

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN.

El amaranto tiene origen prehispánico de aproximadamente 4000 años antes de Cristo en América Central y América del Sur, es una planta de hoja ancha, considerada "No-pasto" que produce cantidades significativas de grano de "cereal" comestible. Por esta razón, al amaranto también se lo conoce como un "Pseudocereal" (Espitia R., E. 1986).

El interés mundial por el amaranto es muy reciente. A partir de los años 80, aparecen las primeras investigaciones, lideradas por la Academia Nacional de Ciencias de Estados Unidos.

El cultivo de amaranto constituye una actividad productiva alternativa viable y rentable. Sus cualidades y propiedades nutritivas, agronómicas, industriales y económicas garantizan el éxito de la cadena nutritiva (García P., G. 1993).

Se considera que China es actualmente el país en donde se cultiva la mayor extensión de amaranto: En 1.998 se sembraron 150.000 has., y actualmente los chinos ya cuentan con una importante colección de germoplasma localizada en el Institute of Crop Germplasm Resources, en Beijing. En otros países de Asia y África las diferentes especies de *Amaranthus* son utilizadas fundamentalmente como verduras en la preparación de muy variados platillos (Ruiz, G. A. 1990).

El amaranto se produce en un ciclo corto (150-180 días, según la especie y variedad), soporta la escasez e irregularidad de lluvias, necesita de la humedad solamente en el momento de la siembra hasta que aparezcan los retoños. Los amarantos de grano se desenvuelven bien con escasa agua, más aún, llegan a crecer mejor en condiciones secas y templadas (Kalinowsky L. S., 1982).

El amaranto es un producto de origen vegetal muy completo, ya que es una de las fuentes más importantes en proteínas, minerales y vitaminas naturales. La cantidad de proteína de esta semilla es mayor que de los otros cereales contiene el doble de proteína que el maíz y el arroz. El amaranto se puede utilizar integralmente como un recurso para proporcionar a la población los requerimientos proteicos y de calorías necesarias en la alimentación.

El rendimiento económico del amaranto en zonas de temporal y de riego es mayor que las siembras de otras especies tradicionales, por ser un cultivo de ciclo corto, resistente a las sequías y por su alto valor nutricional. Así por ejemplo, en los últimos años, en términos de rentabilidad, el precio del mercado del grano de amaranto es superior al de otros granos (maíz \$ 1500/ton; frijol \$ 3000/ton; trigo \$900/ton; y amaranto \$3.450/ton) con un rendimiento por hectárea de 1.00 a 2.00 ton, sin riego (Medina D., E. K. 1982).

Se implementó el riego suplementario para aumentar el rendimiento y mejorar la producción este proceso consistente en suministrar agua adicional para estabilizar o incrementar el rendimiento en condiciones in situ en las que un cultivo se puede cultivar normalmente con el agua directa de la lluvia por ser el agua adicional insuficiente para la producción del cultivo. La técnica consiste en compensar los déficits de agua de lluvia en etapas críticas del cultivo para aumentar el rendimiento (García P., G. 1993).

La semilla de amaranto presenta una gran versatilidad ya que esta se puede utilizar en la preparación de diversos alimentos y tiene además, un protector potencial en la industria de los alimentos, en la elaboración de cosméticos, en la de colorantes y hasta en la producción de plásticos biodegradables; además, se puede aprovechar de múltiples formas, como grano o como verdura. La idea de esta investigación es hacer uso de esta semilla, aprovechando todas sus propiedades y beneficios para el

consumo humano, sobre todo en la etapa de la niñez en la cual se requiere un alto valor nutritivo que asegure el crecimiento para el niño (Nieto, C. 1.990).

Pero ¿Qué otras particularidades identifican al cultivo de amaranto como una actividad productiva alternativa? Sus propiedades y cualidades nutricionales, agronómicas e industriales, que lo convierte en “El mejor alimento de origen vegetal para el consumo humano”, designación otorgada por la Academia Nacional de Ciencias de los EE.UU. en 1979. Esta categorización se debe a la alta calidad de sus proteínas, por su perfil de aminoácidos esenciales que permiten la elaboración de una gran gama de productos terminados de buena aceptación, y por su excelente relación de costo-beneficio (Medina D., E. K. 1982).

1.1. Planteamiento del problema.

El amaranto es un cereal antiguamente cultivado en Tarija y poco reconocido y valorado en su gran poder nutritivo y medicinal. Estos aspectos han hecho que este producto se convierta en un cultivo marginal sin la posibilidad real de convertirse en una alternativa económica para los agricultores de la región.

Habiendo sido reconocido el amaranto por sus bondades nutricionales se ha iniciado el cultivo e investigación del mismo en varios países donde antes no se lo conocía o no era tomado en cuenta. Como consecuencia de esta actividad se han generado nuevos paquetes tecnológicos con también nuevas variedades de amaranto.

Por tanto la presente investigación pretende responder a la pregunta: **¿Qué características presentará el cultivo de amaranto “Nativo” y que ventajas se podrán obtener de la introducción de la variedad “Oscar Blanco” procedente de Sucre en la comunidad de Monte Cercado bajo condiciones de riego suplementario?**

1.2. Justificación.

Esta investigación se realizó con el fin principal de evaluar la producción y caracterización del amaranto (*Amaranthus caudatus*) en la comunidad de Monte Cercado para obtener resultados en campo, introduciendo una nueva variedad para elaborar derivados y también para mejorar la calidad de vida del productor y alimentación de las personas que lo consumen ya que este producto no es reconocido por la poca producción en Tarija.

Justifica también la realización de la presente investigación, el hecho de que su valor nutritivo y potencial agronómico, son muy elevados, 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.

Por otra parte una vez concluida la investigación va a ser de gran utilidad a todos los interesados en este ámbito como ser a estudiantes, productores, e instituciones agrícolas, etc. El interés de hacer este trabajo de investigación es especialmente de saber o describir a fondo el procedimiento de todo el periodo vegetativo del amaranto en las zonas de estudio.

1.3. Hipótesis

Por los antecedentes de cultivo del amaranto en la comunidad de Monte Cercado se puede esperar que el mismo resulte económicamente conveniente si se prevé la adición de riego suplementario considerando la aridez de la región como limitante fundamental.

1.4. Objetivos.

1.4.1. Objetivo general

- Caracterizar el cultivo y la producción del amaranto (*Amaranthus caudatus*) nativo y de la variedad Oscar Blanco bajo condición de riego complementario en la comunidad de Monte Cercado.

1.4.2. Objetivo específicos.

- Caracterizar agrónomicamente la planta de amaranto (variedad nativa y la variedad Oscar blanco), considerando factores como el color, forma de la panoja y altura de planta de cada variedad.
- Determinar el rendimiento por hectarea de cada variedad, para recomendar al agricultor y contribuir a mejorar la producción en la zona de Monte Cercado.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO.

2.1. Origen e Historia Del Amaranto.

El amaranto se ha venido cultivando en América desde hace 5000 a 7000 años. Los primeros en utilizarlo como un cultivo altamente productivo fueron muy probablemente los Mayas. Cuando los españoles llegaron a México, el amaranto era uno de los granos más apreciados por los aztecas, pues se estima que producían de 15 a 20000 toneladas por año y además formaba parte de los tributos que cobraban a los pueblos sometidos. Con la llegada de los europeos a América se inició un intenso intercambio de cultivos en el que algunos de éstos cobraron mayor importancia mientras que otros llegaron casi a desaparecer (Ruiz, G. A. 1990).

Hay quiénes lo ubican en los países de Centro y Sudamérica, Asia, África, Europa y Oceanía. Actualmente en la República Mexicana ha quedado reducido a pequeñas zonas. Las más importantes son: D.F., Estado de México, Morelos, Puebla, Tlaxcala y Michoacán.

Una de las primeras plantas que alimentaron al hombre en América y que hoy, tal vez 9000 años después lo siguió haciendo, es el Huahutli o amaranto; se puede afirmar con certeza que por lo menos, una variedad productora de grano (*Amaranthus hypochondriacus* L.) es originaria de México. Su historia empezó 7000 años A.C., cuando en el valle de México de Tehuacán, en Puebla, los grupos de los antiguos mexicanos recolectaban varios vegetales silvestres entre los que se encontraban las semillas de amaranto o “Alegría” (Taboada et al., 1999).

El amaranto ha sido usado como elemento complementario de la alimentación de los campesinos de toda Meso-América, y hasta antes de la Conquista el Estado mexicano

pedía el equivalente a 10 toneladas de semilla como un impuesto anual (UAEM, 1999). Esta maravillosa hierba también fue cultivada masivamente por los Mayas (valorando su poder alimenticio), los Aztecas (vinculada muy estrechamente a sus ritos religiosos por el vigor que les proporcionaba) y los Incas (apreciada por su poder curativo). Los aztecas lo conocían como “Huahutli “y posteriormente, los españoles lo llamaron “Bledo” o cenizo. En la época del imperio azteca, el amaranto era uno de los cuatro cultivos más importantes junto con el maíz, frijol y la chía (Sánchez, 1980).

Por sus características tan peculiares, como la resistencia a la sequía, sus colores vivos e intensos tanto de las hojas como de las espigas, hizo que el amaranto tuviera un carácter sagrado y se hallará ligado con la leyenda y el ritual religioso.

Al parecer este uso del amaranto en los rituales paganos y en los sacrificios humanos causó repugnancia a los conquistadores españoles, quiénes prohibieron el cultivo y uso del amaranto hasta que éste cayó en desuso. Logró sobrevivir en América, en pequeñas áreas de cultivo, en regiones montañosas dispersas de México y de los Andes. El maíz y el frijol se convirtieron en víveres básicos, mientras que el amaranto quedó en el olvido. La conquista española acaba con el uso del amaranto como producto básico del nuevo mundo, eliminando la posibilidad de que entrará en la alimentación mundial un producto de alto valor nutritivo (Ruiz, G. A. 1990).

La producción del amaranto se extendió de América Latina hacia diferentes partes del mundo, a partir de los 1700s, se cultivaba amaranto en Europa mismo que utilizaban como verdura y/o planta ornamental. En los últimos años del siglo XVIII, estaban cultivando amaranto en los valles de la región montañosa de Nepal, y en algunas regiones de Asia (Bernal M., R. 1997).

No existen muchos países que participan en el comercio mundial de amaranto, entre los más importantes se encuentra Argentina que tiene una participación del 49,13 por ciento; en segundo lugar de importancia está Perú que representa el 45,24 por ciento:

en el tercer lugar se encuentra México con 3,02, seguido de Bolivia con 0,36 por ciento, Ecuador con 0,25 y otros con un 2 por ciento de participación (Cervantes et al., 1983).

2.2. El Amaranto en Bolivia.

En Bolivia un 70 % de la producción de amaranto está bajo las normas de la agricultura. Por ello, es considerado un alimento con un valor nutritivo excelente y con un gran potencial agrícola, alimentario, industrial y de exportación.

