plagas y Enfermedades..... | 22 |
| Uso del amaranto..... | 24 |
| MATERIALES Y MÉTODOS..... | 25 |
| Localización del Experimento..... | 25 |
| Clima..... | 25 |

| | |
|------------------------------------|-----------|
| Temperatura..... | 25 |
| Precipitación..... | 25 |
| Vegetación..... | 25 |
| Material Genético..... | 26 |
| Preparación del Terreno..... | 26 |
| Diseño Experimental..... | 27 |
| Modelo Estadístico..... | 27 |
| Trasplante..... | 29 |
| Características Registradas..... | 30 |
| Metodología..... | 31 |
| RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 32 |
| CONCLUSIONES..... | 42 |
| BIBLIOGRAFÍA REVISADA..... | 44 |

ÍNDICE DE CUADROS

| Cuadro | | Página |
|--------|--|--------|
| 1 | Clasificación botánica del amaranto cultivado..... | 6 |
| 2 | Composición de proteína del amaranto comparado a los principales cereales (gr / 100gr pasta comestible)..... | 9 |
| 3 | Valor nutricional del amaranto en relación con otras hortalizas (en 100 gr de hoja)..... | 11 |
| 4 | Valor nutricional del amaranto en relación con otras hortalizas (en 100 gr de hoja)..... | 11 |
| 5 | Valor nutritivo de la semilla cruda de amaranto comparado con cereales comunes (gr /100 gr)..... | 12 |
| 6 | Composición química de la semilla de amaranto (por 100 gr de parte comestible y en base seca)..... | 14 |
| 7 | Composición de las hojas de amaranto comparado con la espinaca (nutrientes seleccionados en 100 gr)..... | 14 |
| 8 | Contenido de nitratos y oxalatos en diferentes especies de amaranto y espinaca (gr / 100gr..... | 17 |
| 9 | Principales estados productores de amaranto en México..... | 26 |
| 10 | Material genético de amaranto utilizado en el trabajo experimenta... | 28 |
| 11 | Análisis de varianza (ANAVA) indicativo para el diseño de bloques completos al azar..... | 29 |
| 12 | Análisis de varianza indicativo para el diseño de bloques completos al azar con arreglo factorial..... | 32 |
| 14 | Valores medios para altura de planta de variedades y densidades de población..... | 33 |
| 15 | Cuadrados medios de los efectos principales y de la interacción para longitud de panoja..... | 34 |

| | | |
|----|---|----|
| 16 | Valores medios para longitud de panoja de tallo de variedades y densidades de población..... | 34 |
| 17 | Cuadrados medios de los efectos principales y de la interacción para la variable diámetro de tallo..... | 35 |
| 18 | Valores medios para diámetro de tallo de variedades y densidades de población..... | 36 |
| 19 | Cuadrados medios de los efectos principales y de la interacción para rendimiento de forraje verde..... | 36 |
| 20 | Valores medios para rendimiento de forraje verde de variedades y densidades de población..... | 37 |
| 21 | Cuadrados medios de los efectos principales y de la interacción para rendimiento de materia seca | 38 |
| 22 | Valores medios para rendimiento de materia seca ($t\ ha^{-1}$) de variedades y densidades de población..... | 38 |
| 23 | Cuadrados medios de los efectos principales y de la interacción para la variable rendimiento de grano..... | 40 |
| 24 | Cuadro de comparación de medias promedio de las variedades dentro de densidades de siembra para rendimiento de grano..... | 40 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| Figura | | Página |
|--------|--|--------|
| 1 | Comportamiento del rendimiento de materia seca de las variedades en las dos densidades de siembra..... | 39 |
| 2 | Comportamiento del rendimiento de grano de las variedades en las dos densidades de siembra..... | 42 |

RESUMEN

Actualmente se está retomando el cultivo del amaranto en varios países latinos, debido entre otros factores a su excelente calidad nutritiva, así como su amplio rango de adaptación a ambientes desfavorables para otros cultivos. Desde el punto de vista agronómico, es un cultivo que prospera en regiones temporaleras de baja precipitación, donde los cultivos básicos tienen poco éxito, es muy resistente a la sequía y al calor y requiere menos cantidad de agua que los cultivos básicos. En base a sus características nutricionales y sus bondades agronómicas, representa una oportunidad para diversificar los cultivos tradicionales, mejorar el nivel de vida de los productores y subsanar los problemas nutricionales en las zonas marginales del Estado. La introducción del cultivo de amaranto en San Luis Potosí es una alternativa viable por su potencial productivo de grano y forraje. Puesto que la investigación agronómica sobre el amaranto es escasa, los objetivos de esta investigación es: Determinar el comportamiento de las variedades de amaranto en las densidades de población en estudio y seleccionar la variedad de amaranto en la densidad de población con el mejor comportamiento en el rendimiento de grano y forraje. Las variables consideradas fueron: altura de planta (AP), longitud de panoja (LP), diámetro de tallo (DT), rendimiento de forraje verde (RFV), rendimiento de materia seca (RMS) y rendimiento de grano (RG). La distribución de los tratamientos en campo fue bajo el diseño bloques al azar con tres repeticiones y arreglo factorial, donde el factor A correspondió a las variedades con cuatro niveles (a_1 : Nutrisol, a_2 : Revancha, a_3 : Criolla y a_4 : Amaranteca) el factor B fueron las densidades de población con dos niveles (b_1 : 62,500 plantas y b_2 : 41,666 plantas). Las variables AP y LP arrojaron diferencia altamente significativa para las variedades, mostrando la mayor AP Nutrisol con una media de 144.66 cm y la media más alta para LP Nutrisol y Amaranteca con medias de 53.89 y 52.90 cm, respectivamente; para DT, las densidades de plantas mostraron diferencia altamente significativa, donde la media más alta correspondió a la densidad menor con un valor de 24.23 mm; FV no presentó significancia para los efectos

principales ni para la interacción; para la MS solo el factor variedades fue altamente significativa, registrando la variedad Nutrisol el mayor RMS con una media de $16.7855 \text{ t ha}^{-1}$; para el RG se detecto diferencia altamente significativa para la interacción y para variedades, las variedades Nutrisol y Amaranteca mostraron un mejor comportamiento en la densidad baja con medias de 3.5650 y 2.4216 t ha^{-1} , respectivamente, la variedad Criolla tubo un mejor RG en la densidad alta con una media de 2.1410 t ha^{-1} , Revancha presento un rendimiento igual estadísticamente en ambas densidades de población con valores medios de 2.2821 y $21.1108 \text{ t ha}^{-1}$ en la densidad alta y baja, respectivamente.

ABSTRACT

Currently it is resuming the cultivation of amaranth in several Latin countries, due among other factors to its excellent nutritional quality as well as its wide range of adaptation to unfavorable environments for other crops. From the agricultural point of view, is a crop that thrives in low rainfall rainfed regions where staple crops have little success, is very resistant to drought and heat and requires less water than crops. Based on its nutritional and agronomic benefits, represents an opportunity to diversify traditional crops, improving the standard of living of the producers and correct nutritional problems in marginal areas of the state. The introduction of the cultivation of amaranth in San Luis Potosi is a viable alternative for their productive potential of grain and fodder. Since amaranth agronomic research is scarce, the objectives of this research is to determine the pattern of varieties of amaranth in the study population densities and select the variety of amaranth population density with the best performance in the grain yield and forage. The variables considered were: plant height (AP), panicle length (PL), stem diameter (DT), green forage yield (RFV), dry matter yield (MSY) and grain yield (GY). The distribution of treatments in the field was under randomized block design with three replications and a factorial arrangement, where the factor A corresponded to the range with four levels (a1: Nutrisol, a2: Revenge, a3: a4 Criolla: Amaranteca) the factor B were population densities with two levels (b1: b2 storey 62,500: 41,666 plants). AP and LP variables yielded highly significant difference for varieties as AP Nutrisol showing an average of 144.66 cm and the highest average for Nutrisol LP and stockings Amaranteca with 53.89 and 52.90 cm, respectively, for DT, the densities of plants showed highly significant difference, where the highest mean lower density corresponded to a value of 24.23 mm; FV presented no significance for the main effects nor the interaction, to the MS only varieties was highly significant factor, recording the variety Nutrisol the largest RMS with an average of 16.7855 t ha⁻¹, for RG highly significant difference was detected for interaction and varieties, varieties Amaranteca Nutrisol and showed a better performance in low density with mean 3.5650 and 2.4216 t ha⁻¹, respectively, the local variety RG tube better in high density with an average of 2.1410 t ha⁻¹, Revenge present statistically equal performance in both population

densities with mean values of 2.2821 and 21.1108 t ha⁻¹ in the high and low density respectively.

INTRODUCCIÓN

El *Amaranthus sp* como cultivo, es originario de América. *A cruentus*, *A caudatus* y *A hypochondriacus* son las tres especies domesticadas para utilizar su grano, y probablemente descienden de las tres especies silvestres; *A powelli*, *A quitensis* y *A hybridus*, respectivamente, todas de origen americano; aunque se sostiene que *A quitensis* es sinónimo de *A hybridus* y que solamente esta última podría ser la antecesora de las tres cultivadas. En la actualidad amaranto se encuentra en toda la zona tropical del mundo y en muchas áreas tempranas, pero sobresalen: Perú, Bolivia, México, Guatemala, India, Pakistán, China, en la explotación de amaranto para grano y verdura y Malasia e Indonesia, únicamente para usar como verdura (Mujia, A. *et al.*, 1997). García, *et al.*, (2010), mencionaron que el origen del amaranto se ubica desde el suroeste de Estados Unidos y norte de México (*Amaranthus hypochondriacus*), en el sureste de México y Centroamérica (*Amaranthus cruentus*) y en los Andes argentinos (*Amaranthus caudatus*), existiendo indicios de que los nativos usaban el amaranto en la alimentación. En México, las migraciones hacia el sur lo trasladaron a la Mesa Central alcanzando su máxima relevancia, donde el cultivo de *Amaranthus hypochondriacus* estuvo muy extendido con la denominación de “huautli” igualando en importancia al maíz y al frijol. Actualmente se está retomando su cultivo en varios países latinos debido entre otros factores a su excelente calidad nutritiva, así como su amplio rango de adaptación a ambientes desfavorables para otros cultivos (Monteros, C. *et al.*, 1994). El balance de aminoácidos está cercano al requerido para la nutrición humana, con alto contenido de lisina comparado con otros cereales, lo que permite una excelente complementación aminoacídica con las proteínas de maíz, arroz y trigo; los principales ácidos grasos presentes en el aceite de amaranto son el ácido oleico y el ácido linoleico, así como una gran cantidad de minerales, principalmente calcio, magnesio y hierro (FAO, 1997). Desde el punto de vista agronómico, es un cultivo que prospera en regiones temporales de baja precipitación donde los cultivos básicos tienen poco éxito, es muy resistente a la sequía y al calor y requiere menos cantidad de agua (Mapes, 2010).

En base a sus características nutricionales y sus bondades agronómicas, representa una oportunidad para diversificar los cultivos tradicionales, mejorar el nivel de vida de

los productores y subsanar los problemas nutricionales en las zonas marginales del Estado. La introducción del cultivo de amaranto en San Luis Potosí es una alternativa viable para diversificar los cultivos tradicionales por su potencial productivo de grano y forraje. Puesto que la investigación agronómica sobre el amaranto es escasa, es necesario el estudio de nuevas variedades, su evaluación en diferentes densidades de población a fin de incrementar el rendimiento de grano y forraje a través de la selección de los genotipos más sobresalientes en el Estado. En el sistema tradicional de producción, las densidades de población fluctúan entre 50,000 y 100,000 plantas ha⁻¹, con rendimientos entre 0.5 y 1.5 t ha⁻¹ (Alejandre y Gómez, 1986); Torres *et al.*, (2006), mencionaron que se obtiene mayor rendimiento de semilla en altas densidades de población, así como altos valores de biomasa aérea, menor diámetro de tallo, porcentaje de acame y reverdecimiento, características agronómicas favorables para un mejor rendimiento de semilla.

Hipótesis

1. Las variedades de amaranto tienen un comportamiento diferente en las densidades de población en estudio, por su constitución genética.
2. Dentro de las variedades de amaranto en evaluación, existe al menos una variedad con mayor rendimiento de grano y/o forraje.

Objetivos

1. Estimar la interacción genotipo ambiente de las variedades de amaranto en las densidades de población en estudio.
2. Seleccionar la variedad de amaranto con el mejor comportamiento en el rendimiento de grano y forraje.

