

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA



Respuesta a los fertilizantes químico y orgánico en genotipos de amaranto

(*Amaranthus hypochondriacus* L.) en Navidad, Nuevo León.

POR:

GORGONIO LOPEZ TOLENTINO

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Agosto de 2010.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

RESPUESTA A LOS FERTILIZANTES QUÍMICO Y ORGÁNICO EN GENOTIPOS DE
AMARANTO (*Amaranthus hypochondriacus* L.) EN NAVIDAD, NUEVO LEÓN.

POR:

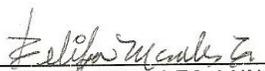
GORGONIO LÓPEZ TOLENTINO

TESIS

QUE SE SOMETE A CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR COMO
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO
EN PRODUCCIÓN.

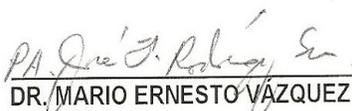
APROBADA

PRESIDENTE DEL JURADO


M.C. FELIPA MORALES LUNA

 
M.C. MARTHA VÁZQUEZ RODRÍGUEZ QFB. MARÍA ELENA GONZÁLEZ GUAJARDO

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE AGRONOMÍA


DR. MARIO ERNESTO VÁZQUEZ BADILLO



Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
Agosto de 2010

DEDICATORIA

A Dios.

En primer lugar dedico este trabajo a Dios y le doy gracias por haberme permitido realizarlo, gracias a él que me sigue prestando vida y salud para que este momento sea posible y porque nunca me ha dejado solo en ningún instante y quiero que nunca me deje solo, que cuide cualquier paso en mi vida, le pido por mi familia y que los cuide como siempre lo ha hecho, gracias Dios por todos los momentos buenos que me haz dado.

A mis padres.

Gracias a mi madre: **Adela Tolentino San Agustín** que siempre se ha empeñado a que realice este trabajo, que no deje inconclusa mi carrera, hoy gracias a sus palabras puedo realizar este sueño, a mi padre: **Guillermo López González** que no con empeño porque él deseaba que yo estudiara para profesor, pero estoy seguro que me esta viendo desde el cielo y que seguramente esta contento con lo que estoy haciendo, le dedico este trabajo por todas las cosas buenas que me enseñó, gracias por todo **papas**.

A mi familia.

Dedico este trabajo a mi esposa: **Mayra Guadalupe Vázquez Gutiérrez**, que con tanto empeño nunca se canso de pedirme que obtuviera el titulo, gracias a sus palabras de aliento, a sus regaños, hoy estoy realizando el ultimo tramite para conseguirlo y gracias a su apoyo mi sueño se esta haciendo realidad, a mis hijos: Diego Mizaél López Vázquez, Goretti Guadalupe López Vázquez y a mis hijos que Dios no me dio el gusto de conocerlos pero que me están viendo desde el cielo, les dedico este trabajo con todo mi cariño.

A mis suegros.

Sr. Ruperto Vázquez y Sra. Carmela Gutiérrez, gracias por su apoyo, yo se que les falle pero a pesar de todo, su apoyo sigue siendo incondicional, muchas gracias.

A mis abuelos.

Maria Ignacia San Agustín que me ve desde el cielo y a los que no llegué a conocer, José Tolentino, Maria González y Guillermo López.

A mis hermanos.

También dedico este trabajo a: Martha López Tolentino y Domingo López Tolentino que siempre me dieron apoyo de una u otra manera y que siempre están conmigo en las buenas y en las malas, a mis hermanos que están en el cielo: Fausto, Rocío y a todos mis hermanos que no llegue a conocer pero desde el cielo yo se que me dan sus bendiciones y que le piden a Dios por mi, a los que llegue a conocer gracias por los momentos que pasamos juntos.

A mis sobrinos.

Josué, Ruth, Carlos Alberto, Paulina, Brandon, Jacciel y Liliana Guadalupe, les dedico este trabajo con todo cariño.

A mis amigos de mi tierra natal.

Eleno, Jesús, Alfredo, Enoc, Aristeo, Guillermo, Diana, Ana Laura, Maria Antonia, Nazario, Silverio, Efraina, Reino y Alejandro.

A mis amigos de Saltillo.

Andrea, Sergio, José, Maria Fernanda, Laura y a todos aquellos que me ofrecen su amistad sin condición alguna, gracias.

A mis compañeros de trabajo.

Gracias por los momentos que hemos pasado juntos, al personal administrativo y supervisores: Lic. Carlos Trejo, Lic. Rafael Hernández, en su momento al Lic. Carlos Horta, a los ingenieros Alonso Román, Francioli, Ramiro Torres y José Monsivais, gracias por todo.

AGRADECIMIENTO ESPECIAL

Agradecimiento especial para la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” por la estancia que me dió y todas las cosas buenas que me enseñó **Gracias.**

A la Maestra en Ciencias, Felipa Morales Luna por la asesoría que me brindó y por toda la paciencia que me tuvo, sin su ayuda este trabajo no hubiera sido posible, **Gracias.**

Agradezco también a la Lic. Sandra López Betancourt por su valiosa colaboración para la realización de este trabajo, **Gracias.**

A mis sinodales M.C. Martha Vázquez R. y QFB. María Elena González Guajardo, por su valiosa colaboración en el desarrollo de este trabajo, **Gracias.**

Agradezco también a la Lic. Julieta Monrroy García, porque tuvo mucho que ver para mi ingreso a esta universidad, de igual manera a María Guadalupe Monrroy García que también colaboro en este proceso, **Gracias.**

ÍNDICE DE CONTENIDO

| | Página |
|---|---------------|
| Dedicatoria..... | i |
| Agradecimientos..... | iv |
| Índice de Contenido..... | v |
| Índice de Figuras..... | viii |
| Índice de Cuadros..... | ix |
| Índice de Gráficas..... | xi |
| INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| Objetivos..... | 2 |
| Hipótesis..... | 3 |
| REVISIÓN DE LITERATURA..... | 4 |
| Origen..... | 4 |
| Distribución geográfica..... | 5 |
| Clasificación Taxonómica..... | 6 |
| Morfología de la planta..... | 7 |
| Especies cultivadas para producción de grano..... | 12 |
| <i>Amaranthus hypochondriacus</i> | 12 |
| <i>Amaranthus cruentus</i> | 13 |
| <i>Amaranthus caudatus</i> | 13 |
| <i>Amaranthus edulis</i> | 13 |
| Fisiología del amaranto..... | 14 |
| Fases fonológicas..... | 14 |
| Emergencia..... | 14 |
| Fase vegetativa..... | 14 |
| Fase reproductiva (inicio de panoja R1)..... | 15 |

| | |
|---|----|
| Panoja R2..... | 15 |
| Termino de panoja R3..... | 15 |
| Antesis R4..... | 15 |
| Llenado de grano R5..... | 16 |
| Madurez fisiológica R6..... | 16 |
| Labores culturales..... | 17 |
| Preparación del suelo..... | 17 |
| Siembra..... | 17 |
| Densidad de siembra..... | 18 |
| El aporque..... | 20 |
| Control de malezas..... | 20 |
| Fertilización..... | 21 |
| Fertilización química..... | 21 |
| Fertilización orgánica..... | 23 |
| Plagas y enfermedades del amaranto..... | 25 |
| Plagas..... | 25 |
| Pulgón negro o chahuistle (<i>Aphis fabae</i>)..... | 25 |
| Síntomas..... | 26 |
| Prevención y control..... | 27 |
| Enfermedades..... | 27 |
| Mancha negra del tallo (<i>Macrophoma sp</i>)..... | 27 |
| Síntomas..... | 27 |
| Phoma longissima..... | 27 |
| Tizón del amaranto (<i>Alternaria sp</i>)..... | 28 |
| Síntomas..... | 28 |

| | |
|--|-----------|
| Cosecha..... | 29 |
| Secado y almacenamiento..... | 30 |
| Importancia económica..... | 30 |
| Valor nutritivo..... | 31 |
| MATERIALES Y MÉTODOS..... | 37 |
| Localización del área experimental..... | 37 |
| Características del área experimental..... | 37 |
| Clima..... | 37 |
| Agua de riego..... | 38 |
| Suelos..... | 38 |
| Material genético..... | 38 |
| Preparación del suelo..... | 39 |
| Establecimiento en campo..... | 39 |
| Variables de campo..... | 40 |
| RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 43 |
| CONCLUSIONES..... | 61 |
| LITERATURA CITADA..... | 63 |
| APÉNDICE..... | 72 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Planta e inflorescencia de <i>Amaranthus</i> | 8 |
| Pixilo unilocular de amaranto (Brenner, 1990)..... | 11 |
| Diagrama de secciones transversal y longitudinal de la semilla de amaranto..... | 12 |

ÍNDICE DE CUADROS

| Cuadro | | Página |
|--------|---|--------|
| 1 | Composición química de la semilla de amaranto (Nieto, 1990)..... | 32 |
| 2 | Contenido de proteína del amaranto comparado a los principales cereales (USDA,1963)..... | 33 |
| 3 | Contenido de proteína de varias especies de amaranto (Bressani, 1989)..... | 34 |
| 4 | Composición química de las hojas de amaranto comparado con la espinaca (Saunders y Becker, 1984)..... | 35 |
| 5 | Resultados del análisis de suelo del campo experimental, Navidad, Nuevo León..... | 43 |
| 6 | ANVAR de la variable altura de plantas..... | 45 |
| 7 | Comparación de medias del factor "A" de la variable altura de plantas..... | 46 |
| 8 | Comparación de medias del factor "B" de la variable altura de plantas..... | 47 |
| 9 | ANVAR del factor A y B para la variable diámetro de tallo..... | 49 |
| 10 | Comparación de medias del factor "A" de la variable diámetro de tallo..... | 50 |
| 11 | ANVAR de la variable longitud de panoja..... | 52 |
| 12 | Comparación de medias del factor "A" de la variable longitud de panoja..... | 53 |
| 13 | ANVAR de la variable diámetro de panoja..... | 54 |

| | | |
|----|---|----|
| 14 | Comparación de medias del factor “A” de la variable diámetro de panoja..... | 55 |
| 15 | ANVAR de la variable rendimiento..... | 57 |
| 16 | Comparación de medias del factor “A” de la variable rendimiento..... | 58 |
| 17 | Comparación de medias del factor “B” de la variable rendimiento..... | 59 |

ÍNDICE DE GRAFICAS

| Gráfica | | Página |
|---------|---|--------|
| 1 | Comparación de medias del factor "A" para la variable altura de plantas..... | 46 |
| 2 | Comparación de medias del factor "B" para la variable altura de plantas..... | 48 |
| 3 | Comparación de medias del factor "A" para la variable diámetro de tallo..... | 50 |
| 4 | Comparación de medias del factor "A" para la variable longitud de panoja..... | 53 |
| 5 | Comparación de medias del factor "A" para la variable diámetro de panoja..... | 55 |
| 6 | Comparación de medias del factor "A" para la variable rendimiento..... | 58 |
| 7 | Comparación de medias del factor "B" para la variable rendimiento..... | 60 |

INTRODUCCIÓN

En México existe uno de los problemas graves de la población humana, que es la desnutrición debido a que en nuestro país a pesar de tener suelos muy productivos, llevar acabo esta actividad es muy cara, ya que se necesita tecnología de punta que muchas poblaciones rurales no tienen a su alcance por su alto costo como lo son: semilla mejorada, maquinaria adecuada, químicos para el control de plagas y enfermedades, fertilizantes o no cuentan con capacitación para llevar a cabo la agricultura orgánica que si se lleva acabo adecuadamente pueden dejar muy buenos rendimientos.

Gracias al gobierno federal que ha creado programas de apoyo económico al campo, pero no lo suficiente para que el campesino sobresalga de la problemática, ya que en el campo rural se viven temporadas de sequías, de heladas, de fuertes lluvias ocasionando la propagación de plagas y enfermedades que son uno de los principales destructores de las cosechas.

Por esto y mas problemas que enfrenta el campo mexicano, el amaranto se presenta como una opción mas para resolver el problema de desnutrición, ya que la mayor parte de la superficie agrícola es de temporal y entre estas áreas de temporal, hay algunas con precipitación baja o errática ocasionando que las cosechas de otros cultivos sea nula.

Las poblaciones mas vulnerables del país, tienen la alternativa de producirlo para autoconsumo, ya que algunas de estas no cuentan con recursos ni siquiera para producir frijol o maíz que es el alimento básico.

Cuando Hernán Cortés invadió México en 1519 iniciando la conquista del imperio azteca, los rituales eran considerados como una perversión para la eucaristía católica y fueron vetados, prohibió todo cultivo de amaranto ordenando que los sembradíos fueran quemados o aplastados y mandaba cortar las manos de personas que fueran sorprendidas en posesión de cultivos de esta planta. Su producción cayó drásticamente entre 1577 y 1890 existiendo así pocos registros de producción después de esa fecha, solamente algunos agricultores continuaron con el cultivo en pequeña escala en las mas retiradas montañas, solamente para consumo propio.

Gracias a que en 1975, la academia nacional de ciencias, en un esfuerzo por ampliar la base alimenticia mundial, realizó un estudio y publicó un documento titulado “ plantas tropicales sub-explotadas con valor económico prometedor “, el amaranto fue incluido entre los 36 vegetales con potencial y gracias a este criterio el desconocimiento de esta planta ha ido terminando, para lo cual se han venido desarrollando prácticas insertando al amaranto en la práctica agronómica con el objetivo de volverlo a usar en la dieta alimenticia.