La distribución geográfica del amaranto en Bolivia es más reducida en comparación a la quinua y la cañahua, pues según estudios realizados con la colección de germoplasma de Bolivia, la variabilidad de amaranto se distribuye desde los 17° 20' hasta los 21°28' de Latitud Sur, y desde los 64° 13' hasta los 69° 09' de Longitud Oeste. Los departamentos donde muestras fueron colectadas: Cochabamba (provincias, Carrasco, Campero, Mizque, Capinota, Quillacollo), Chuquisaca (provincias, Yamparaez, Oropeza, Sudanes, Tomina y B. Boeto) y Tarija (provincia Cercado) (Bernal M., R. 1997).

Canadá se mantiene como el mayor consumidor del amaranto boliviano con 7 toneladas por año, y se espera ampliar a otros mercados, informó el director de la Coordinadora de Integración de Organizaciones Económicas Campesinas Indígenas y Originarias (Trinidad, 1986).

El rendimiento económico del amaranto en zonas de temporal y de riego es mayor que las siembras de otras especies tradicionales, por ser un cultivo de ciclo corto, resistente a las sequías y por su alto valor nutricional. Así por ejemplo, en los últimos años, en términos de rentabilidad, el precio del mercado del grano de amaranto es superior al de otros granos (maíz \$ 1500/ton; frijol \$ 3000/ton; trigo \$900/ton; y

amaranto \$3.450/ton) con un rendimiento por hectárea de 1.00 a 2.00 ton, sin riego. (Espitia R, E. 1991).

El precio comercial del grano de amaranto, en los últimos años, es dos veces más alto que el maíz, una más que el frijol y tres veces más que el trigo. El rendimiento por hectárea oscila entre 1.0 y 2.0 ton. (Sin riego), permitiendo asegurar al campesino un aumento en la rentabilidad de la tierra en un 100 a 200%.

Este elevado precio comercial del amaranto se debe a su alto nivel proteínico (trigo 13%; maíz 7.68%; amaranto 15.54%), a sus facultades de energizante (energía cal/100g: trigo 354%; maíz 361%; amaranto 439.90%), a su resistencia a sequías (baja demanda de humedad), adaptabilidad a diversas zonas de producción, más su uso potencial y aplicaciones (Trinidad, 1986).

Cultivo con gran productividad (1 planta produce: 166.715,7 granos, es decir 50.000 plantas/ha con 2.000 kg de grano por ha) (Espitia R, E. 1991).



Las principales zonas de producción del amaranto en Bolivia son: Tarija, Cochabamba, Chuquisaca, Yungas y los valles interandinos o meso térmicos. De acuerdo a cada región, el amaranto se conoce con diferentes nombres comunes los cuales pueden verse en el:

Cuadro No.1 Nombre común con el que se conoce al amaranto en diferentes ciudades y regiones:

Ciudad o región	Nombre común
Tarija	Colme, yuyo, aroma
Cochabamba	Millmi, yuyo, ayrampo
Chuquisaca	Culmi
Yungas	Cuyumi
Valles interandinos de Oruro	Illamcuma
Valles interandinos de Potosí	Culmi
Otras regiones	Coyo

Al estudiar la variabilidad genética de la colección boliviana de amaranto, se han determinado los siguientes parámetros de importancia (Pinto *et al.* 2005; Guzmán 2004):

- El color de la planta varía de verde hasta púrpura con varios colores intermedios como amarillo, anaranjado, rosado-verde, rosado, rojo, rojo-morado.
- El hábito de crecimiento es erecto y postrado.
- La forma de la hoja es lanceolada, elíptica, cuneada, ovatinada y ovalada.
- El tipo de inflorescencia puede ser decumbente, semi-recta y recta.
- La forma de la panoja varía de espiga densa a panoja con ramas pequeñas, panoja ensanchada en los extremos y panoja rala con pocas ramas;
- El color del grano varía entre blanco, amarillo claro, dorado, rosado, rojo, marron y negro (Trinidad, 1986).

2.3. Importancia del Amaranto.

2.3.1. Importancia alimentaria.

Una de las características más importantes del amaranto es, sin duda, su alto valor nutritivo. Además, se puede aprovechar de múltiples formas, como grano, verdura o forraje. La semilla presenta una gran versatilidad, pudiéndose utilizar en la preparación de diversos alimentos. Existen notables diferencias entre las especies productoras de grano y las de verdura.

Su proteína es también sobresaliente y excepcional en cuanto a su calidad. Es muy alta en el contenido de lisina, un aminoácido esencial. Los "cereales" (maíz, trigo, avena, etc.) son considerados "no balanceados" en términos de su composición de aminoácidos, ya que precisamente les hace falta mayor cantidad de lisina para dar una alimentación óptima. (Bernal M., R. 1997)

2.3.2. Usos del amaranto.

Su consumo va desde la planta verde hasta la semilla tostada, la harina revuelta con el maíz en panes, también para atoles, tamales, tortillas, galletas, pastas para sopa, polvo para bebidas instantáneas, cereales u hojuelas, pasteles, botanas, confites, pinoles, mermeladas y budines (Trinidad, 1986).

Los restos de la planta asimismo pueden utilizarse como complemento forrajero.

2.3.3. Aprovechamiento de la hoja.

La hoja del amaranto es excelente para su consumo en fresco y por su sabor tan suave puede integrarse a una gran variedad de guisos sin modificar su sabor ni apariencia. Las hojas del amaranto se pueden aprovechar elaborando aguas frescas, ensaladas, sopas, jugos, guisos y tamales, etc. Además por su alto contenido de hierro, es ideal

para evitar la anemia especialmente en mujeres embarazadas y niños (Aguilar. V., A. 1984).

El mejor momento de cosechar las hojas del amaranto es cuando la planta ha terminado la floración y empezado el llenado de grano, pudiéndose cortar, hasta un 25% (10 hojas grandes por planta aproximadamente) del total de hojas que produzca la planta sin afectar la producción de grano. Por hectárea se pueden obtener hasta 5 toneladas de hoja, una cantidad nada despreciable si consideramos que se trata de un excelente alimento. (Cervantes et al., 1983).

2.3.4. Aprovechamiento del grano.

Menciona que el amaranto se puede digerir y absorber mejor después de transformarlo con calor. Remover la cubierta del grano con calor ha sido reportado como la mejor forma de mejorar la calidad de la proteína disponible en el grano de amaranto.

Hay varios métodos para transformarlo entre los que están reventar, tostar, hervir, etc. Utilizar temperaturas muy altas reduce la calidad del grano. El potencial de daño a la calidad nutricional es más obvio cuando se está transformado con calor seco (reventar o tostar) (Taboada *et al.*, 1999).

La semilla de amaranto, por su gran versatilidad al combinarse con otros alimentos, se puede utilizar principalmente de dos formas: Molida a manera de harina, que es el polvo de la molienda del grano previamente tostado, cuyo proceso se lleva a cabo en molinos tradicionales; y reventada, consumida únicamente como cereal o combinada con otros alimentos.

En el consumo animal, la planta de amaranto se ha utilizado como forraje de bovinos y el grano como alimento de aves (Cervantes et al., 1983).

2.3.5. Importancia industrial.

Tiene, además, un prometedor potencial de aplicación industrial, tanto en la industria de los alimentos como en la de cosméticos, colorantes y hasta plásticos biodegradables. Es importante señalar que estas características de su estructura son importantes en la determinación de las tecnologías a utilizar en el procesamiento del grano (Bernal M., R. 1997).

Por sus propiedades físico-químicas es un alimento de amplio potencial en el aprovechamiento por la industria alimentaria, para la preparación de cereales, productos, tipo lácteos, embutidos, mayonesas y aderezos dietéticos, el grano inflado o reventado se utiliza en confitería, pinoles, panadería, germinados y, para la extracción de aceite de alta calidad. (Aguilar y Alatorre, 1978).

El tamaño de los granos de almidón de algunas líneas de amaranto le permiten gelatinizar con temperaturas bajas, entre 50 y 75 ° C, haciéndolos apto para usarlo en sopas.

En otros casos, los gránulos son estables al congelado y descongelado, característica deseable para la fabricación de salsas, y para su uso en alimentos congelados. También, las características físicas permiten la obtención de polvo impalpable y/o liofilizado, que se utiliza en infusiones para la preparación de desayunos, así como también en la industria cosmética (Bressani, R. 1983).

Ciertas variedades son ricas en un pigmento natural denominado amarantina, que se emplea en varios productos alimenticios, como mayonesas y salsa de soya. De las variedades rojas se obtiene un pigmento natural llamado betaina, 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 riesgoso para la salud (Taboada *et al.*, 1999).

Otro producto que se encuentra en desarrollo es una bebida denominada "leche de amaranto" por sus propiedades nutritivas semejantes a las del producto animal. Esta bebida representa una opción viable y más económica para personas que presentan intolerancia a la leche, a la vez que es un excelente sustituto de la leche de soja. (Ruiz, 1990).

2.4. Características Generales Del Cultivo.

2.4.1. Descripción botánica.

Los estudios morfológicos, anatómicos y fisiológicos de los amarantos son escasos, ya que no se les ha dado la importancia que merecen y más bien se les ha considerado como arvenses (Alejandro y Gómez, 1986). El cultivo del amaranto (*Amaranthus caudatus* L.) son plantas herbáceas de 1-1.5 metros de altura, la mayoría de las plantas alcanzan alturas de 1.6 - 2.0 m.

Son plantas generalmente matizadas con el pigmento rojizo llamado "amarantina", algunas formas cultivadas son intensamente coloreadas. El color se manifiesta desde las primeras etapas del crecimiento de las plántulas. El color de la planta va desde el verde hasta el púrpura, con varios colores intermedios como el rojo, rozado y café (Cervantes et al., 1983).

2.4.2. Descripción taxonómica.

La familia Amarantácea comprende 60 géneros y cerca de 800 especies que se caracterizan por ser de tipo herbáceo. El género *Amaranthus* compuesto por 50 especies aproximadamente, se divide en dos subgéneros: *Amaranthus* con inflorescencia larga y terminal compuesta y frutos dehiscentes circunsénsiles, y *Blitopsis* se presentan inflorescencias en glomérulos axilares y frutos no dehiscentes (Feine et al., 1979).

La sección *Amaranthus* incluye todas las plantas domesticadas productoras de grano, las que han sido aprovechadas como alimento, las que se utilizan como hortalizas (follaje), la mayoría de las plantas de ornato y las malezas más comunes (Sánchez, 1980).

Según la National Academy Of Sciences, (1975); después de diversos estudios se llegó a la conclusión de que las especies de semilla comestible se reducen a: *Amaranthus hypochondriacus*, *Amaranthus caudatus* y *Amaranthus cruentus*. (Ruiz, 1990).