LITERATURA REVISADA

Origen e Historia

El amaranto es una planta autóctona de América, domesticada, cultivada y utilizada desde hace más de 4000 años (Sauer, 1967). El amaranto se cultiva en América desde hace unos 5000 años, según algunos investigadores arqueólogos hasta unos 10,000 años atrás. La primera civilización en explotarlo como cultivo de alto rendimiento fue la maya, de quienes los incas y los aztecas aprendieron su cultivo y consumo (Academia Nacional de Ciencias de EEUU, 1975). El *Amaranthus sp* como cultivo es originario de América. *A cruentus*, *A caudatus* y *A hypochondriacus* son las tres especies domesticadas para utilizar su grano, y probablemente descienden de las tres especies silvestres; *A powelli*, *A quitensis* y *A hybridus*, respectivamente, todas de origen americano; aunque se sostiene que *A quitensis* es sinónimo de *A hybridus* y que solamente esta última podría ser la antecesora de las tres cultivadas. En la actualidad el amaranto se encuentra en toda la zona tropical del mundo y en muchas áreas tempranas, pero sobresalen: Perú, Bolivia, México, Guatemala, India, Pakistán, China, en la explotación de amaranto para grano y verdura y Malasia e Indonesia, únicamente para usar como verdura (Mujia, A. *et al.*, 1997). García, *et al.*, (2010), mencionaron que el origen del amaranto se ubica desde el suroeste de Estados Unidos y norte de México (*Amaranthus hypochondriacus*), en el sureste de México y Centroamérica (*Amaranthus cruentus*) y en los Andes argentinos (*Amaranthus caudatus*), existiendo indicios de que los nativos usaban el amaranto en la alimentación. En México, las migraciones hacia el sur lo trasladaron a la Mesa Central alcanzando su máxima relevancia, donde el cultivo de *Amaranthus hypochondriacus* estuvo muy extendido con la denominación de “huautli” igualando en importancia al maíz y al frijol.

Juan Manuel Vargas López, investigador de la Universidad de Sonora/México, menciona crónicas españolas de la época indicando que el territorio de los aztecas, más de 5,000 hectáreas eran dedicadas a la siembra del amaranto y se producía alrededor de 15 a 20 toneladas del grano de amaranto al año, lo que lo ubica en el tercer lugar después del maíz y frijol. Los agricultores de 20 provincias pagaron con estas enormes cantidades (unas 1,500 semillas no llegan a pesar de su gramo) los tributos que el

imperio azteca cobraban a los pueblos sometidos. Conocido como “xtes” por los mayas, “huautli” en el idioma, “kiwicha” (“pequeño gigante”) por los incas, la planta finalmente llego a ser denominada también “amaranto”, palabra que viene del griego y significa “la que no se marchita, la imperecedera”, este ultimo nombre se debe a que las flores del amaranto de cualquier especie después de cortadas duran mucho tiempo y no pierden el color. Más bien asumen un aspecto más delicado y bonito que cuando están vivas, razón por lo cual utiliza también como planta ornamental que simboliza la inmortalidad. Generalmente de color rojo sangre (pero también beige, purpura, verde, naranja, dorado), al amaranto siempre se le ha relacionado con la mística, y en la era neolítica se le vinculo a leyendas rituales. En festividades religiosas, las mujeres aztecas molían semilla, la teñían de rojo, la mezclaban con miel (el famoso dulce llamado “alegría”), melaza o incluso sangre de víctimas humanas de algún sacrificio, y moldeaban la pasta resultante (zoale) en formas de estatuas de ídolos y dioses. Estas estatuas eran después consumidas durante las ceremonias religiosas. Cuando Cortés invadió México en 1519 e inicio la conquista del imperio azteca, tales ceremonias eran consideradas como una perversión de la eucaristía católica y fueron vetadas de la cultura azteca. Afín de destruir la religión y eliminar sus rituales “paganos” Cortés prohibió todo cultivo del amaranto, ordeno que los sembradíos fueron quemados o aplastados, mandando cortar las manos, y hasta amenazando con la pena de muerte a las personas que fueran sorprendidas en posesión o cultivo de este grano. Casi de la noche a la mañana –sumando al mismo tiempo a la sustitución de los cultivos autóctonos por los europeos-uno de los cultivos más importantes de América cayó en desuso y oscuridad, mientras que el maíz y el frijol pasaron a convertirse en dos de los mayores cultivo que alimentan al mundo de hoy día (Academia Nacional de Ciencias de EEUU, 1975).

La conquista española terminó con su uso como artículo de primera necesidad en América, porque aparentemente su utilización en los rituales espantó a los conquistadores españoles, y con el colapso de las culturas indias después de la conquista, el amaranto cayó en el olvido y en el desuso, y solamente sobrevivió en América en pequeñas áreas de cultivo esparcidas en zonas montañosas de México y los Andes. Esta planta tenía usos alimenticios, ya que se recolectaban las hojas y semillas de las plantas silvestres en el tiempo del Imperio Azteca fue cuando el amaranto cobró gran

importancia tanto como cultivo alimenticio como por su carácter ceremonial, al grado de que las provincias que estaban sometidas al imperio enviaban anualmente grandes cantidades de semilla de amaranto al emperador Moctezuma como tributo (Casillas, 1977). Durante el tiempo de la conquista el cultivo del amaranto se extendía desde Jalisco hasta Oaxaca. Este cultivo a declinado en este siglo y actualmente sólo se practica en lugares aislados y a quedado reducido a pequeñas áreas, siendo las más importantes; Tulyehualco, D.F. Amilcingo y Huazulco, Mor; San Miguel del Milagro, Tlaxcala, Puebla y Oaxaca (National Academy of Sciences, 1975).

Clasificación Taxonómica

El amaranto es una planta perteneciente a la familia de las amarantáceas (Cuadro 1), la cual posee 70 géneros y más de 850 especies. El género *Amaranthus* tiene más de 60 especies, siendo las más importantes y conocidas las siguientes: a) *Amaranthus caudatus* L. cuyos sinónimos son: *Amaranthus edulis* Spegazzini, *Amaranthus mantegazzianus* Passerini.; b) *Amaranthus Hypochondriacus* L, cuyos sinónimos son: *Amaranthus leucocarpus* S, Wats y *Amaranthus flavus* L.; c) *Amaranthus cruentus* L. cuyo sinónimo es *Amaranthus paniculatus* L.; d) *Amaranthus hybridus* L. cuyo sinónimo sería *Amaranthus quitensis* S.; e) *Amaranthus tricolor* L., cuyos sinónimos serían *Amaranthus gangeticus* L., *Amaranthus tristis* L., *Amaranthus mangostanus* L. y *Amaranthus melancholicus* L. f) *Amaranthus blitum* L. sinónimo de *Amaranthus lividus* L.; g) *Amaranthus dubitus* L. y h) *Amaranthus virides* L., sinónimo de *Amaranthus gracilis* Desf.

El amaranto es una especie anual, herbácea o arbustiva de diversos colores que van del verde al morado o púrpura con distintas coloraciones intermedias (García *et al.*, 2010).

Cuadro 1. Clasificación taxonómica del amaranto cultivado.*

| Reino Vegetal | |
|--------------------------------|---|
| División | <i>Embryophyta Siphonogama</i> |
| Subdivisión | <i>Angiospermae</i> |
| Clase | <i>Dicotyledonae</i> |
| Subclase | <i>Archiclomidae</i> |
| Serie | <i>Centrospermae</i> |
| Familia | <i>Amaranthaceae</i> |
| Género | <i>Amaranthus</i> |
| Especies cultivadas para grano | <i>hypochondriacus, cruentus y caudatus</i> |

*Fuente: Tapia, M. 1997 Cultivos andinos subexplotados y su aporte a la alimentación 2ª. Edición, FAO.

Morfología del Cultivo

Planta

El amaranto es una especie que alcanza gran desarrollo en suelos fértiles; en algunos casos supera los dos metros 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). El amaranto es una planta muy eficiente en la fijación de CO₂. También se caracterizan por no presentar fotorespiración y un bajo empleo de agua para producir la misma cantidad de follaje que los cereales (FAO, 1992; Nieto, 1990.) Raíz: Posee raíz pivotante, con un buen número de ramificaciones y múltiples raíces delgadas, que se extienden rápidamente después de que el tallo empieza a ramificarse, facilitando la absorción de agua y nutrientes (Mujica y Berti, 1997).

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, cuyo grosor disminuye de la base al ápice, presenta distintas coloraciones que generalmente coinciden con el color de las hojas, aunque a veces se observan estrías de diferentes colores, presenta ramificaciones que en muchos casos comienzan desde la base o a media altura y que se originan en las

axilas de las hojas. El color del tallo es variable, va desde un color blanco amarillento hasta verde claro, inclusive rojo vinoso. (Sumar, 1982).

Hojas

Las hojas son pecioladas, sin estipulas de forma oval, elíptica, alternas u opuestas con nervaduras prominentes en el envés, lisas o poco pubescentes de color verde o púrpura cuyo tamaño disminuye de la base al ápice, presentando borde entero de tamaño variable de 6.5 – 15 cm. (Sumar, 1993; Tapia, 1997). Las hojas también varían en su forma; pueden ser romboides, lisas y de escasa o nula pubescencia (Mujica y Berti, 1997).

Inflorescencia

El amaranto posee grandes inflorescencias que llegan a medir hasta 90 centímetros de largo y pueden ser decumbentes, semierectas y erectas, adoptando formas glomerulares o amarantiformes, densas, laxas o compactas. El eje central de inflorescencia (la continuación del tallo) lleva grupos de flores llamados dicasio. El número de flores de cada de estos dicasio es variable, con flores masculinas y femeninas dispuestas en la inflorescencia en forma sésil o ligeramente pedunculada; las flores estaminadas una vez producido el polen se cierran y se caen; las flores estaminadas o pistiladas, están compuestas de una bráctea externa y cinco sépalos verduzcos, dos externos y tres internos, los primeros ligeramente más grandes. En las flores estaminadas hay cinco estambres de filamentos delgados y largos terminados en anteras que se abren en dos sacos, las flores pistiladas tienen un ovario semiesférico que contiene solo un ovulo, con tres ramas estigmadas (Sumar, 1982).

Fruto

El fruto es un pixidio unilocular, es decir, una capsula, que cuando madura presenta dehiscencia transversal, lo que facilita la caída de la semilla (Nieto, 1990; Sánchez, 1980). En el grano se pueden diferenciar tres partes; la cubierta, conocida como epispermo, una segunda capa que está formada por los cotiledones y es la parte más rica en proteína, y una capa interna, rica en almidones conocida como perisperma. (Nieto, 1990). Existen algunas especies de amaranto que tienen pixidios indehiscentes,

característica que puede ser transferida a cultivares comerciales de amaranto (Brenner, 1990).

Semilla

La semilla es muy pequeña mide de 1 a 1.5 mm de diámetro y el número de semillas por gramo oscila entre 1.000 y 3.000 son de forma circular y de colores variados, existen granos blancos, blanco amarillentos, dorados, rosados, rojos y negros. Todas las especies silvestres presentan granos negros y de cubiertas muy duras (Nieto. C. 1990).

Valor Nutricional

Una de las características más importantes del amaranto es, su alto valor nutritivo, este cultivo se puede aprovechar de múltiples formas, como grano, verdura o forraje; (Mapes, 2010). Casillas, (1977) reconoce que el alto valor nutritivo de la semilla de amaranto que se produce en México, ha despertado gran interés por este cultivo en varias partes del mundo. El amaranto es un vegetal con un muy alto valor nutritivo por su alto contenido de proteínas (Cuadro 2), aminoácidos y minerales; en los últimos años se ha comprobado, por medio de técnicas analíticas modernas, la alta calidad y cantidad de proteínas que contiene el amaranto, lo que llama la atención de los especialistas en alimentos (García *et al.*, 2010). El amaranto posee entre 14 y 18 g de proteína, valor superior al de todos los cereales (p.e. trigo: 10 a 15 g; arroz: 5 a 8 g); las extraordinarias propiedades nutricionales y fisicoquímicas de la proteína están bien documentadas; su importancia no radica en la cantidad sino en la calidad de la misma con un excelente balance de aminoácidos (ante todo los esenciales). El amaranto se destaca por un contenido importante de lisina, aminoácido esencial en la alimentación humana, que comúnmente es más limitante en otros cereales. Según la FAO y la OMS, sobre un valor proteico ideal de 100, el amaranto posee 75, la leche vacuna 72, la soja 68, el trigo 60 y el maíz 44. Cuando se realizan mezclas de harina de amaranto con harina de maíz, la combinación resulta excelente, llegando a índices cercanos del 100, porque el aminoácido que es deficiente en uno abunda en el otro. Además, la digestibilidad de su grano es del 93%. A su vez, el grano de amaranto no posee gluten, por lo que es apto para celíacos (Academia Nacional de Ciencias de EEUU., 1975). García *et al.*, (2010)

menciona que la cantidad de proteína de la semilla es mayor que la de los cereales. Contiene más del doble de proteínas que el maíz, arroz y del 60 al 80% más que el trigo. Mapes (2010), menciona que la proteína del amaranto tiene un valor biológico, pues es la que presenta el balance de aminoácidos que más se acerca a la proteína ideal; la eficiencia proteica del amaranto es comparable con lo de la caseína. En particular el aminoácido esencial lisina, el cual no se encuentra en las proteínas de los cereales, en el amaranto se presenta en cantidades dobles con respecto a la que presentan los granos comunes. Como resultado de esta, el amaranto puede ser usado para complementar alimentos elaborados con maíz, trigo y arroz. Desde el punto de vista nutricional es especialmente benéfico para los grupos sociales mas vulnerables como serian los niños y mujeres embarazadas o las que se encuentran en la fase de la lactancia (Espitia, 1991).

