

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”**

**DIVISIÓN DE CIENCIAS SOCIOECONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE ADMINISTRACIÓN AGROPECUARIA**



Evaluación de etapas fenológicas en el cultivo de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*) para su comercialización y producción.

POR:

Eneida Mora Mata

TESIS.

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO ADMINISTRADOR

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Diciembre de 2008.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"

DIVISIÓN DE CIENCIAS SOCIOECONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE ADMINISTRACIÓN AGROPECUARIA

POR:

Eneida Mora Mata

TESIS

Evaluación de etapas fenológicas en el cultivo de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*) para su comercialización y producción.

Que se somete a consideración del H. Jurado examinador como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO ADMINISTRADOR

APROBADO POR:

M.C. Carlos Livas Hernández
Presidente del jurado

M.C. Felipa Morales Luna
Sinodal
Ing. Heriberto Ríos Tapia
Sinodal
Ing. Tomas Eduardo Alvarado Martinez
Coordinador de la División de Ciencias Socioeconómicas
Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, Diciembre de 2008.

AGRADECIMIENTO

A DIOS. Por darme la oportunidad de pertenecer a esta vida, pero sobre todo por darme una familia tan maravillosa.

A MI ALMA TERRA MATER. Por abrirme sus puertas para culminar una etapa más de mi vida, siempre me sentiré orgullosa de ser Narro.

A LA M.C. Felipa Morales Lunas. Por su apoyo incondicional, por la confianza, por su experiencia y conocimientos compartidos y por ser parte fundamental de este nuevo logro.

AL M.C. Carlos Livas Hernández. Por su calidad de vida como persona, por el honor de contar con su apoyo brindado para la realización de este trabajo.

AL Ing. Heriberto Ríos Tapia. Por la confianza brindada para realizar este trabajo de investigación.

A la Lic. Sandra López Betancourt. Por su amabilidad y el apoyo brindado incondicionalmente en la realización de este trabajo.

Al departamento de administración por haberme otorgado un lugar en sus instalaciones, gracias a todos los catedráticos del departamento.

DEDICATORIA

A MIS PADRES:

Sra. Evilia Mata García. Por darme la vida, por apoyarme en todos los buenos y malos momentos de mi vida y sobre todo por los sacrificios y el apoyo moral que siempre me has brindado.

Sr. Lorenzo Mora García. En especial a ti papá por tu fortaleza como padre, por enseñarme a defender ante cualquier situación de la vida, por hacer de mí una persona de bien, te quiero papá.

Gracias por darme la herencia más grande que se le puede dar a un hijo su profesión.

A MIS HERMNOS:

Mireya, Yesenia y Luis. Por la confianza y apoyo moral para seguir adelante, gracias por creer en mí.

A Gabriel Sánchez Cruz. Por ser parte fundamental en mi vida, por estar conmigo en los momentos que más lo necesito, gracias.

Quiero dedicar este trabajo a la persona más importante de mi vida, a mi hijo **Angel Gabriel Sánchez Mora**, eres lo mejor que me ha pasado en la vida, por ser el principal motivo de todos mis logros, con tu inocencia y ternura me has dado los momentos más maravillosos de mi vida, te amo bebé.

INDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO...	i
DEDICATORIA.....	ii
INDICE GENERAL.....	iii
INDICE DE CUADROS.....	iv
INDICE GRÀFICAS.....	vi
INDICE DE FIGURAS.....	vi
RESUMEN.....	vii
I.- INTRODUCCIÒN.....	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
JUSTIFICACION.....	4
HIPÒTESIS NULA.....	5
HIPÒTESIS ALTERNA.....	5
OBJETIVO GENERAL.....	5
OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	5
METODOLOGIA.....	6
II.- REVISION DE LITERATURA.....	7
2.1.- Origen e historia	7
2.2.- Taxonòmia.....	9
2.3.- Especies para producción de grano	11
2.4.- Características botánicas del amaranto.....	12
2.5.- Fisiología del amaranto.....	16
2.6.- Fases fonológicas del amaranto.....	17
2.7.- Condiciones edafoclimàticas para el cultivo del amaranto.....	20
2.8.- Usos del amaranto.....	23
2.9.- Plagas y enfermedades.....	25
III.- PRODUCCIÒN Y COMERCIALIZACIÒN.....	28
3.1.- Información nutricional.....	28
3.2.- Composición química.....	29
3.3.- Distribución mundial.....	32

3.4.- Cultivo del amaranto en México.....	34
3.5.- Superficie y producción nacional.....	38
3.6.- Comercialización.....	40
IV.- MATERIALES Y MÉTODOS.....	42
4.1.- Localización del área de estudio.....	42
4.2.- Material genético.....	42
4.3.- Procedimiento.....	42
4.4.- Análisis estadístico.....	44
V.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	45
VI.- CONCLUSIONES.....	54
VII.- BIBLIOGRAFIA.....	55

ÌNDICE DE CUADROS

Cuadro 3.1	Composición química de la semilla de amaranto (por 100 g de parte comestible y en base seca).....	29
Cuadro 3.2	Contenido de proteína del amaranto comparado con los principales cereales (g/100 g pasta comestible).....	29
Cuadro 3.3	Contenido y cómputo de aminoácidos de la proteína de amaranto (mg. De aminoácidos / g de proteína).....	30
Cuadro 3.4	Contenido de grasa en distintos granos.....	30
Cuadro 3.5	Composición del aceite de la semilla de amaranto.....	31
Cuadro 3.6.	Composición de las hojas del amaranto comparado con la espinaca (nutrientes seleccionados en 100 g).....	31
Cuadro 3.7	Superficie sembrada de amaranto en México.....	38
Cuadro 3.8.	Producción nacional de amaranto en México.....	39
Cuadro 3.9	Reporte semanal de precios de Especies y otros productos al mayoreo en Central de Abasto.....	41
Cuadro 4.1.	Análisis de varianza.....	43

Cuadro 5.1.	Descriptores del cultivo de amaranto.....	45
Cuadro 5.2.	Cuadrados medios y su significancia de la variable altura de planta.....	46
Cuadro 5.3.	Prueba de medias para la variable altura de planta.....	47
Cuadro 5.4.	Cuadrados medios y su significancia de la variable número de hojas.....	48
Cuadro 5.5.	Prueba de medias para la variable número de hojas.....	48
Cuadro 5.6.	Cuadrados medios y su significancia de la variable longitud de hojas.....	49
Cuadro 5.7	Prueba de medias para la variable longitud de hojas.....	50
Cuadro 5.8	Cuadrados medios y su significancia de la variable diámetro de hojas.....	51
Cuadro 5.9.	Prueba de medias para la variable diámetro de hojas.....	51
Cuadro 5.10.	Cuadrados medios y su significancia de la variable diámetro de tallo.....	52
Cuadro 5.11.	Prueba de medias para la variable diámetro de tallo.....	53

ÌNDICE DE GRÀFICAS

Gràfica 3.1.	Superficie sembrada/ha, cultivo de Amaranto.....	38
Gràfica 3.2.	Producción nacional del cultivo de Amaranto.....	39
Gràfica 5.1.	Altura de planta en los ocho tratamientos.....	47
Gràfica 5.2.	Número de hojas para los ocho tratamientos.....	49
Gràfica 5.3.	Longitud de hojas para los ocho tratamientos.....	50
Grafica 5.4.	Diámetro de hojas para las ocho lecturas.....	52
Gràfica 5.5.	Diámetro de tallo para las ocho lecturas.....	53

ÌNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1.	<i>Amaranthus hypochondriacus</i> , <i>A. cruentos</i> , <i>A. caudatus</i> y <i>A. edulis</i>	10
Figura 2.2.	Formas y altitud de la inflorescencia de amaranto.....	14
Figura 2.3.	Pixidio unilocular de amaranto (Brenner, 1990).....	15
Figura 2.4.	Diagrama de sección trasversal (a) y longitudinal (b) de la semilla (Irving <i>et al.</i> , 1981).....	16

RESUMEN

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

El seguimiento del estado fenológico de los cultivos es una tarea muy importante para el agricultor, no sólo porque sirve de base para la programación de las futuras labores culturales, tales como el riego, aplicación de insecticidas, aporques, etc., sino también porque permite evaluar el crecimiento de los cultivos y sobre todo tener una idea sobre los posibles rendimientos, ya que el estado del cultivo es el mejor indicador del resultado de las interacciones de los diferentes factores de producción, entre los cuales destacan las condiciones ambientales ocurridas desde el inicio del cultivo.

Las hojas tienen más hierro que las espinacas. Contienen mucha fibra, vitamina A y C; así como, Hierro, Calcio y Magnesio. Tiene un alto nivel de proteínas, que va del 15 al 18 %. Tiene un buen equilibrio a nivel de aminoácidos y el hecho de que contenga lisina que es un aminoácido esencial en la alimentación humana y que no suele encontrarse (o en poca cantidad) en la mayoría de los cereales. Contiene entre un 5 y 8 % de grasas saludables.

Los estados de mayor producción de amaranto son el D.F., el estado de México, Morelos, Puebla y Tlaxcala.

El trabajo se estableció con un diseño completamente al azar con tres tratamientos y veinte repeticiones con un total de 60 unidades experimentales.

De las variables evaluadas que son altura de planta, número de hojas, longitud de hojas, diámetro de hojas y diámetro de tallo en los tres tratamientos, se concluye que existen diferencias entre tratamientos, resultando mejor el tratamiento tres en todas las variables, por lo que se acepta la hipótesis alterna.

Palabras claves

Amaranto, evaluación de etapas fonológicas, Variables evaluadas, condiciones edafoclimáticas.

I.- INTRODUCCIÓN

La potencialidad de desarrollo de los individuos esta íntimamente relacionada con la potencialidad creadora de las sociedades, razón por la cual el progreso y el bienestar de la sociedad depende de la salud y el desarrollo de quienes la conforman. A la vez, la salud y el desarrollo humano no son plenos sin una nutrición adecuada, por lo que el estado de nutrición es un elemento fundamental del capital humano, de ahí la importancia de conocer las características de nutrición de la población e identificar los problemas que al respecto pudieran existir.

Dado que la resolución de los problemas de nutrición tiene una alta prioridad, la información que de ella se tenga debería de repercutir idealmente en las políticas y los programas de salud, de educación, de nutrición y de alimentos. Debido a que México es un país de gran contraste donde prevalece la heterogeneidad geográfica, económica, social y cultural de su población, existe una gran diversidad de cultivos que cubren las necesidades de alimentación y nutrición que requiere la población de nuestro país.

En cuanto a los cultivos que se practican en México es importante tomar muy en cuenta aquellos que proporcionan una alimentación con niveles adecuados de nutrición. La planta de Amarantos spp es un cultivo cuya importancia radica en su alto contenido de proteínas, por lo que es un pseudocereal importante para la alimentación futura del hombre.

El amaranto es un cultivo antiguo que data de los años 500 A.C. siendo México uno de los centros de origen, que en la antigüedad, desempeñó un papel muy importante en cuanto a la alimentación y religión de la cultura azteca. El amaranto tiene múltiples usos tanto en la alimentación humana y animal como en la industria, medicina y la ornamentación. Para la alimentación humana se

usa el grano entero o molido en forma de harinas, ya sea tostada, reventada o hervida. Las hojas tiernas reemplazan a las hortalizas de hoja, y las plántulas (hasta la fase fenológica de ramificación) se consumen en forma de hortalizas, para lo cual se hacen hervir como si fuera espinaca o acelga y luego se puede licuar y obtener puré. Las hojas enteras y mezcladas con papas pueden ser consumidas directamente teniendo un sabor y aroma muy característico, agradable y peculiar. También las hojas enteras son utilizadas directamente en las sopas.

Una de las características más importantes del amaranto es sin duda su alto valor nutritivo (17% de proteína). La semilla presenta una gran versatilidad, pudiéndose utilizar en la preparación de diversos alimentos y tiene además un prometedor potencial industrial, tanto en la elaboración de alimentos, cosméticos, colorantes, asimismo, se puede aprovechar de múltiples formas, como grano, verdura o forraje.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

El amaranto es un cultivo que no se le ha dado la importancia adecuada ya que no se cuenta con información suficiente. No solo es un cultivo que fue olvidado en el pasado también en la actualidad, debido a que ha declinado en este siglo y actualmente solo se practica en ciertos puntos del país y pocas son las personas que lo conocen como alimento de alto valor nutricional. Los estados de mayor producción de amaranto son: D.F., el estado de México, Morelos, Puebla y Tlaxcala.

Sin restarle menor importancia se debe de contar con información en cuanto a la determinación de las diferentes fases fenológicas del amaranto. El seguimiento del estado fenológico de los cultivos es una tarea muy importante para el agricultor, no sólo porque sirve de base para la programación de las futuras labores culturales, tales como el riego, aplicación de insecticidas, aporques, etc., sino también porque permite evaluar el crecimiento de los cultivos y sobre todo tener una idea sobre los posibles rendimientos, ya que el estado del cultivo es el mejor indicador del resultado de las interacciones de los diferentes factores de producción, entre los cuales destacan las condiciones ambientales ocurridas desde el inicio del cultivo.