2.4.3. Clasificación taxonómica.

De acuerdo con la clasificación taxonómica propuesta por Sauer, 1967 citado por Nava, 1997, el *Amaranthus hypochondriacus* establecido como cultivo de grano se clasifica como:

Nombre: Amaranto

Nombre Científico: *Amaranthus caudatus* L

Reino: Vegetal

Subreino: Embriophyta

División: Magnoleophyta

Clase: Angiospermae

Subclase: Dicotyledoneae

Orden: Centospermae

Familia: Amaranthaceae

Género: *Amaranthus*

Especie: *Caudatus*

(Espitia R, E. 1991)

2.5. Características Fisiológicas.

El amaranto se encuentra dentro del grupo de plantas C4, de hecho es una de las pocas especies C4 que no son pastos. Las plantas C4 llevan a cabo una modificación del proceso normal fotosintético que hace eficiente el uso del CO₂ disponible en el aire concentrándolo en los cloroplastos de células especializadas. El amaranto es una planta C4; es decir realiza la fotosíntesis de una manera muy eficiente en condiciones de alta temperatura y baja disponibilidad de agua (Ruiz, 1990).

La combinación de características anatómicas del amaranto y su tipo de metabolismo (C4), resulta más eficiente en el uso del CO₂ bajo difíciles condiciones de escasez de agua y difíciles temperaturas lo que contribuye a su amplia distribución y capacidad de adaptarse a condiciones ambientales diversas y adversas.

Por todo ello puede ser un cultivo “Alternativo”, en zonas de temporal difícil y aún para zonas semiáridas si se usan los métodos de cultivos adecuados (Sánchez, 1980).

2.6. Características Morfológicas.

2.6.1. Planta.

El amaranto es una especie que alcanza gran desarrollo en suelos fértiles; en algunos casos supera los 2 metros de altura. Generalmente tiene un solo eje central, aunque también se presentan ramificaciones desde la base y a lo largo del tallo. (Mazón, Peralta, Rivera, Subia, Tapia, 2.003).

El amaranto es una planta muy eficiente en la fijación de CO₂. También se caracteriza por no presentar foto respiración y un bajo empleo de agua para producir la misma cantidad de follaje que los cereales. (Colección FAO, 1.992, Nieto, 1.990).

2.6.2. Raíz.

Las plantas de amaranto presentan una raíz pivotante con un buen número de ramificaciones y múltiples raicillas delgadas, que se extienden rápidamente después de que el tallo empieza a ramificarse, facilitando la absorción de agua y nutrientes. Corta, de hasta 1.5 cm, de longitud, gruesa y provista de numerosas raicillas laterales; constituyendo un sistema radical fibroso que provee de un buen sostén a la planta (Ornelas, 1983).

2.6.3. Tallos.

La planta por lo común tiene un tallo central succulento y algo fibroso, aunque en algunos morfotipos tiende a ramificarse a media altura o desde la base y a lo largo del tallo. Por su forma es un tallo cilíndrico deformado, con surcos superficiales y longitudinales, observándose protuberancias en los lugares donde nacen las yemas y las flores; puede medir entre 0.80 - 2.50 m de altura (Kalinowsky, 1982).

La superficie del tallo en su diámetro varía de acuerdo a su extensión y tiene la forma de un tronco cónico, siendo de mayor grosor (diámetro) en la base y más delgada hacia el ápice. El color del tallo es variable, puede ser de color verde, blanco amarillento (marfil), blanco pajizo y hasta rojo (Ornelas, 1983).

2.6.4. Hojas.

El tamaño y la forma de la hoja varían entre las especies y dentro de ellas. Las hojas están generalmente dispuestas en forma alterna y opuesta, tanto en el tallo principal como en los secundarios y terciarios. Las hojas completamente desarrolladas, son de 6-20 cm de longitud y 2-8 cm de ancho. Son de forma romboidea, elíptica, ovalada, lisas con nervaduras pinnadas y pronunciadas presentando diversos colores, desde el

verde amarillento hasta el rojo encarnado y pueden terminar en un ápice agudo y son largamente pecioladas (Kalinowsky L. S., 1982).

2.6.5. Inflorescencia.

Las flores están dispuestas en una inflorescencia en panícula, la cual en su madurez presenta una coloración bastante vistosa de amarillo, verde, rosado, rojo y púrpura, mide hasta 90 cm de altura, dando a la planta un aspecto ornamental.

La unidad básica de la inflorescencia son los llamados glomérulos, cada uno consiste en una flor esta minada inicial y un número indefinido de flores femeninas. Los glomérulos están agrupados en un eje sin hojas para formar complejas inflorescencias llamadas espigas o panojas (Trinidad y Gómez. 1986).

Son impresionantes las grandes inflorescencias, las hay semierectas y erectas adoptando formas glomeruladas o amarantiformes típicas y densas o laxas. El eje central de la inflorescencia lleva grupos de flores llamadas dicasios; el número de flores de cada uno de estos dicasios es variable, con las flores masculinas y femeninas dispuestas en forma sesil o ligeramente pedunculadas (Valdés L. 1993).

Las flores son pequeñas de color carmesí y se presentan en espigas muy apretadas o panículas; son escariosas, es decir sin corola; presentan 5 estambres, y toda la inflorescencia aparece en colores rojizos. Según observaciones realizadas la floración está en función de la variedad. En la *hypochondriacus* ocurre de los 42-60 días después de la siembra (Sánchez, 1980).

2.6.6. Panoja.

La longitud de la panoja es de 50 -100 cm el número de granos o de semillas puede aumentar hasta 80 -100 mil por panoja y hasta sobrepasar los 150 mil. En cuanto a

panoja, ésta toma 35 días para lograr su crecimiento pleno desde la floración hasta la producción máxima de semillas, el tiempo de crecimiento vegetativo cobra el 50% del crecimiento total si se cuenta desde la floración (Ruiz, G. A. 1990).

2.6.7. Fruto.

Las semillas de amaranto son pequeñas, ovaladas, lisas, brillantes y ligeramente aplanadas, pudiendo ser de color blanco, blanco amarillento, dorado, rojo, rosado y negro. Anatómicamente se distinguen en el grano (semilla) las siguientes partes centrales: La cubierta, que es una capa muy fina de células conocida como perispermo; una segunda capa, que está formada por los cotiledones y es la parte más rica en proteína, y, finalmente, una capa interna, rica en almidones, conocida como perisperma (Sánchez, 1980).

En cuanto al peso de la semilla, se presenta una variación entre las diferentes especies de *Amaranthus* y aún entre cultivariedades de una misma especie, siendo estos valores promedios de aproximadamente desde 0.5 - 0.9 miligramos por semilla (Bressani, 1983).

2.6.8. Semilla.

La semilla es muy pequeña, mide de 1 a 1,5 mm de diámetro y el número de semillas por gramo oscila entre 1.000 y 3.000. Son de forma circular y de colores variados, así: Existen granos blancos, blanco amarillentos, dorados, rosados, rojos y negros.

Todas las especies silvestres presentan granos negros y de cubiertas muy duras. Anatómicamente en el grano se distinguen tres partes principales: la cubierta, que es una capa de células muy fina conocida como episperma, una segunda capa que está formada por los cotiledones y es la parte más rica en proteína y una capa interna, rica en almidones conocida como perisperma. (Nieto, C. 1.990).

2.7. Características de los Principales Tipos de Amaranto.

2.7.1. Mixteco.

Material endémico de Oaxaca, pertenece a la especie *Amaranthus hypochondriacus*, incluye las plantas de mayor tamaño, llegan a medir más de tres metros de altura, su ciclo biológico es tardío con 180 días. La inflorescencia puede alcanzar hasta 1.50 metros de longitud y su color puede ser verde, rosa, rojo, y púrpura. Las semillas son blancas o cafés, llega a producir más de 150 gramos por planta, por lo que es considerado como material con mayor potencial de rendimiento. Se sugiere sembrarlo del 15 de abril hasta el 30 de mayo bajo condiciones de punta de riego (Sánchez, 1980).

2.7.2. Azteca

Este tipo se cultiva en las zonas de clima templado del Distrito Federal, Puebla, Tlaxcala. Pertenece a la especie de *Amaranthus hypochondriacus*; incluyen plantas hasta de tres metros de altura con inflorescencias de un metro de longitud; y su color puede ser verde, rosa, rojo y púrpura. Las semillas son blancas, cafés o negras, producen hasta 120 gramos de semilla por planta. Se sugiere sembrarlo a inicio de temporal durante la primera quincena de junio, su ciclo biológico es tardío con 170 Días. En el Estado de México y en Tulyehualco, Distrito Federal (Sánchez M., A. 1980)

2.7.3. Mercado.

Este material por lo general presenta tallos, hojas e inflorescencias de color verde. Pertenece a la especie de *Amaranthus hypochondriacus*; incluyen plantas hasta de 2.50 metros de altura con densidades de 80,000 plantas por hectárea. Además, con altas densidades de 6 - 8 Kilogramos de semilla por hectárea, presenta tallos delgados

con un porte de planta de 110 a 145 centímetros, que permiten la cosecha mecánica. Se puede sembrar desde inicio de temporal en la primera quincena de junio hasta el 15 de julio (Espitia, 1991).

2.8. Genética.

Se ha informado de la existencia de gran habilidad para la libre hibridación entre las especies del género *Amaranthus*. Además podemos mencionar que entre sus ventajas como herramienta para la investigación genética destacan su crecimiento en pequeños espacios, debido a su morfología plástica y su capacidad de auto polinizarse y de entrecruzarse sin registrar depresiones en el rendimiento o heterosis. El número de cromosomas diploides informado ha sido de 32 o 34 (Nieto, C. 1990).

2.8.1. Especies De Amaranto.

El género *Amaranthus* está compuesto por 60 especies, estudios realizados desde 1967; ya demostraban que las especies de mayor distribución mundial actualmente para la producción de grano son tres el *A. hypochondriacus* procedente de la parte central de México, *A. cruentus*, encontrado en el sur de México y Guatemala, *A. caudatus*, localizándose en las regiones andinas de Bolivia, Perú y Argentina.

- a).- *Amaranthus hypochondriacus* (tipos: Mercado, azteca, picos, nepal y mixteco).
- b).- *Amaranthus cruentus* (tipos: Mexicano, africano y guatemalteco), y
- c).- *Amaranthus caudatus* (tipos: *Edulis* y sudamericano), además de *A. Hybridus* (tipo prima) (Reyna, M.T. 1984).

Las especies cultivadas para verdura, principalmente son: *A. tricolor*, *A. dubius*, *A. lividus* y *A. Cruentus*. Sin embargo solo unos cuantos tipos son cultivados y los demás son considerados como malezas

No existe una separación entre los tipos para verdura y para grano ya que las hojas jóvenes de ambos tipos pueden ser consumidas (Nieto, C. 1.990).

2.8.2. Especies cultivadas para producción de grano.

Amaranthus hypochondriacus L. (A. frumentaceus, A. anardana, A. leucocarpus y A. leospermus).

Es una herbácea anual que llega a alcanzar hasta los 3m de altura. La inflorescencia es de gran tamaño, muy densa, erecta y espinosa. El tamaño de las brácteas le da una apariencia y tacto espinoso. Las semillas son de color blanco, dorado, café y negro; las de coloración clara son las que más comúnmente se utilizan para grano; esta especie también es usada como ornamental (Webber, L. E. 1990).

Amaranthus cruentus L. (A. paniculatus, A. sanguineus y A. speciosus).