Cuadro 2. Composición de proteína del amaranto comparado a los principales cereales (gr /100 gr pasta comestible).

| Cultivo | Proteína |
|----------|-------------|
| Amaranto | 13.6 – 18.0 |
| Cebada | 9.5 – 17.0 |
| Maíz | 9.4 – 14.2 |
| Arroz | 7.5 |
| Trigo | 14.0 – 17.0 |
| Centeno | 9.4 – 14.0 |

Fuente: Nacional Academy of Sciences, 1975. Underexploited tropical plants with promising economic value. Washington, D.C. USA.

En cuanto a las vitaminas (Cuadro 3), el amaranto contiene tiamina, riboflavina, neacina y vitamina C, que se distribuyen principalmente en la cascara, en cantidades similares a las de los cereales. Los nutrimentos se encuentran en toda la semilla, por lo que se recomienda su aprovechamiento. En cuanto su composición de aminoácidos, contiene el doble de lisina que el trigo y el triple que el maíz, característica que hace del amaranto un alimento valioso para complementar las dietas basadas en cereales (García *et al.*, 2010).

El valor nutritivo de las hojas del amaranto (Cuadro 4), ha sido también ampliamente estudiado. Se ha encontrado que la hoja contiene altos valores de calcio, hierro, fósforo y magnesio, así como ácido ascórbico, vitamina A y fibra. El cultivo de amaranto para verdura requiere mayor humedad, ya que se ha observado que bajo condiciones de estrés hídrico las hojas contienen altos niveles de oxalatos y nitratos, que pueden tener efectos adversos para la nutrición humana. No obstante, al hervir las hojas la concentración de estos compuestos disminuye (www.ecovisiones.es.cl).

Cuadro 3. Valor nutricional del amaranto en relación con otras hortalizas (en 100 gr de hoja).

| Determinación | Amaranto | Acelga | Col | Espinaca |
|------------------|----------|--------|------|----------|
| Humedad (gr) | 86.9 | 91.9 | 87.5 | 90.7 |
| Proteína (gr) | 3.5 | 2.4 | 4.2 | 3.2 |
| Calcio (mg) | 267 | 88 | 179 | 93 |
| Tiamina (mg) | 0.08 | 0.06 | - | 0.10 |
| Niacina (mg) | 1.4 | 0.5 | - | 0.06 |
| Roboflavina (mg) | 0.16 | 0.17 | - | 0.2 |

Fuente: Carlsson, R. 1997. *Amaranthus* species and related species for leaf protein concentrate productions. In: *First Amaranth Seminary*, Emmaus, pa. 83-89

La hoja tiene más hierro que la espinaca. El hierro ayuda a prevenir la anemia en especial en los niños y mujeres embarazadas o que están amamantando bebés. Contiene calcio que previene la enfermedad del debilitamiento de los huesos (osteoporosis). (Monteros, C. 1994). En la mayoría de las especies las hojas contienen alrededor de 3.5 % de proteínas y 5 gr de lisina por cada 100 gr de proteína.

Cuadro 4. Valor nutricional del amaranto en relación con otras hortalizas (en 100 gr de hoja).

| | Hojas de amaranto | Acelgas | Hojas de espinaca |
|-----------------|--------------------------|----------------|--------------------------|
| Calorías | 21.0 kcal | 20.0 kcal | 23.0 kcal |
| Carbohidratos | 4.1gr | 4.1gr | 3.8gr |
| Proteína | 2.1gr | 1.9gr | 3.0gr |
| Calcio | 209.0 mg | 58.0 mg | 136.0 mg |
| Fósforo | 72.0 mg | 33.0 mg | 56.0 mg |
| Hierro | 2.3 mg | 2.3 mg | 3.6 mg |
| Vitamina C | 41.1 mg | 18.0 mg | 9.8 mg |
| Fibra Dietética | n/a | 2.1gr | 2.4gr |
| Folato | 57.0 mcg | 9.0 mcg | 146.0 mcg |

USDA (United States Department of Agriculture, Departamento Estadounidense de Agricultura).

Esta planta subutilizada tiene un valor económico provisorio, el reto es encontrar un camino para incorporarla a los productos alimenticios existentes; la semilla (Cuadro 5) contiene mucho sodio, potasio, calcio, magnesio, zinc, cobre, manganeso, níquel y hierro, aunque este último probablemente es de baja digestibilidad por el contenido de fitatos (sustancia que se encuentra en las plantas y que atrapa el hierro haciéndolo inaccesible al organismo) (García *et al.*, 2010).

Cuadro 5. Valor nutritivo de la semilla cruda de amaranto comparado con cereales comunes (gr /100 gr).

| | Amaranto | Arroz | Trigo | Maíz amarillo | Avena |
|-----------------|-----------------|--------------|--------------|----------------------|--------------|
| Fibra dietética | 14.5gr | 6.5gr | 10.7gr | 9.4gr | 16.9gr |
| Proteína | 9.3gr | 2.8gr | 12.7gr | 7.3gr | 10.6gr |
| Grasas | 6.5gr | 0.5gr | 2.0gr | 4.7gr | 6.9gr |
| Carbohidratos | 66.2gr | 79.2gr | 75.4gr | 74.3gr | 66.3gr |
| Calcio | 153.0mg | 3.0mg | 34.0mg | 7.0mg | 54.0mg |
| Hierro | 7.6mg | 4.23mg | 5.4mg | 2.7mg | 4.7mg |
| Calorías | 374.0 kcal | 358.0 kcal | 340.0 kcal | 365.0 kcal | 389.0 kcal |

USDA (United States Department of Agriculture, Departamento Estadounidense de Agricultura).

Contenido Energético

El valor energético del amaranto es mayor que el de los cereales. El contenido de proteína del grano de amaranto es elevado y algo mayor que el de los otros cereales (Cuadro 6) García *et al.*, (2010).

Cuadro 6. Composición química de la semilla de amaranto (por 100 gr de parte comestible y en base seca).

| Característica | Contenido |
|--------------------|-----------|
| Proteína (gr) | 12 – 19 |
| Carbohidratos (gr) | 71.8 |
| Lípidos (gr) | 6.1 – 8.1 |
| Fibra (gr) | 6.5 – 5.0 |
| Cenizas (gr) | 3.0 – 3.3 |
| Energía (kcal) | 391 |
| Calcio (mg) | 130 – 164 |
| Fósforo (mg) | 530 |
| Potasio (mg) | 800 |
| Vitamina C (mg) | 1.5 |

Fuente: Nieto, C. 1990. El cultivo de amaranto (*Amaranthus spp.*) una alternativa agronómica para Ecuador. INIFAP, EE. Santa Catalina. Publicación Miscelánea N° 52 Quito Ecuador.

Los carbohidratos del amaranto por su estructura tan fina, son muy fáciles de digerir, por lo que estos proveedores principales de energía para el cuerpo humano, al consumir éste producto de amaranto, rápido se ponen a nuestra disposición (criterio indispensable con el que debe cumplir un alimento para que pueda brindar beneficios a los deportistas, especialmente los de alto rendimiento, en su entrenamiento). El componente principal en la semilla del amaranto es el almidón, representa entre 50 y 60% de su peso seco. El diámetro del granulo de almidón oscila 1 y 3 micrones, mientras que los maíz son hasta 10 veces más grandes y los de la papa pueden ser hasta 100 veces mayores. Estas reducidas dimensiones del granulo de almidón del amaranto facilitan su digestión que resulta de 2.4 a 5 veces más rápidas que el almidón de maíz, (Academia Nacional de Ciencias de EEUU., 1975). Nieto, C (1990) menciona que el almidón del amaranto posee dos características distintivas que lo hacen muy prometedor en la industria: y tiene

propiedades aglutinantes inusuales y el tamaño de la molécula es muy pequeña (aproximadamente un decimo del tamaño del almidón del maíz), estas características se pueden aprovechar para espesar o pulverizar ciertos alimentos o para imitar la consistencia de la grasa. (Nieto, 1990).

El contenido de los lípidos va 7 a 8%. Estudios recientes han encontrado contenido relativamente alto de escualeno (aprox. 8% del aceite de la semilla). El esculeno es un excelente aceite para la piel lubricante y precursor del colesterol que se obtiene comúnmente de animales como la ballena y el tiburón (www.ecovisiones.es.cl).

Calidad del Forraje

Las hojas presentan un alto contenido de calcio (Cuadro 7) debido a la gran cantidad de ácido oxálico que poseen las plantas de amaranto en la etapa vegetativa, las hojas presentan mayores contenidos de nutrientes similares a muchas hortalizas de hoja tales acelga, espinaca, verdolaga, etc., mostrando alto contenido de proteínas, fosforo, hierro, calcio y vitaminas como vitamina C, retinol, y niacina. El contenido de ácido oxálico (Cuadro 8), presentes en las hojas del amaranto y que son tóxicos para el hombre no superan el 4.6 %, nivel que es inofensivo para la salud humana, puesto que estos se destruyen casi en su totalidad y con facilidad durante el proceso de cocción o con el tratamiento caliente-húmedo, (García *et al.*, 2010).

Cuadro 7. Composición de las hojas de amaranto comparado con la espinaca (nutrientes seleccionados en 100 gr) *

| Componente | Amaranto | Espinaca |
|-------------------|----------|----------|
| Materia seca (gr) | 13.1 | 9.3 |
| Energía (cal) | 36 | 26 |
| Proteína (gr) | 3.5 | 3.2 |
| Grasa (gr) | 0.5 | 0.3 |
| Carbohidratos | 6.5 | 4.3 |
| Total (gr) | 1.3 | 0.6 |
| Cenizas (gr) | 2.6 | 1.5 |
| Calcio (mg) | 267 | 93 |
| Fósforo (mg) | 67 | 51 |
| Hierro (mg) | 3.9 | 3.1 |
| Sodio (mg) | --- | 71 |
| Potasio (mg) | 411 | 470 |
| Vitamina A (IU) | 6100 | 8100 |
| Tiamina (mg) | 0.08 | 0.10 |
| Riboflavina (mg) | 0.16 | 0.20 |
| Niacina (mg) | 1.4 | 0.6 |
| Vitamina C (mg) | 80 | 51 |

* Nutrientes por 100 g de porción comestible Saunders, R.M. Y R. Becker. 1994. A potencial food and feed resource. En: Adv. Sci. Tech. Vol. VI AACC. Ed. Pomeranz.

Cuadro 8. Contenido de nitratos y oxalatos en diferentes especies de amaranto y espinaca (gr / 100gr).

| Especie | Nitratos (gr) | Oxalatos solubles (gr) | Oxalatos totales (gr) |
|--------------------|------------------|---------------------------|--------------------------|
| A. Caudatus | 0.29 | 2.4 | --- |
| A. Cruentus | 0.74 | 7.8 | 3.0 |
| A. Hypochondriacus | 0.65 | 1.7 | --- |
| A. Hybridus | 0.41 | 1.7 | --- |
| A. Retroflexus | --- | 4.5 | 1.8 |
| A. Dubius | 0.43 | 3.0 | --- |
| Spinacea oleracea | 1.22 | 8.2 | 3.5 |

Fuente: Casillas, G. F. 1986a. Importancia de la Semilla de alegría. p. 289-299. En: Primer Seminario Nacional del Amaranto. Chapingo, México.