Las características de esta planta generan muchas ventajas porque se puede aprovechar de múltiples formas, como grano, como verdura y como forraje, además es altamente eficiente que puede prosperar en condiciones agronómicas adversas tales como sequías, altas temperaturas y diferentes condiciones de suelo obteniéndose rendimientos aceptables, obviamente que si le proporcionamos las condiciones adecuadas para su optimo desarrollo, nos generara los mejores rendimientos.

Palabras clave: Amaranto, genotipos, fertilización química y orgánica.

OBJETIVOS

Evaluar la respuesta a los fertilizantes químico y orgánico en genotipos de Amarantho (*Amaranthus hypochondriacus* L.) en la localidad de Navidad, Nuevo León.

Determinar los genotipos en base a su rendimiento de los tratamientos en estudio.

HIPÓTESIS

Ho Existe diferencia a la respuesta en los fertilizantes químico y orgánico en genotipos de amaranto.

Ha No hay diferencia entre genotipos a la fertilización química y orgánica en el cultivo de amaranto.

REVISIÓN DE LITERATURA

Origen.

El origen del amaranto se encuentra en el suroeste de los Estados Unidos y norte de México encontrándose indicios que los nativos usaban el amaranto en la alimentación y en las migraciones hacia el sur lo trasladaron a la mesa central en donde alcanzo su máxima relevancia. (Sauer, 1976).

El origen del amaranto se sitúa en la parte central de México y su domesticación se estima en el año 5,000 antes de Cristo, junto con el maíz, frijol y las calabazas. (Mac Neis, 1970).

El testimonio mas antiguo sobre el amaranto que se asocia a la actividad humana, lo refieren a unas semillas encontradas en la cueva de Coxcatlan, Veracruz, México que datan del año 4,000 a.C. y pertenece a comunidades indígenas llamadas Ocampos. (UAEM, 1999)

La palabra amaranto proviene del griego "*Amaranthus*" que significa " planta que no se marchita. (Vele, 2000).

Entre los nombres vulgares, el mas conocido es amaranto, aunque popularmente se les llama quelites debido a que las hojas y tallos se consumen cuando están tiernas. En si la palabra quelite proviene del *nahuatl* "*quilitl*" que designa a la especie "*Amaranthus hybridus*" (Martínez, 1979).

Distribución geográfica del amaranto.

En tiempos precolombinos, el *Amaranthus cruentus* se encontraba desde el norte de México a América Central, *Amaranthus hypochondriacus* compartía su distribución con *Amaranthus cruentus*, solo que esta comenzaba en el suroeste de los Estados Unidos y a diferencia de estas dos especies, la distribución del *Amaranthus caudatus* se encontraba dirigida a la zona andina sudamericana (Transue, 1994).

El amaranto es cultivado tanto en América como en África y Asia. En Sudamérica se le cultiva en pequeñas parcelas desde el sur de Colombia hasta el norte de la Argentina. El área dedicada a la producción de este grano es casi marginal en la sierra de Colombia y Ecuador y los campos más frecuentes se encuentran en los valles interandinos de Perú, Bolivia y el norte de la Argentina (Sumar, 1993)

Un estudio realizado por (Villarreal, 1983), define el lugar donde se cultivan las siguientes especies, así como su utilización.

Amaranthus hypochondriacus: es de origen mexicano y es conocido como quelite cuando se utilizan las hojas tiernas como verdura. Cuando se cultiva para la producción de grano recibe el nombre común de alegría.

Amaranthus cruentus, quelite rojo que se cultiva en México y Guatemala para producción de grano y las hojas se utilizan como verdura, incluso se utiliza para extraer tintes de color rojizo.

Amaranthus caudatus, en México es considerado como planta ornamental; en los países Andinos, sobre todo en Perú y Bolivia se cultiva para la producción de grano.

Amaranthus mantegazzianus (*A. edulis*): se encuentra en el sur de Bolivia y norte de Argentina; es cultivado para producción de grano.

Amaranthus malmeri: comúnmente se le llama bledo o quelite y en México se utiliza como especie forrajera.

Clasificación taxonómica de acuerdo (FAO, 1992)

Reino: Vegetal

Tipo: *Embryophyta Siphonogama*

División: Fanerógama

Subdivisión: Angiospermae

Clase: Dicotiledoneae

Subclase: Archyclamidae

Orden: Centrospermales

Familia: Amarantaceae

Genero: *Amaranthus*

Sección: *Amaranthus*

Especies: *A. caudatus*, *A. cruentus* y *A. hypochondriacus*.

Morfología de la planta.

Las plantas por el tipo de polinización son predominantemente autógamas, aunque existe un pequeño porcentaje de polinización cruzada que puede ser hasta de un 10% dependiendo de la especie. (Tapia, 1997).

El género *Amaranthus* comprende hierbas anuales procumbentes erectas, con hojas simples, alternas, enteras y largamente pecioladas, matizadas con un pigmento rojizo llamado amarantina, algunas formas cultivadas son intensamente coloreadas; el color se manifiesta desde las primeras etapas de crecimiento de la planta, poco después de la germinación, (Bailey, 1914).

El Amaranto es una planta de cultivo anual que puede alcanzar de 0.5m a 3 metros de altura, ésta es una planta dicotiledónea, las ramas de forma cilíndrica, pueden empezar tan abajo como la base de la planta dependiendo de la variedad de ésta. La raíz principal es corta y las secundarias se dirigen hacia abajo, dentro del suelo. La planta de Amaranto tiene una panícula (panoja) parecida al sorgo con una longitud promedio de 50 centímetros a un metro. El ciclo vegetativo del amaranto tiene un promedio de 180 días, desde que germina hasta que la semilla alcanza su madurez.

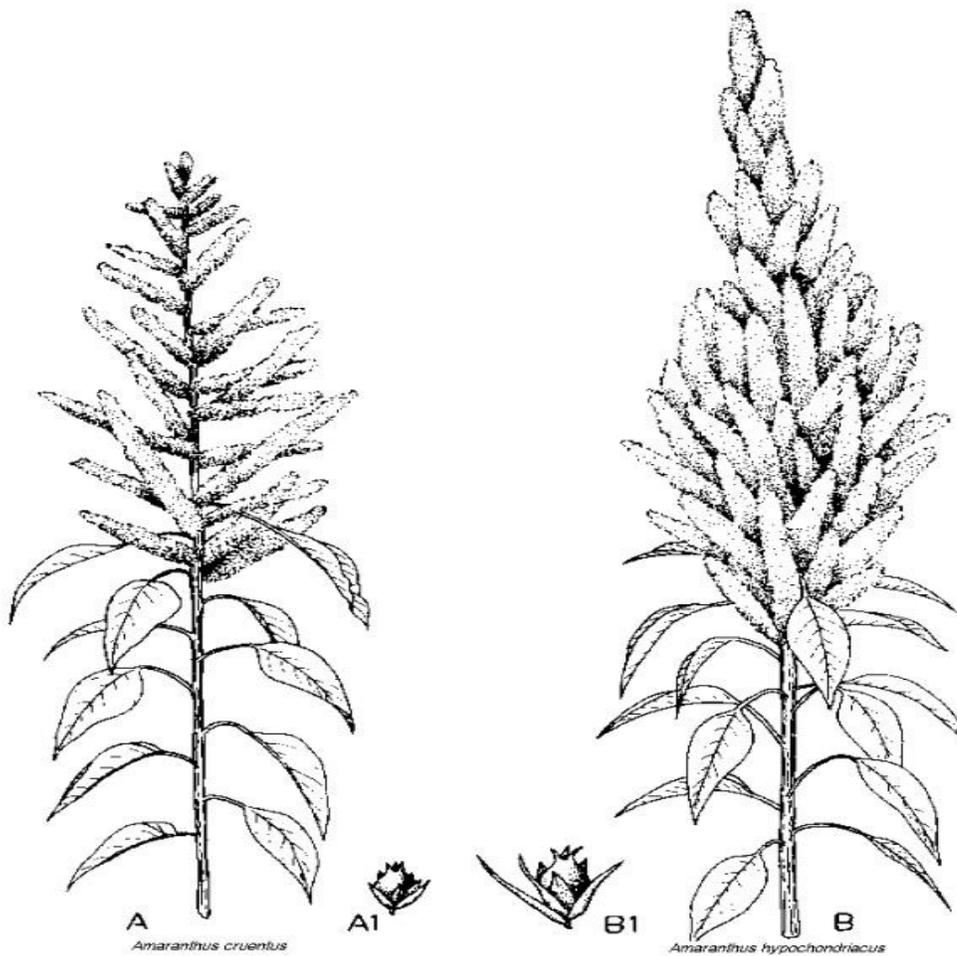


Figura 1.-Planta e inflorescencia de *Amaranthus*

La raíz

La raíz es pivotante con abundante ramificación y múltiples raicillas delgadas, que se extienden rápidamente después de que el tallo comienza a ramificarse facilitando la absorción de agua y nutrientes, la raíz principal sirve de sostén a la planta permitiendo mantener el peso de la panoja.

Las raíces primarias llegan a tomar consistencia leñosa que anclan a la planta firmemente y que en muchos casos sobre todo cuando crece algo separado de otras, alcanzan dimensiones considerables. En caso de ataque severo de nemátodos, se observan ondulaciones prominentes en las raicillas.

El tallo

El tallo es cilíndrico y anguloso con gruesas estrías longitudinales que le dan una apariencia acanalada, alcanza de 40 a 3 metros de longitud cuyo grosor disminuye de la base al ápice, presenta distintas coloraciones que generalmente coincide con el color de las hojas, aunque a veces se observan estrías de diferentes colores, presentan ramificaciones que en muchos casos comienza desde la base o a media altura y que se originan de las axilas de las hojas. El número de ramificaciones es dependiente de la densidad de población en la que se encuentre el cultivo. (Sumar, 1993)

Las hojas

Las hojas son pecioladas, elípticas opuestas o alternas 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 a 15 cm, (Sumar, 1993), (Tapia, 1997)

Son simples enteras de forma ovoide, bastante nervadas y generalmente de color verde claro; la longitud varía entre 6,5 y 14 cm y mientras son tiernas, se

puede consumir como hortalizas, conjuntamente con la inflorescencia. (Sumar, 1993).

La inflorescencia

La inflorescencia es en forma de panícula, que puede ser de color rojizo, amarillo o naranja dependiendo del cultivar. Las unidades básicas de la inflorescencia son los llamados glomérulos; cada uno consiste en una flor estaminada inicial y un número indefinido de flores femeninas, los glomérulos están agrupados en un eje sin hojas para formar complejas inflorescencias llamadas técnicamente tirsos, los cuales son llamados comúnmente como espigas, panoja o mazorca; el eje principal de la inflorescencia es usualmente ramificado, la longitud y número de ramas con su ángulo y el eje principal, determinan la forma de la inflorescencia (Bailey, 1914).

El amaranto presenta flores unisexuales pequeñas, estaminadas y pistiladas, estando las estaminadas en el ápice del glomérulo y las pistiladas completan el glomérulo, el androceo está formado por 5 estambres que sostienen a las anteras por un punto cercano a la base, el gineceo presenta ovario esférico, supero coronado por tres estigmas filiformes y pilosos, que aloja a una sola semilla (Tapia, 1997). El glomérulo es una ramificación dicacial cuya primera flor es terminal y siempre masculina, en cuya base nacen dos flores laterales femeninas y cada una de estas origina otras dos flores laterales femeninas y así sucesivamente, un glomérulo puede contener 250 flores femeninas, la flor masculina luego de expulsar el polen se seca y cae. En esta sección, las cimbras se encuentran más arriba de las hojas formando largas inflorescencias

compuestas con tépalos, con tres o cinco estambres y un utrículo circunsesil dehiscente, las brácteas son relativamente cortas y débiles, (Mapes *et al.*, 1996).

El fruto

El fruto es una cápsula pequeña que a la madurez se abre transversalmente, dejando caer la parte superior llamada opérculo, para poner al descubierto la inferior llamada urna, donde se encuentra la semilla (Sánchez, 1980).

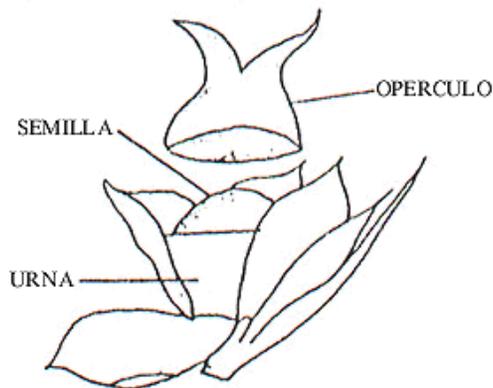


Figura 2 .- Pixilo unilocular de amaranto, (Brenner, 1990).

Los frutos contienen una sola semilla. Estas semillas tienen un diámetro que varía entre 0.9 y 1.7 milímetros y presentan una diversa gama de colores que van desde el negro, rojo, marfil, blanco o amarillentos; La cubierta de la semilla es brillante y el embrión es de forma curva envolviendo al endospermo.

La semilla

La semilla es pequeña, lisa y brillante de 1-1.5 mm, de diámetro ligeramente aplanada, de color blanco, amarillentos, dorados, rojos, rozados, púrpuras, o

negros, todo esto dependiendo de la especie; el número de semillas por gramo varía de entre 1000 y 3000, (Nieto, 1990), como se observa en la figura (3).