Su crecimiento es erecto hasta los 2m de altura, generalmente de menor tamaño que *A. hypochondriacus*. Cuando la planta está completamente desarrollada presenta en la parte inferior espigas suaves y laxas y en la parte superior panículas. Las semillas pueden ser cafés, negras, blancas o amarillas. Los colores claros son los que se utilizan para producción de grano mientras que las de semillas de color oscuro se usan como verdura o como ornato. (Espitia, 1991).

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

Presenta también un amplio espectro en cuanto a color y forma de la planta, sin embargo, se distingue por su inflorescencia en forma de caudal y las semillas color marfil con los bordes rojos. Es una herbácea anual que llega a medir 2m de altura. Las panículas o espigas son

Extremadamente largas y colgantes, lo que le da su apariencia glomerular característica. (Webber, L. E. 1990).

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*. Sin embargo, su importancia radica en tener un crecimiento determinado, característica muy importante para mejoras genéticas (Espitia, 1991).

2.9. Variedades.

Se han obtenido las variedades mejoradas con las siguientes características.

Cuadro No.2 Principales características de las variedades mejoradas de amaranto para la Mesa (INIFAP, 2001).

Variedades	Color de planta	Color de panoja	Altura de planta m	Días a madurez	Rendimientos Kg/ ha
Rojita	Verde	Púrpura	1.50	120 -130	1,400
Revancha	Verde	Verde	1.70	140 -160	1,800
Nutrisol	Púrpura	Púrpura	2.50	170 -180	2,500
Gitana	(pre verde-	Rosa,	1.80	140 -160	2,000

Existen otras variedades que se comercializan en E.U. como: "Green top, multicolor, Bolivia 153, Golden Grain, manna" para producción de grano" y Tampala, Red strip, molten fire, sunrise y rose beauty" para consumo en verde. Hay también otras variedades más comunes que se utilizan en E.U. y que además son semillas certificadas:

Amont: Es una variedad de porte alto, seleccionada por la uniformidad en el color de la flor y de la semilla.

Plainsman: Es una selección proveniente de la hibridación de *A. hypochondriacus* y *A. hybridus*, es de maduración temprana y fue desarrollada conjuntamente por la Universidad de Nebraska. Plainsman ha mostrado rendimientos promedio mayores que Amont cuando han sido probados en Nebraska.

En México las siembras actuales de amaranto se han realizado con variedad criolla lo cual presenta una genética muy variable, por lo que afecta a la altura, color de follaje, semilla, maduración y rendimiento. Al igual que es muy susceptible a plagas y enfermedades (Webber, L. E. 1990).

Las variedades más conocidas de **A. caudatus** son:

-**Noel Vietmeyer:** De grano rosado y no usado como hortaliza.

-**Oscar Blanco:** De grano blanco y usado como hortaliza y grano.

-**Chullpi:** Con granos de tipo reventón, adecuados para cocción en seco.

-**Alan García:** De pequeño tamaño y susceptible a enfermedades.

-**INIA 414 - Taray:** Es una variedad desarrollada por el Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria - INIA, para ser cultivada en los valles interandinos entre 1,800 y 3,100 msnm. Tiene un ciclo vegetativo menor en 20 días que las otras variedades y una producción promedio de 2.5 a 3.5 ton/ha, lo que lo hacen ideal para el procesamiento industrial y la preparación de harinas enriquecidas, granolas.

-**INIA 413 - Morocho Ayacuchano:** Esta variedad mejorada es ideal para la preparación de hojuelas.

2.9.1. Características agronómicas de la variedad de amaranto.

En el siguiente cuadro, se presentan las principales características agronómicas de la variedad. Lo más sobresaliente, es sin duda, su precocidad y su porte bajo de planta, lo que permite que la cosecha se pueda realizar mecánicamente. El potencial de rendimiento de la variedad es superior a los 3500 kg/ha, con un promedio de alrededor de los 2000 Kg/ha, sin embargo hay que tener en cuenta que estos datos son a nivel experimental; por lo que se prevé que los rendimientos a nivel de agricultor serán más bajos (Monteros et al, 1994).

Cuadro No.3 Características agronómicas de la variedad de amaranto INIAP-Alegría 40

Días a la emergencia de plántulas	3 a 6
Días al panojamiento	50 a 55
Días a la floración	70 a 89
Días a la cosecha	125 a 180
Altura de planta (cm)	70 a 160
Largo de panoja (cm)	24 a 57
Rendimiento de grano (kg/ha)	646 a 3756
Tolerancia a plagas	Tolerante
Tolerancia a enfermedades	Tolerante
Tolerancia al Volcamiento	Tolerante
Tolerancia a heladas	Susceptible

2.10. Valor Nutricional.

Sumergido en la historia precolombina de América, el amaranto comenzó a atraer la atención de los investigadores en 1972, cuando se descubrió que su semilla posee 16% de proteína de una calidad inusual, debido a su altísimo contenido del aminoácido esencial lisina. La proteína del amaranto contiene casi el doble de este elemento que el trigo, tres veces más que el maíz y es similar al de la leche. Según la Organización Mundial de la Salud, la proteína del amaranto es ideal para la dieta humana por su balance de aminoácidos. Por este motivo fue considerado uno de los alimentos recomendados para el futuro (Bressani, R. 1983).

Contiene de 12 a 16 % de proteína de alta calidad, de 6 a 7 % de lípidos y de 62 a 69% de almidón. El valor nutritivo de la proteína del amaranto radica en su contenido del aminoácido lisina que es tres veces mayor que el de maíz y casi el doble del que contiene el trigo; esto lo hace ideal para integrarse en la dieta tradicional mexicana y para revertir los procesos de desnutrición, que sufren las comunidades marginadas (Taboada *et al.*, 1999).

Tiene un contenido importante de lisina, aminoácido esencial en la alimentación humana y que comúnmente es más limitante en otros cereales. Por su composición, la proteína del amaranto se asemeja a la de la leche y se acerca mucho a la proteína ideal propuesta por la FAO para la alimentación humana.

Según la FAO (1989) sobre un valor proteico ideal 100, el amaranto posee 75%, la leche vacuna 72%, la soja 68%, el trigo 60% y el maíz 44%. Además, la digestibilidad de su grano es del 93%. Cuando se realizan mezclas de harina de amaranto con harina de maíz, la combinación resulta excelente, llegando a índices cercanos a 100.

El componente principal en la semilla del amaranto es el almidón, pues representa entre 50 y 60% de su peso seco. El diámetro del gránulo de almidón oscila entre 1 y 3 micrones, mientras que los de maíz son hasta 10 veces más grandes y los de papa pueden ser hasta 100 veces mayores.

Estas reducidas dimensiones del gránulo de almidón del amaranto facilitan su digestión, que resulta de 2,4 a 5 veces más rápida que el almidón de maíz. A su vez, este tamaño le confiere propiedades aglutinantes y espesantes inusuales, pudiéndose utilizar como espesantes de alimentos, como sustituto de las grasas (Bressani, R. 1983)

El calor incrementa la digestibilidad pero disminuye un poco la concentración de proteínas isoelectricas. No se encontraron niveles de inhibidores de tripsina pero se encontraron débilmente relacionados con la digestibilidad y el nivel de compuestos polifenolicos no está relacionado (FAO, 1989).

2.11. Composición del valor nutricional del grano.

Cuadro N°.4 Gómez (1977) indica el resultado del análisis bromatológico de la semilla de alegría en la siguiente forma:

CARACTERÍSTICA	GRANO	VERDURA
Proteína %	12,0 – 19,0	14,0 – 33,3
Grasa %	6,1 – 8,1	1,0 - 4,7
Fibra %	3,5 – 5,0	5,3 – 17,0
Carbohidratos %	71,8	19,4 – 43,0
Cenizas %	3,0 – 3,3	2,1 – 3,0
Calcio %	130,0 – 154,0	1042,0 – 2776,0
Fósforo %	530,0	740,0 – 760,0
Potasio %	800,0	
Hierro %	6,3 - 12,8	7,0 – 52,0
Caroteno %		24,0 – 33,0
Lisina %	0,8 – 1,0	
Vitamina C %	1,5	64,0 – 693,0
Calorías %	391	

El contenido de principios nutritivos del grano de Amaranto comparado con otros cereales convencionales, podemos apreciarlo en la siguiente tabla.

Cuadro N°.5 El valor nutricional del amaranto comparado con cereales comunes.

(Cada 100 g, cruda, según el USDA - United States Department of Agriculture, Departamento Estadounidense de Agricultura)

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

Fuente: incap/icnnd, 1989. Como se observa en la tabla el grano de amaranto tiene un elevado número de proteínas y grasa en relación a otros cereales, estos aspectos le dan a este grano el atributo de constituirse en un componente potencial de la alimentación humana.

2.12. Los Minerales del grano de Amaranto.

Los minerales del grano de amaranto están concentrados en algunas partes del mismo, como son en el episperma, el endosperma y el embrión. El contenido de calcio, magnesio, hierro, boro y aluminio es mayor que las semillas de otros cereales.

2.12.1. Contenido de potasio.

En comparación con otros cereales, el contenido de este mineral es el doble de la avena. Cabe hacer notar que el potasio regula la presión osmótica de las células y la sensibilidad de los músculos y nervios (Bernal M., R. 1997)

2.12.2. Contenido de calcio.

Es casi tres veces más que el de trigo y todavía un poco mejor que el del huevo. El calcio cuantitativamente es el mineral más importante para el ser humano, porque en los huesos y dientes hay el 99% de calcio del organismo. Por lo que el calcio es fundamental para el desarrollo y mantenimiento de los huesos y dientes (Webber, L. E. 1990).

2.12.3. Contenido de hierro.

El contenido de hierro en el grano de amaranto es más del doble del que contiene el trigo. Como mineral es parte de la hemoglobina de la sangre y de muchas enzimas. La deficiencia de este mineral provoca anemia (Bernal M., R. 1997)

2.13. Vitaminas del grano de Amaranto.

Entre las vitaminas que contiene el grano de Amaranto se encuentra la riboflavina, el contenido de esta vitamina en el grano es mayor en comparación a otros alimentos como la leche, una de las fuentes principales de esta vitamina (Valdés L. 1993).

2.14. Principales Países Productores.

Actualmente, China es el país en donde se cultiva la mayor superficie de amaranto, con más de 150 mil hectáreas, y posee uno de los bancos de germoplasma más

importantes del mundo. La India es un país que se ha convertido en un centro secundario de diversificación y cuenta con el segundo banco de germoplasma de amaranto más relevante del planeta (Medina D., E. K. 1982).

En Estados Unidos el interés por el amaranto se incrementó ha mediados de 1970, aunque la superficie sembrada no alcanzó grandes dimensiones, estabilizándose en cerca de 500 hectáreas. En Iowa, se encuentra la colección de germoplasma de amaranto más importante que en 1999 ya contaba con 3400 registros de variedades provenientes de todas las latitudes.

La producción de amaranto en Perú, es una tradición milenaria que decayó largos siglos. Durante el año 2000 se cosecharon 1800 hectáreas y se produjeron 2700 toneladas, y en el primer semestre de 2001 la producción aumentó 50% respecto al mismo período del año anterior.