La información fenológica tiene muchas aplicaciones prácticas, entre ellas sirve para la identificación de las épocas críticas de desarrollo de las plantas, en función al comportamiento del estado atmosférico; en la elaboración de clasificaciones agroecológicas; en la programación de labores culturales; en la determinación de zonas tempranas y tardías para determinadas variedades o cultivos; en la generación y elaboración de modelos de pronósticos de cosecha; en el establecimiento de fechas claves para las actividades de fitomejoramiento; y para, determinar tendencias climáticas a largo plazo; esto, en base a la información fenológica de varios años.

JUSTIFICACIÓN.

Consideremos, que el amaranto puede volver a constituir uno de los cultivos valiosos para la nutrición del pueblo de México como lo fue en el pasado, cuando se consumía en diversas formas.

Actualmente los estudios químicos y bromatológicos, realizados con la semilla de amaranto, muestran que tiene un alto valor nutricional. Por ello, se hace énfasis en los estudios y trabajos agronómicos tendientes al aprovechamiento óptimo de este cultivo, así como los insumos necesarios, los cuales deberán aplicarse buscando la rentabilidad económica y uso eficiente de la tierra cultivable.

La determinación de los diferentes eventos o fases fenológicas de los cultivos es una forma de medir la respuesta de los cultivos a las condiciones ambientales ocurridas en el transcurso del año agrícola, lo cual permite evaluar el grado de interacción de los diferentes factores de producción con las condiciones agroalimentaria del lugar de producción.

Si bien el estado de los cultivos está dado por los diferentes aspectos, tales como: grado de crecimiento, fase de desarrollo, grado de ataque de plagas y enfermedades, el grado de infestación de malezas, daño mecánico originado por fenómenos ambientales; con fines prácticos es recomendable hacer un seguimiento de los aspectos que más importancia tienen y determinar el nivel de rendimiento de un cultivo.

HIPÒTESIS NULA

En la especie *Amaranthus hypochondriacus* el desarrollo de las plantas en los tres tratamientos presentan las mismas características en cuanto a altura, número de hojas, longitud de hoja, diámetro de hoja y diámetro de tallo.

HIPÒTESIS ALTERNA

En la especie *Amaranthus hypochondriacus* el desarrollo de las plantas en los tres tratamientos, al menos, un tratamiento presenta diferencias en cuanto a altura, número de hojas, longitud de hoja, diámetro de hoja y diámetro de tallo.

OBJETIVO GENERAL

Evaluación de las diferentes fases fonológicas del cultivo del amaranto bajo condiciones controladas *Amaranthus hypochondriacus*

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Evaluar el cultivo del amaranto bajo condiciones controladas (invernadero).
- Determinar el grado de adaptación del amaranto en invernadero.
- Conocer los aspectos agronómicos del cultivo del amaranto.
- Analizar el proceso de comercialización del amaranto, así como su problemática y oportunidades de mercado.

METODOLOGIA.

La metodología utilizada en el trabajo de investigación que a continuación se presenta, consistió en la recopilación de información en diversas fuentes secundarias ya realizadas en amaranto como son: trabajos de identificación, revistas, informes, libros y tesis ya realizadas con anterioridad en la misma universidad. Las publicaciones realizadas por la Universidad de Chapingo han sido muy útiles para la realización de este trabajo, así como, las diferentes páginas de la Internet, las cuales facilitaron el acceso a los diferentes datos estadísticos que se presentan en el trabajo.

El presente trabajo está dividido en cuatro capítulos en los que se describe todos los aspectos relacionados con los propósitos de este documento:

I.- Introducción. En este apartado se considera el planteamiento del problema y la justificación; así mismo, se describen los objetivos, la hipótesis y la metodología utilizada para la realización de este trabajo.

II.- Revisión de literatura. En este capítulo, se hace una breve revisión teórica del cultivo de amaranto, donde se incluyen todos los aspectos generales del cultivo, citando los principales autores que han estudiado este cultivo. Para la realización de este capítulo se recurrieron a diversas fuentes de información como: trabajos de identificación, revistas, informes, libros y tesis

III.- Producción y comercialización de amaranto. En este capítulo el objetivo principal es dar a conocer de manera general la producción mundial y nacional de amaranto, en el se hace mención de la superficie sembrada, así como la comercialización de este cultivo.

IV.- Materiales y métodos. Para la realización de este capítulo se tomaron datos semanales los cuales se analizaron estadísticamente con el diseño completamente al azar para determinar la diferencia entre tratamientos en cada variable evaluada.

II.- REVISIÓN DE LITERATURA.

2.1 ORIGEN E HISTORIA.

Entre los pseudocereales podemos mencionar: la quinua, el trigo sarraceno y el amaranto; este último es el más importante por su composición. Ha sido cultivado desde tiempos antiguos. El cultivo ha declinado en este siglo y actualmente solo se practica en lugares aislados (Iturbide y Gómez, 1999).

Sauer (1967) ubica su origen indiscutiblemente, en el continente americano. Con más precisión sitúa su origen en el Sureste de Estados Unidos de América y norte de México. Existen indicios de que tribus de estas zonas cultivaban el amaranto para alimento; posteriormente, migraciones trasladaron el cultivo hacia la mesa central, donde alcanzó su mayor relevancia.

En el código Florentino, Fray Bernardino de Sagún (1576), Libro octavo de las comidas, menciona que comían tamales hechos de bledos (amaranto) llamados oauquitamalli; también, comían ciertos potajes hechos a su modo, uno de ellos se llamaba oauhquilmolli, elaborado de bledo cocido.

Iturbide y Gómez (1999) menciona, que los aztecas en el pasado no acostumbraban el desayuno, menciona que comían, más bien después de varias horas de trabajo y alrededor de las diez de la mañana, tomaban el primer alimento del día, que consistía en una taza de atollí, pasta de maíz o de huautli (amaranto) más o menos espesa, azucarada con miel o condimentada con chile.

Se ha dicho que los indios *hopi* de Arizona y los *zuñís* de Nuevo México, así como, algunas tribus de Sonora y Sinaloa en México, utilizaban en sus ceremonias las semillas de “alegría” con el nombre común de huautli, a semejanza de otras razas autóctonas de la parte central de México en donde usaban el huautli para formar ídolos pequeños y grandes, hechos con la masa de amaranto, y que usaban como amuleto para asegurar el éxito de sus siembras y cosechas de maíz y otros cultivos de su tiempos, así como celebrar diversas festividades en honor a *Tlaloc* o de *Huitzilopochtli*, dios del agua y de la guerra respectivamente, en las que predominaban el uso indiscriminado de pulque (Sánchez, 1980).

Las semillas de amaranto se comían principalmente en forma de atole y tamales, productos que se siguen consumiendo en la actualidad con esos mismos nombres, pero hechos ahora de maíz. Así mismo las utilizaban en sus ofrendas y actos de comunión. En este último caso, fraccionaban las piezas de amaranto y repartían las pequeñas porciones entre los asistentes para su consumo inmediato u ofrenda a los dioses.

Iturbide y Gómez (1999) afirman que el amaranto desempeñó un importante papel en la alimentación como en la religión de la cultura azteca, donde trituraban la semilla y la mezclaban con miel o sangre humana, haciendo figuras de serpientes, aves, dioses, etc. que comían durante sus ceremonias, esto fue mal visto por los españoles por lo que fue prohibido su cultivo y su consumo. En la actualidad su cultivo se realiza en zonas muy específicas y pocas son las personas que lo conocen como alimento de alto valor nutricional.

2.2 TAXONOMIA

Reino: Vegetal

División: Fanerogama

Tipo: Embryophyta siphonogama

Subtipo: Angiosperma

Clase: Dicotiledoneae

Subclase: Archyclamidae

Orden: Centrospermales

Familia: Amaranthaceae

Género: *Amaranthus*

Sección: *Amaranthus*

Especies: *caudatus*, *cruentus* e *hypochondriacus*.

Es difícil ubicar desde el punto de vista taxonómico al amaranto, por ser un grupo de plantas complejo, ya que son muy difícil de distinguir sus características diferenciales entre especies, aunado a esto, actualmente se tiene descuidado su estudio por parte de los taxónomos, en vista de que se considera como una mala hierba o maleza (Murcio, 1987).

El género Amaranthaceae (Dicotyledonae, orden cariphyllales), esta compuesta de 60 géneros y alrededor de 800 especies. Todos los amarantos de granos son hierbas anuales (Feine *et al.*, 1979).

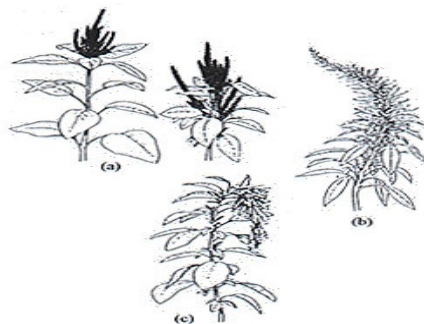
El género *Amaranthus* está dividido en dos subgéneros, el *Amaranthus* propiamente dicho (que comprende plantas monoicas) y acnidas (que comprende plantas dioicas); a su vez, el subgénero *Amaranthus* se compone de dos secciones: *Amaranthotipos sumont* que presenta inflorescencias largas terminales y frutos dehiscentes circunsesiles; y la sección *Blitopsis* (grupo dehipe) con agregados florales axilares y frutos no dehiscentes por lo general; tomándose como característica básica para su clasificación, forma y proporción de las partes florales postiladas (Sauer, 1976).

La sección *Amaranthus* presenta plantas monoicas, que incluyen especies para producción de granos, los amarantos para hortalizas, ornamentales y malezas comunes.

Las plantas por el tipo de polinización son predominantemente autógamas, variando el porcentaje de polinización cruzada con los cultivares; el amaranto presenta flores unisexuales pequeñas estaminadas y pistiladas, estando las estaminadas, en el ápice del glomérulo; y las pistiladas completan el glomérulo, el androceo esta formado por cinco estambres de color morado que sostiene a las anteras por un punto cercano a la base; el gineceo presenta ovarios esféricos, súpero coronado por tres estigmas filiformes y pilosos, que alojan una sola semilla, el glomérulo es una ramificación dicasial cuya primer flor es terminal y siempre masculina, en cuya base nacen dos flores laterales femeninas, una de las cuales origina atrás dos flores laterales femeninas y así sucesivamente, un aglomérulo puede contener 250 flores femeninas; la flor masculina luego de expulsar el polen se seca y se cae (Tapia, 1997).

Las cimbras se encuentran mas arriba de las hojas formando largas inflorescencias compuestas con tépalos, con tres o cinco estambres y un utrículo circunsciso dehiscente, las brácteas son relativamente cortas y débiles (Mapes, 1985).

Figura 2.1. *Amaranthus hypochondriacus*, *A. cruentus*, *A. caudatus* y *A. edulis*



Planta e inflorescencia de (a) *Amaranthus hypochondriacus* L., (b) *Amaranthus cruentus* L. y (c) *A. caudatus* L.

La sección *Blitopsis* presenta flores axilares y hay inflorescencia terminal esta es pequeña, aquí se incluye *A. gangeticus*, *A. tricolor* y *A. blitum*., el subgénero *Acnida* presenta flores terminales pentámeras con inflorescencias complejas terminales llamadas “espigas de granos” (Mapes, 1985).

2.3 ESPECIES PARA PRODUCCION DE GRANOS.

Los amarantos para producción de granos son fácilmente reconocidos por sus brácteas cortas y frágiles, por su alta producción de semillas de color claro, que es encontrada únicamente en estos tipos, como resultado de las preferencias por las semillas de estas tonalidades. La especie *Amaranthus hypochondriacus* con 139 colectas y *Amaranthus cruentus* con 68 colectas son las que se encuentran más ampliamente distribuidas en México (Agunde, 1998).

Amaranthus hypochondriacus.

Es una importante especie para producción de granos y es originaria de México, ya que aquí se le cultiva desde el tiempo de los aztecas, actualmente se sigue cultivando y se encuentra ampliamente distribuida en México. Las semillas son de color blanco, dorado, café y negro; las de coloración clara son las que más comúnmente se utilizan para granos (Espitia, 1991).

Amaranthus caudatus.

Es otra especie de grano; es de día corto y se adapta mejor que otras especies a bajas temperaturas, es originaria de los Andes y de aquí se distribuyó a otras zonas templadas y subtropicales. Es una herbácea anual que llega a medir 2m de altura. Las canículas o espigas son extremadamente largas y colgantes, lo que le da su apariencias glomerular característica (Espitia, 1991).

Amaranthus cruentus.

Especie para producción de grano, es originaria de América Central, probablemente de Guatemala y sureste de México, donde se cultiva y se encuentra ampliamente distribuido. Su crecimiento es erecto, mide hasta los 2 m de altura, las espigas pueden ser café, negras, blancas o amarillas, la semilla clara es para producción de grano mientras que las semillas oscuras se utilizan como verdura y como ornato (Espitia, 1991).

Amaranthus edulis.

Existe cierta controversia en cuanto a la situación de esta especie ya que algunos botánicos la consideran una especie y otros una variedad de *A. caudatus*.

Su importancia radica en tener un incremento determinado, característica muy importante para mejoras genéticas. La inflorescencia presenta ramificaciones que terminan en una flor estaminada muy peculiar (Espitia, 1991).