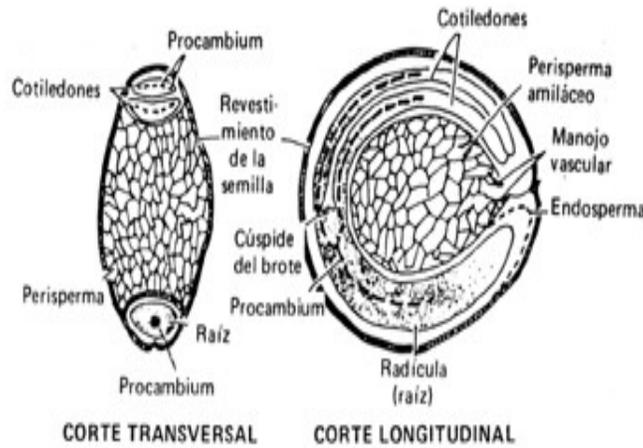


Figura 3.- Diagrama de secciones transversal y longitudinal de la semilla de amaranto.

Especies cultivadas para producción de grano según, (Espitia, 1991a).

***Amaranthus hypochondriacus* (A. frumentaceus, A. anardana, A. leucocarpus y A. leocospermus).**

Es una planta anual que crece hasta tres metros de altura, la inflorescencia es muy grande y densa, erecta y espinosa; el tamaño de las brácteas dan una apariencia y tacto espinoso. Las semillas son de color blanco, dorado, café y negro, las plantas con semillas color claro son las más utilizadas para la producción de grano y por el color de la inflorescencia también se utiliza como ornamental.

Amaranthus cruentus (*A. paniculatus*, *A. Sanguineus* y *A. speciosus*)

Tiene un crecimiento recto que alcanza hasta dos metros de altura, el indicador que presenta cuando la planta ya esta completamente desarrollada es que presenta en la parte inferior espigas suaves y laxas y en la parte superior panículas. Las semillas pueden ser de color café, negras, blancas o amarillas, siendo los colores claros los que se utilizan para producción de grano y las semillas de color negro se utilizan como verdura o bien para ornato.

Amaranthus caudatus (*A. mantegazzianus* y *A. edulis*)

Se diferencia de otras especies por su inflorescencia en forma cauda y las semillas son de color marfil con los bordes rojos. Es una planta anual que llega a medir dos metros de altura, otras de las características es que las panículas son muy largas y colgantes.

Amaranthus edulis

Varios botánicos opinan de diferente forma, ya que algunos la consideran una especie y otros como una variedad de *Amaranthus caudatus*, lo importante de esta planta es que tiene un crecimiento determinado presentando una inflorescencia con ramificaciones que terminan en una flor estaminada, esta característica la hace importante para la mecanización del cultivo y para el mejoramiento genético.

Fisiología del amaranto.

La planta de amaranto es de rápido crecimiento y pertenece a la categoría de las plantas C₄, por lo tanto capta y aprovecha la luz mas eficientemente que las del grupo C₃, absorbe grandes cantidades de nitrógeno y otros nutrimentos incrementándose el rendimiento, (Trinidad, 1980).

Fases fonológicas. (Quillahuaman, 1989) y (Henderson, 1993).

Emergencia.

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

Fase Vegetativa.

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

Fase reproductiva (inicio de panoja R1)

El ápice de la inflorescencia es visible en el extremo del tallo, este estado se observa entre 50 y 70 días después de la siembra.

Panoja R2.

La panoja tiene al menos 2 cm de largo

Termino de panoja R3.

La panoja tiene al menos 5 cm de largo, si la antesis ya ha comenzado cuando se ha alcanzado esta etapa, la planta debiera ser clasificada en la siguiente etapa.

Antesis R4.

Al menos una flor se encuentra abierta mostrando los estambres separados y el estigma completamente visible, las flores unisexuales son las primeras en abrir y generalmente la antesis comienza desde el punto medio del eje central de la panoja hacia las ramificaciones laterales de esta misma. En esta etapa existe alta sensibilidad a las heladas y al estrés hídrico.

Este estado puede dividirse en varios sub-estados, de acuerdo al porcentaje de flores del eje central de la panoja que han completado antesis, el estado será R4.2 y si es 50%, el estado correspondería a R4.5. La floración debe

observarse a medio día ya que en horas de la mañana y al atardecer las flores se encuentran cerradas, durante esta etapa la planta comienza a eliminar las hojas inferiores más viejas y de menor eficiencia fotosintética.

Llenado de grano R5

La antesis se ha completado en al menos el 95% del eje central de la panoja y esta etapa puede ser dividida en dos etapas que son grano lechoso y grano pastoso. En la etapa de grano lechoso, las semillas al ser presionadas entre los dedos, dejan salir un líquido lechoso y en la etapa pastosa las semillas al ser presionadas entre los dedos presentan una consistencia pastosa de color blanquecino.

Madurez fisiológica R6

Esta etapa aun no se ha definido por completo, pero un cambio de color de la panoja es el indicador mas utilizado, las panojas verdes cambian a un color oro y en panojas rojas cambian de color rojo a café-rojizo, además las semillas son duras y no es posible enterrarle la uña, en este estado al sacudir la panoja, las semillas ya maduras tienden a caer.

Labores culturales

Preparación del suelo.

La preparación del suelo debe hacerse lo eficientemente posible ya que la semilla es muy pequeña, esta condición se puede conseguir pasando por el terreno un arado de discos o vertederas, luego se mulle el suelo con una cruzada de discos o de dientes rígidos o flexibles, (FAO, 1992)

Siembra.

La siembra puede realizarse de forma directa o mediante el sistema almácigo trasplante, la mayoría de los productores utilizan el sistema de siembra directa. La siembra se realiza de preferencia en suelo húmedo o regar por aspersión inmediatamente después de la siembra, la semilla se deposita directamente en el fondo del surco a chorro continuo y a baja altura para evitar que la semilla sea desviada del surco por el viento por su poco peso . Para mejor distribución de la semilla, en Perú mezclan la semilla con arena o estiércol dando muy buenos resultados, (Henderson, 1993)

La fecha de siembra Perú es de septiembre a noviembre, dependiendo de los cultivares empleados, el inicio de las precipitaciones pluviales y las zonas agroecológicas. En la costa peruana puede sembrarse durante todo el año; sin embargo las siembras de invierno son menos productivas pero con menor incidencia del ataque de plagas y enfermedades.

En Chile se puede sembrar en octubre o noviembre asegurándose que haya pasado el período de alto riesgo de heladas.

En Guatemala se siembra en mayo para cosechar de agosto a septiembre; mientras que en el sur de México se siembra de abril a mayo y se cosecha de octubre a noviembre, (Lutz, 1986).

Las fechas de siembra pueden variar, generalmente aquí en México se siembra al inicio de las lluvias que puede ser del 15 de mayo hasta los primeros de junio.

Densidad de siembra

La densidad de siembra es uno de los factores más importantes en el establecimiento de un buen campo de producción. Las experiencias efectuadas muestran que entre 4 a 10 kg/ha dan buenos resultados. La diferencia depende de la pureza y poder germinativo de la semilla, así como la preparación del suelo y el grado de humedad, (INIA, 1987).

En cuanto a la densidad de siembra se utilizan de 4 – 6 kg/ha para obtener una densidad de 100,000 a 150,000 plantas, después se realiza un aclareo dejando una planta cada 10 cm. Según estudios realizados por, (Henderson, 1993) la mejor densidad de población es de 173,000 plantas / ha.

En las zonas productoras de amaranto de la Mesa Central de México, la densidad de población y la fertilización varían en función de la humedad disponible, fecha de siembra, tipo de cultivar y recursos financieros del productor. En los estados de Puebla y Tlaxcala se siembran de 80 000 a 140 000 plantas/ha y se obtienen rendimientos desde 1.5 hasta 2.0 ton/ha con cultivares de la especie *Amaranthus hypochondriacus*. Así mismo en Morelos se siembran de 200 000 a 320 000 plantas/ha con rendimiento de 2.0 a 2.5 ton/ha con cultivares de la especie *Amaranthus cruentus*, (Espitia, 1986c)

Se evaluaron dos cultivares de amaranto, (*A. hypochondriacus* y *A. hybridus*), con poblaciones en el rango de 92,000 a 1,975,000 plantas/ha y se observó que el porcentaje de acame fue directamente proporcional a la densidad de población y se determina que 272 000 plantas es la densidad óptima para ambos cultivares, (Putnam, 1990).

Las altas densidades de siembra y la competencia por luz solar provocan alargamiento de los tallos provocando plantas mas altas reduciendo el diámetro de los tallos favoreciendo así el acame, los tallos delgados son símbolo de deficiencia nutricional, (Alvarado y Centeno, 1994).

El aporque.

Se realiza para evitar un posible acame de las plantas provocado por el peso excesivo de las panojas y para facilitar el enraizamiento se puede realizar cuando las plantas tengan de 40 – 50 cm de altura o a los 80 – 100 días después de la siembra.

Control de malezas.

Después del establecimiento del cultivo, lo más importante es el control de las malas hierbas. Hasta la fecha no existe un herbicida selectivo para el amaranto, por lo que el control debe ser mecánico y manual. Es importante resaltar que se debe poner especial cuidado con la maleza en las primeras etapas de crecimiento del cultivo, ya que el amaranto crece muy lento durante el primer mes, (FAO, 2008).

El número de controles de malezas a realizarse depende de la incidencia de malezas, éste cultivo es muy susceptible a la competencia, ya sea por agua, espacio, o luz en sus primeros estadios, recomendando efectuar el primer control cuando las plántulas de amaranto tengan de 10-15 cm de altura, eliminando preferentemente las malezas que estén en el fondo del surco. El segundo control si fuera necesario debe efectuarse 30 días después del primero, generalmente es suficiente dos controles durante todo el ciclo del cultivo, ya que posteriormente por su sistema de ramificación ahoga a las malezas, (FAO, 2008).

Uno de los cultivos en los cuales no puede tolerarse en el amaranto es la lechuga. Se ha demostrado que el Amaranto compite fuertemente por el fósforo del suelo y que tiene mayor competitividad que la lechuga. Esta interferencia es más evidente en suelos pobres en fósforo, por lo que estrategias de fertilización pueden reducir el efecto de la competencia (Santos *et al.*, 1998).

Fertilización

Como cualquier cultivo la fertilización dependerá de la fertilidad del suelo, generalmente se requieren dosis medias de nitrógeno y fósforo, siendo de menor necesidad la aplicación de potasio.

Fertilización Química

El *Amaranthus sp* es una especie que responde bastante bien a niveles elevados de nitrógeno, en la región de Cusco Perú se ha encontrado que 40 kg de nitrógeno pueden ser reemplazados por una tonelada de estiércol; para realizar fertilizaciones moderadas como la fórmula 40-40-0 obteniendo un rendimiento de 1,5 t/ha. En las costas de este mismo país, con la fórmula 240-150-80 se han obtenido hasta 4,5 t/ha, esto en Irrigación Majes, Arequipa, Perú, (INIA, 1987).

La fertilización nitrogenada se aplica la mitad a la siembra, pudiéndose incorporar durante la última rastra y la otra mitad después del primer control de

malezas manual justo al lado de la planta para no generar quemaduras. Algunos autores recomiendan hasta tres parcializaciones de nitrógeno pero solo en suelos de textura gruesa o arenosa donde la lixiviación de nutrientes es elevada, (Sepúlveda 1989, Elbehri *et al.*, 1993 y Clark y Myers, 1994).

La fertilización nitrogenada esta correlacionada positivamente con el contenido de proteína de la semilla y las hojas, (Walters *et al.*, 1988).

(Elbehri *et al.*, 1993) en un trabajo de investigación encontró respuesta al fósforo en sólo una de las localidades estudiadas concluyendo que el rendimiento de grano aumenta en 2.81 kg/ha por cada kg/ha de fósforo aplicado, así mismo señala no encontró ninguna respuesta al potasio.

Por otra parte, (Myers 1998). En una evaluación aplicó 0, 45, 90, 135 y 180 kg de N/ha a tres cultivares de amaranto y observó un 42% de incremento en rendimiento con la dosis de 180 kg con respecto a la de 0 kg. La diferencia fue atribuida al mayor número de granos por planta, ya que el peso del grano y el número de plantas por hectárea se mantuvieron constantes. También observó que la dosis alta de nitrógeno retrasó la maduración del grano como resultado de un prolongado período vegetativo y un retraso en la maduración del grano.

Fertilización orgánica.

En general, los productores de amaranto dependen en gran parte de los productos químico-sintéticos como fertilizantes, controladores de plagas y enfermedades. En los últimos años se han intensificado la búsqueda de alternativas ecológicas para evitar el uso de éstos productos químicos-sintéticos, implementando el uso de abonos orgánicos. Los abonos orgánicos aportan nutrientes a las plantas y contribuyen a mejorar la textura del suelo, la aireación, el drenaje y a la estimulación del buen desarrollo de las raíces, produciendo alimentos de mejor calidad, (U.A.E.M, 2003).

En las zonas productoras de amaranto en el estado de Morelos, practicaban la fertilización convencional que es generalmente de tipo químico, sin embargo en los últimos años ha existido como una propuesta a los requerimientos de productos sanos y sin residualidad toxica en el empleo de fertilizantes orgánicos que permitirían además practicas de labranza y conservación del recurso suelo entre muchas otras bondades, (U.A.E.M, 1999).

Un trabajo realizado en este estado, en la localidad de Huitzilac, con el fin de evaluar el efecto de la fertilización orgánica sobre la producción de amaranto de grano y determinar las características físicas y químicas del suelo cultivado antes y después de cosechar; se preparó el lote experimental con las labores necesarias (barbecho, rastra y surcado), se fertilizó con gallinaza en dosis de 150, 200 y 300 kg de nitrógeno por hectárea, además del testigo.