Los avances agronómicos en este país son muy importantes, cuenta con dos de las colecciones de germoplasma de amaranto más importantes del mundo y es el país donde se han alcanzado los mayores rendimientos. Aunque el cultivo del amaranto ha desaparecido en muchas comunidades, hoy en día existen lotes para autoconsumo familiar y a pequeña escala comercial en varios lugares de los valles altos de la mesa central como Tlaxcala, Morelos, Distrito Federal, Puebla y Michoacán (Trinidad y Gómez, 1986).

2.15. Características Agronómicas Del Cultivo de Amaranto.

2.15.1. Fenología del cultivo de amaranto.

Ciclo. Puede variar de 150 a 180 días, dependiendo de la especie y la variedad.. (Trinidad y Gómez, 1986). Su ciclo vegetativo, en función de la variedad, oscila entre 95 - 120 días.

2.15.2. Calendario de desarrollo.

Días a germinación. Las semillas germinan alrededor de los 4 - 5 días después de la siembra, y necesitan el máximo cuidado hasta que alcance una altura de 25 - 30 cm. Esta es la etapa más crítica para la obtención de un potencial máximo en la cosecha, por lo que debe estar libre de malezas y tener una humedad adecuada. El deshierbe es necesario durante los 30 días después de la siembra (Valdés L. 1993).

2.15.3. Días a maduración y floración.

Los días a maduración fisiológica pueden estar entre 90 y 120 días dependiendo de la variedad o híbrido que se use. En cuanto a panoja, ésta toma de 35 a 55 días para lograr su crecimiento pleno desde la floración hasta la producción máxima de semillas, dependiendo de la variedad (Sánchez, *et al.*, 1991).

2.15.4. Hábitos de crecimiento.

La tasa de crecimiento del amaranto cobra ritmo después de 15 días de trasplantado y la planta aumenta 5.5 cm por día hasta la floración. La mayoría de las plantas alcanzan alturas de 1.6 - 2.0 m (García P., G. 1993).

La velocidad de emergencia foliar es de una a dos hojas por día, después de un período de 7 días se observa un incremento de 100 cm² de área foliar en una sola planta, la tasa de crecimiento del amaranto es muy rápida, más que otras hierbas de modo que las malezas no son un problema serio en el desarrollo del cultivo.

El peso de mil semillas es de 0.6 g aproximadamente, mientras que la longitud de la panoja es de 50 a 100 cm el número de granos o de semillas puede aumentar hasta 80 -100 mil por panoja y hasta sobrepasar los 150 mil (Sánchez, *et al.*, 1991). En cuanto a panoja, ésta toma 35 días para lograr su crecimiento pleno desde la floración hasta

la producción máxima de semillas, en tiempo de crecimiento vegetativo cobra el 50% del crecimiento total si se cuenta desde la floración (Webber, L. E. 1990).

2.15.5. Características de la siembra.

Densidad de población. Se utilizarán 500 g de semilla por hectárea para uso de sembradora para granos finos. 3 Kg de semilla por ha en siembra de chorrillo. 1.5 Kg de semilla por ha en siembra manual con botella. La cantidad óptima de plantas por hectárea depende del tipo de variedad que se siembre y del método de recolección que se piense usar. Para las variedades de *A. hypochondriacus* y *A. cruentus*, es aceptable una población de 140,000 a 320,000 plantas por hectárea, dependiendo de la zona y las prácticas de fertilización. (Trinidad y Gómez, 1986).

2.16. Condiciones Ambientales.

2.16.1. Edafológicos y climáticos.

El amaranto prospera en climas cálidos y templados en las zonas tropicales y subtropicales. La planta prefiere la luz y requiere tierra húmeda. La superficie de siembra se ha incrementado por su capacidad de adaptabilidad a la mayoría de las condiciones climáticas de México, y sobre todo el amaranto ha mostrado tolerancia a la sequía (requiere menos agua que el maíz). (Reyna, 1984) y (Trinidad y Gómez, 1986).

2.16.2. Altitud.

Las zonas de México donde se está cultivando amaranto tienen características de altitud muy contrastantes, lo mismo se le encuentra a nivel del mar que a 3000 msnm., la elevación no constituye una limitación ya que los amarantos crecen satisfactoriamente desde el nivel del mar hasta por encima de los 3200 msnm.

2.16.3. Temperatura.

El cultivo de amaranto se desarrolla mejor cuando la temperatura es alta alcanzando cuando menos los 21°C, con un óptimo de temperatura para la germinación entre los 16 y 35°C. Y su rapidez de maduración se incrementa cuando las temperaturas alcanzan el límite superior de este intervalo. *Amaranthus hypochondriacus* y *Amaranthus cruentus* toleran temperaturas altas y no resisten temperaturas bajas ni heladas, su crecimiento cesa a los 8 °C y las plantas se dañan a temperaturas inferiores a las 4°C

2.16.4. Precipitación pluvial.

El amaranto tiene la capacidad para prosperar bien en regiones con baja o errática precipitación pluvial, lo que lo hace una excelente alternativa para las zonas temporales, con un requerimiento en agua menor que la mitad requerida por la mayoría de los cereales.

El cultivo se desarrolla en ambientes con una variación muy amplia, que va desde 300 a 2000 mm de precipitación anual, siendo lo más aceptable para el cultivo, una precipitación anual que oscile entre 400 a 1000 mm por año (Flores, 1987). Los mejores rendimientos ocurren cuando la planta recibe lluvias moderadas bien distribuidas a través de sus etapas de crecimiento vegetativo (Medina D., E. K. 1982).

2.16.5. Tipo de Suelo.

Aparentemente, los amarantos crecen bien en una amplia variedad de suelos, desde los muy ácidos y con alto contenido de aluminio, hasta los alcalinos y salinos. Los amarantos de grano jóvenes crecen más altos con fertilizantes, pero su rendimiento en grano hasta el momento ha manifestado poca mejoría.

Los amarantos foliaceos por otro lado, exigen elevada fertilidad del suelo, sobre todo potasio y nitrógeno, aunque el género hasta donde se sabe no resiste bien una salinidad elevada. El cultivo del Amaranto es una alternativa productiva para suelos en proceso de desertificación capaz de mantener producciones de 1,300 -1,500 Kg/ha de grano y de 30 ton/ha de materia verde en condiciones de sequía con riegos moderados en los primeros 15 días

No presenta ningún problema tóxico serio y se obtienen rendimientos razonables en suelos pobres. Las semillas de amaranto son lo suficientemente fuertes y adecuadas para prosperar en suelos deficientes, donde los cereales convencionales no pueden cultivarse con facilidad (Medina D., E. K. 1982).

2.16.6. Requerimientos de pH.

El amaranto requiere de suelos que drenen bien y prefiere suelos con pH neutros o básicos arriba de 6, pero se han registrado casos de tolerabilidad a la alcalinidad. Para proyectos de alta rentabilidad se escoge un pH de 7 (Webber, L. E. 1990).

2.17. Método y Densidad de Siembra.

El método tradicional de siembra directa mateado se realiza a una distancia de un paso (80 - 70 centímetros), que consiste en la siembra directa en el surco de 85 a 90 centímetros de anchura; de la cantidad de semilla que se toma entre los dedos índice y pulgar.

En siembra directa con alta densidad de población, la anchura de surco puede ser de 80 a 85 centímetros. Y la profundidad del surco de 15 a 20 centímetros, dando la apariencia el surco de una raya sobre el terreno con el propósito de que el agua de lluvia no apriete el terreno y dificulte la emergencia de la plántula. Conviene señalar que la siembra directa en terrenos secos no prospera y ocasiona gastos infructuosos.

Utilizar 4.0 kilos de semilla por hectárea en siembra directa, facilita la distribución de la semilla en el surco, asegura mayor número de plantas bajo condiciones de deficiente preparación del terreno y respecto a la maleza, lo cual se traduce en mejor rendimiento de grano respecto a las cantidades de semilla de 2 y 6 kilos por hectárea (Ruiz, G. A. 1990).

2.17.1. Épocas de siembra.

Es determinante el sembrar al inicio de la época de lluvias, para lograr la cosecha antes de la ocurrencia de heladas en los sitios en los que se presentan. El período de siembra se lleva a cabo a fines de diciembre con las primeras lluvias, es importante realizar la siembra cuando exista suficiente humedad en el suelo, para asegurar la germinación, esto es para temporal y se prepara la tierra un mes antes (Mayo); pero debido a que el cultivo de amaranto es susceptible a las heladas se puede recorrer la fecha de mecanización a finales de febrero o principios de marzo para ir sembrando aproximadamente por el 20 de este último mes (esto es, para punteo y de riego) (Ruiz, G. A. 1990).

En localidades con riego, se puede sembrar en otras épocas, pero cuidando de no hacer coincidir la cosecha con las épocas lluviosas del año. La experiencia obtenida por los productores de las localidades de Huazulco y Amilcingo del municipio de Temoac, ha permitido determinar dos períodos de siembra para el amaranto que se produce en Morelos. La siembra temprana se realiza del 30 de mayo al 15 de junio y la intermedia del 15 al 30 de junio (no es frecuente la siembra tardía en esa zona) (García P., G. 1993).

2.17.2. Manejo de agua.

Para que el amaranto germine y desarrollen sus raíces, el suelo tiene que estar bien húmedo, pero una vez aparecidos los retoños, los amarantos de grano se

desenvuelven bien con escasa agua, más aún, llegan a crecer mejor en condiciones secas y templadas, en cambio los amarantos foliáceos requieren de humedad durante la temporada de crecimiento (Medina D., E. K. 1982).

Los amarantos crecen bien en suelos con un contenido de agua de 11.5% (de 0 a 10 cm de lámina de agua) y 13% (de 10 a 20 cm de lámina de agua), respectivamente y mientras en estas mismas condiciones esto no se logra con arroz ni con maíz de temporal. La cantidad total de agua requerida por el amaranto de semilla a través de su ciclo vital es de solo el 60% del agua que necesite el trigo o la cebada, por lo tanto el amaranto de semilla es un cultivo ideal para las regiones secas.

Se puede manejar el cultivo por riego total de la siguiente manera:

- El 1er riego ligero de presembrado ya que es indispensable que se tenga buena humedad en el suelo para la germinación de la semilla.
- El 2º riego a los 40 días
- El 3er riego a los 25 o 30 días después del segundo riego, aproximadamente en el inicio a la floración (Reyna, 1984).

Sin embargo las épocas fisiológicas críticas de requerimientos de humedad son:

- Entre la siembra y el apareamiento de las dos primeras hojas verdaderas
- Entre el panojamiento y floración y,
- Durante la formación de granos.

Con riego (Cada 12 días hasta la floración) y de la floración hasta la maduración cada 8 días). Frecuentes desde la siembra al primer deshierbo, frecuencia normal del aporte a la maduración.

En temporal, se esperará, con la tierra ya previamente preparada, a las lluvias. Y para el caso de punteo, se dará únicamente el riego de nacimiento (Webber, L. E. 1990).

2.17.3. Fotoperiodo.

Días cortos o largos.