Variedades utilizadas en México

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

Espitia (1991b) considera que la designación más adecuada para estos tipos es la de razas, ya que cada una tiene una distribución definida y ha sido desarrollada bajo condiciones agroclimáticas distintas, lo cual las ha llevado a evolucionar por diferentes caminos. Las razas más importantes desarrolladas en México son: Mexicana, Guatemalteca, Azteca, Mercado y Mixteca. Otras razas importantes desarrolladas en otros países son: Africana, Nepal, Picos, Sudamericana y Edulis. Cabe señalar que no todas las poblaciones coinciden completamente con las características de una raza o tipo, pues existe una gran hibridación entre ellas. Espitia (1991b) en México, desarrolló la variedad mejorada Revancha que corresponde a *Amaranthus Hypochondriacus* y derivada de la raza Mercado cuyas principales características son: alto potencial de producción de grano ($4,518 \text{ kg ha}^{-1}$), precoz con 131 días de periodo vegetativo, altura de planta adecuada para la mecanización del cultivo (137 cm) y uniformidad de maduración, además de otras características importantes como color verde de la planta, panoja erecta con pocas ramificaciones cortas, grano blanco y adaptación a zonas templadas de 1400 – 2400 msnm. También se tienen las líneas experimentales Durango – HI, Durango – CL, obtenidos en el CIIDIR – IPN – Durango, cuyos potenciales de producción son bastantes elevados, con precocidad adecuada amplio rango de adaptación, de grano grande, blanco y características agronómicas y nutricionales sobresalientes (Alejandre, 2004). Se tienen líneas y ecotipos sobresalientes en producción y otras características desarrolladas por investigadores del INIFAP, entre ellas se tienen a: INIFAP-653, INIFAP-654, INIFAP-655 e INIFAP 153-5-3.

Regiones Productoras

En México los estados que se dedican a la siembra de este cultivo son: Distrito Federal, Estado de México, Morelos, Oaxaca, Puebla, Querétaro y Tlaxcala produciendo

3 863.2 ton, anónimo, mencionado por (García *et al.*, 2010). Puebla es considerado uno de los principales estados en la producción de amaranto con 2 510.8 ton, sembrando más de 50 % del total nacional. Hay cuatro regiones productoras de semilla; el Popocatepetl colindando con el estado de Morelos incluye los municipios de Acteopan, Atzizihuacán, Huaquechula y Tochimilco; en el Ixtazihualt los municipios de San Felipe Teotlalcingo (San Juan Tetla), San Martín Texmelucan y San Salvador El Verde; en la Mixteca Poblana los municipios de San Juan Ixcaquixtla, San Martín Atexcal y Tepexi de Rodríguez y por último en el municipio de Tehuacán (Martínez *et al.*, 2004).

La nueva valoración que ha tenido el amaranto en el mundo también despertó el interés de agrónomos e investigadores mexicanos. En la década de los 80 el impulso a la producción del grano llegó a elevar la superficie sembrada de 500 ha en 1983 a 1500 ha en 1986. Diversas instituciones nacionales como el Colegio de Posgraduados de Chapingo, el Instituto Nacional de la Nutrición, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, la Universidad Nacional Autónoma de México, el Instituto Politécnico Nacional, la Universidad Autónoma Metropolitana, la Universidad Autónoma Chapingo y el Instituto Nacional de Antropología e Historia, entre otras, han apoyado trabajos de investigación de muy diversa índole que han contribuido a aumentar nuestro conocimiento y las potencialidades de tan importante recurso.

Actualmente en el INIFAP se encuentra un importante banco de germoplasma; en 1993 este banco contaba con 495 registros. Sin embargo el apoyo para el cultivo y la investigación del amaranto parece haber disminuido durante la última década. Según datos de la SAGARPA en 1997 se sembraron 817 ha de amaranto y se obtuvo una producción de 1,089 ton, la producción por estados en México se presenta en el siguiente (Cuadro 9).

Cuadro 9. Principales estados productores de amaranto en México.

| Estados | Superficie (Ha) | | Producción (Ton) | Rendimiento (Ton ha ⁻¹) | Precio (\$/Ton) | Valor de la producción (\$) |
|---------------------|-----------------|-----------|------------------|-------------------------------------|-----------------|-----------------------------|
| | Sembrada | Cosechada | | | | |
| Baja California sur | 8 | 3 | 8 | 2.667 | 2,500.00 | 20.000 |
| D.F. | 161 | 161 | 152 | 0.944 | 2,500.00 | 380,000 |
| Morelos | 202 | 202 | 306 | 1.515 | 2,490.20 | 762,006 |
| Puebla | 286 | 286 | 346 | 0.860 | 2,183.00 | 755,318 |
| Tlaxcala | 160 | 160 | 277 | 1.371 | 3,992.50 | 1,105,922 |
| Total Nacional | 817 | 812 | 1089 | 1.218 | 2,733.10 | 3,023,246 |

Fuente: Barros, C. y Buenrostro, M. 1997. Amaranto, fuente maravillosa de sabor y salud. Editorial Grijalbo. México, D.F.

Densidades de Población

Algunos investigadores mencionan que la densidad de población por la cual se obtiene los máximos rendimientos de grano y forraje, dependen del: material genético, espacio entre hileras, fertilidad del suelo, agua en el suelo y factores climáticos (Sprague, 1977; Duthil, (1976); Glanze (1977), menciona que depende de la variedad y las condiciones edáficas; Fakorede y Mock (1979), mencionan que una gran parte depende del genotipo; Lambert y Johnson (1979), menciona que el máximo de rendimiento varía con el año. Rutger y Crowder (1967) concluyen en su investigación que depende del genotipo y la localidad, Corroborándolo Duncan (1984); Parga y Gómez (1984) concluyeron que el incremento porcentual, al aumentar la densidad para un mismo genotipo depende de la localidad, muchos investigadores en el mundo por razones como las anteriores se ven en la necesidad de enfocarse a encontrar un balance entre la densidad de población, nivel de fertilidad y cantidad de humedad en cada zona ecológica y cada genotipo para obtener un rendimiento potencial alto de los genotipos (Arnon, 1972). Define la densidad óptima como aquella con la cual se obtiene los rendimientos más altos. Robles 1975, menciona que cada región agrícola de acuerdo con sus condiciones ecológicas, edáficas y dependiendo del genotipo por sembrar requiere de una densidad, la cual producirá los máximos rendimientos de grano y/o forraje. La

densidad óptima dependerá de la distancia entre surcos y la distancia entre las plantas, ambas se determinaran experimentalmente, planeando tratamientos con diferentes combinaciones de los distanciamientos (Robles, 1979); Musac (1982), agrega demás que la estimación se deberá hacer por varios años consecutivos, ya que la respuesta puede variar con los años.

Inglett (1970), dicen que la reducción en el espacio entre hileras provoca que se haga un uso más eficiente de la energía solar, el uso del agua, además de sombreo reducen las pérdidas de agua por evaporación y evita el desarrollo de las malezas. Aldrich (1974), afirma lo anterior y además menciona que aumenta de importancia las perdidas por transpiración, agregando que en base a un gran número de experimentos en los Estados Unidos, se pudo constatar que la reducción en el espacio entre surcos de 102 cm a 76 cm produce un incremento promedio del 5% en el rendimiento de grano.

Requerimientos Básicos del Cultivo

Requerimiento de clima

El rango de adaptación para el amaranto va desde el nivel del mar hasta los 2800m de latitud, sin embargo, las especies que mejor comportamiento presenta a altitudes superiores a los 1000 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 grados a 24 grados C parecen ser óptimas para el cultivo (Monteros, C. et. Al. 1994).

A nivel experimental, se ha observado que en la germinación de semillas es óptima a 35 C la mayor eficiencia fotosintética se produce a los 40C y para que sufra daños fisiológicos 4C es decir, el cultivo no tolerante las bajas temperaturas, peor las heladas, en general, todas las especies prosperan muy bien en ambientes con alta luminosidad. (Nieto, 1990).

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, 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 hasta 3000 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, C. 1989).

Tipos de suelo

El género *Amaranthus*, se adapta a una amplia gama de tipos de suelos, sin embargo, las especies productoras de grano, prosperan, mejor en suelos bien drenados con un 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 un pH más bajo. En general se han 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). (Nieto, C. 1990).

Técnicas de Manejo del Cultivo

Preparación del suelo y siembra

Se pueden hacer siembras directas o mediante trasplante de plántulas previamente germinadas en semilleros, prácticamente que no es lo más común en nuestro medio. Cuando la siembra es directa es necesario preparar el suelo hasta que puede completamente mullido (libre de terrenos, palos, piedras o restos de cosecha anterior). La siembra se puede realizar en surcos, de aproximadamente 10 cm, de profundidad y separarlos 60 o 70 cm. Dentro del surco se puede sembrar a chorro o continuo o en golpes separados a 20 cm., se pueden colocar entre 10 y 20 semillas por golpe y luego tapar con 1 a 2 cm, de suelo suelto. (Nieto, 1990).

Cuando la época es muy lluviosa, es preferible colocar las semillas a un costado del surco para evitar el arrastre de estas o un tapado excesivo por la acción de las lluvias. También se pueden hacer siembras mecánicas, utilizando las sembradoras de hortalizas o de pastos como alfalfa o trébol. La densidad de siembra varía entre 2 y 6 Kg/ha, cuando la siembra es mecanizada y hasta 10Kg/ha, cuando es manual. (Monteros, C. *et al.* 1994).

Deshierbas

El cultivo presenta un crecimiento lento al comienzo del ciclo, por lo que es necesario realizar una deshierba, sobre todos en sitios en abundantes malezas para evitar la competencia. Luego del primer mes del cultivo crece rápidamente y cubre el suelo, impidiendo el desarrollo de malezas; sin embargo también es aconsejable una labor de aporque, la misma que servirá de segunda deshierbe. (Nieto, C. 1989).

Deshaije o aclareo

Es conveniente realizar raleos, para dejar el número adecuado de plantas por unidad de superficie. Se recomienda dejar entre 20 y 30 plantas por m², cuando el cultivo es para cosechar su grano y hasta 80 o 100 m², cuando es para verdura. Sin embargo, también se pueden prescindir del raleo, lo que da lugar a cultivos densos cuyas plantas crecen poco y producen menos, pero el rendimiento es compensable por el número de panojas. (Monteros, C. *et al.*, 1994).

Fertilización

El cultivo responde muy bien a la fertilización química, especialmente de nitrógeno y fosforo y al abonamiento orgánico. Se recomienda aplicar una fertilización de 80-40-40 Kg/ha de P-N-K aproximadamente 3 qq de 10-30_10 más 3 qq de urea y 1/2 qq de muriato de potasio, o unas 10 t/ha de materia orgánica bien descompuesta. En suelos de buena fertilidad o cultivados con especies que dejan remanentes de fertilización se pueden cultivar amaranto sin fertilizar. (Nieto, C. 1990).

Cosecha y trilla

La cosecha se realiza cuando la planta presenta signos de madurez, esto es: hojas secas en base y amarillamiento hacia el ápice de la planta y granos secos en la panoja, con cierta dehiscencia en la base de la misma. Se pueden realizar la siega con hoz y formar gavillas para luego trillar esta labor se pueden realizar manualmente, golpeando las panojas en tendales o como la ayuda de trilladoras estacionarias. Se han reportado cosechas exitosas, utilizando las cosechadoras combinadas las que realizan el corte y

trilla en el campo al mismo tiempo; sobre todo cuando el cultivo presenta cierta uniformidad y las plantas no presentan panojas decumbentes. (Barros, C. 1997).

Luego de la trilla es conveniente procesar el grano, previo al almacenamiento o la comercialización. Se debe proceder al secado, e mismo que pueden realizarse al sol o con secadoras convencionales. La eliminación de impurezas (restos de hojas, brácteas o cubiertas de la semilla) es conveniente realizar para mejorar la calidad del producto (Nieto, 1990).

Ciclo Vegetativo y Rendimientos

La duración del ciclo vegetativo depende tanto de la variedad y especie a cultivar, como del ambiente, así con: *A cruentus*, cultivado a 600 m de altitud con 22°C de temperatura, se obtuvo cosecha a los 90 días la siembra, mientras que a 3050 m de altitud con 12°C de temperatura, la cosecha se alcanzo a los 180 días. En general el ciclo del cultivo varía entre 120 y 180 días. Pero puede darse casos extremos 90 o 240 días. Los rendimientos de grano son muy variables así se han reportado rendimientos des de 900 has ta 4000 Kg/ha, y en lo que se refiere al rendimiento de materia verde en *A hybridus*, se obtuvieron hasta 20 t/ha de materia fresca a los 40 días desde la siembra , de los cuales el porcentaje de hojas (parte aprovechable como verdura), oscilo entre 42 y 60%, mientras que en *A cruentus* y *A caudatus* se han encontrado alrededor de 30 t/ha de materia verde a los 40 días y alrededor de 60 t/ha a los 60 días, también con porcentajes de hojas superiores al 40% (Nieto, 1990).