Se utilizó un diseño de bloques al azar (4 tratamientos y 3 repeticiones) se sembró a chorrillo efectuándose los deshierbes, aporques y otras labores culturales en forma manual y según lo requirió el cultivo; paralelamente se realizó una evaluación del análisis de crecimiento de las plantas tomando como variables la altura y cobertura de la planta y la altura y diámetro de las panojas, parámetros asociados a la producción de grano, esta actividad se realizó cada ocho días seleccionando previamente diez plantas de cada parcela. En términos edáficos se realizaron muestreos presiembra y poscosecha a dos profundidades (0 – 20 y 20 – 40 cm) para determinar las principales variables físicas y químicas en el laboratorio.

Los resultados mostraron que para las variables botánicas registraron una relación directamente proporcional con la dosis de fertilizante, es decir, la dosis de 300 kg de nitrógeno por hectárea mostraron los valores mas altos; en cuanto al rendimiento el valor mas alto que fue (1.442 ton/ha) se obtuvo también con la dosis mas alta, superando los rendimientos promedio obtenidos en la entidad. Quedaron demostradas las diferencias significativas entre la dosis mas alta con el resto de la dosis (150, 200 kg/n/ha) y entre éstas y el testigo, en cuanto a características edáficas y en virtud de ser el primer año en que se siembra amaranto en la localidad, los resultados presiembra y poscosecha no mostraron diferencias significativas en las características físicas y químicas determinadas, (U.A.E.M, 1999).

Plagas y enfermedades del amaranto.

Uno de los problemas de los productores del amaranto en el Distrito Federal, es la deficiencia en la producción de grano, ya que no es suficiente para abastecer a los transformadores locales, quienes se ven en la necesidad de recurrir a la compra de semilla de otros estados como Puebla, Tlaxcala y Morelos. Aunado a esto encontramos plagas y enfermedades, que si bien no han llegado a ser devastadoras, han logrado disminuir el rendimiento y calidad del grano hasta en un 20% anual, al mismo tiempo disminuyen las entradas de recursos para los productores, (FAO, 1990).

Plagas

Pulgón negro o chahuistle (*Aphis fabae*)

Son insectos pequeños de hasta 4 mm de longitud que forman colonias sobre la planta y son casi inmóviles con el aparato bucal picador-chupador siempre inserto en el tejido vegetal causando daño en los brotes tiernos alimentándose de la savia, (FAO, 1990)

La principal pista sobre la aparición de estos insectos es la aparición de hormigas ya que estas cosechan las secreciones generadas por los pulgones para utilizarlas como alimento, al mismo tiempo que las hormigas brindan protección a los pulgones de cualquier posible depredador, (FAO, 1990).

Síntomas.

El principal efecto de una colonia de pulgones es que al alimentarse de la savia debilitan a la planta, el limbo de las hojas puede verse amarillear y en caso de coníferas las agujas se deforman adquiriendo manchas plateadas hasta caer completamente de forma muy fácil.

Los pulgones pasan el invierno en forma de huevos de resistencia que son muy pequeños y difíciles de ver a simple vista, eclosionan sobre las plantas cuando comienza la brotación a finales del invierno y principios de la primavera dando lugar al nacimiento de las hembras fundadoras de las futuras colonias que rápidamente invaden los tejidos tiernos; las hembras tienen una capacidad reproductiva llamada partenogénesis (parto de vírgenes), paren sus crías vivas que son siempre hembras con la misma aptitud para continuar multiplicándose sin ser fecundadas, inmediatamente después de nacer las pequeñas ninfas hincan su estilete y comienzan a succionar la savia de la planta. Generalmente se quedan en ese mismo lugar, pero por necesidad alimenticia pueden movilizarse hacia otras plantas. Permanecen activos y en plena reproducción desde el inicio de la primavera hasta el otoño, entrando en receso con la llegada de los primeros fríos intensos de finales del otoño, en ambientes climatizados pueden tener generaciones durante todo el año, (FAO, 1990).

Prevención y control

Las condiciones que favorecen la formación de colonias son las temperaturas templadas y el ambiente seco, se puede mojar el follaje diariamente al atardecer para crear un ambiente mas húmedo y menos favorable para las colonias. Otro repelente muy efectivo puede ser pulverizar la plata con agua jabonosa, Moderar el uso de fertilizantes nitrogenados, ya que debilitan las defensas naturales favoreciendo el ataque de pulgones y de muchas otras plagas, (FAO, 1990).

Enfermedades

Mancha negra del tallo (*Macrophoma sp*)

Síntomas.

Manchas oscuras en la base del tallo que lo ennegrecen y lo estrangulan avanzando hacia la parte superior de la planta hasta que el tallo se debilita y dobla produciendo la muerte de la planta; en ataques severos los porcentajes de incidencia pueden alcanzar del 30 – 100%, las condiciones ambientales que favorecen su desarrollo son un período de sequía de una a dos semanas antes de desarrollarse, (Sánchez *et al.*, 1991).

Phoma longissima.

Los síntomas son manchas negras o pardas en el tallo que debilitan y provocan la ruptura para producir finalmente la muerte de la planta, esta enfermedad se diferencia de la mancha negra del tallo por presentar picnidios (pequeños

puntitos negros sobre las manchas necróticas) en el centro de la lesión de tamaños que no sobrepasan los cinco centímetros y que muchas veces pueden atacar en hojas, ramas y pecíolos pero en menor grado, esta enfermedad ha ocasionado severos daños al cultivo de amaranto en México, (Espitia, 1986a).

Tizón del amaranto (*Alternaria sp.*)

En México es causado por *Alternaria tenuis*, en los Estados Unidos por *Alternaria alternantherde*, en la India y Keniapor *Alternaria amaranthi* y en Perú, Nepal y Ecuador por *Alternaria spp.* (Sánchez *et al.*, 1991)

Síntomas.

Los síntomas es que produce lesiones necróticas con círculos concéntricos y un halo amarillento en las hojas y en estados avanzados presenta manchas negras y como consecuencia reduce fuertemente el vigor de las plantas, en algunos casos puede atacar las inflorescencias, en etapas tempranas del ataque, se observa clorosis en las hojas y manchas concéntricas de color violáceo en los tallos (Sánchez *et al.*, 1991; Gardmenia, 1985 y Monteros *et al.*, 1994).

Todas las enfermedades causadas por hongos (*Rizoctonia*, *Fusarium*, *damping off*, mancha negra del tallo, tizón del amaranto, etc). Para su control se recomienda utilizar semilla sana procedente de semilleros básicos, desinfectar las semillas con fungicidas, el que ha dado muy buenos resultados es el

carbendazim (vitavax) utilizando por vía semi-húmeda a razón de 2.5 gramos de producto por cada kilogramo de semilla seleccionada.

Para prevenir el ataque de cualquier tipo de hongos, se debe evitar el exceso de humedad en el suelo, eliminar plantas enfermas al inicio del ataque. Según el comité estatal de sanidad vegetal del Distrito Federal, ciclo 2006, no se ha recomendado efectuar el control químico de las principales enfermedades, solamente preventivas porque aun no se conocen con exactitud la etiología, formas de control ni formas de transmisión, (Monteros *et al.*, 1994 y Garmendia, 1985).

Cosecha.

El indicador mas utilizado para la cosecha es el cambio de color de las panojas, estas cambian de su color original a un aspecto seco de color café, las plantas se cortan cerca del nivel del suelo formando gavillas sobre el surco para dejarlas secar durante dos o tres días, una vez secas las semillas son separadas de la planta golpeando con un palo sobre las panojas sobre un tamiz tendido entre cuatro postes enterrados en el suelo, se puede realizar una segunda limpieza utilizando una maya mas fina colocando una manta debajo de esta para recoger la semilla, (Early, 1977).

Un problema de relativa importancia, sobre todo pensando en posibilidades de mecanización del cultivo, es la falta de uniformidad en la madurez, debido a que la planta de Amarantho es de crecimiento indeterminado; *A edulis*, originaria de Sudamérica, es la única especie del género con crecimiento determinado,

por lo cual resultaría de gran importancia en el mejoramiento genético de este cultivo, (Espitia, 1991b)

Secado y almacenamiento.

una vez que se tiene el grano limpio, se debe secar al sol hasta que pierda la suficiente humedad y posea un máximo de 12% de humedad, para ello es necesario extender el grano al sol durante un día, caso contrario se produce fermentaciones y amarillamiento disminuyendo su valor comercial. El almacenamiento debe efectuarse en lugares ventilados y secos, de preferencia envasar en costales de yute o tela evitando usar los de plástico o polipropileno, sobre todo si se va a destinar a semilla, (FAO, 1989).

Importancia económica.

Por sus cualidades nutricionales, agronómicas y económicas el amaranto conserva su valor de mercado, tanto en la temporada de (Primavera-Invierno) (Primavera-Verano) como en el período de producción de noviembre a enero (Otoño - Invierno).

Las zonas de producción y cultivo de amaranto son las mismas de la época precolombina. El *Amaranthus Spp* se originó en México, Centro América y Sudamérica. Puebla es el mayor productor de amaranto en México con el 51 por ciento de la producción nacional. Le sigue Morelos, Tlaxcala, el Distrito Federal, estado de México y Guanajuato con el 22, 18, 9, 6 y 2 por ciento respectivamente, (FAO, 1992)

En 1998, el rendimiento nacional promedio de la producción de amaranto fue del 1128 Kg/ha. Tlaxcala es el estado que mayormente rinde en la producción de amaranto con 1590 Kg/ha, seguido de México con 1100 Kg/ha; Distrito Federal 1000 Kg/ha, Morelos con 979 Kg/ha y Puebla el de menor rendimiento con tan solo 959 Kg/ha, (U.A.E.M, 2003)

En la zona rural del D.F, la producción es de 250 toneladas de semilla de amaranto en una superficie cultivada de 200 hectáreas y el tamaño de las parcelas oscila entre .5 y 1 ha. El rendimiento promedio de producción es de 1.27 toneladas y el precio por tonelada es de \$ 13,551. El ciclo de producción es de 6 a 7 meses, en la labor de cosecha la mayor mano de obra se utiliza en: Corte de panojas, secado, Trillado y cribado, estas actividades se realizan en forma manual y son las actividades donde se utiliza el mayor porcentaje del costo de producción, (FAO, 2008).

Valor nutritivo.

El amaranto es el producto de origen vegetal más completo, es una de las fuentes mas importantes de proteínas minerales y vitaminas A, B, C, B1, B2, B3, además de ácido fólico, niacina, calcio, hierro y fósforo. El grano de amaranto contiene el doble de proteínas que el maíz y el arroz y del 60% al 80% mas que el trigo, (FAO, 1989).

En el Cuadro 1 se muestran los resultados del análisis químico de la semilla de amaranto según (Nieto, 1990) realizada en 100 g de parte comestible en donde se corrobora con la opinión de (Watt and Merri, 1963) que en contenido de proteínas el amaranto es igual o mas alto que en los cereales tradicionales.

Cuadro 1.- Composición química de la semilla de amaranto (por 100 g de parte comestible) según (Nieto, 1990)

| Características | Contenido |
|------------------------|------------------|
| Proteína (g) | 12 – 19 |
| Carbohidratos (g) | 71.8 |
| Lípidos (g) | 6.1 - 8.1 |
| Fibra (g) | 3.5 - 5.0 |
| Cenizas (g) | 3.0 - 3.3 |
| Energía (kcal) | 391 |
| Calcio (mg) | 130 – 164 |
| Fósforo (mg) | 530 |
| Potasio (mg) | 800 |
| Vitamina C (mg) | 1.5 |

En el Cuadro 2 se muestra una comparación sobre el contenido de proteína del amaranto con los principales cereales según (Watt y Merri, 1963) en donde podemos ver que el amaranto ocupa el primer lugar seguido por el trigo, la cebada y el maíz ocupando el ultimo lugar de este grupo el arroz.

Cuadro 2.- Contenido de proteína del amaranto comparado a los principales cereales (100 g de pasta comestible), (Watt and Merri, 1963)

| Cultivo | Proteína |
|----------------|-----------------|
| Amaranto | 13.6 – 18.0 |
| Cebada | 9,5 – 17,0 |
| Maiz | 9,4 – 14,2 |
| Arroz | 7,5 |
| Trigo | 14,0 – 17,0 |
| Centeno | 9,4 – 14.0 |

La proteína del amaranto se encuentra principalmente en el embrión (65%) a diferencia de otros cereales como maíz, arroz y soya que presentan sobre el 80% de la proteína en el endospermo, (Bressani, 1989).

En el Cuadro 3 observamos la comparación de varias especies de amaranto sobre el contenido de proteína donde podemos ver que hay cierta diferencia y notamos que el *A. hypochondriacus* y *A. cruentus* presentan el promedio mas alto en contenido de proteína, seguido por *A. hybridus* y *A. caudatus*, de acuerdo a, (Bressani, 1989)

Cuadro 3.- Contenido de proteína de varias especies de amaranto (g/100 g),
(Bressani, 1989)

| Especie | Nº de genotipos | Rango | Promedio |
|---------------------------|------------------------|--------------|-----------------|
| <i>A. caudatus</i> | 36 | 11,1 – 19,4 | 13,5 |
| <i>A. hypochondriacus</i> | 26 | 12,7 – 17,9 | 15,5 |
| <i>A. cruentus</i> | 21 | 13,0 – 20,6 | 15,7 |
| <i>A. hybridus</i> | 2 | 13,1 – 14,3 | 13,7 |

En el Cuadro 4 se hace una comparación del contenido químico en hojas entre el amaranto y la espinaca ya que estos dos cultivos para consumo como verdura es casi similar, en donde observamos que hay diferencia en casi todos los componentes químicos, solamente en contenido de proteínas y carbohidratos son casi similares, esto según (Saunders y Becker, 1984).