2.4 CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS DEL AMARANTO.

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

Raíz.

La raíz es pivotante con abundante ramificación y múltiples raicillas delgadas, que se extienden rápidamente después que el tallo comienza a ramificarse, facilitando la absorción de agua y nutriente; 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 separada de otras, alcanza dimensiones considerables. En caso de ataque severo de nemátodos se observan nodulaciones prominentes en las raicillas (Tapia, 1997).

Tallo.

El tallo es cilíndrico y anguloso con gruesas estrías longitudinales que le dan una apariencia acanalada, alcanza de 0.4 a 3 m de longitud, cuyo grosor disminuye de la base al ápice, presenta distintas coloraciones que generalmente coincide con el color de las hojas, aunque a veces se observa estrías de diferentes colores, presenta ramificaciones que en muchos casos empiezan 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 (Tapia, 1997).

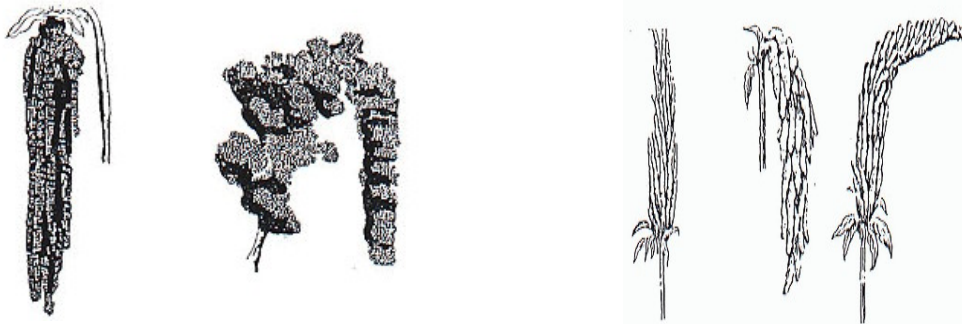
Hojas.

Las hojas son pecioladas, sin estípulas de forma oval, elíptica, opuesta o alterna con nervaduras prominentes en el envés, lisas o poco pubescentes de color verde o púrpura cuyo tamaño disminuye de la base al ápice, presentando borde entero, de tamaño variable de 6.5-15 cm. ; las hojas tiernas, hasta la fase de ramificación, se consumen como hortaliza de hoja (Tapia, 1997).

Inflorescencia.

La inflorescencia del amaranto corresponde a panojas amarantiformes o glomeruladas muy vistosas, terminales o axilares, que pueden variar de totalmente erectas hasta decumbentes, con colores que van del amarillo, anaranjado, café, rojo, rosado, hasta el púrpura; el tamaño varía de 0.5-0.9 m pudiendo presentar diversas formas, incluso figuras caprichosas y muy elegantes. Son amarantiformes cuando los amentos de dicasios son rectilíneos o compuestos dirigidos hacia arriba o abajo según sea la inflorescencia erguida o decumbente; y es glomèrulado, cuando estos amentos de dicasios se agrupan formando glómèrulos de diferentes tamaños (Tapia, 1997).

Figura 2.2. Formas y altitud de la inflorescencia de amaranto



Formas de inflorescencia del amaranto

Actitud de la inflorescencia del amaranto.

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

Flores.

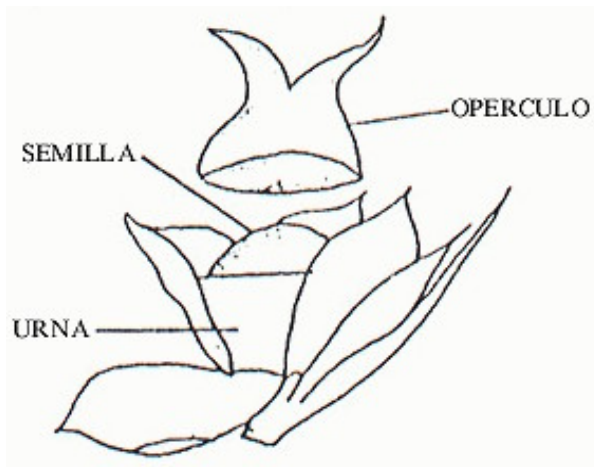
El amaranto presenta flores unisexuales pequeñas, estaminadas y pistiladas, estando las estaminadas en el ápice del glomérulo y las pistiladas completan el glomérulo, el androceo está formado por cinco estambres de color morado que sostienen a las anteras por un punto cercano a la base, el gineceo presenta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

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

Fruto.

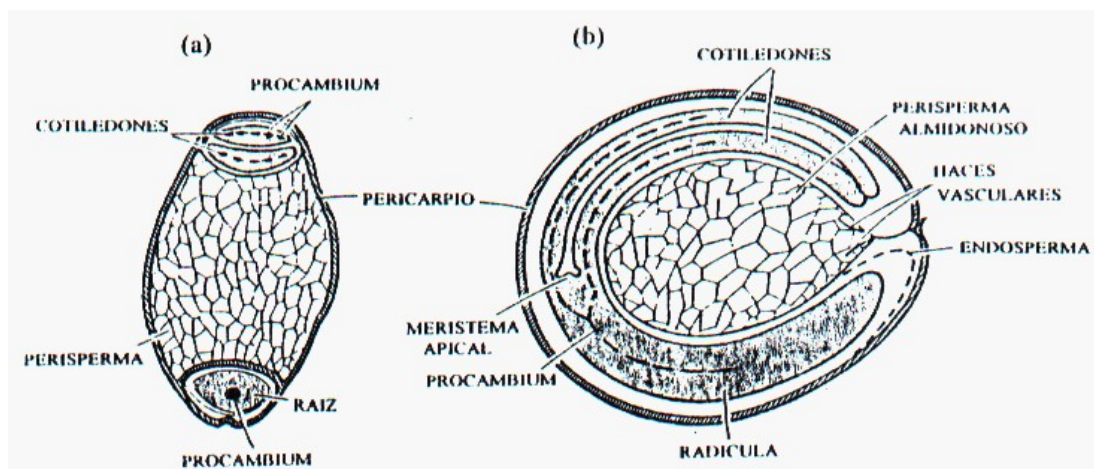
El fruto es una cápsula pequeña que botánicamente corresponde a un pixidio unilocular, la que a la madurez se abre transversalmente, dejando caer la parte superior llamada opérculo, para poner al descubierto la inferior llamada urna, donde se encuentra la semilla; siendo dehiscente, por lo que deja caer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

Figura 2.3. Pixidio unilocular de amaranto (Brenner, 1990)



La semilla es pequeña, lisa, brillante de 1-1,5 mm. De diámetro, ligeramente aplanada, de color blanco, aunque existen de colores amarillentos, dorados, rojos, rosados, púrpuras y negros; el número de semillas varía de 1000 a 3000 por gramo (Nieto, 1990), las especies silvestres presentan granos de color negro con el episperma muy duro; en el grano se distinguen cuatro partes importantes: epispermo que viene a ser la cubierta seminal, constituida por una capa de célula muy fina; endospermo que viene a ser la segunda capa; embrión formado por los cotiledones que es la más rica en proteínas y una interna perisperma rica en almidones (Irving *et al.*, 1981).

Figura 2.4. Diagrama de sección transversal (a) y longitudinal (b) de la semilla (Irving *et al.*, 1981).



El período vegetativo varía de 120 a 170 días, dependiendo de los factores agroambientales y cultivares utilizados; las épocas de siembra, varían de acuerdo a las condiciones climáticas, generalmente de octubre a diciembre en la zona andina.

2.5 FISIOLÓGIA DEL AMARANTO.

Las investigaciones tocantes a la fisiología del amaranto, nos ha dado conocimientos que esta planta se adapta a muchos ambientes, que crece con vigor y que tolera condiciones adversas porque aprovecha en forma eficaz la fotosíntesis por el método llamado “C4” de fijación de carbono. Las plantas C4 que es a la que pertenece el amaranto, son muy eficientes con temperaturas elevadas aprovecha la luz del sol eficientemente; las plantas C4 exigen solo la mitad del agua requerida por otras plantas menos eficientes como son aquellas que siguen la vía C3 (trigo, cebada, etc.). Por esta característica fisiológica el amaranto es un recurso prometedor para los climas calidos y secos (Trinidad, Gómez y Suárez, 1986).

Se han hecho estudios enfocados a los estudios fisiológicos que intervienen en el rendimiento de las especies para semilla; uno de los aspectos que más se han estudiado es determinar qué porcentaje de toda la biomasa que una planta produce se concentra en las hojas, tallos, flores y semillas. Los estudios realizados por Hauptli Holli en 1977 demuestran que en las especies silvestres; la semilla constituye del 20 al 30 por ciento de la biomasa total de la planta (medida a materia seca), y en las cultivadas, solo constituye entre el 10 y 15 por ciento, existiendo una correlación negativa entre la biomasa del tallo y la de las semillas; resultando la mayor biomasa, en el tallo; menor, es la de las semillas (Aguilar y Alatorre, 1978).

2.6 FASES FENOLÓGICAS DEL AMARANTO.

El objetivo principal en la identificación de cada etapa es que si se entiende correctamente como se desarrolla la planta, puede diagnosticarse en forma adecuada los problemas que con ella surgen en el campo, o bien estimar el comportamiento del cultivo en un determinado tiempo (Solórzano, 2007).

La identificación de cada etapa se hace con base a un código que consta de una letra que corresponde a la inicial de la fase a la cual pertenece cada etapa en particular; es decir, V si la etapa pertenece a la fase vegetativa, o R si pertenece a la reproductiva (Solórzano, 2007).

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

Emergencia: (VE)

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

Fase vegetativa: ($V_1, \dots, V_n$)

Estas, se determinan contando el número de nudos en el tallo principal donde las hojas se encuentran expandidos por lo menos 2 cm de largo. El primer nudo corresponde al estado V_1 el segundo es V_2 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 V_4 .

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 siembra.

- Panoja (R2):

La panoja tiene al menos 2 cm de largo.

- Término de panoja (R3):

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

- Antesis (R4):

Al menos una flor se encuentra abierta mostrando los estambres separados y el estigma completamente visible. Las flores hermafroditas, 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 *stress* hídrico.

Este estado puede ser dividido en varios sub.-estados, de acuerdo al porcentaje de flores del eje central de la panoja que han completado antesis. Por ejemplo si 20% de las flores del eje central han completado la antesis, el estado será R 4.2 y si es 50%, el estado correspondería a R 4.5. La floración debe observarse a medio día ya que en horas de la mañana y al atardecer las flores se encuentran cerradas; durante esta etapa la planta comienza a eliminar las hojas inferiores más viejas y de menor eficiencia fotosintética.

- Llenado de granos (R5):

La antesis se ha completado en al menos el 95% del eje central de la panoja.

Esta etapa según *Mujica y Quihuallamán (1989)*, puede ser dividida en:

- Grano lechoso:

Las semillas al ser presionadas entre los dedos, dejan salir un líquido lechoso.

- Grano pastoso:

Las semillas al ser presionadas entre los dedos presentan una consistencia pastosa de color blanquecino.

- Madurez fisiológica (R6):

Un criterio definitivo para determinar madurez fisiológica aún no ha sido establecido; pero el cambio de color de la panoja es el indicador más utilizado. En panojas verdes, éstas cambian de color verde a un color oro y en panojas rojas cambian de color rojo a café-rojizo. Además, las semillas son duras y no es posible enterrarles la uña.

En este estado al sacudir la panoja, las semillas ya maduras caen.

- Madurez de cosecha (R7):

Las hojas senescen y caen, la planta tiene un aspecto seco de color café. Generalmente se espera que caiga una helada de otoño para que disminuya la humedad de la semilla.

(<http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/produ/cdrom/contenido/libro01/Cap2.htm>)

2.7 CONDICIONES EDAFOCLIMATICAS PARA EL CULTIVO DEL AMARANTO

Temperatura.

La temperatura media adecuada para el amaranto es de 15-20 °C; sin embargo, se ha observado que con temperaturas medias de 10 °C se desarrolla perfectamente el cultivo; así mismo, con temperaturas medias y altas de hasta 25 °C, prospera adecuadamente. Se ha determinado que esta planta también posee mecanismo de escape y de tolerancia a bajas temperaturas, pudiendo soportar hasta menos de 8 °C, en determinadas etapas fonológicas, siendo la más tolerante, la ramificación; y la más susceptible, la floración y el llenado de granos.

(<http://laquinua.blogspot.com/search/label/AGRANOMIA%20DEL%20CULTIVO%20DE%20LA%20QUINUA>)

Climas.

El amaranto se adapta a diferentes climas; desde el desértico, calurosos y secos en la costa; hasta fríos y secos de las altas altiplanicies; pasando por los valles interandinos templados y lluviosos; llegando hasta las cabeceras de la selva con mayor humedad relativa y zonas cordilleranas de grandes altitudes.

(<http://laquinua.blogspot.com/search/label/AGRANOMIA%20DEL%20CULTIVO%20DE%20LA%20QUINUA>)

Suelo.