Ruttle (1976) menciona que en la granja experimental del Organic Gardening Farming E.U.A. encontró que un metro cuadrado plantado con amaranto puede producir un kg de semilla. Cunard (1977) menciona que a 40,000 plantas ha⁻¹ para *Amaranthus cruentus* y *A. hypochondriacus* rindieron 0.925 y 1.12 ton ha⁻¹ respectivamente, y que *A. hypochondriacus*, a 80,000 plantas ha⁻¹, bajo riego produjo 2.5 ton ha⁻¹. Early (1977) señala que en sitios productores como Tulyehualco, Milpa Alta y San Gregorio, mismo que desde hace varios años fueron considerados como primordiales en la producción de grano de alegría, se llegaron a obtener más de 800 kg ha⁻¹ en condiciones de temporal. En Hauzulco, Mor., en años particulares, se han llegado a producir entre 1,500 y 2,200 kg de semilla por hectárea. Martínez (1996) menciona que en Tlaxcala los genotipos 653

y 153-5-3 de *A. hypochondriacus* alcanzaron rendimientos medios de 1.51 y 1.25 ton ha⁻¹ superando al genotipo # 656 tipo mexicano de *A. cruentus* en un 85 y 60 % en el rendimiento de grano respectivamente.

Plagas y Enfermedades

El amaranto es un cultivo de gran importancia para productores agrícolas, por su alto contenido de nutrientes y por la elaboración de diferentes productos que enriquecen su alimentación; pero las pérdidas por los daños que ocasionan los insectos plagas, hacen que los rendimientos no sean satisfactorios para los agricultores. En México se han reportado diversas enfermedades y plagas que atacan al amaranto, algunas son las siguientes, Sánchez (1980):

- a) *Alternaria* spp. Tizón del amaranto o alternariosis o atizonamiento
- b) *Phomopsis amaranticola* mancha negra del tallo
- c) *Esclerotinia* spp.
- d) *Cercospora* spp. Cercosporiosis del amaranto
- e) *Pithium* spp. Pudriciones o “Damping off”
- f) *Fusarium* spp. Pudriciones en la base del tallo y raíz, se observa en plantas aisladas.
- g) *Rhizoctonia* sp.
- h) *Albugo bliti*. Roya blanca
- i) *Choanephora cucurbitarum*. Pudrición húmeda
- j) *Erysiphe* sp. Oidium
- k) *Curvularia* spp.
- l) *Volutella* spp.

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

Existen otras enfermedades no causadas por agentes bióticos las cuales se denominan desordenes fisiológicos, y son causadas por agentes abióticos entre ellas están las bajas temperaturas que se presentan durante el desarrollo vegetativo del amaranto, las cuales son un factor muy importante para la producción, sobre todo en el área andina, siendo la fase fenológica de floración y panoja las más sensibles; cuando las temperaturas descienden a 4°C se afecta no solo el crecimiento del amaranto, si no que puede causar daño mecánico en el cultivo como consecuencia del congelamiento, trayendo como resultado muchas veces la perdida completa de la producción. Por ello el límite de altitud de este cultivo no sobrepasa los 3300 msnm, sin que tenga riesgo de daño por heladas. La fase fenológica que mejor tolera a las bajas temperaturas es la ramificación, cuando la helada le afecta en formación de la inflorescencia se produce el “Colgado de la panoja” dañando la parte basal de la panoja y no la inflorescencia en sí y como consecuencia la planta crece decumbente si es que se logra recuperarse; en el caso de afectar en floración, causa esterilidad de la planta por dañar los estambres y órganos florales; durante el periodo de llenado del grano la helada causa el chupado de las semillas y la producción de granos vacíos o vanos.

Espitia (1990) menciona que en el estado de México, este cultivo es atacado por diversos insectos, reportando a dos curculiónidos: *lixus truncatulus* L. que perfora la base de la planta, y otro sin identificar que barrena el tallo hasta la inflorescencia, además del crisomélido, *Dysonycha melanocephala* y el mírido *Lygus lineolaris* (Palisot de Beauvois) que se alimenta del grano tierno, y una “larva verde de lepidóptero que se alimenta del follaje y produce mucha seda”. González y Alejandre (1992) mencionan a un escarabajo que barrena el tallo sin especificar la especie, como el más abundante; y en Estados Unidos, Wilson y Olson (1990) señalan que la chinche *Lygus* y la pulga saltona son los insectos que más daño causan al amaranto. Aragón *et al.*, (1997) reportan 33 especies de insectos asociados al cultivo del amaranto en el Valle de Tehuacán Puebla; de estas especies, observaron que *L. truncatulus* ocasionan el 92 % del barrenamiento de los tallos. Por su parte, Délano-Frier *et al.*, (2004) evaluaron el efecto del ácido jasmónico sobre la inducción de la resistencia a insectos y el rendimiento en amaranto; de la misma forma indican que algunos tratamientos de dicho ácido

disminuyeron las poblaciones de insectos en la panoja de la planta, y reportan que la especie más abundante es la chinche *Oedancala* sp.

Uso del Amaranto

El amaranto es el cultivo que puede ser utilizado en la alimentación humana y animal. Para la alimentación humana se pueden utilizar el grano, ya sea entero o en harinas. Con el grano entero, previamente reventado (a manera de maíz canguil) se pueden preparar desayunos, postres, papillas, budines y otros. Se pueden también consumir los granos reventados mezclados con miel de caña, chocolate o miel de abeja. En México son muy comunes los dulces a manera de turrone que no son otra cosa que amaranto reventado mezclado con miel salificada en moldes. (Monteros, C *et, al.*, 1994). Se puede consumir como simple cereal o mezclado con jarabe de miel y azúcar (alegría), como componente de la granola. Si se muele el grano reventado se puede obtener harina de diferente granulometría que se utiliza en la panificación para hacer pasteles, panes y galletas entre otros productos. También es posible producir harina muy fina que sirve de base para maquillaje y con un proceso especial se extraen las proteínas que contiene el amaranto; de manera general se puede utilizar el amaranto para diferentes recetas de cocina, así hacemos más nutritiva la comida que se consume de manera cotidiana (Treviño, 1997). Un experimento muy interesante de la aplicación de la proteína de amaranto se llevo a cabo en San Luis Potosí en el municipio de Mexquitic de Carmona entre agosto de 1996 y julio de 1997 en el « Proyecto de investigación operativa del amaranto en la disminución de la desnutrición » (Posadas, 1998).

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del Experimento

El presente trabajo de investigación se estableció en el Campo Agrícola Experimental de la Facultad de Agronomía y Veterinaria (CAEFA) de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí; en el Ejido Palma de la Cruz del municipio de Soledad de Graciano Sánchez, SLP., localizado en el km 14.5 de la carretera San Luis-Matehuala; ubicado geográficamente a 22°14'10'' de latitud norte y 100°53'10'' de longitud oeste, a una altura de 1835 msnm.

Clima

De acuerdo a la clasificación de Köppen (1948), modificado por Enriqueta García (1972), el clima para esta zona corresponde a la fórmula BS o KW'' (1'), que equivale a un clima seco estepario frío.

Temperatura

La temperatura media anual es de 19.6°C, con una máxima de 35.5°C, y una mínima de 7.5°C, correspondiendo a los meses de abril, mayo y junio como los más calurosos; el periodo más frío es de octubre a abril, presentándose las heladas generalmente a fines del mes de octubre y principios de abril.

Precipitación

La precipitación media anual en la región es de 374mm, siendo los meses de mayo a septiembre cuando se presentan las lluvias con más frecuencia y abundancia (Salas, 2009). La dirección de los vientos dominante es del noreste al suroeste, que son vientos moderados a débiles provenientes del Golfo de México.

Vegetación

La vegetación predominante en la zona, de acuerdo a la clasificación de Rzedowski (1996), corresponde a matorral desértico micrófilo, siendo el estrato dominante el

arbustivo superior a dos o tres metros de altura, las especies dominantes son: El huizache (*Acacia tortuosa*); el mezquite (*Prosopis juliflora*) y el nopal (*Opuntia spp.*).

Material Genético

El material genético incluido en el presente experimento (Cuadro 10) estuvo conformado por cuatro genotipos de amaranto proporcionados por INIFAP de Celaya, Gto.

Cuadro 10. Material genético de amaranto utilizado en el trabajo experimental.

| No. de entrada | Material genético |
|----------------|---------------------|
| 1 | Variedad Nutrisol |
| 2 | Variedad Revancha |
| 3 | Variedad Criolla |
| 4 | Variedad Amaranteca |

Preparación del Terreno

La preparación de suelo debe ser lo más eficiente posible, ya que es parte fundamental en el proceso de producción del cultivo, puesto que el tamaño de la semilla es muy pequeña la cual requiere una buena cama de siembra; por ello se debe de realizar una labranza primaria utilizado tradicionalmente por dos razones: 1) remover la maleza y 2) propiciar un ambiente adecuado en el suelo para que la semilla pueda germinar y las plantas puedan desarrollarse en un medio donde las raíces obtengan los nutrientes, el agua y el aire necesarios para su crecimiento. Se debe realizar un barbecho para el desmenuzamiento de los terrones y que al mismo tiempo se disminuya el esfuerzo del tractor y arado, un buen barbecho es aquel que voltea el suelo de 25 a 30 cm de profundidad, sirve para aflojar el terreno, incorporar los residuos de la cosecha anterior, destruye las plagas del suelo y la maleza y mejora la penetración del agua y la aireación del suelo; la realización del barbecho con el “multiarado” además de contribuir a mantener la estructura del suelo, conserva la humedad, se realiza con mayor rapidez la actividad de preparación del suelo y a un costo menor que el barbecho con arado de discos. Se recomienda el uso de este implemento como parte importante de la tecnología de “Labranza de Conservación”. El rastreo depende de la textura del suelo y de las

condiciones de humedad del mismo, es conveniente realizar entre dos y tres pasos de rastra para formar una buena cama de siembra de por lo menos 10 cm de suelo mullido, elimina la primera generación de maleza, por lo que las labores de deshierbe serán menores.

La nivelación es una práctica que se realiza con el objetivo de eliminar los pequeños montículos y depresiones en el terreno para facilitar las labores posteriores del cultivo, evitar el encharcamiento que podrían favorecer la incidencia de enfermedades y para mejorar la conducción y la distribución homogénea del agua de riego (Jasso y Martínez, 2003).

Diseño Experimental

El diseño experimental utilizado fue bloques completos al azar con tres repeticiones, la parcela experimental consistió de cuatro surcos de 5.0 m de longitud con una separación entre los mismos de 0.80 m; el área experimental fue de 16.0 m²; para la parcela útil se consideraron dos metros los dos surcos centrales, en uno se estimó el rendimiento de grano y otras variables de importancia económica y en el otro el rendimiento de forraje verde, utilizándose una superficie de 3.2 m².

Modelo Estadístico

El modelo estadístico y análisis de varianza (Cuadro 11) del diseño bloques completos al azar utilizado fue.

$$Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + E_{ij}$$
$$i = 1, 2, \dots, t$$
$$j = 1, 2, \dots, r$$
$$E_{ij} \approx NI(0, s^2)$$

Donde:

Y_{ij} : respuesta del tratamiento i en ambiente j .

μ : media general.

T_i : efecto del tratamiento i .

B_j : efecto del bloque j .