Cuadro 4.- Composición química de las hojas del amaranto comparado con la espinaca (nutrientes seleccionados en 100 g), (Saunders y Becker, 1984).

| Componente | Amaranto | Espinaca |
|-------------------|-----------------|-----------------|
| Materia Seca (g) | 13,1 | 9,3 |
| Energía (cal) | 36 | 26 |
| Proteínas (g) | 3,5 | 3,2 |
| Grasa (g) | 0,5 | 0,3 |
| Carbohidratos | | |
| Total (g) | 6,5 | 4,3 |
| Fibra (g) | 1,3 | 0,6 |
| Cenizas (g) | 2,6 | 1,5 |
| Calcio (mg) | 267 | 93 |
| Fosforo (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.

Los granos poseen aproximadamente un 16% de proteína, un poco más alto que el de los cereales tradicionales, por ejemplo: el maíz 9,33%; el arroz 8,77% y el trigo 14,84%. Es de alto valor calórico, carbohidratos, fibras y sales minerales, también estos pequeños granos son ricos en lisina 16,6%, aminoácido esencial que se encuentra en la leche en proporción de 16,5% que junto a otros aminoácidos estos granos son comparables en valor nutricional a la leche (Amaranto 75,5% - Leche 72,2%), (FAO, 1989).

Las hojas poseen un alto contenido en calcio, fósforo y vitamina A y C, lo cual genera un buen complemento con los granos, las hojas son recomendables comerlas tiernas y cocidas para evitar algunos agentes anti nutricionales como los oxalatos y nitritos. Además las hojas pueden ser una panacea como especie forrajera para el ganado u otros animales, (Vele, 2000).

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del área experimental

La presente investigación se estableció en el ciclo agrícola primavera-verano del año, bajo condiciones de riego en el campo experimental ing. Humberto Treviño Siller de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro ubicada en Navidad Nuevo León el cual se encuentra a una latitud norte de: 25° 04', longitud: 100° 36' oeste y una altitud de: 1895 msnm.

Características del área experimental

Clima

De acuerdo al sistema Koppen modificado por García (1973), para el territorio nacional, la clasificación es BS1 K (x') (e'), el cual es un clima semiseco, templado muy extremoso con lluvias en la mayor parte del año; la precipitación pluvial media anual es de 516 mm, siendo mayo, julio los meses en los que mas llueve, marzo es el mas seco, la temperatura promedio es de 14.3 °C, la humedad relativa no alcanza el 90%, la evaporación es baja en invierno alcanzando valores inferiores a los 100 mm y en los meses de abril y mayo puede alcanzar hasta 200 mm; pero en promedio su valor es 150 mm; las heladas se presentan en el mes de octubre aunque en ocasiones ocurren desde septiembre y, son mas frecuentes en los meses de diciembre y febrero; por lo general se terminan en marzo, aunque ocasionalmente se prolongan hasta abril, en esta zona domina un tipo de vegetación de pastizal halófito.

Agua de riego

El agua (extraída del mismo campo experimental) se clasifica como C2S1; que se considera como agua de salinidad media, que se puede usar cuando haya un grado de lavado moderno, sin utilizar practicas especiales de control de calidad (García, 1973).

Suelos

En este campo experimental se encuentran suelos clasificados como xerosol cálcico; los suelos del lugar son de textura predominantemente de migajón limoso, el PH de este sitio es ligeramente alcalino teniendo un alto grado de carbonatos principalmente los de calcio, es muy pobre en contenido de materia orgánica, pobre en nitrógeno y fósforo, con suficiente potasio intercambiable, el aprovechamiento del contenido de Fe es muy bajo, existe Mg intercambiable bajo y con una capacidad de intercambio cationico media (García, 1973).

Material Genético

Los genotipos de estudio son: Gabriela, D.G.T.A, (dirección general de tecnológicos agropecuarios), San Antonio y como testigo se utilizo un material comercial, genotipos que provienen de diferentes bases genéticas.

Preparación del suelo

Las prácticas realizadas fueron las siguientes.

- 1) Barbecho: se dio un paso con el arado de discos a una profundidad de 40 cm.
- 2) Rastra: se llevó a cabo un rastreo con una rastra de 20 discos a una profundidad de 30 cm para moler los terrones grandes que quedaron con el barbecho.
- 3) Nivelación: se realizó con una pendiente del 1.5 % y con la niveladora se dejó el suelo uniforme, para no tener problemas en la distribución del agua de riego.
- 4) Riegos: se realizó un riego a la siembra y tres de auxilio
- 5) Trazo de parcelas: se trazaron parcelas de diez surcos a una distancia entre surcos de 0.92 metros, a una longitud de diez metros con cuatro repeticiones.

Establecimiento en campo

En el campo donde se establecieron los genotipos bajo estudio se tomaron muestras de suelo y se les practicó un análisis de acuerdo a (AOAC, 1990), los resultados fueron analizados estadísticamente de acuerdo al modelo estadístico de bloques al azar con arreglo factorial según, (Steel, y Torrie, 1980), posteriormente se realizó el trazo de surcos a una distancia entre surcos de 0.92 cm, formado las parcelas que fueron diez surcos de diez metros de longitud, con cuatro repeticiones, a una distancia entre plantas de 0.25 m a una profundidad de dos centímetros, con una dosis de fertilización

química de 180-120-00 de acuerdo a (Sánchez, M. 1980) y de fertilizante orgánico se aplicaron 400 litros de lombricomposta, la aplicación fué al inicio de la floración y al llenado de grano, se efectuaron las labores culturales para el buen desarrollo del cultivo, los resultados de campo se analizaron con el paquete estadístico SAS, así como de: (Steel, y Torrie, 1980).

Variables de campo

a) Días a emergencia: se tomó en cuenta los días transcurridos desde el riego de siembra hasta cuando se presentó al menos el 50% de la emergencia del total de la población.

b) Altura de las plantas: se tomaron en cuenta diez plantas por parcela para ser medidas por una regla desde la base, donde inicia el tallo hasta el inicio de la panoja.

c) Altura de hojas: se midieron con una regla, tomando como base la longitud de los fitómeros.

d) Días a floración: la floración se tomó en cuenta hasta donde al menos el 50% de las plantas de cada parcela mostraron las panojas.

e) Altura de las flores: se llevó a cabo cuando las plantas presentaron la antesis, y se midieron con una cinta métrica, en caso de existir panicuelas laterales también se tomaron en cuenta.

- f) Días a madurez fisiológica : el indicador mas utilizado para determinar la madurez fisiológica es el cambio de color de las panojas, siendo así, las panojas verdes cambian a un color oro y en panojas rojas el cambio es a un color café-rojizo, por otro lado las semillas son duras y es imposible tratar de insertarles la uña, en esta etapa se tomaron las variables de campo tales como: altura de planta, número de hojas, diámetro de tallo, días a floración, diámetro de hoja, diámetro y longitud de panoja para determinar las variables de campo mediante el apoyo de una regla decimal y un vernier.
- g) Días a madurez de cosecha : Es el número de días transcurridos desde el riego de siembra hasta que al menos el 50 % de las plantas presentaron dicho estadio, en este caso el indicador que se utiliza, es cuando las hojas senescen y caen y la planta tiene un aspecto seco de color café.
- h) Peso de campo: es cuando las plantas han llegado a madurez de cosecha y es cuando el grano tiene aproximadamente del 16 – 18 % de humedad. Se cortaron en forma manual 42 plantas por surco y 5 surcos en cada parcela, posteriormente se pesaron las panojas y se pusieron en una manta, en seguida se trillaron obteniéndose así el rendimiento de grano en ton/ha.
- i) Peso de 1000 semillas: se tomaron muestras de 1000 semillas en cada parcela de las cuatro repeticiones por genotipo, se pesaron en una balanza analítica marca Ohaus.

- j) Peso hectolitro: se pesaron las muestras en balanza analítica, 100 g con cuatro repeticiones y se midió el volumen en una probeta graduada, siendo necesario realizarse más de una vez, ya que este método es indirecto.

Análisis estadístico.

Se utilizó el diseño experimento de bloques al azar con arreglo factorial (dos factores), donde el factor A (corresponde a dos fuentes diferentes de fertilizantes) y el factor B (corresponde a cuatro genotipos), con cuatro repeticiones, de acuerdo a, (Steell y Torrie, 1980)

Modelo estadístico.

$$Y_{ij}=A+B_i+C_j+E_{ij}$$

Donde:

A= Efecto de la media de los tratamientos

B_i= Efecto de la media de los i-ésimo genotipos

C_j= Efecto de j-ésima repeticiones

E_{ij}= Efecto del error experimental.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de los análisis realizados al suelo del campo experimental de Navidad Nuevo León se muestra en el cuadro 5 de acuerdo a la tabla de equivalencias, las muestras de suelo, reportaron un contenido de nitrógeno, materia orgánica y carbonatos mediano, siendo rico también en fósforo y potasio y con un PH ligeramente ácido.

A continuación se muestra el Cuadro 5, donde se reflejan los resultados del análisis del campo experimental, Navidad Nuevo León

| Numero de muestreos | Materia orgánica % | Nitrógeno total % | Fósforo ppm. | Potasio ppm. | Carbonatos % | p”H” |
|----------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-------------|
| Suelo 1 | 1.793 c | 0.0917 a | 55.757 a | 723.02 d | 35.130 ab | 8.050 a |
| Suelo 2 | 1.862 bc | 0.1007 a | 40.790 d | 904.61 a | 26.267 b | 7.733 b |
| Suelo 3 | 2.050 a | 0.0967 a | 67.600 a | 887.60 b | 25.972 b | 8.200 a |
| Suelo 4 | 1.936 ab | 0.0948 a | 43.880 c | 763.11 c | 19.875 c | 8.08 ab |
| Tukey * | 0.1520 | 0.00797 | 1.9542 | 10.4680 | 1.7760 | 0.3708 |
| C.V.% | 3.6 | 5.19 | 1.7 | 0.58 | 3.0 | 2.0 |

La altura de planta se ve afectada por la acción conjunta de los cuatro factores fundamentales como: Luz, calor, humedad y nutrientes (Reyes, 1990).

Somarriba (1997) menciona que la altura de planta esta ampliamente influenciada por las características genéticas de la variedad, tipo de suelo y el manejo agronómico que se le da al cultivo.

En el Cuadro 6 se presentan los resultados del análisis de varianza para la variable altura de planta, en donde se observan diferencias estadísticas significativas en el factor A, que obedece a tratamientos mostrando diferencias entre los fertilizantes, estas diferencias estadísticas también fueron encontradas en un trabajo de tesis realizado por Cantanero y Martínez (2002), pero diferente a lo encontrado por Larios y García (1999) en donde no encontraron diferencias estadísticas, así mismo el factor B que corresponde a genotipos si presentan diferencias estadísticas altamente significativas, por lo que se considera que los genotipos se comportan de manera diferente porque provienen de diferente base genética, así mismo los diferentes comportamientos hacia los fertilizantes, de tal forma que se procedió a realizar la prueba de Tukey al 0.05 y 0.01 de probabilidad, según (Steel y Torre, 1986).

Cuadro 6 Análisis de Varianza para la variable altura de planta para los diferentes materiales genéticos.

| FV | GL | SC | CM | Fc | P>F |
|--------------|-----------|--------------|-------------|-----------|---------------|
| Repeticiones | 3 | 295.625000 | 98.541664 | 0.4430 | 0.727 |
| Factor A | 2 | 2051.125000 | 1025.562500 | 4.6110 * | 0.017 |
| Factor B | 3 | 4316.250000 | 1438.750000 | 6.4687 ** | 0.002 |
| Interacción | 6 | 689.375000 | 114.895836 | 0.5166 | 0.793 |
| Error | 33 | 7339.750000 | 222.416672 | | |
| Total | 47 | 14692.125000 | | | |

C.V.% = 9.29

* P=0.05 de probabilidad.

** Altamente significativo.

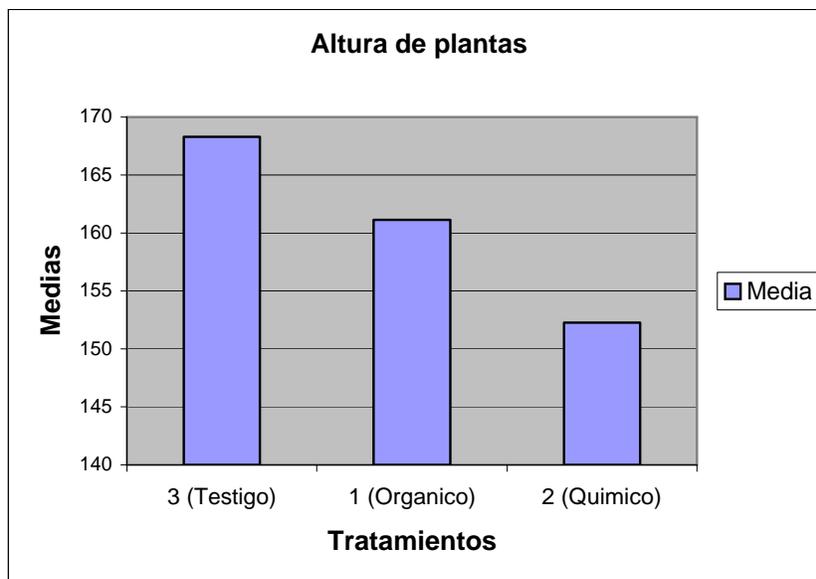
En el Cuadro 7 se plasman los resultados de la prueba de medias de Tukey según (Steel y Torre, 1986) en donde el factor A (que son los tratamientos) en la variable altura de planta presentó diferencias estadísticas al 0.01 de probabilidad en donde observa que el mejor tratamiento es el testigo, seguido por el orgánico y el químico para esta variable, siendo el tratamiento orgánico el que presentó mejor respuesta que el tratamiento químico, resultados similares son encontrados en INIA, en el Centro de Investigaciones Agrícolas falcón, Coro-Venezuela, (2008) al evaluar cinco fuentes orgánicas y un tratamiento químico sobre el desarrollo vegetativo y rendimiento del cultivo de papa en donde los valores mas altos se obtuvieron con las fuentes orgánicas.