El amaranto prefiere un suelo franco, con buen drenaje y alto contenido de materia orgánica, con pendiente moderada y un contenido medio de nutrientes, puesto que la planta es exigente en nitrógeno y calcio; moderadamente en fósforo y poco en potasio. También puede adaptarse a suelos francos arenoso, arenosos o franco arcillosos, siempre que se le dote de nutrientes y no exista la posibilidad de encharcamiento del agua, puesto que es muy susceptible al exceso de humedad sobre todo en los primeros estadios.

(<http://laquinua.blogspot.com/search/label/AGRANOMIA%20DEL%20CULTIVO%20DE%20LA%20QUINUA>)

Ph del suelo.

El amaranto tiene un amplio rango de crecimiento y producción a diferentes ph. del suelo, se desarrolla en suelos alcalinos de 9 de Ph.

Últimas investigaciones han demostrado que el amaranto puede germinar en concentraciones salinas extremas de hasta 52 ms/cm, y que cuando se encuentra en estas condiciones extremas de concentración salina, el periodo de germinación se puede retrasar hasta en 25 días.

(<http://laquinua.blogspot.com/search/label/AGRANOMIA%20DEL%20CULTIVO%20DE%20LA%20QUINUA>)

Fertilización.

El amaranto es un cultivo que responde favorablemente a la fertilización. Para producir altos rendimientos, requiere de una buena dotación de nitrógeno. En México, la dosis óptima es de 240-100-00 kg./ha.

Para una adecuada fertilización es necesario contar con el análisis químico del suelo. Cuando no se dispone de este, una recomendación general es aplicar 100-60-30 kg./ha de N-P₂O₅-K₂O₂.

Una alternativa es el uso de materia orgánica, en la dosis de 2 a 5 t/ha, combinada con la mitad de la recomendación de la fertilización química (50-30-15 kg./ha de N-P₂O₅-K₂O₂). La aplicación de fertilizantes se debe hacer a chorro continuo y al fondo del surco. Al momento de la siembra aplicar todo el fósforo y potasio, mientras que el nitrógeno, se aconseja fraccionar en dos partes: 50% a la siembra y 50% a los 50 días después de la siembra.

(<http://laquinua.blogspot.com/search/label/AGRONOMIA%20DEL%20CULTIVO%20DE%20LA%20QUINUA>)

Radiación

La radiación es muy importante, porque regula la distribución de los cultivos sobre la superficie terrestre y además influye en las posibilidades agrícolas de cada región.

El amaranto soporta radiaciones extremas de las zonas altas de los andes, sin embargo, estas altas radiaciones permiten compensar las horas calor para cumplir con su periodo vegetativo y productivo. En las zonas de mayor producción el amaranto de Perú, el promedio anual de la radiación global (RG) que recibe la superficie del suelo, asciende a 462 cal/cm²/día; y en la costa (Arequipa), alcanza a 510 cal/cm²/día; mientras que en el altiplano central de Bolivia (Oruro), la radiación alcanza a 489 cal/cm²/día; y en la Paz, es de 433 cal/cm²/día.

(<http://laquinua.blogspot.com/search/label/AGRONOMIA%20DEL%20CULTIVO%20DE%20LA%20QUINUA>)

Fotoperiodo.

El amaranto, por su amplia variabilidad genética y gran plasticidad, presenta genotipos que prosperan adecuadamente con tan solo 12 horas diarias en el hemisferio sur, mientras que en el hemisferio norte y zonas australes con días de hasta 14 horas de luz, prospera en forma adecuada. En la latitud sur a 15°, alrededor del cual se tiene las zonas de mayor producción de amaranto, el promedio de horas luz diarias es de 12.19, con un acumulado de 146.3 horas al año.

(<http://laquinua.blogspot.com/search/label/AGRANOMIA%20DEL%20CULTIVO%20DE%20LA%20QUINUA>)

Altura.

El amaranto crece y se adapta desde el nivel del mar, hasta cerca de los 4,000 metros sobre nivel del mar. Los amarantos sembrados al nivel del mar disminuyen su fotoperiodo vegetativo, comparados a la zonas andinas, observándose que el mayor potencial productivo, se obtiene al nivel del mar, habiéndose obtenido hasta 6,000 Kg/ha, con riego y buena fertilización.

(<http://laquinua.blogspot.com/search/label/AGRANOMIA%20DEL%20CULTIVO%20DE%20LA%20QUINUA>)

2.8 USOS DEL AMARANTO

El amaranto tiene múltiples usos tanto en la alimentación humana y animal como en la industria, medicina y en la ornamentación. Para la alimentación humana se usa el grano entero o molido en forma de harinas, ya sea tostada, reventada o hervida. Las hojas tiernas reemplazan a las hortalizas de hoja, y las plántulas (hasta la fase fenológica de ramificación) se consumen en forma de hortalizas, para lo cual se hacen hervir como si fuera espinaca o acelga y luego se puede licuar y obtener puré. Las hojas enteras y mezcladas con papas pueden ser consumidas directamente teniendo un sabor y aroma muy característico, agradable y peculiar. También las hojas enteras son utilizadas directamente en las sopas.

La planta en estado fresco hasta la formación de la inflorescencia, se utiliza como forraje para la alimentación del ganado, sobre todo para combinarla con otras especies forrajeras. Además, el amaranto puede ser utilizado para la producción de concentrados proteicos foliares debido a su alto rendimiento de biomasa verde, alto rendimiento de proteína y su capacidad de sobrevivir en condiciones marginales de suelo. Los granos hacen una magnífica combinación con otros granos para alimentar aves de corral, o preparar cualquier otro tipo de alimento balanceado para uso animal.

En la industria se utiliza el amaranto para obtener colorantes vegetales principalmente amarantina que se utiliza para la coloración de alimentos dando colores sumamente vistosos y agradables a la vista y de sabor característico

Por los colores vistosos y formas caprichosas y variadas que presenta la inflorescencia del amaranto, se utiliza como planta ornamental en jardines y parques de las ciudades y el campo, ya que la enorme variabilidad genética muestra inflorescencias totalmente decumbentes, ramificadas, erectas, glomeruladas a manera de nódulos muy vistosos dando una apariencia impresionante.

Aparte de su interés nutricional también se puede aprovechar en la elaboración de cosméticos, colorantes e incluso plásticos biodegradables. Ciertas variedades son ricas en un pigmento natural denominado amarantina, que se utiliza en varios productos alimenticios, como mayonesas y salsa de soya. De las variedades rojas se obtiene un pigmento natural llamado betalaína, que se degrada levemente con la luz. Sin embargo, su uso es muy prometedor, ya que la mayoría de los pigmentos rojos son sintéticos y su uso se encuentra en fase de prohibición por resultar riesgosos para la salud.

2.9 PLAGAS Y ENFERMEDADES

Plagas

La información sobre la entomofauna asociada al genero *Amaranthus* es relativamente escasa. Las especies consideradas como plaga para este cultivo pueden clasificarse en tres grandes grupos: los barrenadores del tallo, los desfoliadores y los insectos que infestan el sistema radicular (Kelton, 1975).

Grubben, 1975, menciona que la chinche *Ligus lineolaris* (Hemiptera: Miridae) y el barrenador del tallo *Lixus truncatulus* (Coleóptero: Curculionidae), son las plagas más importantes en el amaranto, además señala que los insectos *Hymenia recurvalis*, *cletus sp* .y *Aspavia sp* junto con el nematodo *Melodogine incógnita* son plagas secundarias.

Chinche

Ligus lineolaris (Hemiptera: Miridae), esta plaga causa daño al follaje, el adulto hace una serie de punciones en las hojas jóvenes, y secretan una substancia tóxica que necreza los tejidos que circundan la función, pero el daño principal es que los adultos se alimentan de las semillas tiernas provocando su absorción. Se ha reportado que en varias partes del mundo es un problema bastante serio para el amaranto. En México se le encuentra en todas las zonas productoras (Trinidad, Gómez y Suárez, 1986).

Barrenador del tallo

Lixus truncatulus (Coleóptero: Curculionidae), Grubben, 1975, las larvas de este insecto hace una serie de galerías en la base del tallo, impidiendo la translocación de sustancias nutritivas que trae como consecuencia un debilitamiento de la planta. Grubben hace una descripción de esta plaga y menciona que cuando el ataque es severo se llega a afectar el rendimiento hasta en un 25%.

La larva de este insecto es apoda de color crema (3 mm de más o menos de 1 mm de largo); esta hace una serie de galerías a lo largo de todo el tallo. De esta plaga pueden llegar a encontrarse 20 o más larvas por plantas. Aparentemente la planta no presenta sintomatologías, sin embargo, en casos severos, el tallo queda completamente hueco, motivo por el cual se presenta un alto porcentaje de acame; en otros casos, la planta se marchita y se muere (Trinidad, Gómez y Suárez, 1986).

Pulga saltona

Dysonmycha melanocephala (Coleoptera: Chrysomelidae), el estado larval de este insecto es el que causa el daño principal que se le encuentra en los ápices de crecimiento, alimentándose de las hojas jóvenes en ocasiones muy pequeñas todavía, las cuales al crecer presentan una reducción considerable del área foliar que influye directamente en el rendimiento.

La larva de esta plaga es de color crema (5 a 6 mm de largo); el adulto tiene los elitros de color azul metálico, el protórax de color naranja y los fémures muy desarrollados (Trinidad, Gómez y Suárez, 1986).

Gusano verde

Otra plaga es una larva de color verde de un lepidóptero; se encuentra en el primordio floral encerrado en las hojas superiores, lo cual impide el desarrollo normal de la panoja, debido a que en ocasiones troza parcialmente el ápice de crecimiento (Grubben *et al.*; 1981).

Enfermedades

Entre las enfermedades asociadas con amaranto se encuentra la pudrición húmeda producida por *choanephora cucurbitarum*, el damping off, causado por *pythium aphanidermatum*, y la roya blanca, causada por *Albugo bliti* (Grubben, 1975).

La pudrición del cuello y el crecimiento secundario, son la enfermedad más importante del amaranto en México.

Pudrición del cuello

Esta enfermedad se presenta cuando la humedad del suelo es alta, se inicia con la pudrición del cuello, extendiéndose hasta luego a la raíz; el follaje se torna clorótico, posteriormente sobreviene un marchitamiento general de la planta y en la mayoría, la muerte. Los patógenos responsables de esta enfermedad se han identificado como los hongos del tejido vascular del genero *Fusarium sp.*, *Rhizoctonia sp.*, y *Pythium sp.* (Trinidad, Gómez y Suárez, 1986).

Se observó que *A. caudatus* es altamente susceptible a esta enfermedad; *A. cruentus* y *A. hypochondriacus* son un poco más tolerantes, debido tal vez a que estas últimas tienen la propiedad de producir raíces adventicias que le permiten sobrevivir a esta enfermedad en algunas ocasiones.

Enverdecimiento de la panoja o crecimiento secundario.

Esta se presenta cuando la planta esta llegando a la madurez; la panoja en lugar de secarse, se enverdece nuevamente e inicia un segundo crecimiento. Este fenómeno no solo se presenta en las inflorescencias, sino que también se manifiesta como elongación de ramas y aparición de nuevos brotes laterales. Hasta el momento se cree que la causa de este desorden fisiológico se debe a algunas características de la planta, que le permite responder a condiciones de humedad, luz y temperatura propios para su crecimiento, cuando está a punto de llegar a su madurez (Espitia, 1999).

Se tiene otra enfermedad de menor importancia, pero que en un momento dado podría alcanzar mayores proporciones; es un achaparramiento de la planta, acompañado por arrosamiento y clorosis de las hojas. No se conoce todavía el agente causal, aunque por la sintomatología parece ser un micoplasma, sin embargo, habría que confirmarlo (Espitia, 1999).

III.- PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE AMARANTO

3.1 INFORMACIÓN NUTRICIONAL

Las hojas tienen más hierro que las espinacas. Contienen mucha fibra, vitamina A, C así como Hierro, Calcio y Magnesio. Algunos especialistas advierten que si usamos el Amaranto como verdura hemos de hervirlo ya que, sobre todo en terrenos con poco agua, las hojas pueden contener altos niveles de oxalatos y nitratos. Tiene un alto nivel de proteínas, que va del 15 al 18 %. La calidad del contenido proteínico mayoritario puede compararse en varios parámetros a la de la proteína de la leche, la caseína, que se considera nutricionalmente la proteína por excelencia; la principal proteína en el amaranto, descubierta y bautizada como amarantina es superior, nutricional y funcionalmente a cualquier otra proteína vegetal conocida hasta ahora.

Pero además, lo interesante es su buen equilibrio a nivel de aminoácidos y el hecho de que contenga lisina que es un aminoácido esencial en la alimentación humana y que no suele encontrarse (o en poca cantidad) en la mayoría de los cereales. Los niveles de lisina son superiores a los de todos los cereales.

Contiene entre un 5 y 8% de grasas saludables. Destaca la presencia de Escualeno, un tipo de grasa que hasta ahora se obtenía especialmente de tiburones y ballenas. El aceite de amaranto es de buena calidad y el contenido superior al del maíz, cereal que se emplea comercialmente como fuente de aceite; contiene altos niveles de ácido linoleico y ácido graso esencial precursor de prostaglandinas cuya función es análoga a la de las hormonas. El aceite no tiene colesterol y las semillas prácticamente no tienen factores antinutricionales tan frecuentes en leguminosas como soya.