Muchos de los amarantos son sensibles a la duración del día, por ejemplo, las cepas de *Amaranthus hypocondriacus*, procedentes del sur de México, no florecen en verano en Pensilvania, pero maduran en invernadero en condiciones de día breve, en invierno.

Con el *Amaranthus caudatus*, por otro lado, es una especie de día corto. De ordinario florecer y echa semilla sólo cuando la duración del día es inferior a las ocho horas; sin embargo, hay *Amaranthus caudatus*, como las plantas ornamentales moco de pavo, que echarán semilla en condiciones de duración más larga del día (García P., G. 1993).

2.17.4. Métodos de propagación.

Tipo de reproducción. La reproducción del amaranto es a través de semillas y de trasplante.

2.18. Labores Culturales.

2.18.1. Preparación de la tierra.

Conviene que el barbecho y el rastreo se realice después de la cosecha porque con estas labores se promueve la germinación y el desarrollo de las semillas no solo del amaranto de la siembra pasada, sino principalmente de las semillas de todo tipo de malezas, que son los competidores más fuertes y agresivos de la plántula del amaranto.

Las plantas de las malezas que desarrollan después de la cosecha, durante el periodo de diciembre a mayo, se pueden eliminar con el rastreo previo a la siembra y esto mantiene limpio el terreno para sembrar y procurar el desarrollo de la planta de amaranto con mínima competencia de malezas durante los primeros 30 días del cultivo (Webber, L. E. 1990).

Llegado el periodo de lluvias, previo a la siembra (mayo- junio) es necesario dar uno o dos pasos de rastra; si se barbechó después de la cosecha o bien, hacer barbecho y uno o dos pasos de rastra para dejar el suelo completamente mullido, de esto depende una buena germinación de la semilla y emergencia de la plántula, ya que la semilla logrará un contacto estrecho con el suelo húmedo. Es muy importante que al barbechar y rastrear antes de la siembra, exista suficiente humedad en el terreno para lograr una cama de suelo bien mullida, húmeda y porosa (García P., G. 1993).

Se ha comprobado que el barbecho y rastreo en terrenos endurecidos por el secado de la humedad, forman terrones grandes que en la siembra facilita la penetración de la semilla, pero impiden la emergencia satisfactoria de la plántula debido a su escaso vigor para romper la capa de suelo que queda encima de la semilla. (Ruiz, G. A. 1990).

Las siembras que se realizan en estas condiciones de preparación del terreno, y con baja disponibilidad de humedad tendrán poco éxito, porque la germinación y emergencia de la plántula puede ser de un 20 a 30% de lo normal, y esto obligará al productor a efectuar de nuevo la preparación del terreno y la siembra y consecuentemente, se elevarán más los costos de producción (Reyna, M.T. 1984).

2.18.2. Surcado.

Por último realizar un surcado de espaciados de 70 a 90 cm y su profundidad de 30 cm para después efectuar la siembra cuando la tierra esté lista. Estas labores se pueden hacer con tractor o yunta (Reyna, M.T. 1984).

2.18.3. Semilla.

Se recomienda el uso de semilla certificada, o por lo menos seleccionada, si es necesario utilizar semilla fresca (del ciclo anterior) puesto que el almacenamiento prolongado (más de un año) hace bajar drásticamente el poder germinativo de la misma, para garantizar la calidad de la cosecha.

Las semillas se deben de tratar con productos químicos para combatir hormigas y bibijaguas; se requiere 5 Kg/ha en suelos arcilloso pesados y 2.5 -3.5 Kg/ha en suelos arenosos o arcillo-arenoso (Reyna, M.T. 1984).

2.18.4. Siembra.

Dependiendo de la textura del suelo y el % de germinación se calcula la cantidad de semilla para la siembra; el cultivo de amaranto puede adoptar dos sistemas de siembra: La siembra directa y el trasplante (Medina D., E. K. 1982).

Siembra directa.- La siembra directa se puede realizar en terreno seco y en espera de la lluvia, lográndose buen porcentaje de emergencia, por lo que es necesario la práctica de aclareo, que no es requerida en el sistema de trasplante (Ruiz, G. A. 1990).

La siembra directa puede adoptar dos modalidades: En la primera se puede materializar la siembra en surcos, de aproximadamente 5 cm de profundidad y separados a 60-70 cm depositando las semillas en forma de chorro continuo dentro y a lo largo del surco. Y la segunda modalidad, se puede sembrar en grupos separados o golpes a 20 cm y se puede depositar de 10-20 semillas por cada golpe y en ambos casos luego se procede a tapar las semillas a una profundidad aproximada de 2 cm. (Ruiz, G. A. 1990).

2.18.5. Trasplante.

Con el método de trasplante se elimina la competencia con malezas, pero presenta desventajas, en comparación con la siembra directa ya que su establecimiento es problemático en el terreno definitivo cuando se siembra en temporal. Para realizar este sistema de siembra, primero se procede a sembrar las semillas en las camas del almácigo, donde se las mantiene hasta que alcanzan una altura entre 15 a 20 cm para posteriormente ser trasplantadas al terreno definitivo, donde previamente se han abierto surcos a una distancia de 70-100 cm entre sí y a una profundidad de 30 cm aproximadamente se pone de 3-6 plántulas cada 60 cm en los surcos, luego se las cubre de tierra y se compacta alrededor de ellas (Trinidad y Gómez. 1986).

En siembra directa, la profundidad de siembra va de 2-2.5 cm y se puede materializar en forma manual o mecanizada. En el primer caso se deposita la semilla en forma manual (usando botellas con la tapa perforada con un clavo de 1 ½ pulgadas), a un costado de los surcos ya sea en golpes o a chorro continuo o a una distancia de 25 cm de plantón, inmediatamente después se tapa con una capa de tierra. Para la siembra mecánica, se puede utilizar las sembradoras de semillas de hortalizas, alfalfa o trébol. En todo caso, se debe tener cuidado de no tapar la semilla con capas de suelo superiores a 2 cm de espesor (Medina D., E. K. 1982).

2.18.6. Eliminación de plántulas (raleo).

Los primeros 28 días de emergencia el amaranto es débil debido a que en esa etapa está utilizando su energía en desarrollar una fuerte raíz pivotante, para explorar profundidades en busca de humedad, para evitar la competencia entre las plantas, cuando estas alcanzan una altura entre 15 y 20 cm (30 días después de la siembra, aproximadamente), es necesario el raleo (deshije) manual; quedando la plantación dispuesta a dos plantas por plantón.

Los trabajos experimentales sobre densidad de población han demostrado que a mayor número de plantas por hectárea corresponde a un mayor rendimiento en grano, sugiriéndose una densidad de población de 90,000 plantas por hectárea (Valdés L. 1993).

2.18.7. Eliminación de malezas.

En el cultivo de amaranto, la maleza es uno de los principales problemas que hacen incosteable e improductivo el cultivo. Cuando éste ha desarrollado y se ve invadido por la maleza, una cosecha de semilla es de bajo rendimiento y muy mezclada con semilla de quintonil o de otras malezas, lo anterior demerita su pureza física y su calidad industrial (Trinidad y Gómez. 1986).

A la fecha, no se cuenta con un herbicida específico para el control de malas hierbas en el cultivo de amaranto, por lo que la eliminación de malezas debe hacerse de manera mecánica por medio de escardas con tractor o yunta, o bien manualmente con el azadón.

La primera escarda se debe realizar cuando la planta de amaranto alcance entre 15 y 20 centímetros, procurando que la maleza no supere la altura del amaranto.

La segunda escarda se debe practicar después de la aplicación complementaria de fertilizante químico, cuando la planta alcance 40 centímetros aproximadamente. Es importante cuidar este aspecto al menos los dos primeros meses de desarrollo ya que con ello se evitará la competencia del cultivo con plantas invasoras (Webber, L. E. 1990).

Dependiendo si hay muchas malezas se deshierba, de no ser así, se pasará la cultivadora con el objeto de arrimar poco de tierra y quitar las pocas malezas que pudiera haber (a los 15 o 20 días de nacencia) (Trinidad y Gómez, 1986).

2.18.8. Control de plagas y enfermedades.

Por ser un cultivo poco promocionado, no se conoce mucho sobre los problemas de plagas y enfermedades, La información sobre este tema es escasa a nivel mundial y más aún en México. Las principales plagas que atacan al cultivo de amaranto en el estado de Morelos, estos no rebasan el umbral económico (Espitia R, E. 1991).

Entre las plagas y enfermedades más importantes que se pueden mencionar son las siguientes:

2.18.8.1. Plagas.

- Gusano verde o telarañero (*Pachyzancla aegratalis*).

Es una larva de color verde de un lepidóptero; se encuentra en el primordio floral encerrado en hojas superiores, las cuales están sujetas con una telaraña que produce. Impide el desarrollo normal de la panoja, debido a que en ocasiones troza parcial o totalmente el ápice del crecimiento.

- Barrenador del tallo: Pertenece a la especie *Lixus truncatulus* F. (Coleóptera: *Curculionidae*). La larva es de color crema de 3 mm a 1 cm de largo. Las larvas hacen galerías en la base del tallo, llegándoseles a encontrar hasta el ápice de la inflorescencia, quedando el tallo completamente hueco e impidiendo la translocación de sustancias nutritivas que como consecuencia traen un debilitamiento de la planta o muerte de la misma. Cuando el ataque es severo, llega a afectar hasta en un 25% (Espitia R, E. 1986).

- Chinche (*Lygus lineolaris* Palisot de Beauvois). Esta plaga causa daños al follaje. El adulto hace una serie de punciones en las hojas jóvenes, y secreta una sustancia toxica que necroza los tejidos que circundan la punción; pero el daño principal es que los adultos se alimentan de la semilla tierna, provocando su absorción. En México se encuentra en todas las zonas forrajeras.

- **Pulgón negro** (*Aphis fabae*). Ataca principalmente a la panoja, succiona la savia y mastica el grano, los efectos se aprecian en el avanamiento del grano. (Espitia, 1986).

-Control.

La incidencia de plagas puede disminuirse mediante la rotación de cultivos. El control químico se deberá utilizar sólo en casos de ataques muy fuertes, con Parathion Metílico al 50% (1 lt./Ha) u otro insecticida de bajo precio.

Se aconseja la aplicación de semevin (2 g/l de agua), en caso de que la presencia de larvas sea severa se recomienda aplicar parathión metílico en dosis de 2 cc L-1 de agua para el control de pulgones negros y para el caso de gusanos, que comúnmente hay en los quelites, utilizar piretrinas o piretroides. El lorsban puede ser muy útil en dosis de 1-1.5 lt /ha (Espitia R, E. 1986).

2.18.8.2. Enfermedades.

- **Fusarium spp.** Daño en panoja por Fusarium (Fusarium spp.)

Es la que causa el enverdecimiento de la panoja o crecimiento secundario se presenta cuando la planta está llegando a la madurez la panoja, en lugar de secarse reverdece e inicia un segundo crecimiento, las bracteas y los tépalos se convierten en pequeñas hojas incluso el utrículo se enlonga y forma una especie de bolsa, el grano se resorbe este se presenta sólo en la inflorescencia.