Cuadro 7. Comparación de medias para el factor A (tratamientos) para la variable altura de plantas.

| Tratamiento | Media (cm) |
|--------------|-------------|
| 3 (testigo) | 168.2819 a |
| 1 (orgánico) | 161.1131 ab |
| 2 (químico) | 152.2987 b |

Tukey =10.7306

A continuación se muestra la grafica 1 en donde se representa el resultado de la comparación de medias del factor “A” para la variable altura de plantas, confirmando los resultados de la prueba de medias de Tukey.



Gráfica 1 Se representan los tratamientos de estudio para la variable altura de planta.

En el Cuadro 8 se presentan los resultados de la comparación de medias de Tukey según (Steel y Torre, 1986) del factor B (que corresponde a genotipos), para la variable altura de planta en donde se observa que los genotipos

Testigo, San Antonio y DGTA presentaron la mejor respuesta no variando significativamente entre ellos, mientras que el genotipo Gabriela presentó el resultado mas bajo.

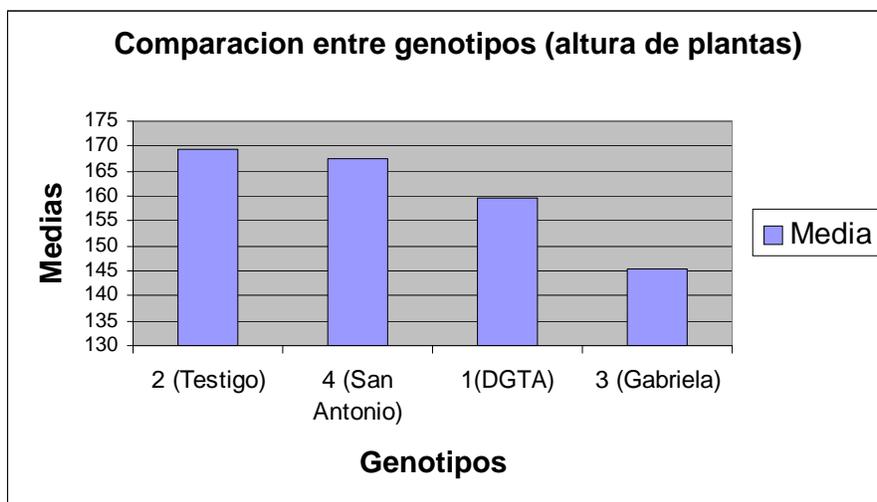
Cuadro 8. Comparación de medias de Tukey del factor B (correspondiente a genotipos) para la variable altura de planta.

| Genotipo | Media (cm) |
|-----------------|-------------------|
| 2 (Testigo) | 169.5308 a |
| 4 (San Antonio) | 167.5850 a |
| 1 (DGTA) | 159.7192 a |
| 3 (Gabriela) | 145.4233 b |

Tukey =12.3907

Literales iguales no hay diferencia estadística.

A continuación se muestra la gráfica 2, donde se representa el resultado de la comparación de medias del factor "B" que comprende los genotipos de estudio para la variable altura de plantas, encontrándose diferencias siendo el testigo superior, seguido por San Antonio y finalmente el Gabriela.



Gráfica 2 Muestra la comparación de medias entre genotipos en la variable altura de planta.

El diámetro del tallo depende de la variedad, de las condiciones ambientales y de la fertilización del suelo, la resistencia al acame obedece en gran medida de al diámetro del tallo, así como a la genética del genotipo (Zaharan y Garay, 1990)

A continuación se presenta el cuadro 9 con los resultados del análisis de varianza para la variable diámetro de tallo en donde se observa diferencias estadísticas significativas en el factor A (que corresponde a tratamientos), lo que indica que los genotipos se expresan de forma diferente debido a la fertilización así mismo los genotipos provienen de diferentes bases genéticas, por lo cual se procede a realizar la comparación de medias de Tukey al 0.05 y 0.01 de probabilidad según (Steel y Torre, 1986), y por otro lado en el factor B que corresponde a genotipos no se presentó diferencia estadística.

Cuadro 9. Resultados del análisis de varianza del factor A y B para la variable diámetro de tallo.

| FV | GL | SC | CM | Fc | F>P |
|--------------|-----------|-----------|-----------|------------------|---------------|
| Repeticiones | 3 | 0.012440 | 0.004147 | 0.0907 | 0.964 |
| Factor A | 2 | 0.696014 | 0.348007 | 7.6110 * | 0.002 |
| Factor B | 3 | 0.201878 | 0.067293 | 1.4717 NS | 0.239 |
| Interacción | 6 | 0.077782 | 0.012964 | 0.2835 | 0.940 |
| Error | 33 | 1.508892 | 0.045724 | | |
| Total | 47 | 2.497005 | | | |

C.V % =19.90

* P=0.05 de probabilidad.

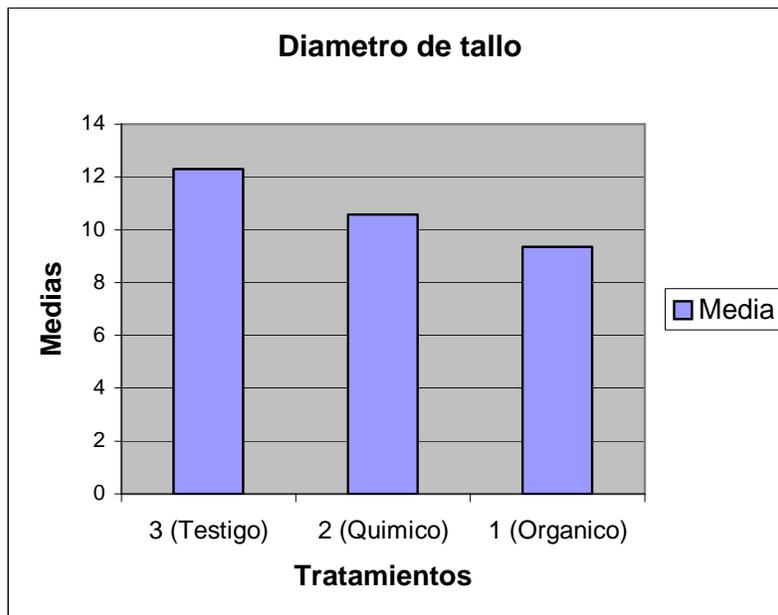
NS= No significancia.

En el Cuadro 10 se muestra la comparación de medias de Tukey según (Steel y Torre, 1986) en el cual se observa que el mejor tratamiento fue el testigo (donde no se aplicó ningún fertilizante), siguiéndole el tratamiento químico y por último el tratamiento orgánico. Estos resultados son similares a los obtenidos por Cantarero y Martínez (2002) al evaluar tres fertilizantes (gallinaza, estiércol y un fertilizante químico) en el cultivo de maíz en donde demuestra que el tratamiento químico fue mejor que el tratamiento orgánico.

Cuadro 10. Comparación de medias de Tukey del factor “A” (correspondiente a tratamientos) para la variable diámetro de tallo.

| Tratamiento | Media (cm) |
|--------------|------------|
| 3 (testigo) | 1.2294 a |
| 2 (químico) | 1.0594 ab |
| 1 (orgánico) | 0.9356 b |

En la gráfica 3 Se presenta la comparación de medias del factor “A” (de los tratamientos) para la variable diámetro de tallo encontrándose diferencias entre los mismos, mostrando el mayor diámetro de tallo en el testigo, seguido por el fertilizante químico y finalmente el fertilizante orgánico.



En la gráfica 3 Se presenta la comparación de medias del factor “A” (de los tratamientos) para la variable diámetro de tallo

La longitud es uno de los componentes que tienen mucha importancia para el rendimiento ya que tiene relación directa en la obtención de máximos rendimientos, de tal manera que a mayor longitud mayor número de granos, (Centeno y Castro, 1993).

La longitud está influenciada por las condiciones ambientales como clima y suelo, así como la disponibilidad de nutrientes; la máxima longitud dependerá de la humedad del suelo, nitrógeno y luz solar, (Adelito *et al.*, 1984).

En el Cuadro 11 se muestran los resultados del análisis de varianza para la variable longitud de panoja en donde podemos observar que hay diferencia estadística en el factor A (que representa a los tratamientos), este comportamiento diferente de los genotipos a la fertilización se debe en gran medida a que cada uno procede de diferente base genética, mientras que para el factor B (correspondiente a genotipos) estadísticamente no se presentó diferencia significativa para 0.05 y 0.01 de probabilidad, por lo que se procede a realizar la prueba de comparación de medias de Tukey para el factor A al 0.01 de probabilidad según (Steel y Torre, 1986).

Cuadro 11. Análisis de varianza del factor “A” y “B” para la variable longitud de panoja.

| FV | GL | SC | CM | Fc | P>F |
|--------------|-----------|-------------|------------|------------------|---------------|
| Repeticiones | 3 | 284.906250 | 94.968750 | 2.2064 | 0.105 |
| Factor A | 2 | 600.007813 | 300.003906 | 6.9698 * | 0.003 |
| Factor B | 3 | 152.843750 | 50.947918 | 1.1836 NS | 0.331 |
| Interacción | 6 | 286.382813 | 47.730469 | 1.1089 | 0.378 |
| Error | 33 | 1420.429688 | 43.045524 | | |
| Total | 47 | 2744.570313 | | | |

C.V. % =14.54

* P=0.05 de probabilidad.

NS= No significancia.

El Cuadro 12 se muestran los resultados de la comparación de medias de Tukey en la variable longitud de panoja donde se presenta que el mejor tratamiento es el orgánico, seguido por el tratamiento químico y finalmente el tratamiento testigo aunque entre estos dos últimos no presentaron diferencia estadística entre si, resultados similares por Cantarero y Martínez (2002) al evaluar tres fertilizantes (gallinaza, estiércol y un fertilizante químico) en el cultivo de maíz en donde al comparar el tratamiento químico con el orgánico no hubo diferencia estadística para esta variable.

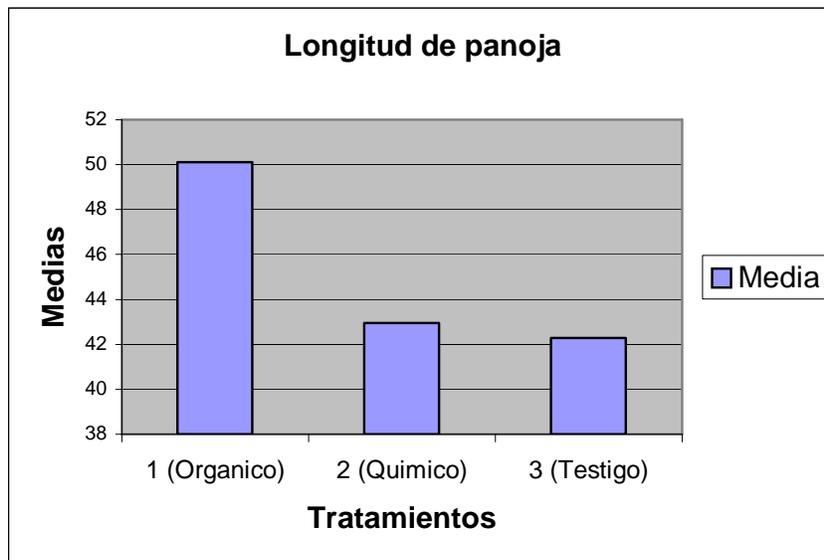
Cuadro 12. Tabla de comparación de medias del factor “A” para la variable longitud de panoja.

| Tratamiento | Media (cm) |
|--------------|------------|
| 1 (orgánico) | 50.1025 a |
| 2 (químico) | 42.9556 b |
| 3 (testigo) | 42.2931 b |

Nivel de significancia = 0.05

Literales iguales no hay diferencia estadística.

En la grafica 4 se representan los resultados de la comparación de medias de Tukey del factor “A” (correspondiente a tratamientos) para la variable longitud de panoja donde se observa que el mayor resultado para esta variable se presentó en el tratamiento orgánico seguido por los tratamientos químico y el testigo (sin aplicación).



Grafica 4 Muestra la comparación de medias del factor “A” (de los tratamientos) para la variable longitud de panoja.

En el Cuadro 13 se presenta el análisis de varianza para la variable diámetro de panoja en donde se observa que en el factor A (que corresponde a tratamientos) existe diferencia estadística altamente significativa, en tanto que en el factor B (que comprende a genotipos) no se presentó diferencia estadística, por lo que se procede a realizar la prueba de comparación de medias de Tukey para el factor “A” al 0.05 y 0.01 de probabilidad según (Steel y Torre, 1986).