Su cantidad de almidón va entre el 50 y 60% de su peso. Existen materiales de amaranto que tienen almidón ceroso, es decir, rico en amilopectina que le da un comportamiento especial para usarse como ingrediente alimentario; la fuente industrial actual es maíz mejorado genéticamente para ello. El almidón del amaranto posee dos características distintivas que lo hacen muy prometedor en

la industria: tiene propiedades aglutinantes inusuales y el tamaño de la molécula es muy pequeño (aproximadamente un décimo del tamaño del almidón del maíz). Estas características se pueden aprovechar para espesar o pulverizar ciertos alimentos o para imitar la consistencia de la grasa.

(<http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/produ/cdrom/contenido/libro01/Cap2.htm>)

3.2 COMPOSICIÓN QUÍMICA

Cuadro 3.1. Composición química de la semilla de amaranto (por 100 g de parte comestible y en base seca)

Característica	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

Cuadro 3.2. Contenido de proteína del amaranto comparado con los principales cereales (g/100 g pasta comestible)

Cultivo	Proteína
Amaranto	13,6 - 18,0
Cebada	9,5 - 17,0
Maíz	9,4 - 14,2
Arroz	7,5
Trigo	14,0 - 17,0
Centeno	9,4 - 14,0

Cuadro 3.3. Contenido y cómputo de aminoácidos de la proteína de amaranto
(mg de aminoácidos / g de proteína)

Aminoácidos	Patrón de aminoácidos (a)	A. caudatus (b)	A. hypochondriacus (c)	A. cruentus (c)
Isoleucina	28	52	39	36
Leucina	66	46	57	51
Lisina	58	67	55	51
Metionina cistina	25	35	47	40
Fenilalanina tirosina	63	63 (b)	73	60
Treonina	34	51	36	34
Triptófano	11	11	-----	-----
Valina	35	45	45	42
Histidina	19	25	25	24
Computo aminoácido	70	86	77	

Cuadro 3.4. Contenido de grasa en distintos granos

Cereal o grano	Contenido de grasa (extracto etéreo) %b.m.s.
Amaranto	7,2
Cebada	2,1
Maíz	4,4
Avena	4,4
Arroz	5,1
Trigo	1,9
Sorgo	3,4

Cuadro 3.5. Composición del aceite de la semilla de amaranto.

Acido graso	Contenido (g/100 g)
Acido oleico	29,3
Acido linoleico	44,0
Acido palmítico	18,4
Acido linolénico	1,3
Acido mirístico	0,2
Acido miristoleico	0,1
Acido miristolénico	0,1
Acido palmitoleico	0,8
Acido palmitolénico	0,9
Acido esteárico	3,8
Acido no identificado	1,2

Cuadro 3.6. Composición de las hojas del amaranto comparado con la espinaca (nutrientes seleccionados en 100 g).

Componentes	Amaranto	Espinaca
Materia seca (g)	13,1	93
Energía (cal.)	26	36
Proteína (g)	3,5	3,2
Grasa (g)	0,5	0,2
Carbohidratos Total (g)	6,5	4,3
Fibra (g)	1,3	0,6
Ceniza (g)	2,6	1,5
Calcio (mg)	267	93
Fósforo (mg)	67	51
Fierro (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
Vitaminas C (mg)	80	51

3.3 DISTRIBUCIÓN MUNDIAL DEL AMARANTO

América

Existen varias regiones Americanas donde los amarantos se cultivan para grano, cada una de las propias especies peculiares *Amaranthus hypochondriacus*, en México y en el Sureste de Estados Unidos; *A. cruentus* en Guatemala; *A. caudatus*, en Perú y Bolivia principalmente y *A. edulis* en Argentina. Parece existir algo de difusión de especies entre los centros mexicanos y guatemaltecos y entre los andinos y argentinos (Sánchez, 1980).

Cualquiera que sea el origen de esta planta, debe de reconocerse que el amaranto paniculado (*Amaranthus hypochondriacus*), creció en México y en el sureste de Estados Unidos en tiempos precolombinos, y que en su forma de cultivo y usos las del viejo y nuevo mundo son asombrosamente similares: en ambas áreas; muchas especies para grano son muy cultivadas como ornamentales hasta el nivel del mar.

Asia.

Existe una amplia zona de distribución Asiática del Amaranto para grano que va desde el interior de China (donde se le conoce con el nombre de Tien-shu-tze), y del Himalaya hasta Afganistán y Persia.

Amaranto leucacarpus. Ha sido colectado en Irán, Afganistán, en muchas regiones del Himalaya, Nepal, Sikkin, China y Manchuria.

En la India se cultiva extensamente la especie *Amaranthus hypochondriacus*. En Nepal se le denomina “nana pilum o latere”. En Uganda también se cultiva *Amaranthus hypochondriacus*. En Pakistan se le llama “Ganaha”.

Europa

En Inglaterra la especie de *Amaranthus* predominantes en varias regiones es *Amaranthus retroflexus* , *Amaranthus albus*.

En España se designa con el nombre de “bledo” a algunos amarantos. En Hungría, “Prizt”. En Escocia se ha estudiado *Amaranthus caudatus* . En otros países Europeos se encuentra la especie *Amaranthus caudatus*, *Amaranthus leucocarpus*. Fue introducida como planta ornamental durante el periodo colonial mexicano y parece ser que todas las especies son semillas oscuras; sin embargo en Alemania se encuentra la forma de semilla clara.

El *Amaranthus melancholicus* es muy cultivado en los jardines de Europa, como planta ornamental.

Oceanía

La especie *Amaranthus gangeticus* existe en Nueva Guinea, aunque también se la ha señalado como especie común en Australia. Acerca de la distribución de especies de amaranto en ese país. Dawton, se ha ocupado de estudiar *Amaranthus caudatus*, particularmente lo que se considera raza de las especies *A. edulis* así mismo *Amaranthus cruentus*, *Amaranthus hypochondriacus*. La seleccionan por su contenido de lisina.

África

El único espécimen africano es *Amaranthus leucocarpus* proviene de Marruecos y probablemente representa una ornamental introducida en Europa. En África Occidental se emplean varias especies de amaranto como hortaliza, se cosechan las plantas inmaduras o cuando todavía no florecen y se cocinan las plantas verdes.

3.4 CULTIVO DE AMARANTO EN MÉXICO

Tlaxcala

En este estado, aunque existen lugares donde el amaranto tiene importancia económica, la principal localidad donde se cultiva es en San Miguel del Milagro. La fiesta religiosa del pueblo esta ligada ala feria de la “alegría” que se celebra en el mes de septiembre. (Trinidad, Gómez y Suárez. 1986).

El medio físico se caracteriza por un clima semi- árido Bs., temperaturas media anual entre 12 a 18 °C, precipitación madia de 600 mm y 1200 msnm.

En ocasiones las heladas pueden afectar a los cultivos. El suelo es castaño, arenoso y poco pedregoso. Las parcelas se encuentran en general en sitios con poca pendiente, bien acondicionadas, el suelo es de pH cercano a la neutralidad y con poca materia orgánica (Trinidad, Gómez y Suárez. 1986).

Practicas culturales

El amaranto se cultiva bajo el sistema de siembra directa. Se practica la preparación del terreno: barbecho y surcado a principios del año mediante el uso de maquinaria. El temporal principia en mayo o en junio. La siembra se hace después de las primeras lluvias, depositando la semilla en forma mateada o a “chorrillo”, pero siempre en el fondo del surco. Se acostumbra cubrirla con la ayuda de una rama, extendiendo una capa delgada de tierra sobre ella. Se siembra entre surco de 3 a 4 plantas a distancia de 50 cm. entre estas. (Trinidad, Gómez y Suárez. 1986).

La fertilización se realiza con productos químicos o con estiércol dependiendo de la capacidad económica del agricultor.

Después de un mes de siembra, las plantas se han desarrollado de 15 a 20 cm de altura, y entonces se realiza la escarda o deshierbes. Un aclareo se hace a los dos meses, dejándolas mejor desarrolladas.

Puebla

En este estado el amaranto se realiza bajo condiciones ecológicas propiciadas por el clima tropical cálido seco AW. Con lluvias en verano, en estas condiciones prevalecen tipos de vegetación de trópico semi-áridos. La temperatura oscila de 18 a 24 °C. (Trinidad, Gómez y Suárez. 1986).

La especie que se cultiva es *Amaranthus cruentus*, que resulta mas precoz que *Amaranthus hypochondriacus* por lo cual con riesgos seria posible obtener dos cosechas al año, aunque habría que considerar la influencia del fotoperiodo.

Prácticas culturales

La mayoría de las plantaciones se realizan bajo el sistema de siembra directa en condiciones de temporal. Como ejemplo, se tienen las localidades de Calmecca, Tepexco, Huequechula. Sin embargo, algunas plantaciones resultan vigorosas con panoja de color rojo, verde claro, verde rojizo o cremoso. El punto o índice de cosecha se determina por la senescencia de las hojas, sin esperar hasta la completa marchitez de ésta. Para la cosecha, se cortan las panojas con hoz y se deja el tallo de pie. Esta práctica puede dar lugar a la perpetración del problema de brotación, ya que las plantas que crecen en una segunda emergencia o en el ciclo de cultivo presentan el mismo problema, bajo las condiciones de temporal (Trinidad, Gómez y Suárez. 1986).

Para la cosecha después de azotar las plantas, el tamo es cernido para limpiar la semilla. La mayoría de los campesinos exponen la semilla al sol durante varios días, para lograr su completa desecación.

Morelos

El amaranto se cultiva en diversos sitios del estado, generalmente bajo condiciones de temporal. Las parcelas tienen poca a ninguna pendiente y por lo general no se asocian con ningún cultivo. Así se ha observado en las localidades de Tecajec, Amilcingo, Huichililla y Amayuca (Trinidad, Gómez y Suárez. 1986).

El clima prevaleciente es tropical samihumedo con lluvia en verano. La temperatura oscila de 18 a 24 °C; la vegetación es de matorral serófilo o selva bajo subcaducifolia. (Trinidad, Gómez y Suárez. 1986).

Las parcelas observadas están a una altitud entre 1800 y 1900 msnm. Se cultiva las especies *Amaranthus cruentus* con tipos criollos que tienen panoja de color pardo claro, rojo y verde, con varios colores en el tallo, hojas y pecíolos.

Prácticas culturales

La siembra se realiza antes del establecimiento del periodo de lluvias. La semilla se distribuye a chorrillo en el lomo del surco. Luego se cubre con un poco de tierra. La distancia entre plantas puede ser de 10 a 50 cm dejando 80 cm entre surcos. Una vez que haya crecido la planta, se hacen aclareos para darle la distancia conveniente. Cuando la planta llega a 50 cm de altura, se hace un primer aporque, y a medida que crece más, se hacen otros aporques.

La fertilización se hace con fórmulas comerciales. En ocasiones se practica el control químico de plagas. (Trinidad, Gómez y Suárez. 1986).

El índice para la cosecha es cuando las hojas llegan a la senescencia, se tornan amarillas y el tallo toma una coloración negruzca. La cosecha es manual y se hace en los meses de octubre y noviembre.

Tulyehualco, D.F.

La siembra del amaranto se realiza en esta localidad conservando en buena parte la técnica ancestral de las chinampas. El paso inicial consiste en la preparación del almácigo, el cual se establece en sitios bajos y planos aprovechando lugares que corresponden a las chinampas. (Trinidad, Gómez y Suárez. 1986).

Prácticas culturales

La época adecuada para establecer el almácigo es en el mes de abril, siguiendo la técnica de chinampas. La generalidad de los agricultores acostumbra a extender una capa de suelo lodoso y batido sobre una superficie de 1-1.20 m de ancho por 5 o 7 m de largo, el cual aíslan perfectamente, trazan líneas con un cordel, lo cortan con un cuchillo y lo ensemillan. Luego de prepararlo, cubren con estiércol y lo dejan así hasta que emergen las plantitas; posteriormente se barre el estiércol, y una vez que la plantita crece y alcanzan una altura de 15 a 20 cm., son “arrancadas para el transplante. (Trinidad, Gómez y Suárez. 1986).

El transplante se realiza en lomeríos semiáridos, con suelos arenosos y bastantes rocas volcánicas. Para ello los campesinos esperan el establecimiento de la temporada de lluvias. La distancia que se debe de dejar entre matas (con 4 a 5 plantas por mata) es de 80 cm. a un metro. Los campesinos realizan el transplante, para lo cual, hacen un agujero con la mano y en el fondo coloca la plántula, compactando el suelo alrededor para ayudar a que las raíces tomen mayor contacto con la humedad. (Trinidad, Gómez y Suárez. 1986).