-**Carbón** (*Thecaphora amaranthi*) Daño en Panoja por Carbón (*Thecaphora amaranthi*)

Es un hongo fitopatógeno que utiliza como hospedero al amaranto, reemplazando los granos por sus estructuras reproductivas. Pertenece al orden de las ustilaginales,

dentro de la clase de los *hemibasidiomycetes*, a la cual pertenecen varias especies de las que causan las royas y los carbones.

Al respecto, (Bernal M., R. 1997), encontró al hongo *Thecaphora amaranthi* (Hirschhorn) Vánky, atacado a inflorescencias completas de plantas de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus L.*) con poco desarrollo, así como de manera parcial en inflorescencias de plantas plenamente desarrolladas. En estado de planta adulta el problema principal parece ser el ataque *Sclerotinia sclerotiorum*, que afecta a todos los órganos de la planta y en especial a las hojas, produciendo clorosis y muerte, y a los tallos y panojas produciendo pudriciones y posterior secamiento.

- Control.

Al igual que en el caso de las plagas, no será necesario realizar combates químicos, si la magnitud de la infección de cualquier enfermedad mencionada, no es significativa. Se lleve a cabo el control manteniendo la humedad (riegos) adecuada para el cultivo evitando excesos (Inundaciones o encharcamientos) y manteniendo los surcos relativamente altos (30 cm) (García P., G. 1993).

- Mancha negra del tallo (*Macrophoma spp.*)

Se presenta en regiones templadas con abundante humedad; desde la etapa vegetativa inicial y en variedades susceptibles, esta enfermedad en estado muy avanzado, puede provocar acame de la planta y avanamiento del grano (Sánchez, 1991).

- Pudrición del cuello de la raíz (*Fusarium sp.*, *Rhizoctonia sp.* Y *Pythium*)

Se presenta cuando la humedad del suelo es alta. Se inicia con la pudrición del cuello, extendiéndose luego a la raíz, el follaje se torna clorótico, posteriormente sobreviene un marchitamiento general de la planta y en la mayoría de los casos la muerte.

Se ha observado que *Amaranthus caudatus* es altamente susceptible a esta enfermedad. *Amaranthus cruentus* y *Amaranthus hypochondriacus* son más tolerantes, debido a que estas últimas especies tienen la propiedad de producir raíces adventicias que les permiten sobrevivir a esta enfermedad en muchas ocasiones. Es muy común en regiones templadas con alta humedad, ataca desde que la planta es pequeña hasta cuando alcanza un metro de altura (Trinidad y Gómez. 1986).

- **Roya blanca (*Albugo blitti*).** Se aprecia en la lámina foliar como pequeñas áreas adelgazadas del tejido de color blanco.

- Control.

En general la presencia de enfermedades en el amaranto solo se puede eliminar al utilizar variedades con resistencia genética.

2.19. Nutrición del Cultivo.

Una de las encomendaciones realizadas por el INIFAP es fertilizar al momento de la siembra, en el fondo del surco 40 – 40 – 00 usando como fuente de nitrógeno urea y para el fósforo, superfosfato de calcio triple. Otra recomendación para un proyecto de alta rentabilidad es la de aplicar en la primera fertilización 100 kg de urea y 87 kg de fosfato diamónico (18 – 46 – 00) al momento de la siembra más 70 kg de cloruro de potasio por ha. En la segunda fertilización (a los 40 días) aplicar 30 kg de cloruro de potasio por ha y 60 kg de Nitrato de amonio por ha (Ruiz, 1990).

En investigaciones realizadas por (Trinidad y Gómez. 1986), se ha demostrado que el abastecimiento de K favorece la respuesta del amaranto a la fertilización nitrogenada. Aunque el INIFAP no aconseja la fertilización con K, está demostrado que el K favorece el incremento de rendimiento en el amaranto. (1er Congreso internacional del Amaranto, Oaxtepec Morelos Méx.), señala que la capa arable de los suelos agrícolas contiene de 4 a 60 ton/ha, pero en su mayor parte está formada de minerales

insolubles, es decir, un porcentaje muy reducido del contenido total de potasio puede ser aprovechable por las plantas. Como este elemento es indispensable para la activación de ciertas enzimas, la respiración de las plantas, la estructura de los cloroplastos, absorción de nitrógeno y otras funciones indispensables, es necesario la fertilización con este elemento.

2.19.1. Fertilización.

En las regiones de la mesa central, la fertilización del cultivo de amaranto puede ser la misma que se le aplica al maíz de temporal. En general se ha comprobado que la fórmula 80-40-00 unidades por hectárea de nitrógeno, fósforo y potasio permite un rendimiento aceptable comparado con otras fórmulas como se describe en el siguiente cuadro. (Trinidad y Gómez. 1986).

Fórmulas de fertilización, número de plantas emergidas, panojas desarrolladas y rendimiento/ha de amaranto bajo una cantidad de 4.0 kg/ha de semilla sembrada.

Al aplicar mayor cantidad de nitrógeno, se mejora el establecimiento de plantas y el desarrollo de panojas, pero el mejor rendimiento se logra con la fórmula 80-40-00. Para la utilización de esta fórmula de fertilizante se aconseja aplicar la mezcla de 40 kilos de nitrógeno con 40 kilos de fósforo por hectárea al momento de la siembra y al momento de la segunda escarda aplicar el complemento de 40 kilos de nitrógeno (Webber, L. E. 1990).

El amaranto es un cultivo que responde favorablemente a la fertilización, para producir altos rendimientos requiere de una buena dotación de nitrógeno, para (*Amaranthus caudatus* L.) en México, la dosis económica es de 240-100-00 kg/ha de N-P₂O₅-K₂O, respectivamente.

Para una adecuada fertilización es necesario contar con el análisis químico del suelo. Cuando no se dispone de éste, una recomendación general es aplicar 100-60-30 kg/ha de N-P₂O₅-K₂O; o su equivalente de: 200 kg de 10-30-10 y 170 de urea, ó 130 kg/ha de 18-46-0 más 150 de urea y 50 de nitrato de potasio, respectivamente.

Una alternativa es el uso de materia orgánica, en la dosis de 2 a 5 t/ha, combinado con la mitad de la recomendación de la fertilización química (50-30-15 kg/ha N-P₂O₅-K₂O). (Nieto, C. 1.990).

2.19.2. Sistema de fertilización.

La aplicación deberá estar basada en un análisis previo del terreno, a efecto de conocer las deficiencias. En la actualidad en las zonas productoras de amaranto la fertilización convencional es generalmente de un tipo, utilizando como fuente de nitrógeno urea, sulfato de amonio o superfosfato de calcio simple, con dosis que varían entre 150 y 200 Kg por hectárea.

La aplicación se hace fraccionada una primera parte se realiza al momento de la siembra o a los 20 días y la segunda a los 40 o 50 días después de la siembra, la aplicación puede hacerse manual o mecanizada. (Webber, L. E. 1990).

2.19.2.1. Fertilización Química.

El cultivo responde muy bien a la fertilización química, especialmente de nitrógeno y fósforo y al abonamiento orgánico. Se recomienda aplicar una fertilización de 80-40-40 Kg./ha. de N-P-K aproximadamente 3 qq de 10-30-10 más 3 qq de urea y 1/2 qq de muriato de potasio, o unas 10 TM/ha. de materia orgánica bien descompuesta. En suelos de buena fertilidad o cultivados con especies que dejan remanentes de fertilizantes se puede cultivar amaranto sin fertilizar. (Nieto, C. 1.990).

2.19.2.2. Fertilización Orgánica.

Son sustancias que están constituidas por desechos de origen animal, vegetal o mixto que se añaden en el suelo con el objeto de mejorar sus características físicas, biológicas y químicas. (Biblioteca de la Agricultura 1.999).

Los abonos orgánicos son ricos en micro y macro elementos, necesarios para tener cultivos sanos, ayudar a la planta a resistir el ataca de enfermedades y plagas. Mejora la textura y estructura de los suelos, regulando su temperatura y humedad. (Nieto, C. 1.990)

2.19.2.3. Ventajas.

- Aligera suelos pesados o arcillosos
- Aumenta la temperatura del suelo por absorción de los rayos solares
- Agranda la capacidad de retención del agua y elementos nutritivos
- Aporta nitrógeno en grandes cantidades
- Favorece la vida microbiana

2.20. Cosecha.

Por tratarse de una planta dehiscente ella misma muestra su momento de cosecha que ocurre cuando el color de las cápsulas que contienen los granos cambian tornándose de color pardo claro que desprenden las semillas al frotar la flor entre las manos. Algunas variedades comerciales que se utilizan no proporcionan uniformidad al momento de la madurez, es decir que mientras la parte central de la panoja está seca, las inflorescencias laterales de la parte baja permanece húmeda, sin embargo hay variedades lo suficientemente uniformes para poderlas cosechar a máquina.

Generalmente, el amaranto se siembra en junio para ser cosechado en octubre. Las plantas emiten la floración después de los dos meses de siembra; la cosecha se realiza

aproximadamente tres meses después de la floración. Para el campesino, el mejor indicador de maduración para la cosecha, es cuando toda la plantación tira las hojas, quedando únicamente las panojas y tallos desnudos, momento en el que se adquiere una peculiar coloración pardo - dorado. Al examinar al tacto el grano y aplastarlo, éste tiene una consistencia dura (Trinidad y Gómez, 1986).

Hay dos vías fundamentales de corte: A mano o mecanizada: Se utiliza la cosecha a mano de acuerdo a las posibilidades tecnológicas del lugar de cosecha.

Manualmente (no se recomienda para un proyecto de alta rentabilidad) puede hacerse con machete o con hoz cortando la planta completa. Para la siega, los campesinos prefieren las primeras horas de la mañana, cuando las panojas están húmedas por el rocío, entonces hay menos dehiscencia de los utrículos, por lo tanto, es menor la caída de semillas (Trinidad y Gómez, 1986).

En la época de cosecha la inflorescencia mantiene de 80 -90% de humedad y el grano 52%. Por lo cual las panojas se extienden sobre una lona a plena exposición solar para que terminen de secar hasta que se alcance una humedad del 12%.

Las plantaciones de alta densidad modifican la estructura de la planta hasta el grado que sólo se forma una espiga, con lo que la recolección mecánica se vuelve más eficiente. Se aconseja la forma mecanizada con una combinada (trilladora a que se deben hacer ajustes), que puede realizarse al momento de la madurez fisiológica (90 días), es decir que el corte se hará aproximadamente a los 145 días para evitar pérdida de grano por efecto del corte (Sánchez *et al.*, 1991).

2.20.1. Trilla.

Para lotes pequeños, se puede aplicar la trilla manual, usando garrotes o varas, o pisoteándolas con animales, para desprender los granos de las panojas, pero se

aconseja usar carpas o tendales para evitar la contaminación de los granos con el polvo, tierra o piedras y así conseguir un producto de calidad.

La semilla se limpia venteándola y se vierten a un tamiz de malla metálica, el cual está montado en un marco de madera, sostenido por cuatro postes. Las semillas se vierten a través de la malla y con la ayuda del viento y abanicando con un soplador las semillas son separadas del tamo.