Cuadro 13. Análisis de varianza para la variable diámetro de panoja.

| FV | GL | SC | CM | Fc | P<F |
|--------------|-----------|------------|-----------|------------------|---------------|
| Repeticiones | 3 | 0.973389 | 0.324463 | 0.1894 | 0.903 |
| Factor A | 2 | 36.354004 | 18.177002 | 10.6099 ** | 0.000 |
| Factor B | 3 | 8.605957 | 2.868652 | 1.6744 NS | 0.190 |
| Interacción | 6 | 13.049316 | 2.174886 | 1.2695 | 0.298 |
| Error | 33 | 56.535889 | 1.713209 | | |
| Total | 47 | 115.518555 | | | |

C.V.% =15.0

** Altamente significativo.

NS= No significancia.

En el Cuadro 14 se presenta la comparación de medias de Tukey según (Steel y Torre, 1986) del factor “A” en el cual se observa que el mejor tratamiento fue el testigo y los de menor respuesta fueron el tratamiento químico y el tratamiento orgánico no habiendo diferencia estadística entre estos dos corroborando esta información con lo encontrado por Cantarero y Martínez (2002) en una prueba con maíz al evaluar tres fertilizantes (gallinaza, estiércol y un fertilizante mineral) en donde al comparar estos tres tratamientos no se presentó diferencia estadística significativa.

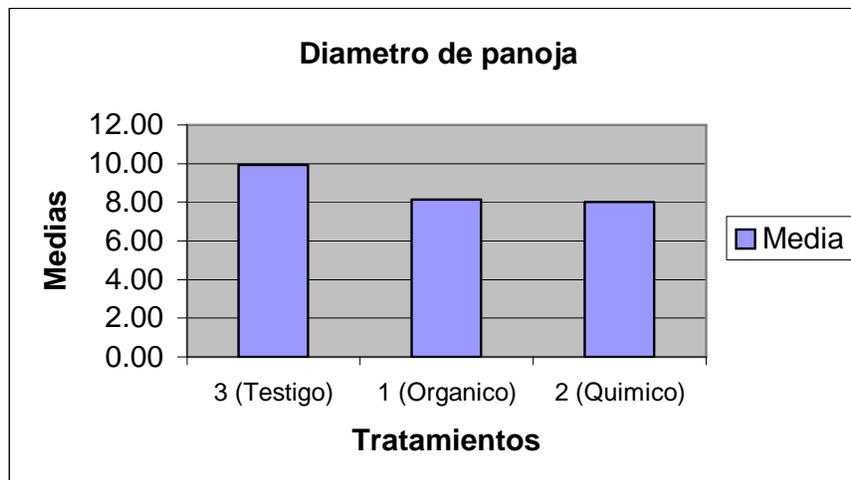
Cuadro 14. Comparación de medias del factor A (que comprende a tratamientos), para la variable diámetro de panoja.

| Tratamiento | Media (cm) |
|--------------|------------|
| 3 (testigo) | 9.9250 a |
| 1 (orgánico) | 8.1394 b |
| 2 (químico) | 8.0237 b |

Nivel de significancia = 0.05 de probabilidad

Literales iguales no hay diferencia estadística.

En la grafica 5 se muestran los resultados de la comparación de medias de Tukey del factor “A” donde se observa que el mayor diámetro de panoja se presento en el tratamiento testigo (sin aplicación), quedando en segundo lugar en tratamiento orgánico y por ultimo el tratamiento químico, aunque no existe diferencia entre estos dos últimos.



Grafica 5 presenta la comparación de medias del factor “A” (de los tratamientos) correspondiente a la variable diámetro de panoja.

El rendimiento agrícola de los cultivos se determina por los componentes de esta variable y el comportamiento de estos componentes influyen en el rendimiento final, (Rivera y Morales, 1997).

El rendimiento depende de la calidad, cantidad y tamaño de los granos sobre todo cuando dependen del suministro de nitrógeno, (Lemcoff y Loomis, 1986).

El rendimiento potencial de un producto agrícola se define como el rendimiento de una variedad en ambientes a los que se ha adaptado, donde no hay limitación de nutrientes, agua y donde las plagas, enfermedades, malas hierbas, acame y otros factores negativos son controlados de manera eficiente, de acuerdo al: (CIMMYT, 1986).

En el Cuadro 15 se presenta el análisis de varianza para la variable rendimiento en donde se observa que existe diferencia estadística altamente significativa para el factor A (correspondiente a tratamientos), estas mismas diferencias se encontraron en Infoagro, Jiménez *et al.*, (1998) al comparar los resultados de la aplicación de fertilizante orgánico y químico en la producción de café, y en el factor B (que corresponde a genotipos) se presenta diferencia estadística significativa debido a que cada material proviene de diferente base genética por lo que se decide a realizar la prueba de comparación de medias de Tukey al 0.05 y 0.01 de probabilidad según, (Steel y Torre, 1986).

Cuadro 15. Análisis de varianza para la variable rendimiento.

| FV | GL | SC | CM | Fc | P>F |
|--------------|-----------|---------------|--------------|------------|---------------|
| Repeticiones | 3 | 6848.000000 | 2282.666748 | 3.8909 | 0.017 |
| Factor A | 2 | 56460.000000 | 28230.000000 | 48.1193 ** | 0.000 |
| Factor B | 3 | 177430.000000 | 59143.332031 | 10.8125 * | 0.000 |
| Interacción | 6 | 11514.000000 | 1919.000000 | 3.2710 | 0.012 |
| Error | 33 | 19360.000000 | 586.666687 | | |
| Total | 47 | 271612.000000 | | | |

P = > 0.05 y 0.01 de probabilidad
C.V.% =2.93

* Significativo

** Altamente significativo.

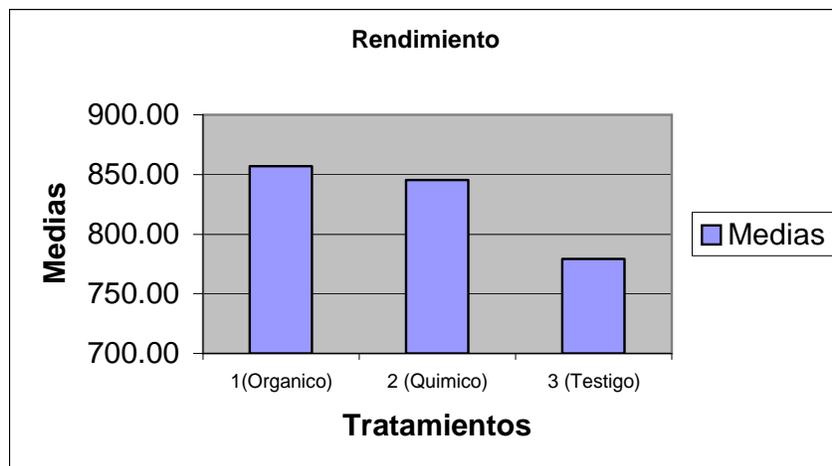
En el Cuadro 16 se muestra el resultado de la prueba de medias de Tukey en donde se demuestra que los mejores tratamientos fueron el tratamiento orgánico y el tratamiento químico no presentando diferencia estadística entre estos dos tratamientos, no siendo así para el tratamiento testigo (sin fertilizar) que fue el que presentó el mas bajo resultado para esta variable, este resultado no concuerda a lo encontrado en Infoagro, Costa Rica por Fonseca y Ramírez (1998), al probar el efecto de la de la fertilización química y orgánica sobre la producción de café en donde se observo que hubo diferencias desde un 16% hasta en un 34% de la producción, siendo mejor el tratamiento orgánico..

Cuadro 16. Resultado de la comparación de medias de Tukey del factor “A” para la variable rendimiento.

| Tratamiento | Media kg/ha |
|--------------|-------------|
| 1 (orgánico) | 857.0000 a |
| 2 (químico) | 845.1875 ab |
| 3 (testigo) | 779.0625 b |

Nivel de significancia = 0.05 de probabilidad

A continuación se muestra la grafica 6 donde se representan los resultados de la comparación de medias de Tukey del factor “A” en el cual podemos ver que el mayor rendimiento se presentó con el tratamiento orgánico, seguido por el tratamiento químico y por ultimo el tratamiento testigo (sin aplicación) el cual presentó el mas bajo rendimiento..



Grafica 6 presenta los resultados de cada uno de los tratamientos en relación al comportamiento de los genotipos para la variable rendimiento.

En el Cuadro 17 se presenta la comparación de medias de Tukey del factor B (entre genotipos) para demostrar que el genotipo que mas altos rendimientos nos proporciono fue el San Antonio seguido por Gabriela, DGTA y Testigo, este último fue el que mostró los mas bajos resultados obedeciendo así a que los genotipos se comportan de manera diferente debido a que provienen de diferentes bases genéticas.

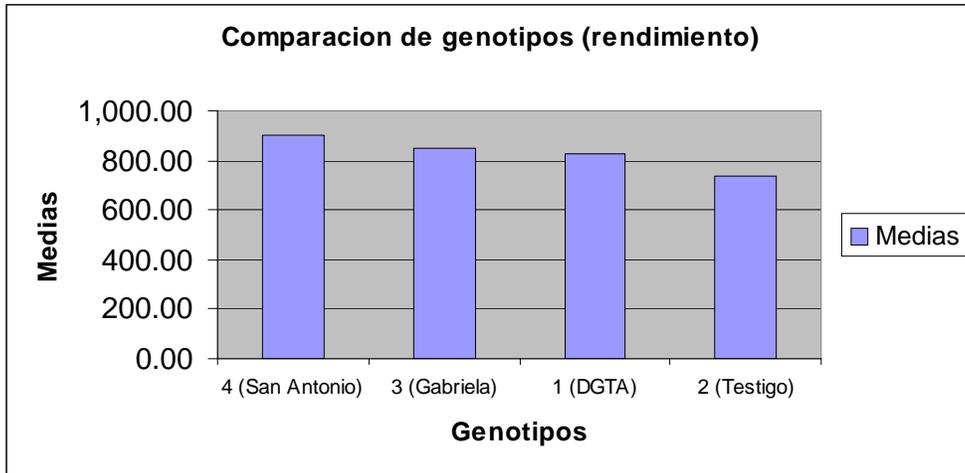
Cuadro 17. Resultado de la comparación de medias del factor “B” para la variable rendimiento.

| Genotipos | Medias kg/ha |
|------------------|---------------------|
| 4 (San Antonio) | 902.1667 a |
| 3 (Gabriela) | 847.1667 b |
| 1 (DGTA) | 825.4167 b |
| 2 (Testigo) | 733.5833 c |

Nivel de significancia = 0.05 de probabilidad

Literales iguales no hay diferencia estadística.

A continuación se muestra la grafica 7 que representa la comparación de medias de Tukey del factor “B” (que corresponde a genotipos) donde observamos que el material mas rendidor fue el San Antonio, seguido por el Gabriela, DGTA y por último el Testigo (material comercial).



Grafica 7. En donde se observa el comportamiento de los genotipos en relación a la fertilización para la variable rendimiento.

CONCLUSIONES

De acuerdo a los objetivos planteados y a los resultados obtenidos al desarrollar este trabajo se concluyó lo que a continuación se describe.

- ✓ Según la hipótesis planteada, si hubo diferencia en la respuesta a los fertilizantes químico y orgánicos.
- ✓ El cultivo de amaranto respondió de manera aceptable a la dosis de fertilización orgánica expresando los mejores resultados en este tratamiento para la variable rendimiento.
- ✓ El rendimiento mas alto se presentó con el tratamiento orgánico con una media de 857 kg/ha, seguido por el tratamiento químico con un rendimiento promedio de 845.1875 kg/ha y como último lugar se presentó el testigo (sin aplicación) con un promedio de 779.0625 kg/ha respectivamente.
- ✓ En base a la variable rendimiento, al hacer comparación entre genotipos, se demostró que el material genético mas rendidor fue el San Antonio con un promedio de 902.1667 kg/ha.
- ✓ Para la variable diámetro de panoja, el tratamiento orgánico y químico ocuparon el segundo y tercer lugar, mientras que el testigo (sin aplicación) fue el que mejor resultado proporcionó.

- ✓ Para la variable longitud de panoja, el tratamiento orgánico fue el que mejor resultado proporciono con 50.1025 cm de longitud de panoja.

- ✓ Para la variable diámetro de tallo el mejor tratamiento fue el testigo (sin aplicación) con 1.2229 cm de grosor.

- ✓ Para la variable altura de plantas el mejor tratamiento fue el testigo (sin aplicación) con una altura de plantas de 168.2819 cm.

- ✓ Haciendo una comparación entre genotipos para la variable altura de plantas se concluyó que el mejor fue el testigo (material comercial) con 169.5308 cm de altura.

LITERATURA CITADA

- Adetiloye, P.O Okibo, B.W y Ezedinma, E.O, 1984. Response maize and ear shoot characters growth. Factors in southern Nigeria field. Crops reseach an International Journal. EEUU pp 265. EU.
- Alvarado, E.F, Centeno A 1994. Efecto de sistemas de labranza, rotación y control de malezas sobre la cenosis de las malezas y crecimiento , desarrollo y rendimiento de los cultivos de maíz (*Zea mays L.*) y sorgo (*Sorghum bicolor L.*).Tesis, Managua, Nicaragua. Universidad Nacional Agraria. 74 pp.
- A.O.A.C. 1990. Asociation Official methods of Analysis 15th. Edition. Arlinton, Uirginia 22201 USA.
- Bailey, L.H. 1914. *Amaranthus* in: Standard Cyclopedia of Horticulture. MacMillan I. New York.
- Brenner, D.1990. Seede shattering control with indehiscent utricles in grain amaranths. Legacy 3 (1): 2-3
- Bressani, R. 1989. The proteins of grain amaranth. Foods Reviews International. 51: 1338.
- C. Fonseca y G. Ramírez, 1998. Prueba del efecto de la fertilización química y orgánica sobre la producción de café. Infoagro, Costa Rica.