E_{ij} : variable aleatoria (error experimental)

Cuadro 11. Análisis de varianza (ANAVA) indicativo para el diseño de bloques completos al azar.

| F.V | G.L | S.C | C.M | Fc | Ft |
|-------|--------------|--|----------------|------------|-------------------|
| Bl. | $r-1$ | $\sum_{j=1}^r (Y_{.j}^2/t) - Y_{..}^2/rt$ | $SCBl/r-1$ | $CMBI/CME$ | $r-1, (t-1)(r-1)$ |
| Tr. | $t-1$ | $\sum_{i=1}^t (Y_{i.}^2/t) - Y_{..}^2/rt$ | $SCTr/rt$ | $CMTr/CME$ | $t-1, (t-1)(r-1)$ |
| Error | $(t-1)(r-1)$ | $SC_{tot} - SCBl - SCTr$ | $SCE/t-1(r-1)$ | | |
| Total | $rt-1$ | $\sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^r Y_{ij}^2 - Y_{..}^2/rt$ | | | |

El modelo estadístico y análisis de varianza (Cuadro 12) del diseño bloques completos al azar con dos factores fue:

$$Y_{ijk} = \mu + R_k + A_i + B_j + (AB)_{ij} + E_{ijk}$$

$$i = 1, 2, \dots, a$$

$$j = 1, 2, \dots, b$$

$$k = 1, 2, \dots, r$$

$$E_{ijk} \approx NI(0, \sigma^2)$$

Donde:

Y_{ijk} : variable de respuesta para la combinación $A_i B_j$ en la repetición k .

μ : media general.

A_i : efecto del i -ésimo nivel del factor A.

B_j: efecto del j-ésimo nivel del factor B.

(AB)_{ij}: efecto de la interacción o efecto conjunto del nivel i-ésimo de A al combinarse con el j-ésimo nivel de B

E_{ijk} = variable aleatoria (error experimental) que se asume se distribuye normal e independiente con media cero y varianza s^2 .

Cuadro 12. Análisis de varianza indicativo para el diseño de bloques completos al azar con arreglo factorial.

| F.V | G.L | S.C | C.M | Fc | Ft |
|-------|-------------|--|---------------|----------|--------------|
| Bl. | r-1 | $\sum_{j=1}^r (Y_{.j}^2/t) - Y_{..}^2/rt$ | SCBl/r-1 | CMB/CME | r-1, gl. Ee |
| Tr. | ab-1 | $\sum_{i=1}^t (Y_{i.}^2/r) - Y_{..}^2/rt$ | SCTr/ab-1 | CMT/CME | ab-1, gl.Ee |
| A | a-1 | $\sum_{i=1}^a (Y^2_{i..}/br) - Y^2_{...}/abr$ | SCA/a-1 | SCA/SCE | a-1, gl.Ee |
| B | b-1 | $\sum_{j=1}^b (Y^2_{.j}/ar) - Y^2_{...}/abr$ | SCB/b-1 | SCA/SCE | b-1, gl.Ee |
| AB | (a-1)(b-1) | $\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b (Y^2_{ij}/r) - (Y^2_{...}/abr) - SCA - SCB$ | SCAB/(gl.a b) | SCAB/SCE | gl.AB, gl.Ee |
| Error | (ab-1)(r-1) | SCTot-SCBl-SCTr-SCAB | SCE/gl. E.ex. | | |
| Total | abr-1 | $\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^r Y^2_{ijk} - Y^2_{...}/abr$ | | | |

Trasplante

La siembra de las variedades se realizó en charolas de poliestireno utilizando como sustrato peat moss, el 17 de abril en el área de invernaderos de la Facultad de Agronomía previa desinfección de las charolas, con una solución de cloro al 1%. El trasplante se realizó el 20 de mayo previa anegación de la superficie experimental, aplicándose posteriormente un sobrieriego, cuatro días después del trasplante y cuatro riegos de

auxilio, se efectuó un deshierbe manualmente el 18 de junio; se aplicó 60 kg de nitrógeno por hectárea el 20 de junio del mismo año, manualmente.

Características Registradas

Las variables registradas en campo y laboratorio del presente trabajo experimental fueron las siguientes:

Altura de planta (cm)

Para la altura de planta se midieron tres plantas tomadas al azar de la parcela útil, midiéndose desde la superficie del suelo hasta el ápice de la panoja después de la floración, tomándose el dato promedio.

Longitud de panoja (cm)

Se consideraron tres panojas, tomadas al azar de la parcela útil y se procedió a medir la longitud con una regla desde la base hasta el ápice de la panoja y se promedió la longitud de la panoja.

Diámetro de tallo (mm)

Con un Bernier digital se midió la base del tallo de tres plantas tomadas al azar de la parcela útil, obteniéndose el valor medio.

Rendimiento de forraje verde (kg parcela⁻¹)

Se muestrearon y pesaron 2.0 m lineales (1.6 m²) por unidad experimental, posteriormente, se estimó el rendimiento promedio por tratamiento en kg y después se efectuó la conversión a toneladas por hectárea.

Rendimiento de materia seca (kg parcela⁻¹)

Las muestras para estimar el rendimiento de forraje verde se dejaron secar a temperatura ambiente y con ella se estimó el rendimiento de materia seca y posteriormente se hizo la conversión a toneladas por hectárea.

Rendimiento de grano (kg parcela⁻¹)

Se cosecharon y trillaron 2.0 m lineales (1.6 m²) de cada parcela, se pesó el rendimiento en una báscula digital y finalmente se calculo la equivalencia a toneladas por hectárea.

Metodología

Los datos de campo y laboratorio de las variables registradas se analizaron como un experimento bifactorial, considerándose como factor A las variedades, con cuatro niveles (a₁: Nutrisol, a₂: Revancha, a₃: Criolla y a₄: Amaranteca) el factor B fueron las densidades de población con dos niveles (b₁: 62,500 plantas y b₂: 41,666 plantas). Para cada una de las variables registradas se corrió un ANAVA y para aquellas variables que mostraron diferencia significativa para los efectos principales y/o la interacción o efecto conjunto entre los factores, se utilizó la prueba de comparación de medias de diferencia mínima significativa (DMS) con una confiabilidad del 95 %. Para el análisis estadístico de los datos se utilizó el paquete de diseños experimentales de la FAUANL.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del análisis de varianza (ANAVA) para la variable altura de planta (Cuadro 13), mostró diferencia altamente significativa entre los niveles del factor A (variedades), no arrojando diferencia significativa para los niveles del factor B (densidades de siembra), así como para la interacción o efecto conjunto entre variedades por densidades, con un coeficiente de variación de 4.64 %.

Cuadro 13. Cuadrados medios de los efectos principales y de la interacción para altura de planta.

| FV | GL | CM |
|------------------|----|--------------|
| Repeticiones | 2 | 27.9063 |
| Factor A | 3 | 5678.7500 ** |
| Factor B | 1 | 2.4688 NS |
| Interacción (AB) | 3 | 9.7135 NS |
| Error | 14 | 21.9609 |
| Total | 23 | |
| CV (%) | | 4.64 |

**, NS, diferencia altamente significativa y no significativa, respectivamente

Al aplicarse la prueba de comparación de medias (Cuadro 14) de diferencia mínima significativa (DMS) para la altura de planta se formaron tres grupos de tratamientos estadísticamente diferentes, el grupo con la mayor altura de planta correspondió al la variedad nutrisol con una media de 146.66 cm, el segundo grupo incluyó solo a la variedad Criolla con una media de 91.93 cm y el tercer grupo lo conformaron las variedades Amaranteca y Revancha con valores medios de 83.40 y 81.97 cm, respectivamente. Las densidades de siembra (62,500 y 41,666 plantas) no mostraron diferencia significativa para la altura de planta con valores medios de 101.31 y 100.67 cm, respectivamente. La no significancia para la interacción entre los factores nos indica que actúan independientemente. Torres et al. (2006), reportaron diferencia significativa para altura de planta entre variedades y no significancia para densidades de población, es

decir, la densidad no afectó la altura de planta, resultados que concuerdan con los obtenidos en el presente trabajo; no así para la interacción variedades por densidades, donde reportan significancia para la variable altura de planta. García et al. (2004), reportaron significancia para variedades, densidades y para la interacción, es decir, ambos factores no actúan independientemente para la variable altura de planta, al evaluar cinco variedades en cuatro densidades de población (31250, 41666, 62500 y 125000).

Cuadro 14. Valores medios para altura de planta de variedades y densidades de población.

| Var/densid. | 20 cm | 30 cm | Media | |
|-------------|----------|----------|----------|---|
| Nutrisol | 147.4433 | 145.8833 | 146.6633 | a |
| Revancha | 80.9333 | 83.0000 | 81.9667 | c |
| Criolla | 91.6000 | 92.2667 | 91.9333 | b |
| Amaranteca | 85.2667 | 81.5333 | 83.4000 | c |
| Media | 101.3108 | 100.6708 | 100.9908 | |

El ANAVA efectuado para la variable longitud de panoja (Cuadro 15), mostró diferencia altamente significativa entre variedades (factor A), no detectando diferencia significativa entre las densidades (factor B), ni para la interacción entre los factores (AB), es decir, los factores actúan independientemente, con un coeficiente de variación de 7.99%.

La prueba de comparación de medias de DMS para la variable longitud de panoja (Cuadro 16) mostró dos grupos de tratamientos el grupo con los valores más altos incluyó las variedades Nutrisol y Amaranteca con medias de 53.89 y 52.90 cm, respectivamente; el segundo grupo lo conformó la variedad Criolla con una media de 41.77 cm y la variedad Revancha con una media de 40.97 cm; Las densidades de siembra tuvieron un comportamiento medio de 47.62 y 47.14 cm de longitud para las densidades 62,500 y 41,625 plantas, en el mismo orden.

Cuadro 15. Cuadrados medios de los efectos principales y de la interacción para longitud de panoja.

| FV | GL | CM |
|------------------|----|-------------|
| Repeticiones | 2 | 9.7930 |
| Factor A | 3 | 290.8958 ** |
| Factor B | 1 | 1.3359 NS |
| Interacción (AB) | 3 | 5.1510 NS |
| Error | 14 | 14.3267 |
| Total | 23 | |
| CV (%) | | 7.99 |

** , NS, diferencia altamente significativa y no significativa, respectivamente

García *et al.* (2004), reportaron significancia para variedades, densidades y la interacción para la variable longitud de panoja, al evaluar cinco variedades en cuatro densidades de población (31250, 41666, 62500 y 125000). Lo cual no concuerda con estos resultados, probablemente porque evaluaron un rango más amplio de densidades de planta.

Cuadro 16. Valores medios para longitud de panoja de tallo de variedades y densidades de población.

| Var/densid. | 20 cm | 30 cm | Media |
|-------------|---------|---------|-----------|
| Nutrisol | 54.3333 | 53.4400 | 53.8867 a |
| Revancha | 41.5333 | 40.4000 | 40.9667 c |
| Criolla | 40.6667 | 42.8667 | 41.7667 c |
| Amaranteca | 53.9333 | 51.8667 | 52.9000 b |
| Media | 47.6167 | 47.1433 | 47.3800 |

Los resultados del análisis de varianza (ANAVA) para la variable diámetro de tallo (Cuadro 17), no arrojaron diferencia significativa entre los niveles del (factor A) variedades, mostrando diferencia altamente significativa entre las densidades (factor B)

de siembra y no diferencia significativa para la interacción entre los factores, con un coeficiente de variación de 11.58 %.

De acuerdo a los resultados de la prueba de comparación de medias de DMS para el diámetro de tallo (Cuadro 18) la densidad de 41666 plantas obtuvo la media mayor con un valor de 24.23 mm y la densidad de plantas de 62500 obtuvo la media inferior con un valor de 21.66 mm; las medias para las variedades tuvieron en un rango entre 21.50 y 25.65 mm para las variedades Revancha y Nutrisol, respectivamente. García *et al.* (2010) encontraron diferencia significativa para la interacción genotipo ambiente en diámetro de tallo al evaluar cinco genotipos de amaranto en Marín, NL., y Guadiana, Dgo.

Cuadro 17. Cuadrados medios de los efectos principales y de la interacción para la variable diámetro de tallo.

| FV | GL | CM |
|------------------|----|------------|
| Repeticiones | 2 | 13.3852 |
| Factor A | 3 | 20.5860 NS |
| Factor B | 1 | 39.4229 ** |
| Interacción (AB) | 3 | 3.7532 NS |
| Error | 14 | 7.0637 |
| Total | 23 | |
| CV (%) | | 11.58 |

** , NS, diferencia altamente significativa y no significativa, respectivamente.

Torres et al. (2006), reportaron diferencia significativa para variedades, densidades y la interacción de la variable en estudio, mencionando que los mayores diámetros de tallo para ambas variedades evaluadas, fue en la densidad baja de población (62500 plantas), resultados que concuerdan con los de la presente investigación, donde la densidad baja (41666 plantas) produjeron la media mayor para el diámetro de tallo.