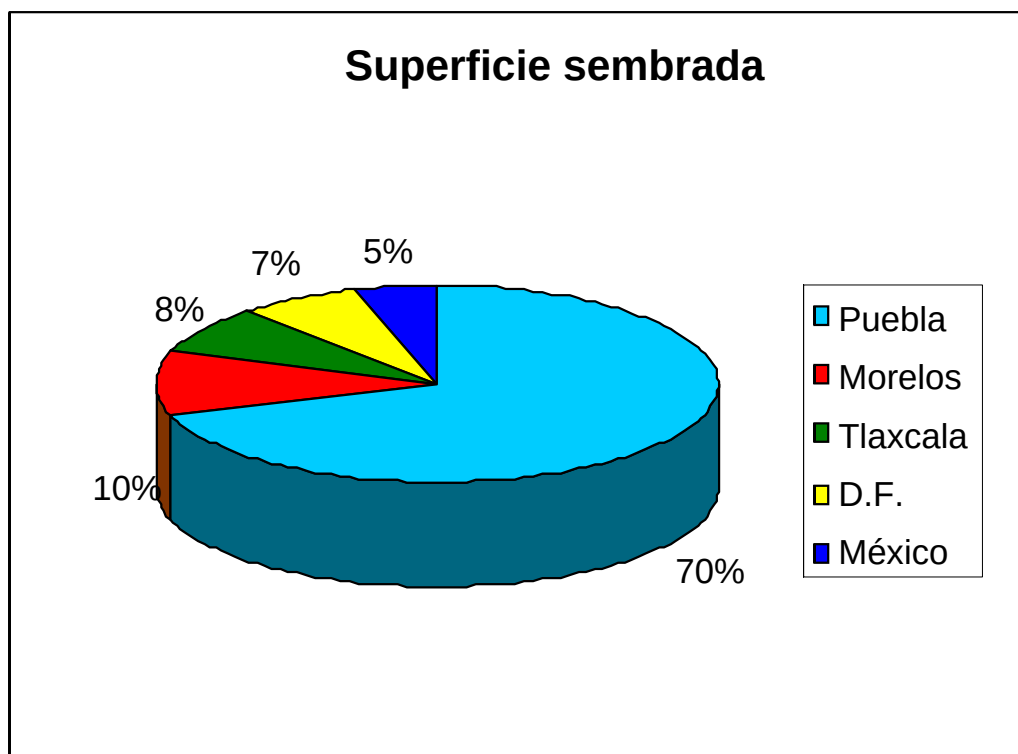
Después de un mes de transplante, se hace la fertilización; se utiliza superfosfato simple y en ocasiones estiércol encima del fertilizante. Cuando las plantas tienen un metro de altura se acostumbra a realizar la práctica que se conoce en la región como “dar montón”, es decir, colocan bastante tierra en la base de la planta. Según observaciones, ésta, propicia el desarrollo de muchas raíces secundarias (raicillas), lo cual contribuye a un sistema radicular fuerte, que evita que los vientos acamen a las plantas. (Trinidad, Gómez y Suárez. 1986).

3.5 SUPERFICIE Y PRODUCCIÓN NACIONAL.

Cuadro 3.7. Superficie sembrada de amaranto en México.

Estados	Superficie sembrada (Ha.)
Puebla	1,370
Morelos.	216
Tlaxcala	154
D.F.	139
México	96

Grafica 3.1. Superficie sembrada/ha. De Amaranto para el año 2006.

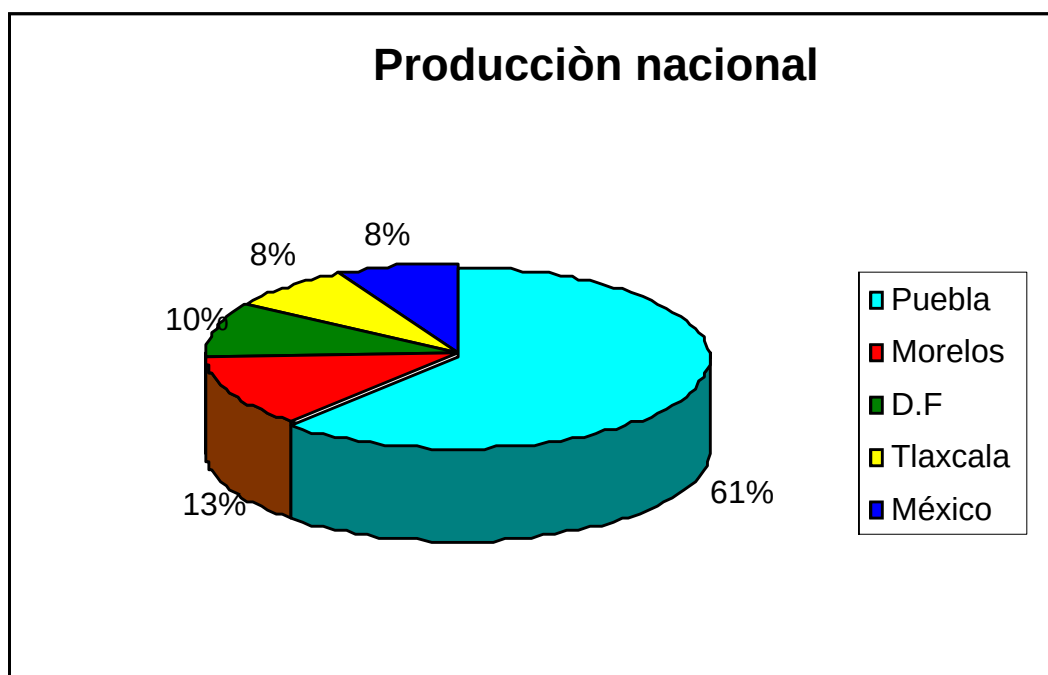


Fuente: <http://www.sagarpa.gob.mx/cgcs/boletines/2006/enero/B024pdf>

Cuadro 3.8. Producción nacional de amaranto en México.

Estados	Producción nacional (Ton.)
Puebla	1,320.0
Morelos.	268.8
D.F.	223.8
Tlaxcala	167.8
México	165.8

Grafica 3.2. Producción nacional del cultivo de Amaranto para el año 2006.



Fuente: <http://www.sagarpa.go.mx/cgcs/boletines/2006/enero/B024pdf>

3.6 COMERCIALIZACIÓN

El amaranto es producido principalmente para autoconsumo, por lo cual resulta difícil cuantificar a nivel nacional. La producción de amaranto en México tiene una limitante que es el escaso desarrollo del mercado por su bajo consumo relativo. Las mínimas exportaciones que se realizan como materia prima, se destinan en su mayoría a los Estados Unidos, vía terrestre; el precio de mercado del amaranto es superior al de otros cereales, lo que le asegura al productor mayor rentabilidad.

El productor logra la producción de amaranto después de una serie de procedimientos y labores culturales, donde llega el acopiador o intermediario a comprar el producto; como el productor no cuenta con la capacidad y los medios de transporte para venderlo a otro mercado, éste, lo entregan al intermediario. El precio promedio al que se lo pagan, es de \$26.00 por kilogramo.

Cabe mencionar que el producto debe de estar reventado (característica que se logra mediante la utilización de aire caliente). La función del mayorista de origen es trasladar el producto principalmente a las centrales de abasto e industrias para venderlo en \$30.00 por kilogramo.

Actualmente, el 80% de la producción de Amaranto en Puebla se comercializa como materia prima, y es a través de intermediarios como se realiza esta comercialización, lo cual indudablemente representa un problema muy importante, puesto que son ellos quienes controlan el precio con un alto grado de especulación. De esta manera, el precio del grano de amaranto se había mantenido a un nivel muy bajo desde casi cinco años atrás. Sin embargo, a partir del mes de Octubre de 2005, el precio tuvo un repunte importante, debido a que Bimbo y Kellogg's demandaron una fuerte cantidad de grano.

En México el consumo de alimentos procesados elaborados con amaranto, ha sido principalmente en el ramo naturista, sin embargo se puede constatar la presencia creciente de productos elaborados con amaranto destinado al mercado masivo. Los estudios de mercado son una herramienta útil a la hora de identificar los potenciales compradores de amaranto. Esto implica una evolución de la oferta y la demanda en el sector económico que pretende ampliarse. Pero el cultivo del amaranto no cuenta con estudios especializados

La comercialización es un aspecto vital a la hora de vender el amaranto, es por eso que se debe recurrir a distintos aspectos que resulten atractivos para el comprador. La historia de esta planta, así como su potencial nutritivo, son factores que se deben de promover.

Cuadro 3.9. Reporte semanal de precios de Especies y otros productos al mayoreo en Central de Abasto.

***Distrito Federal
(Pesos/Kg.)***

Precios correspondientes al 18-Sep-2008

Producto	Origen	Precio
AJONJOLI	NAL.	34.00
ALMENDRA	IMP.	84.00
AMARANTO	NAL.	26.00
ANIS	NAL.	52.00
CACAHUATE	NAL.	26.00
CANELA DELGADA	IMP.	138.00
CLAVO	IMP.	64.00
COMINO	NAL.	58.00
JAMAICA	NAL.	68.00
JAMAICA	IMP.	66.00
OREGANO	NAL.	34.00
PILONCILLO (caja)	NAL.	10.00
PIMIENTA N. CH.	IMP.	52.00
PIMIENTA N. GDE.	NAL.	45.00
VAINILLA (caja)	NAL.	22.00

FUENTE: ASERCA con investigación propia.

IV.- MATERIALES Y METODOS

4.1. Localización del área de estudio.

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el invernadero número ocho que se encuentra a un costado de Agrotecnia, dentro de la misma Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, localizada en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, por la prolongación de la Calzada Antonio Narro al sur del municipio de Saltillo. Encontrándose a una latitud norte de 25° 22' Longitud W 101° 00', A una altura de 1, 742 msnm. (CENTENAL, 1975).

4.2. Material genético.

Para la realización del trabajo de investigación se utilizó la especie *Amaranthus hypochondriacus* L. Evaluado por 5 ciclos en Navidad Nuevo León, así como el testigo que es un genotipo comercial.

4.4. Procedimiento.

Siembra.

La siembra se realizó a las 11:40 am del día 19 de agosto de 2008 a una temperatura de 30 °C, en el invernadero número ocho en charola, utilizando tierra de bosque mezclado con peat most; solo se sembró setenta cavidades depositando tres semillas en cada cavidad para asegurar la germinación y elegir las plántulas vigorosas para el transplante; la charola permaneció en el invernadero realizando un riego ese mismo día de la siembra, los riegos se aplicaron cada tercer día.

Germinación.

La primera germinación apareció el día 21 de agosto de 2008; se presentó una germinación del 30 %; para el día siguiente se tenía una germinación del 100 % presentando la plántula un color crema.

Transplante.

El transplante se hizo en el mismo invernadero utilizando bolsas de polietileno de cinco kilogramos con orificios en la parte inferior para facilitar el drenaje del agua las cuales se llenaron con tierra de bosque, la cual se preparó humedeciéndolo, el transplante se realizó a las 10: 20 am del día 2 de septiembre de 2008 a una temperatura de 30 °C, las plántulas presentaban una altura de 5 cm, con cuatro hojas, con un tallo de color crema y una coloración de hojas verde en el haz y rojo en el envés.

Manejo.

Se realizaron visitas al cultivo de 2 a 3 veces por semana o las necesarias para supervisar el buen desarrollo de la planta; los riegos se realizaron cada tres días o de acuerdo a las necesidades del cultivo; las lecturas se tomaron cada semana, donde se evaluó la altura de planta la cual se realizó con una regla de 30 cm. Se tomó de la base del tallo hasta el ápice de la última hoja; para el número de hojas se tomaron en cuenta todas las hojas verdaderas, para la variable longitud y diámetro de hojas se tomaron con una regla de 30 cm. Se tomaron lecturas de seis hojas por planta, procurando medir las mismas hojas en cada planta, para la variable diámetro de tallo se utilizó un vernier.

4.3. Análisis estadístico.

Se tomaron ocho lecturas donde los resultados de las diferentes variables evaluadas se analizaron estadísticamente por el diseño completamente al azar, de donde se obtuvieron los cuadrados medios y coeficiente de variación; se realizó la prueba de medias para las variables que presentaron diferencias significativas, utilizando la prueba de Tukey al 0.05 y 0.01 de acuerdo a (Steell y Torrie, 1985)

Modelo del diseño completamente al azar:

$Y_{ij} = M + T_i + \sum ij$, donde:

Y_i = Datos del i-ésimo tratamiento en su j-ésima repetición.

M = Efecto de la media poblacional.

T_i = Efecto del i-ésimo tratamiento.

$\sum ij$ = Efecto del error experimental.

Cuadro 4.1. Análisis de varianza.

FV	GL	SC	CM	FC
Tratamiento	t-1	SCt	CMt	CMt/CME
Error	n-1	SCE	CME	
Total	n-1	SCT		

T = Número de tratamientos.

N = Número de unidad experimental.

FV = Fuente de variación.

GL = Grados de libertad.

CM = Cuadrados medios.

V.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Color de hojas.

Para el tratamiento uno y dos, la hojas presentaron una coloración verde en las primeras cinco semanas después del transplante; después de las cinco semanas, las hojas tomaron coloración roja y morada; para el tratamiento tres, las hojas presentaron una coloración verde limón, no cambiaron de color.

Forma de las hojas.

En los tres tratamientos las hojas presentaron hojas en forma de V.

Color de tallos.