- Cantanero, R.J y Martínez, O.A 2002. Evaluación de tres tipos de fertilizantes (gallinaza, estiércol vacuno y un fertilizante químico) en el cultivo de maíz. Managua-Nicaragua.
- Centeno, J.D; Castro, V.L, 1993. Influencia de cultivares antecesores y métodos de control de maleza sobre la cenosis de las malezas y el crecimiento, desarrollo y rendimiento de los cultivos de maíz (*zea mais* L) y sorgo (*sorghum bicolor* L.).
- Centro Internacional de Mejoramiento del Maíz y Trigo (CIMMYT). 1986. El desarrollo futuro del maíz en tercer mundo. Oportunidades de aumentar el potencial de rendimiento del trigo División de Industria Vegetal. Combera. Australia.
- Clark, K.M. y R.L Myers. 1994. Intercrop performance of pearl millet, amaranth, cowpea, soybean and guar in response to planting pattern and nitrogen fertilization. Agron.J. 86:1097-1102.
- Early. D. K. 1977. Cultivation and uses of amaranth in contemporary Mexico in: Proc. First. Amaranth Seminar. Emmaus, Pa. USA. Pp. 39 – 60.
- Elbehri, A.D.H. Putman y M. Schmitt. 1993. Nitrogen fertilizer and effects on yield and nitrogen efficiency of grain Amaranth. Agronomy Journal. 85 (1): 120-128.

Escudero, N.L.:G. Albarracin,S. Fernández y L.M. De Arellano. 1999. Nutrient and antinutrient composition of *Amaranthus muricatus*. En plant foods for human nutrition 54 (4) pp. 327-336.

Espitia, R.E. 1986a. Plagas y enfermedades del amaranto (*Amaranthus* spp.) en México. P: 233-238. Primer seminario Nacional del Amaranto. Chapingo, México.

Espitia, R.E 1991b. Estabilidad del rendimiento en Amaranto. p 65. en: Primer Congreso Internacional del Amaranto. Oaxtepec, Morelos, 22-27 sep. México.

Espitia, R.E.1986b. Caracterización y evaluación preliminar de germoplasma de *Amaranthus*.spp. tesis Profesional. UAAAN. Saltillo, Coahuila, México.

Espitia, R.E; 1991a. Revancha: variedad mejorada de amaranto para los valles altos de México. p. 64. En: Primer congreso Internacional del Amaranto. Oaxtepec, Morelos.

Espitia. R ;E. 1986c. Situación actual y problemática del cultivo de amaranto en México in: Memoria del primer seminario nacional del amaranto. Colegio de postgraduados. Chapingo, Estado de México, México. 101-109.

FAO.1989. Amaranth Round – UP. Rodale Press.E.U.A.

FAO. 1990. Guía para el manejo de plagas en cultivos andinos subexplotados. Oficina Regional para América Latina y el Caribe. Santiago, Chile.

FAO. 1992. Manual sobre utilización de cultivos andinos subexplotados en la alimentación. FAO. Oficina Regional para América Latina y el Caribe. Santiago, Chile.

FAO. Abril. 2008. Importancia de la semilla de alegría. P. 289-299.
[Http://www.botanicaeconomicadeamaranto.blogspot.com/2008_04_01_archive.html](http://www.botanicaeconomicadeamaranto.blogspot.com/2008_04_01_archive.html)

García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. UNAM. 246. P.

Garmendia, A. 1985. Enfermedades del amaranto. Programa de investigación del amaranto. Informe 83-2. Cusco, Perú.

Henderson, T.L. 1993. Agronomic evaluation of grain amaranth in North Dakota. Tesis Ph. D. North Dakota State, North Dakota, USA.

INIA. 1987. Informe de Avances de Investigación del Programa Nacional de Cultivos Andinos, 1986-87. Lima, Perú.

INIA, 2008. Evaluación de cinco fuentes orgánicas y un tratamiento químico sobre el desarrollo vegetativo y rendimiento del cultivo de papa. Falcón, Coro-Venezuela.

Jiménez *et al.*, 1998. Memoria del IV seminario de resultados y avances de investigación. Infoagro. Costa Rica.

Larios González, R.C, Y García Moraga, C.M. 1999. Evaluación de tres dosis de gallinaza, compost y un fertilizante mineral en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) Var. NB-6. Tesis de ing. Agr. Universidad Nacional Agraria. (UNA) 92pp

Lemcoff, J.M, y Loomis, R.S. 1986. Nitrogen influences on leaf determination on maize. *Crop science* . USA vol.26, pp, 1017 – 1022.

.Lutz, R. 1986. Observaciones sobre el cultivo y usos del amaranto en América Latina. P. 225 – 231. En: Primer Seminario Nacional del Amaranto

MacNeish, R. 1970. The prehistory of the Tehuacan Valley. University of Texas Press. E.U.

Mapes, C., R. A. Bye, E. Espitia y J. Caballero, 1996. Morphophysiological variation in some Mexican species of vegetable maranthus: Evolutionary tendencies under domestication, 43(3) pp.283-290.

Martines, M. 1979. Catálogo de nombres vulgares y científicos de plantas Mexicanas. Fondo de cultura económica. México.

Monteros, J.C.; C. Nieto, C. Caicedo, M. Rivera, y C. Vimos. 1994. INIAP-Alegría, primera variedad mejorada de amaranto para la sierra Ecuatoriana. INIAP. Boletín Divulgativo N° 245. Ecuador.

Myers N (1998) Threatened biotas : “Hostpots” in tropical forests. *Environmental list* 8: 1-20.

Nieto, C. 1990. El cultivo de amaranto (*Amaranthus spp*) una alternativa agronómica para Ecuador. INIAP, EE. Santana catalina. Publicación Miscelánea N° 52. Quito, Ecuador

Putnam, D.H. 1990. Agronomic practices for grain amaranth in: Proceedings of National Amaranth Symposium 4, Minneapolis, MN. 23 – 25 August. 1990. Minnesota. Ext. Serv. University of Minnesota, St Paul, MN. USA. P. 151 – 162.

Quillahuaman. 1989. Fenología del cultivo de quiwicha (*Amaranthus caudatus L.*). P. 29-31. En: Curso taller fenología de cultivos andinos y uso de la información meteorológica. Puno, 7-10 agosto. INIA, PICA. Perú.

Reyes C.P; 1990. El maíz y su cultivo. A.C.T. Editor S.A; México, D.F; 460 pp

Rivera, S.D y Morales, R.J 1997. Efecto de diferentes niveles de nitrógeno, fraccionamiento y momento de aplicación sobre el crecimiento,

desarrollo rendimiento del maíz. Var NB – 12. Tesis de Ing. Agr. Instituto superior de ciencias agropecuarias. Managua – Nicaragua. Pp 3.

Sánchez, E.M; R.E. Espitia y K.S. Osada.1991. Etiología del tizón (*alternaria tenuis*) en amaranto (*Amaranthus sp*). P. 66. En: Primer congreso internacional del amaranto. Septiembre 22-27. Oaxtepec, Morelos, México.

Sánchez, M. A. 1980. Potencial agroindustrial del amaranto. Centro de Estudios Económico y Sociales del tercer mundo. México.

Santos, B., J.A, Dusky, W.M. Stall, D.G, Shilling y T. A. Bewick.1998. Phosphorus effects on competitive interactions of smooth pigweed (*amaranthus hibridus*) and common purslane (*portulaca oleracea*) With lettuce (*lactuca sativa*). En: Weed sciece, 46 (3) pp.307-312.

Sauer, J. D. 1976. The grain amaranths and their relatives: a revised taxonomic and geographic survey. *Annals of Missouri Botanical Garden* 54:103-137.

Saunders, R. M. y R. Becker. 1984. *Amaranthus*: A potential food and feed resource. *En: Adv. Sci. Tech. Vol.VI. AACC. Ed. Pomeranz.*

Sepúlveda, H. 1989. Quinoa y amaranto. Dos pseudo cereales con gran perspectiva. *El campesino* 120 (10): 970.

- Somarriba, C. 1997. Texto básico de granos básicos. Universidad Nacional Agraria. Managua – Nicaragua. 197 pp.
- Steel, R. G. D. And Torrie, D. H. 1980. Principles and procedures of statistics Ed; Magraw-Hill. USA PCPRPBIT Versión 1.0 Colegio de Posgraduados. Chapingo México.
- Steel GB, Torrie HJ 1986. Bioestadística. Principios y procedimientos. 2ª edición, MC Graw Hill. México. 620 pp.
- Sumar, K.L.1993. La kiwicha y su cultivo. Centro Bartolomé de las casas. Cusco, Perú.
- Tapia, M. 1997. Cultivos andinos sub-explotados y su aporte a la alimentación. 2ª Edición, FAO, Oficina Regional para América Latina y el caribe. Santiago, Chile.
- Transue, D.K, D. J.Fairbanks, L..R, Robinson y W. R. Andersen. 1994. Plant genetic resources. Crop Sci. 34: 1385-1389.
- Trinidad S; A. 1980. Informe de actividades de la selección de fertilidad de suelos. CEDAF, Colegio de posgraduados, Chapingo, Mex. Pag. 86.
- U.A.E.M. (Universidad Autónoma del Estado de Morelos) 1999. Amaranto, alimento complementario de los campesinos de toda meso América.

U.A.E.M. (Universidad Autónoma del Estado de México) 2003. con pagina:
http://www.uaemex.mx/Red_Ambientales/docs/congresos/QUERETARO%202003/orales/AMARANTO.doc

Vele, G.2000. Amaranto: Símbolo de inmortalidad, en pagina de mensana
.www.menssana.com.Ve/nutr_nat/amaranto.htm2hele2nov,Av;Lpsolonek
o y N.B.Zheleznova.1997. En Euphytica. 97(2) pp 177-182.

Villarreal, L. M. 1983. El género *Amaranthus*. Cuadernos de divulgación N° 13.
Universidad de Guadalajara, México.

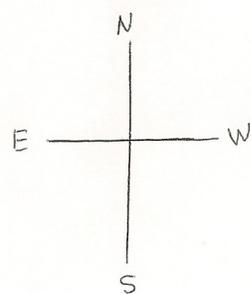
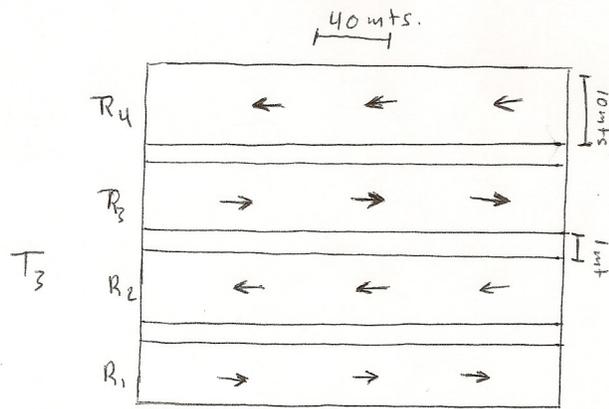
Walters,R.D; D.I. Coffey y C.E. Sams. 1988. Fiber, nitrate and protein content of
amaranthus accessions as affected by soil nitrogen application and
harvest date. Hort science 23 (2): 338 – 341.

Watt y Merri. 1963. Composition Foods USDA. Agricultura Handbook. N°. 8.
Washington CC.

Zaharan, S.M; Garay, J.R. 1990. Efecto de diferentes niveles de nitrógeno,
fraccionamiento y niveles de aplicación sobre el crecimiento y el
rendimiento del maíz (*Zea mays L*) Var NB – 6. Tesis Ing. Agr. Managua
– Nicaragua. UNA 32 pp.

APÉNDICE

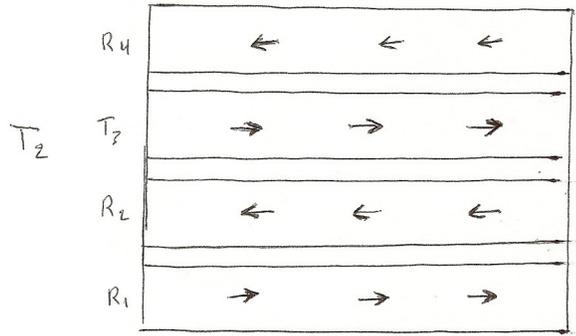
ARREGLO EN CAMPO, NAVIDAD, NUEVO LEON.



T₁ = Fertilizante Orgánico

T₂ = Fertilizante Químico

T₃ = Testigo

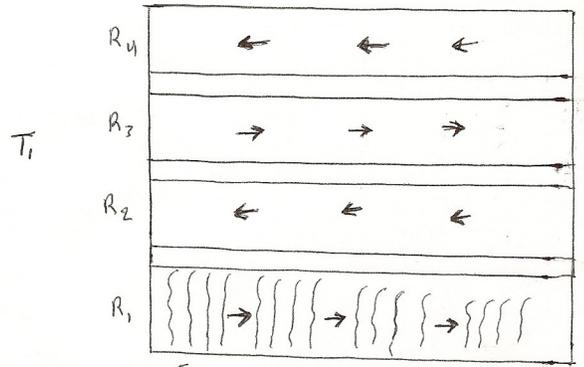


R₁ = Repetición 1

R₂ = Repetición 2

R₃ = Repetición 3

R₄ = Repetición 4



G₁ = DGTA

G₂ = San Antonio

G₃ = Gabriela

G₄ = Testigo.

Distancia ÷ surcos = 90 mts
Ancho de calles = 1 mt.

This document was created with Win2PDF available at <http://www.win2pdf.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.
This page will not be added after purchasing Win2PDF.