Cuadro 18. Valores medios para diámetro de tallo de variedades y densidades de población.

| Var/densid. | 20 cm | 30 cm | Media |
|-------------|---------|---------|---------|
| Nutrisol | 23.2400 | 28.0767 | 25.6583 |
| Revancha | 20.9167 | 22.0833 | 21.5000 |
| Criolla | 21.4167 | 23.5000 | 22.4583 |
| Amaranteca | 21.0833 | 23.2500 | 22.1667 |
| Media | 21.6642 | 24.2275 | 22.9458 |
| | b | a | |

Los resultados del ANAVA para la variable rendimiento de forraje verde (Cuadro 19), no arrojaron diferencia significativa entre los efectos principales ni para la interacción entre ambos factores, con un coeficiente de variación de 14.42 %.

(Cuadro 19). Cuadrados medios de los efectos principales y de la interacción para rendimiento de forraje verde.

| FV | GL | CM |
|------------------|----|-----------|
| Repeticiones | 2 | 1.5778 |
| Factor A | 3 | 1.8272 NS |
| Factor B | 1 | 0.8818 NS |
| Interacción (AB) | 3 | 0.4894 NS |
| Error | 14 | 0.9036 |
| Total | 23 | |
| CV (%) | | 13.82 |

NS, diferencia no significativa.

Los valores medios para las variedades (cuadro 20) fueron de: 61.1365, 60.2861, 52.9862 y 52.2080 t ha⁻¹, para Revancha, Nutrisol, Criolla y Amaranteca, respectivamente; los valores medios para las densidades de plantas fueron de 57.140 t

ha⁻¹ para la densidad de 61,500 plantas y de 56.522 t ha⁻¹ para la densidad de 41,666 plantas. García et al. (2004), mencionaron que en Marín, NL., a medida que se incrementó la densidad de plantas, todos los genotipos evaluados incrementaron el rendimiento de forraje verde, reportando rendimientos de 80610, 47085, 37900 y 21330 ton ha⁻¹ en densidades de 125,000, 62,500, 41666 y 31250 plantas ha⁻¹, respectivamente; para el genotipo 33 de *A. cruentus*; y de 72500, 57650 y 34825 y 21030 ton hectárea⁻¹, en las mismas densidades, respectivamente, para la variedad criollo Tlaxcala de *A. hypochondriacus*. Aún cuando no se detecta diferencia entre variedades, densidades y la interacción de ambos factores, las variedades Criolla y Amaranteca tienen un comportamiento similar al descrito anteriormente, no así, para las variedades Nutrisol y Revancha que presentan un mejor comportamiento en la densidad baja, produciendo rendimientos de forraje verde superiores en las mismas densidades a los reportados en Marín, NL.

Cuadro 20. Valores medios para rendimiento de forraje verde de variedades y densidades de población.

| Var/densid. | 20 cm | 30 cm | Media |
|-------------|---------|---------|---------|
| Nutrisol | 58.6312 | 61.9410 | 60.2861 |
| Revancha | 59.2230 | 63.0500 | 61.1365 |
| Criolla | 56.2500 | 49.7225 | 52.9862 |
| Amaranteca | 53.8660 | 50.5500 | 52.2080 |
| Media | 56.9925 | 56.3158 | 56.6542 |

En base a los resultados del ANAVA para el rendimiento de materia seca (Cuadro 21), mostró diferencia altamente significativa para los niveles del factor A (variedades), y para la interacción entre los factores; los niveles del factor B (densidades de siembra) no mostraron diferencia significativa, con un coeficiente de variación de 11.51 %.

Para la variable rendimiento de materia seca, la prueba de comparación de medias (Cuadro 22) de DMS conformó tres grupos de tratamientos, donde el primer grupo incluyó solamente a la variedad Nutrisol con una media de 16.7855 t ha⁻¹ y el segundo

grupo a la variedad Revancha con una media de 13.3725 t ha⁻¹, el tercer grupo lo formaron las variedades Criolla y Amaranteca con valores medios de 10.823 y 9.3644 t ha⁻¹, respectivamente. Las densidades de siembra tuvieron un comportamiento medio de 13.020 y 12.152 t ha⁻¹, para la densidad de 61,500 y 41,625 planta, en el mismo orden (figura 1).

Cuadro 21. Cuadrados medios de los efectos principales y de la interacción para rendimiento de materia seca.

| FV | GL | CM |
|------------------|----|------------|
| Repeticiones | 2 | 0.0630 |
| Factor A | 3 | 0.8683 ** |
| Factor B | 1 | 0.00002 NS |
| Interacción (AB) | 3 | 0.0778 NS |
| Error | 14 | 0.0282 |
| Total | 23 | |
| CV (%) | | 11.51 |

**, NS, diferencia altamente significativa y no significativa, respectivamente.

Cuadro 22. Valores medios para rendimiento de materia seca (t ha⁻¹) de variedades y densidades de población.

| Var/densid. | 20 cm | 30 cm | Media |
|-------------|--------|--------|-----------|
| Nutrisol | 16.071 | 17.5 | 16.7855 a |
| Revancha | 13.690 | 13.055 | 13.3725 b |
| Criolla | 12.202 | 9.444 | 10.8230 c |
| Amaranteca | 10.118 | 8.6108 | 9.3644 c |
| Media | 13.020 | 12.152 | 12.5863 |

El alto rendimiento de materia seca de la variedad Nutrisol (16.7855 t ha⁻¹) puede explicarse por su alto rendimiento de forraje verde (60.5820 t ha⁻¹), así como su mayor altura de planta y longitud de panoja.

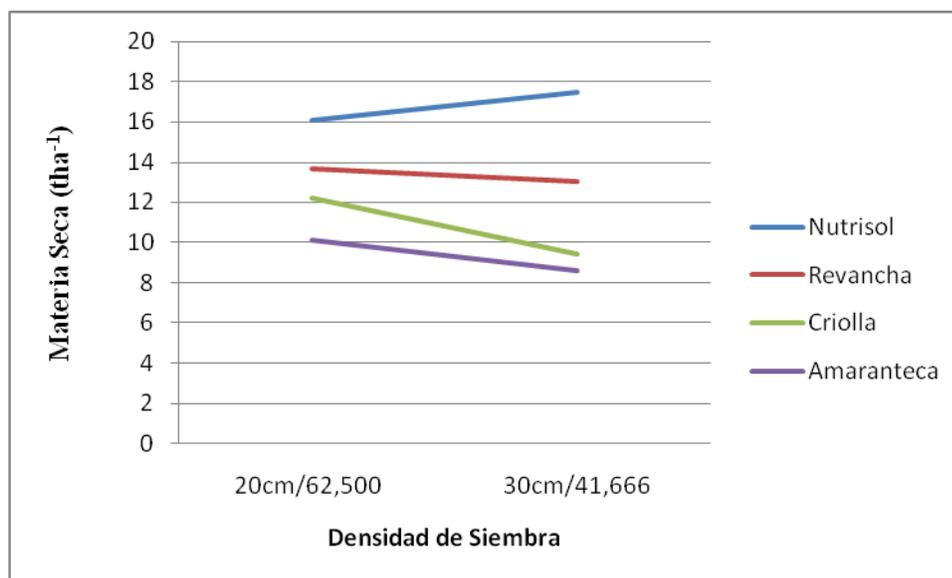


Figura 1. Comportamiento del rendimiento de materia seca de las variedades en las dos densidades de siembra.

Los resultados arrojados por el ANAVA para el rendimiento de grano (Cuadro 23) indican una diferencia altamente significativa entre las variedades y para la interacción o efecto conjunto entre los factores, no así, entre densidades de siembra, con un coeficiente de variación de 10.31%.

Al evaluar el comportamiento promedio de los niveles del factor densidades de población, dentro de cada una de las variedades, e interpretar la significancia de la interacción entre ambos factores, se procedió a calcular el valor de la prueba de comparación de medias de la diferencia mínima significativa $DMS = t_{(\alpha, gl_e)} \sqrt{2CME/r} = 47.1459$; con base a los resultados de la comparación de medias para la interacción (cuadro 24), la variedad Nutrisol, registró un mejor comportamiento en el rendimiento promedio de grano y diferente estadísticamente en la menor densidad de población (41,666 plantas) con un valor de 3.5650 t ha⁻¹ y un rendimiento de 3.3714 t ha⁻¹ en la mayor densidad de población (61,500 plantas); la variedad Revancha no mostró diferencia significativa en su respuesta para el rendimiento de grano en ambas

densidades, con valores medios de 2.2821 y 2.1108 t ha⁻¹, respectivamente; la variedad Criolla mostró una diferencia significativa entre las densidades fechas de siembra, registrando su mayor rendimiento de grano en la mayor densidad, con una media de 2.1010 t ha⁻¹ y de 0.7100 t ha⁻¹ en la menor densidad de población; la variedad Amaranteca arrojó diferencia significativa para el rendimiento, mostrando su mejor rendimiento de grano en la menor densidad de población con un valor de 2.4216 t ha⁻¹ y un rendimiento de 1.4151 t ha⁻¹ en la mayor densidad de población (figura 2).

Cuadro 23. Cuadrados medios de los efectos principales y de la interacción para la variable rendimiento de grano.

| FV | GL | CM |
|------------------|----|---------------|
| Repeticiones | 2 | 235.1250 |
| Factor A | 3 | 62315.0820 ** |
| Factor B | 1 | 246.8750 NS |
| Interacción (AB) | 3 | 21837.0000 ** |
| Error | 14 | 724.6427 |
| Total | 23 | |
| CV (%) | | 10.31 |

**, *, NS, diferencia altamente significativa, significativa y no significativa, respectivamente.

Cuadro 24. Cuadro de comparación de medias promedio de las variedades dentro de densidades de siembra para rendimiento de grano.

| Var/densid. | 20 cm | 30 cm | Media |
|-------------|----------|----------|----------|
| Nutrisol | 3.3714 b | 3.5650 a | 3.4682 a |
| Revancha | 2.2821 a | 2.1108 a | 2.1964 b |
| Criolla | 2.1410 a | 0.7100 b | 1.4255 c |
| Amaranteca | 1.4151 b | 2.4216 a | 1.6035 b |
| Media | 2.3024 | 2.2018 | 2.2903 |

Para la variable rendimiento de grano de las variedades, la prueba de comparación de medias de DMS constituyó tres grupos de tratamientos, donde el primer grupo incluyó solamente a la variedad Nutrisol con una media de 3.4682 t ha⁻¹, el segundo grupo lo conformaron las variedades Amaranteca y Revancha con una media de 1.6035 y 2.1964 t ha⁻¹, en el mismo orden; el tercer grupo incluyó a la variedad Criolla con un valor medio de 1.4255 t ha⁻¹. Las densidades de siembra tuvieron un comportamiento medio de 2.3024 y 2.2018 t ha⁻¹, para la densidad de 61,500 y 41,666 planta, respectivamente. García et al. (2004), reportó diferencia significativa para variedades, densidades de plantas y para la interacción; resultados similares a los obtenidos en este experimento, excepto para densidades, así mismo, reporta mayores rendimiento de grano en altas densidades y bajos rendimientos en bajas densidades de población, reporta rendimientos de grano en Marín NL., de 1637.5, 1481.0, 1083.0 y 892.0 k ha⁻¹ en densidades de 125000, 62500 y 41666 y 31250 plantas ha⁻¹, en una variedad de *A. cruentus*; y de 306.2, 93.7, 90.0 y 27.0 k h⁻¹, en las mismas densidades, respectivamente, para el genotipo 655 de *A. hypochondriacus*; Henderson (1998), reportó que en Dakota del Norte EUA, con genotipos de *A. cruentus* obtuvo un rendimiento de grano de 1560 kg ha⁻¹; en una población de 125000 plantas ha⁻¹. En el presente trabajo, las variedades Nutrisol (3.5650 t ha⁻¹) y Amaranteca (2.4216 t ha⁻¹) expresaron un mejor comportamiento para el rendimiento en la densidad más baja y la variedad Criolla en la mayor densidad de plantas, sin embargo, la variedad Revancha manifestó un comportamiento similar en ambas densidades de prueba. Lo cual parece indicar que el comportamiento del rendimiento en las diferentes densidades está en función del genotipo de la variedad.