En cuanto a la coloración de los tallos, los tratamientos uno y dos son los que presentaron color rojos, mientras que en el tratamiento tres, presentó un color verde.

Nervaduras en tallos.

En la nervadura de los tallos, los tratamientos uno y dos presentaron nervaduras rojas y ralladas; para el tratamiento tres, las nervaduras fueron rojas.

Cuadro 5.1. Descriptores del cultivo de amaranto.

Tratamientos	Color de Hojas	Forma de hojas	Color de tallo	Nervadura en tallo
Trat. 1	Rojas y moradas	En forma de V	Rojos	Rojas y ralladas
Trat. 2	Rojas y moradas	En forma de V	Rojos	Rojas y ralladas
Trat. 3	Verde limón	En forma de V	Verdes	Rojas

A continuación, se presentan los resultados obtenidos del análisis de varianza para la variable altura de planta. En el Cuadro 5.2, se presentan los cuadrados medios y su significancia así como su coeficiente de variación, en donde se observa que entre tratamientos la lectura uno y cuatro no presenta diferencia significativa, sin embargo las lecturas de la 2, 3, 5, 6, 7 y 8 presentaron significancia al 0.01 % de probabilidad.

Cuadro 5.2. Cuadrados medios y su significancia de la variable altura de planta.

LECTURAS	CM	C.V %
LEC. 1	6.65 NS	21.88
LEC. 2	63.41 **	22.17
LEC. 3	161.44 **	18.33
LEC. 4	149.61 *	20.98
LEC. 5	205.61 **	15.94
LEC. 6	439.19 **	19.13
LEC. 7	781.35 **	15.65
LEC. 8	753.82 **	21.90

Donde.

NS= No significativo. *= Significativo al 95 % de probabilidad. **= Significativo al 0.01 % de probabilidad.

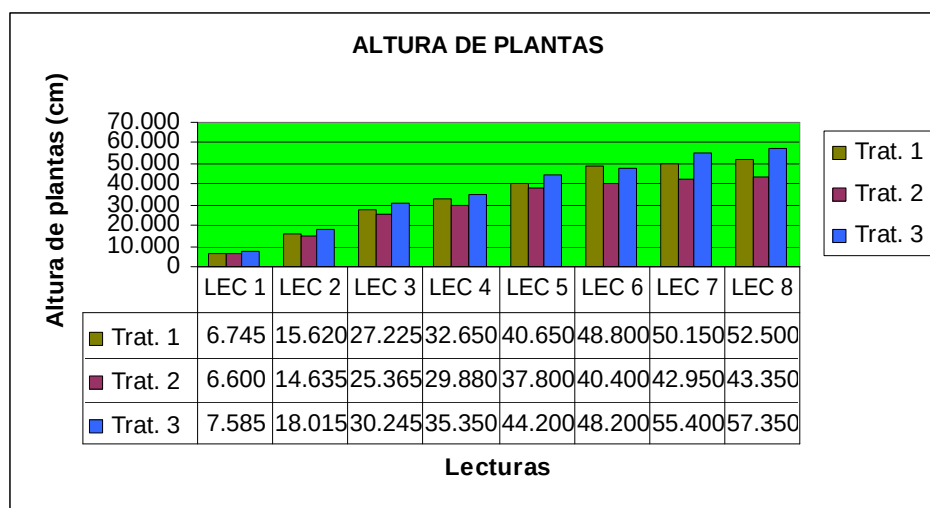
Los tratamientos de estudios que presentaron diferencias significativas; se realizó la prueba de medias de Tukey como se muestra en el Cuadro 5.3 en donde se observa las diferencias estadísticas de los tratamientos de estudios. Para la lectura uno y cuatro no mostraron diferencias estadísticas, la lectura dos la media superior fue el tratamiento tres que es el testigo con una media de 18.015 y el menor valor fue para tratamiento dos con una media de 6.60, resultando similar para las lecturas tres y cinco. Lo que obedece a las lecturas 6, 7 y 8 se observa diferencias estadísticas similar entre tratamientos, en donde el tratamiento tres es superior al tratamiento uno y dos.

Cuadro 5.3. Prueba de medias para la variable altura de planta.

TRATA- MIENTOS	LEC 1	LEC 2	LEC 3	LEC 4	LEC 5	LEC 6	LEC 7	LEC 8
Trat. 1	6.745 A	15.620 AB	27.225 AB	32.650 A	40.650 AB	48.800 A	50.150 A	52.500 A
Trat. 2	6.600 A	14.635 B	25.365 B	29.880 A	37.800 B	40.400 B	42.950 B	43.350 B
Trat. 3	7.585 A	18.015 A	30.245 A	35.350 A	44.200 A	48.200 A	55.400 A	57.350 A

Las diferencias estadísticas de la prueba de medias de Tukey se presentan en la Grafica 5.1, se muestran las diferencias estadísticas entre tratamientos en cada lectura realizada para la variable altura de planta, a excepción de la lectura uno que no presentaron diferencia significativa entre los tratamientos. En las lecturas 2, 3, 5, 6, 7 y 8 presentaron diferencias entre tratamientos y entre lecturas.

Grafica 5.1. Altura de planta en los ocho lecturas



Para la variable número de hojas solamente en las lecturas 2, 4, y 7, se presentó diferencia significativa al 0.01 % de probabilidad; para las lecturas 1, 3, 5, 6, y 8 no mostraron diferencia significativa, (Cuadro 5.4)

Cuadro 5.4. Cuadrados medios y su significancia de la variable número de hojas.

LECTURA	CM	C.V %
LEC.1	1.85 NS	10.65
LEC.2	17.11 **	14.68
LEC.3	48.01 NS	27.12
LEC.4	303.79 **	26.47
LEC.5	211.05 NS	31.21
LEC.6	546.94 NS	34.15
LEC.7	769.31 **	32.74
LEC.8	1089.51 NS	48.41

Donde.

NS= No significativo. *= Significativo al 95 % de probabilidad. **= Significativo al 0.01 % de probabilidad.

En la prueba de media de Tukey (Cuadro 5.5) se observa que en la lectura uno no presenta diferencia significativa, mientras, que en la lectura dos, el tratamiento tres con una media de 12.50 es el que presenta mayor número de hojas, seguido por el tratamiento dos con una media de 10.95 y por último, el tratamiento con menor número de hojas es el tratamiento uno con una media de 10.85, en los tratamientos cuatro y siete que presentaron diferencias significativas, el tratamiento tres es el que presento el mayor número de hojas seguido por el tratamiento dos y uno; en las lecturas tres, cuatro, seis, y ocho el tratamiento con mayor número de hojas es el tres que presentó la media más alta de 46.50, seguido por el tratamiento dos y uno.

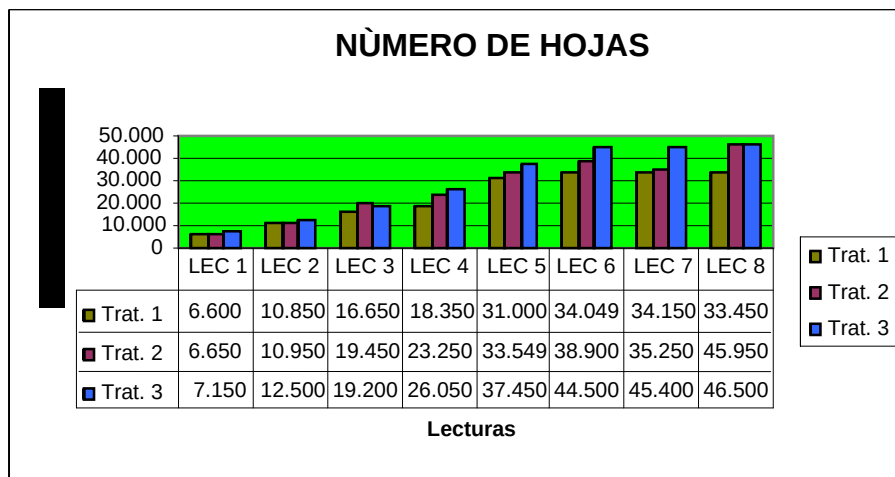
Cuadro 5.5. Prueba de medias para la variable número de hojas.

TRATAMIENTOS	LEC 1	LEC 2	LEC 3	LEC 4	LEC 5	LEC 6	LEC 7	LEC 8
Trat. 1	6.600 A	10.850 B	16.650 A	18.350 B	31.000 A	34.049 A	34.150 B	33.450 A
Trat. 2	6.650 A	10.950 B	19.450 A	23.250 B	33.549 A	38.900 A	35.250 AB	45.950 A
Trat. 3	7.150 A	12.500 A	19.200 A	26.050 A	37.450 A	44.500 A	45.400 A	46.500 A

En la Gráfica 5.2 se presenta la diferencia entre los tratamientos para las lecturas dos, cuatro y siete donde se presentan diferencias significativas; en esta gráfica, se observa que el tratamiento tres es el que presenta un mayor

aumento en número de hojas en todas las lecturas realizadas, mientras que los tratamientos dos y uno, son los que presentaron menos hojas.

Grafica 5.2. Número de hojas para los ocho lecturas.



Para la variable longitud de hojas los tratamientos que presentaron diferencias significativas, fueron el uno, dos, tres y cuatro; lo que indica que estos tratamientos son estadísticamente diferentes, sin embargo, los demás tratamientos de estudios que son el cinco, seis, siete y ocho no presentaron diferencia estadística (Cuadro 5.6).

Cuadro 5.6. Cuadrados medios y su significancia de la variable longitud de hojas.

LECTURA	CM	C.V %
LEC.1	1.55 **	19.72
LEC.2	14.86 **	23.09
LEC.3	11.30 **	17.37
LEC.4	17.78 **	15.09
LEC.5	0.97 NS	12.69
LEC.6	0.22 NS	15.85
LEC.7	0.33 NS	17.17
LEC.8	3.67 NS	18.16

Donde.

NS= No significativo. *= Significativo al 95 % de probabilidad. **= Significativo al 0.01 % de probabilidad.

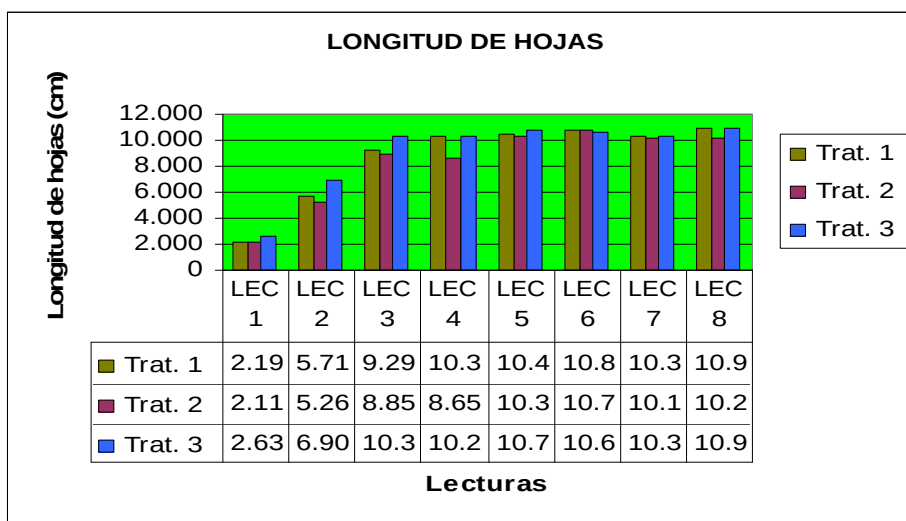
De acuerdo a la prueba de medias de Tukey para la variable longitud de hojas los resultados de las lecturas uno y dos son iguales en los tres tratamientos, sin embargo para las lecturas tres y cuatro se presentan diferencias estadísticas entre tratamientos, donde el tratamiento tres el que presento la media más alta de 10.315, como se demuestra en la Gráfica 5.7, a si mismo las lecturas cinco, seis, siete y ocho entre tratamientos no se presento diferencias estadísticas.

Cuadro 5.7. Prueba de medias para la variable longitud de hojas.

TRATA- MIENTOS	LEC 1	LEC 2	LEC 3	LEC 4	LEC 5	LEC 6	LEC 7	LEC 8
Trat. 1	2.195 B	5.715 B	9.290 AB	10.310 A	10.454 A	10.825 A	10.330 A	10.964 A
Trat. 2	2.110 B	5.265 B	8.850 B	8.650 B	10.350 A	10.705 A	10.124 A	10.215 A
Trat. 3	2.630 A	6.900 A	10.315 A	10.250 A	10.770 A	10.615 A	10.365 A	10.950 A

En la Gráfica 5.3 nos muestra el comportamiento de la variable longitud de hojas en los diferentes tratamientos y diferentes lecturas, donde se observa que el tratamiento tres, presentó mayor longitud de hojas, mientras que el tratamiento dos, presentó la menor longitud.

Gráfica 5.3. Longitud de hojas para los ocho lecturas.



De acuerdo a los datos obtenidos del análisis de varianza para la variable diámetro de hojas se observa que las lectura uno, dos, tres y cuatro presentaron diferencia altamente significativas mientras que los tratamientos 5 al 8 no muestran diferencia significativas.

Cuadro 5.8. Cuadrados medios y su significancia de la variable diámetro de hojas.

LECTURA	CM	C.V %
LEC.1	0.39 **	19.84
LEC.2	3.89 **	22.43
LEC.3	2.78 **	15.25
LEC.4	2.32 **	13.12
LEC.5	0.43 NS	13.16
LEC.6	1.89 NS	18.41
LEC.7	0.36 NS	18.99
LEC.8	0.36 NS	20.51

Donde.

NS= No significativo. *= Significativo al 95 % de probabilidad. **= Significativo al 0.01 % de probabilidad.

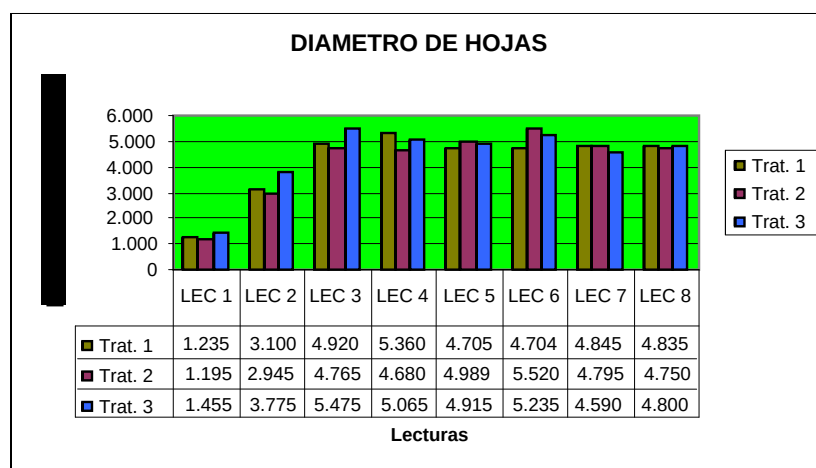
Al realizar el análisis de varianza se observa que las lecturas uno, dos y tres mostraron entre tratamientos, siendo el tratamiento tres que es el testigo, superior a los tratamientos de estudios. En la lectura cuatro el tratamiento uno con una media de 5.360 es superior a los tratamientos dos y tres, las lecturas cinco, seis, siete y ocho estadísticamente no mostraron diferencias Cuadro 5.9).

Cuadro 5.9. Prueba de media para la variable diámetro de hojas.

TRATA- MIENTOS	LEC 1	LEC 2	LEC 3	LEC 4	LEC 5	LEC 6	LEC 7	LEC 8
Trat. 1	1.235 B	3.100 B	4.920 B	5.360 A	4.705 A	4.704 A	4.845 A	4.835 A
Trat. 2	1.195 B	2.945 B	4.765 B	4.680 B	4.989 A	5.520 A	4.795 A	4.750 A
Trat. 3	1.455 A	3.775 A	5.475 A	5.065 B	4.915 A	5.235 A	4.590 A	4.800 A

En la Gráfica 5.4 se muestra las diferencias estadísticas entre tratamientos donde se observa que el tratamiento tres que es el testigo presenta la media más alta, de 5.47 en la tabla de datos, lo que significa que es el mejor en cuanto a la longitud de las hojas, seguido por el tratamiento uno y posteriormente el tratamiento dos.

Gráfica 5.4. Diámetro de hojas para las ocho lecturas.



Con respecto a la variable diámetro de tallo, los resultados que se muestran en el Cuadro 5.10, se observa que los tratamientos uno, dos, tres y cuatro son altamente significativos, comparado con los tratamientos cinco, seis siete y ocho que no presentaron diferencia significativa.

Cuadro 5.10. Cuadrados medios y su significancia de la variable diámetro de tallo.

LECTURA	CM	C.V %
LEC.1	5.54 **	19.03
LEC.2	5.54**	19.03
LEC.3	5.54 **	15.78
LEC.4	8.55 **	14.55
LEC.5	1.66 NS	13.19
LEC.6	1.66 NS	14.12
LEC.7	2.81 NS	13.49
LEC.8	1.71 NS	12.93

Donde.

NS= No significativo. *= Significativo al 95 % de probabilidad. **= Significativo al 0.01 % de probabilidad.

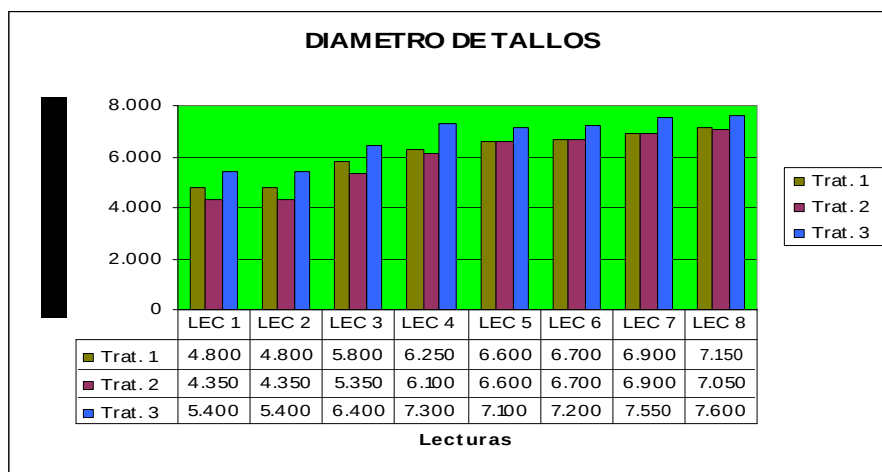
En el Cuadro 5.11 se presentan los resultados prueba de medias de Tukey para la variable diámetro de tallo, en donde se observa que en la lectura uno, el tratamiento tres presenta una media de 5.40, siendo superior a los tratamientos en estudio, así mismo se observa en las lecturas dos, tres y cuatro, por consiguiente para las lecturas cinco, seis, siete y ocho se comportaron de manera semejante entre lecturas y tratamientos

Cuadro 5.11. Prueba de medias para la variable diámetro de tallo.

TRATAMI- ENTOS	LEC 1	LEC 2	LEC 3	LEC 4	LEC 5	LEC 6	LEC 7	LEC 8
Trat. 1	4.800 AB	4.800 AB	5.800 AB	6.250 B	6.600 A	6.700 A	6.900 A	7.150 A
Trat. 2	4.350 B	4.350 B	5.350 B	6.100 B	6.600 A	6.700 A	6.900 A	7.050 A
Trat. 3	5.400 A	5.400 A	6.400 A	7.300 A	7.100 A	7.200 A	7.550 A	7.600 A

En la Gráfica 5.5 se presentan los resultados de la prueba de medias de Tukey donde se demuestra, que el tratamiento tres, es el mejor en las lecturas uno, dos, tres y cuatro seguido por el tratamiento uno, en las lecturas cinco, seis, siete y ocho, se comportan de manera semejante entre tratamientos.

Gráfica 5.5. Diámetro de tallo para las ocho lecturas.



CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos, se concluye que para la variable altura de planta, el mejor tratamiento fue el tres, que corresponde al testigo, arrojando la media más alta de 57 cm que se presentó en la lectura ocho.

Para el número de hojas, el tratamiento tres sigue siendo el mejor, con una media de 46.50 que corresponde a la lectura ocho; en esta variable, las diferencias entre lecturas y entre tratamientos, fueron mínimos.

En relación a la longitud de hojas, los mejores tratamientos son el tratamiento tres y uno, ya que no existe gran diferencia entre medias; en ambos tratamientos, la media más alta se presentó, en el tratamiento dos, con una media de 10.96 cm, seguido por el tratamiento tres, con una media de 10.95 cm.

Para la variable diámetro de hoja, el mejor tratamiento es el tres, por presentar las medias más altas en las lecturas realizadas.

El la variable diámetro de tallo, el tratamiento tres es el que presentó mayor diámetro con la media más alta de 7.60 mm, que corresponde a la lectura ocho.

De las variables evaluadas, que son altura de planta, número de hojas, longitud de hojas, diámetro de hojas y diámetro de tallo en los tres tratamientos, se concluye que existen diferencias entre ellos, resultando mejor el tratamiento tres en todas las variables, por lo que se acepta la hipótesis alterna.

BLIBLIOGRAFIA

- Agundes, G.F. 1998. Monografía UAAAN. Cultivo del amaranto en México (*Amarantthus spp*). Pp. 6
- Aguilar, J.; F. Alatorre. 1978. Monografía de la planta de Amaranto y estudios ambientales, A. C. México.
- Breenner.D.1990. Seed shatterin controlwith indehiscent utricles in grain amerants. Legacy 3 (1): 2-3.
- CENTENAL, (1975). Carta topográfica de Saltillo, G14. 1ª Edición.
- Espitia E. 1999. Sociedad de entomología, A.C. memorias del siglo xxxlv Congreso Nacional De entomología, Aguascalientes, Ags. 23 a 26 de mayo de 1990.
- Espitia, R. E. 1991. Guía para el cultivo del amaranto en los Valles Altos de la Mesa Central. SARH. INIFAP. Campo Experimental Valle de México. Folletos Para productores No. 18 Chapingo, México.
- Feine, et al. 1979. Amaranth: bgentle giant of the past and future. In: new agricultural crops. Garry a. Ritchie ed. A. A. A. S. selected symposium. Traad. Del ingles por Dr. Federico Gómez L. depot. Zonas Áridas. UACH. Chapingo México.
- Grubben, G. J. H y D.H. Sloten. 1981. Genetic Resources of Amaranths. Internacional Board forplant Genetic Resource. FAO. ONU.

- Grubben, G. J. H. 1975. Culture of amaranths a tropical leaf vegetable, with special refernces to sauth dahomey. Mededeling Landbouwege school wageningen pp. 75: 6.
- Henderson. T.L. Agronomic evolucion of grain amaranth in North Dakota. Tesis Ph. D. North Dakota State, North Dakota, USA.1993.
- Irvin. D. W., A. A. Betschart y R. M. Saunder. 1981. Morphologic studies on amaranthus cruentus. J. foods sciencie. 46:1170-1173.
- Iturbide. G. A. y Gómez L.F. 1999. Cultivo de Amaranto en México. Universidad Autónoma Chapingo. Dirección de Difusión Cultural. Departamento de Zonas Áridas. P.p. 31-34.
- Kelton L.A. 1975. Te Ligus bug (genus lygus hahn) of North America (Heteroptera: Miridae) mem. Ent. Soc. Can 95:1-101.
- Mapes, C. 1985. Una Revisión sobre la utilización del Género Amaranthus en México. Memoria del seminario Nacional de Amaranto. Chapingo, México. P. p. 385-403.
- Mujica. S.A. y Quillahuaman. Fenología del cultivo de la kiwicha (Amaranthus caudatus L.), curso taller fenología de cultivos andinos y uso de la información agro meteorológica, Puno, 7-10 agosto. INIA, PICA. Perú. 1989.
- Murcio J. P. J. 1987. Tesis UAAA. El amaranto (Amarathu hypochondriacus L.) Como alternativa para elevar el valor proteínico de las harinas. P.p. 22 y 35.

- Sauer, J. D. 1967. The grain amaranths and their relatives: a revised taxonomi and geographic survey annals of Missouri botanical garden. P.p. 2: 4-6.
- Sánchez M. A.1980. Potencialidad agronómica del amaranto. Centro de estudios económicos y sociales del tercer mudo. México D. F. Pp. 35-36.
- Solórzano Vega, Esteban. 2007. Guías fonológicas para cultivos básicos. México. Ed. Trillas. Pp. 56,94.
- Steel. R.G.D. and Torrie, D.H.1985. Principales and procederes of statistics Ed. Magraw-Hill. USA PCPRPBIT Versión 1.0 Colegio de Posgraduados. Chapingo México.
- Tapia, M. 1997. Cultivos andinos sub-explotado y su aporte a la alimentación. 2a edición. FAO, Oficina Regional para América Latina y el Caribe. Santiago, Chile.
- Trinidad. A, Gomes L. F, y, Suárez R. G., 1986. El amaranto, amaranthus spp. Y Su aprovechamiento. p. p. 91-98.

CITAS DE INTERNET

- (<http://laquinua.blogspot.com/search/label/AGRANOMIA%20DEL%20CULTIVO%20DE%20LA%20QUINUA>)
- <http://www.sdr.gob.mx/beta1/contenidos/CadenasAgropecuarias/docs/517148.235.138.1327>. SDR. Secretaria de Desarrollo Rural. 2005. Dirección Agrícola Manual de la Producción de Amaranto en el estado de Puebla.

- 2007MANUAL%20DE%20PRODUCCION%20DEL%20AMARANTO.pdf,
- <http://www.cesavedf.com/AMARANTO.htm>. CESAVEDF. Comité Estatal de Sanidad Vegetal del Distrito Federal México. Caracterización fitosanitaria del Amaranto. Disponible en. InfoAserca: 2008. Precios nacionales de Granos: Reporte semanal de AMARANTO.
- www.infoaserca.gob.mx/fygnacional/frj_eodf.asp. InfoAserca: 2008. Precios nacionales de Granos: Reporte semanal de...AMARANTO.
- <http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/produ/cdrom/contenido/libro01/Cap2.htm>

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.