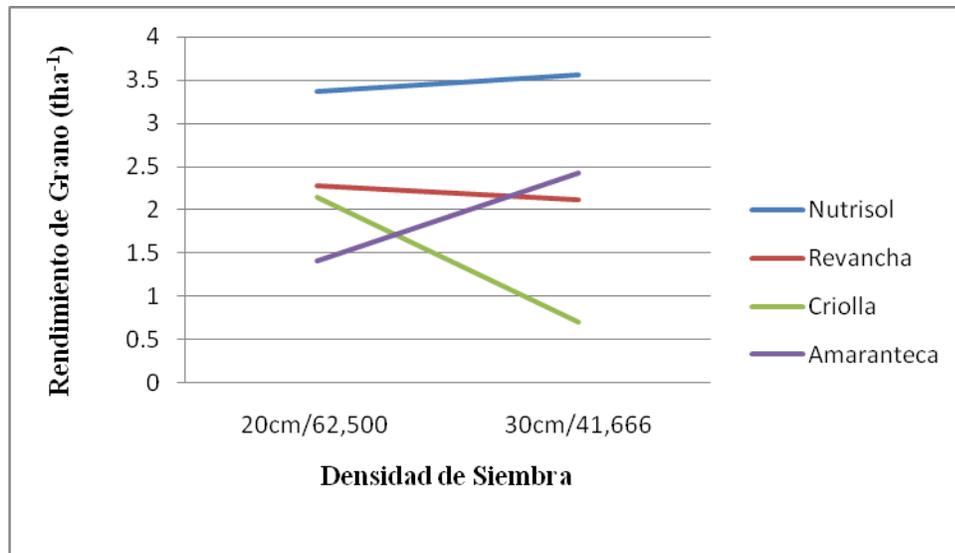


Figura 2. Comportamiento del rendimiento de grano de las variedades en las dos densidades de siembra.

CONCLUSIONES

La variedad Nutrisol mostró el mejor comportamiento en el rendimiento de grano en ambas densidades de población, produciendo el mayor rendimiento de grano en la densidad de 41,666 plantas, con una media de 3.565 t ha⁻¹. Asimismo, presentó la mayor altura de planta (146.66 cm), longitud de panoja (53.89 cm) y rendimiento de materia seca (16.7855 t ha⁻¹)

La variedad más estable para el rendimiento de grano fue Revancha con un rendimiento medio de 2.1108 y 2.2821 t ha⁻¹, en la densidad baja y alta, respectivamente.

La variedad Criolla presentó su mejor rendimiento de grano en la densidad alta (61,500 plantas) con una media de 2.1410 t ha⁻¹.

Las variedades tienen un comportamiento diferente en las dos densidades de población estudiadas.

BIBLIOGRAFÍA REVISADA

- Alejandre Iturbide. G. y F. Gómez L. 1986. Cultivo del Amaranto en México, Colección de Cuadernos Universitarios, Serie Agronomía No. 12 Universidad Autónoma de Chapingo, México. 245 - 248 pp.
- Alejandre Iturbide G. y M. Gispert. 2004. Amarantos de granos. *In:* cultivos marginados, otras perspectiva de 1492. J.E. Hernández Bermejo y J. León (eds.) FAO-ONU. Universidad de Talpa, Ecuador. P. 91-99
- Arnon, I. 1972. Crop production in dry regions. Volumen II. La edición plant Science Monographs. Ed. Leonard hill, London, england.
- Aldrich, R.S. 1974. Producción moderna de maíz. La edición. Ed. Hemisferio Sur. Argentina.
- Academia Nacional de Ciencias de EEUU., 1975.
- Brenner, D. 1990. Semillas de control de rotura con utriculos indehiscente en Amaranto. . Legacy 3:2-3.
- Barros, C. y Buenrostro, M. 1997. Amaranto, fuente maravillosa de sabor y salud. Grijalbo, México.
- Casillas, 1977. Anteproyecto técnico económico de una planta industrializadora de semilla de alegría *Amaranthus leocarpus s. Wats* Tesis Q.F.B. Tecnología de alimentos, Facultad de Química, UNAM. México. D.F. 63 pp.
- Carlsson, R. 1977. *Amaranthus* especies y especies afines para la proteína del acueducto concentran producciones. en . *En:* Proc. Primer seminario de amaranto , Emmaus, Pa. 83-89 pp.
- Cunard, Alex. 1977 *Amaranth* agronomía 1975-1976 *En:* Amaranto redada. RodalePress, Pennsylvania, USA. 35-36 pp.
- Colección FAO. 1992. Producción y Protección Vegetal N° 26. Kiwicha (*Amaranthus caudatus*) Roma, Italia. Pp. 143-146
- Casillas, G.F. 1986a. Importancia de la semilla de alegría. P. 289-299. *In:* Primer Seminario Nacional del Amaranto. Chapingo, México.
- Délano-frier J.P., N.A. Martínez-Gallardo, O. Martínez-de la Vega, M.D. Salas Araiza, E.R. Barbosa-Jaramillo, A. Torres, P. Vargas y A. Borodaneko. (2004) El efecto de la exógeno jasmónico ácido resistencia inducida n y la productividad en el amaranto (*Amaranthus hypocondriacus*) está influenciada por las condiciones ambientales . *J. chemical Ecol.* 30 (5): 1001-1034
- Duncan, W.G. 1984. Teoría para explicar la relación entre la población y el rendimiento de grano de maíz.. Rev. Crop Science. 24:1141.
- Duthil, J. 1976. Producción de forrajes. 3ª. Edición. Ed. Mundi-prensa Madrid, España. Pp: 268-273
- Early, D. K. 1977. Cultivo y usos del amaranto en México contemporánea. Actas de la Primera Conferencia de Amaranto Rodale Press, Pennsylvania 35-38 pp.

- Espitia, R. E. 1990. Situación actual y problemática del cultivo de amaranto en México, pp. 101 – 109, *irr.* A. Trinidad-Santos, F. Gómez-Lorente, y G. Suárez-Ramos (eds.) El amaranto *Amaranthus* spp. Su Cultivo y Aprovechamiento. Colegio de Posgraduados, Chapingo, Méx.
- Espitia, R. E. 1991b. Estabilidad del rendimiento en amaranto. p. 65 *In:* Primer congreso Internacional del Amaranto. Oaxtepec, Morelos, 22-27 sep. México.
- Espitia, R. E. 1991a. Revancha: variedad mejorada de amaranto para los valles altos de México. p. 64. *In:* Primer congreso Internacional del Amaranto. Oaxtepec, Morelos.
- Espitia, R. E. 1986b. Caracterización y evaluación preliminar de germoplasma de *Amaranthus* spp. Tesis Profesional. UAAAN, Saltillo, Coahuila, México.
- Fakorede, M.A.B. Y J.J. Mock. 1979. Estabilidad y adaptación respuestas de híbridos de variedades de maíz de developed de Selección recurrente para grano yield. . Rev. P.B.A.
- García Pereyra Jesus, Alejandre Iturbide, Gabriel, Valdés Lozano, Hiram. 2010 El Amaranto Investigación Agronómica en el Norte de México., Primera Edición. Instituto Tecnológico del Valle Guadalupe.
- Glanze, P. 1977. El maíz de grano. Ed. Euroamericana. México. Pp: 56-65.
- González. P. y G. alejandre I. (1992) *Entomofauna del amaranto (Amaranthus hypocondriacus L.)* resúmenes XXVII Congreso Nal. De Entomología. Sociedad mexicana de Entomología. Universidad Autónoma de San Luis Potosí, S.L.P. 29 de marzo-1 de abril. 482 p.
- Henderson T L, B L Jonson (1998) grano amaranth fechas seeding en las Grandes Planicies del Norte. *agronomía Journal* 90 (3):339 -344.
- Inglett, G.E.1970 Corn: Cultura, procesamiento, productos. Ed. El Publishing Empresa Avi , E.U.
- Lambert, R.J. y R.R. Johnson. 1979. Hoja ángulo morfología borla y el rendimiento de híbridos de maíz . Rev. P.B.A.
- Martínez *et al.*, 2004. Amaranto. Cadenas Agroalimentarias: el papel estratégico de la tecnología y su prospectiva en el estado de Puebla. Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología de Puebla. Fundación PRODUCE Puebla, A. C. Puebla, Puebla. 137 -143 pp.
- Monteros, C., Nieto, C. Caicedo, C. Rivera, M. Vimos, C. 1994. INIAP – ALEGRIA; Primera Variedad Mejorada de Amaranto para la Sierra Ecuatoriana. Boletín divulgativo N° 246. Pp.24
- Musac, I. *et al.* 1982. El influense de la densidad del soporte y los patrones de la distancia entre plantas sobre el rendimiento de maíz. Rev. P.B.A.
- Martínez, M. O. 1996. Dosis optima económica de fertilización organica e inorgánica de amaranto (*Amaranthus cruentus* L.) tipo mexicano 656, en Nazareno, Xoxocotlán, Oax. VII Congreso Nacional de Investigación y Desarrollo tecnológico Agropecuario. Roque, Celaya, Gto. pag. 157.

- Mujia, A y Berti, J. 1997. <http://www.fao.org>.
- Mazón, N., E. Peralta, M. Rivera, SUBIA, G. C. Tapia. 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. Pp. 98.
- Mujica Sánchez, A.; M. Berti; J. Izquierdo. 1997. El Cultivo de Amaranto (*Amaranthus* spp.): producción, mejoramiento genético y utilización. Departamento de Agricultura, División de Producción y Protección Vegetal, Roma – Italia. 97p.
- Mapes Sánchez Cristina., 2010 (*Amaranthus Spp.*) planta originaria de México.
- Muñoz Gómez Francisco, Gaytán Ruelas Guadalupe J, Lugo Arredondo Mario, Martínez Romero J. (2005), fabricación de una máquina para reventar granos de amaranto, Revista Ciencias Agropecuarias, año/vol. 14, número 004 Universidad Agraria de la Habana pp. 1-8.
- Nieto, C. 1989 El Cultivo del Amaranto (*Amaranthus* sp.) Una alternativa Agronómica para Ecuador. Programa de Cultivos Andinos EESC. Quito, Ecuador. Pp.24.
- National Academy of Sciences; 1975. Underexploited tropical plants with promising economic value. Washington, D. C. USA.
- Nieto, C. 1990 Identificación de microcentros de variabilidad en quinua, amaranto y chocho en Ecuador INIAP, EE. Santa Catalina. Publicación Miscelánea N° 52. Quito, Ecuador. Proyecto INIAP/IFAD/IPGRI. s.n.t. 15 p.
- Parga T., J.M. y J.R gomez G. 1984. Respuesta de híbridos de maíz (*zea mays* l.) a tres densidades de siembra de población de diversas localidades. Rev. Fitotecnia
- Robles S., R. 1975. Producción de granos y forrajes. Ed. Limusa. México , D.F.
- Robles S., R. 1979. Producción de granos y forrajes. Editorial Limusa.
- Rutger, J.N. y L.V. Crowder. 1967. Efecto de la alta densidad de plantas de ensilaje y grano rendimientos de seis híbridos de maíz. Rev. crop Science.
- Ruttle, J. 1976. Amaranto, el gigante apacible. La agricultura Jardinería Orgánica . 23:106-110.
- Sauer, J.D: 1967. El amaranto de grano y sus familiares. *Amaranthus* revisión taxonómica y geográfica encuesta . Ann, Missori Botanical Garden. 54:103- 137.
- Sprague, G.F. 1977. El maíz y la mejora del maíz. Ed. La Sociedad Americana de Agronomía . Inc., Estados Unidos. Pp: 645-649
- Sumar Kalinowski, L. 1982. *Amaranthus caudatus* El Pequeño Gigante. (Tercer Congreso Internacional de Cultivos Andinos, La Paz) Universidad Nacional el Cusco, Perú. Centro de Investigaciones de Cultivos Andinos. Pp.7.
- Sánchez M. A. 1980. Potencial agroindustrial del Amaranto. Centro de Estudios Economicos y Sociales del Tercer Mundo. México, D.F. 238 p.
- Tapia, M. 1997. Cultivos andinos subexplotados y su aporte a la alimentación. 2ª Edición. FAO, Oficina Regional para América Latina y el Caribe. Santiago, Chile.

- Torres Saldaña Guadalupe, Trinidad Santos Antonio, Reyna Trujillo Teresa, Cstillo Juarez Héctor, Escalante Estrada Alberto, de León González Fernando. 2006. RESPUESTA DE JENOTIPOS DE AMARANTO A DENSIDADES DE POBLACION Revista Fitotecnia Mexicana, octubre – diciembre, año/vol. 29, numero 004 Sociedad Mexicana de Fitotecnia, A.C. Chapingo, Mexico pp 307-312
- Wilson R.I. y D.I. Olson. (1990) Chinche de Bronce. *Lygus lineolaris* (Palisot de Beauvois) (Hemiptera: Miridae) Sitio oviposición preferencia en tres etapas de crecimiento de un grano de amaranto, *Amaranthus cruentus* L, J. Kansas Ent. Soc. 63 (1): 88-91.