La cosecha manual requiere mucha mano de obra, lo que eleva considerablemente los costos de cultivo, por lo cual la cosecha mecánica es una alternativa que facilita y abarata los costos de producción. Con maquinaria, puede utilizarse una trilladora estacionaria de cereales, siempre que el cilindro y cóncavo estén acondicionados con el sistema de dientes. En este caso hay que acondicionar las máquinas, con tamices finos y regulares la entrada de aire en los ventiladores para evitar desperdicios de grano (García P., G. 1993).

La trilla es más eficiente si las plantas están completamente secas. se necesita mano de obra para cortar y alimentar la máquina. Se recomienda cortar las plantas cerca de la panoja para evitar daños en la trilladora por exceso de material leñoso. Cabe señalar que la semilla no queda completamente limpia, por lo cual se deben separar basura y restos de la planta.

2.20.2. Secado, limpieza y almacenaje.

Los granos secos se tamizan por malla de 0.5 -1.0 mm separando los restos vegetales; los granos limpios obtenidos se guardan en sacos de nylon en un lugar seco y ventilado para evitar la oxidación del grano., pues no requieren refrigeración. La viabilidad de la semilla depende de su almacenaje, el grano es poco atacado por plagas, en esta etapa y puede mantener alta germinación por años si se conserva adecuadamente.

Antes de almacenarlas, las semillas se ponen sobre mantas y se dejan secar al sol por tres días. La sequedad se prueba mordiendo las semillas; cuando alcanzan cierta dureza están ya listas para el almacenaje. Una vez obtenida la semilla, puede quedar almacenada libre de plagas y enfermedades entre 5 y 7 años si se mantiene en un lugar seco, fresco y ventilado (Trinidad y Gómez1986).

Después de limpiar el grano, es necesario secarlo antes de almacenarlo para bajar la humedad al 14% o menos y así evitar la fermentación, la formación de mohos, el ataque de insectos, la pudrición del mismo y desarrollo de sabores desagradables por la humedad, esto se realiza particularmente en regiones de alta humedad en época de cosecha. Se encomienda un contenido de humedad de 10 a 12 % en la semilla para almacenarse, lo cual se logra secando la semilla al sol durante dos o tres días (García P., G. 1993).

Es aconsejable hacer la clasificación del grano, para lo cual, se puede usar un tamiz de 2 mm de diámetro para separar impurezas grandes y un tamiz de 1.1 mm de diámetro para separar el grano de primera calidad, de los granos más finos y polvo que quedarían como subproductos de segunda calidad. Esta labor, por lo general se debe realizar en los centros de acopio o procesamiento, sin embargo si el productor logra clasificar el grano, no sólo que podría obtener un mejor precio por el grano de primera calidad sino que podría tener más éxito en el almacenamiento ya que las impurezas y el polvo favorecen el deterioro de los granos (Webber, L. E. 1990).

2.20.3. Manejo de post-cosecha.

Luego de la siega y trilla, se recomiendan, ciertas prácticas de manejo de postcosecha para evitar pérdidas innecesarias del producto cosechado o el deterioro prematuro de la calidad del grano (Ruiz, G. A. 1990).

2.21. Industrialización.

El municipio de Temoac es uno de los principales productores de amaranto del Estado de Morelos y de la República Mexicana, donde además de producir, también se dedican a la transformación de la semilla, principalmente en la elaboración del dulce de "Alegria". La industrialización de la semilla se hace desde sus formas más rústicas con el uso de comales de barro y leña, hasta formas más modernas con el uso de tostadoras, revolventoras y selladoras, donde se involucran 542 personas en esta actividad, quienes transforman 326 toneladas de semilla por año. A los industrializadores se les agrupan en dos tipos:

1) Los que industrializan el grano de amaranto en forma poco tecnificada y a nivel artesanal (530 industriales).

2) Los que son transformadores a nivel industrial (12 personas).

Además de la clasificación a nivel artesanal e industrial, los industrializadores se pueden clasificar en:

- Aquellos que producen su propia semilla, la industrializan y comercializan fuera de su taller de transformación (280 industrializadores que son los que prevalecen en la región).

- Industrializadores que sólo transforman y comercializan su dulce, pero no producen su semilla (250 industrializadores).

- Los industrializadores que producen su propio grano, pero insuficiente, por lo que compran su semilla con otros productores de amaranto (12 industrializadores).

2.21.1. Transformación del grano.

En este sentido, se empieza con la eliminación de todas las impurezas del grano, se remoja el grano y se tuesta en un comal de barro. Se utilizan mieles ya sea de piloncillo, azúcar o miel de abeja, éstas se hierven hasta alcanzar una consistencia de

un caramelo, a esto se le agrega el grano tostado, después se lleva una tarima donde se depositan en moldes, que son rectangulares o redondos, donde se les da la forma y compacta todo el dulce, de esa manera sale al mercado.

En Morelos el cultivo del amaranto tiene una gran tradición, ya que desde la época de los Tlahuicas y hasta la actualidad se han utilizado como recurso alimentario, particularmente en el municipio de Temoac, localizado en la región oriente de la entidad donde se han cultivado especies de granos (García P., G. 1993).

En la región oriente del Estado de Morelos, el amaranto se tuesta por el método antes descrito para la elaboración de diferentes productos. Un gran porcentaje se aprovecha en la preparación del dulce llamado "Alegría"; barras rectangulares o en forma circular de diferentes tamaños. En menor medida en forma de cereal: semilla tostada sin ningún aderezo, para preparación de bebidas con leche y frutas. Se utiliza también el grano molido para obtener harinas que se manejan en la preparación de galletas, atole, tamales y otros (Sánchez M., A. 1980).

CAPÍTULO III

3. MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1. Localización.

Tarija se encuentra situada en el extremo sur de Bolivia, limita al norte y oeste con los departamentos de Chuquisaca y Potosí, al sur con la república de Argentina y al este con Paraguay. Su capital es la ciudad de Tarija que se encuentra en medio de un amplio valle rodeado por altas montañas y adornada por hermosos cristalinos ríos, que mantiene en su generalidad, la urbanización y arquitectura de la época Colonial. Bella tierra de las flores.

El presente trabajo de investigación se materializa en la comunidad de Monte Cercado de la provincia Cercado del Departamento de Tarija. Limita al Norte con Sella Cercado; al Sur con Monte Centro; al Oeste con Monte Méndez y al este con Rumicancha

3.1.1. Ubicación.

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo dentro del municipio de Cercado, más precisamente en la comunidad de Monte Cercado.

La comunidad se encuentra ubicada sobre la carretera asfaltada Tarija - Sella a una distancia de 10 Km. De la ciudad de Tarija

Este trabajo se realizó en la ciudad de Tarija (provincia cercado) que limita: Al norte con la provincia Eustaquio Méndez Arenas. Al sur con las provincias Avilez y Arce. Al este con las provincias Francisco Burnett O'Connor. Al oeste con la provincia Eustaquio Méndez Arenas.

Tarija se encuentra a 1854 metros sobre el nivel del mar, entre los 21° 32' 00'' de latitud sur y los 64°47'00' de longitud oeste del meridiano de Greenwich.

Mapa de ubicación geográfica



3.2. Características de la zona de influencia.

3.2.1. Clima.

3.2.1.1. Temperatura.

La temperatura media oscila alrededor de 17°C, con máximas extremas que sobrepasan 30°C en verano y mínimas de hasta -9.6°C en invierno. La localidad de cercado se caracteriza por tener un clima templado.

3.2.1.2. Precipitación.

La precipitación media anual es de 605.2 mm, el 85% de la precipitación está concentrada en los meses de noviembre a marzo, existiendo un 90% de probabilidad

que las precipitaciones no sean mayores a los 630 mm y un 50% de que no sean mayores a 550 mm.

Temperatura y precipitación promedio en Tarija.

	Max	Min	Precip.
Ene	24°	12°	☔☔☔
Feb	23°	11°	☔☔☔☔
Mar	23°	10°	☔☔
Abr	22°	7°	
May	21°	3°	
Jun	20°	0°	
Jul	20°	0°	
Ago	22°	3°	
Sep	24°	6°	
Oct	25°	9°	
Nov	26°	10°	☔☔
Dic	25°	11°	☔☔☔

3.2.1.3. Velocidad y dirección de los vientos.

La velocidad promedio anual es de 6.0 km/h, estos se presentan con mayor intensidad de agosto a diciembre.

La dirección de los vientos son hacia el SE (Sur-Este), los mismos no toman otra dirección durante el año, con una velocidad de vientos de 10 km/h.

3.2.1.4. Humedad relativa.

La humedad relativa media es de 59.4% en general se presenta una humedad relativa alta en verano y baja en otoño e invierno y los meses más húmedos son febrero y marzo que en promedio tienen 73% de humedad relativa.

3.2.1.5. Evaporación.

La evaporación media diaria es de 4.41 mm. Bajando este promedio los meses de invierno y elevándose en los meses de verano.

La evapotranspiración calculada por el método del tanque evaporímetro tipo "A" basándose en los datos de evaporación alcanza los 1.287 mm/año.

3.2.1.6. Radiación solar.

Alcanza un valor promedio de 406.8 cal/cm²/mes, alcanzando los meses de invierno 150 cal/cm²/mes en verano.

La insolación (horas de brillo solar), se tiene un promedio en agosto el valor más alto 8.1 horas y el más bajo en enero con 5.1 horas.

3.2.2. Suelos.

3.2.2.1. Condiciones de suelos en la zona.

Los suelos de acuerdo a la geomorfología, en la parte de cercado, son, moderadamente desarrolladas, moderadamente profundos, con moderadas y fuertes limitaciones por erosión, originados a partir de sedimentos fluvio lacustre, aluviales coluviales.

3.2.2.2. Vegetación.

La vegetación natural corresponde a la vegetación arbustiva semi seca y vegetación secundaria degradada y de poca cobertura, formando estado arbustivo y herbáceos. Las principales especies nativas son el churqui, algarrobo, molle, jarca, chañar y otras de menor cantidad.

Cuadro N°6 Las principales especies nativas de arbustos en la comunidad de Monte Cercado.

Nombre común	Nombre científico	Familia
Churqui	Acacia caben mol.	Leguminosae
Molle	Schinus molle L.	Anacardiaceae
Algarrobo	Prosopis sp.	Leguminosae
Jarca	Acacia visco lor. Griseb	Leguminosae
Chañar	Geoffroea decorticans	Leguminosae

Fuente: elaboración propia.

Cuadro N°7 Cultivos frutícolas más comunes el Monte Cercado.

Nombre común	Nombre científico	Familia
Duraznero	Prunus pérsica L.	Rosaceae
Higuera	Ficus carica	Maraceae

Fuente: elaboración propia.

Cuadro N°8 Cultivos anuales que se producen en la zona de Monte Cercado.

Nombre común	Nombre científico	Familia
Papa	Solanum tuberosum L.	solanaceae
Cebolla	Allium cepa L.	Liliaceae
Remolacha	Beta vulgaris	Quenopodiaceae
Maíz	Zea mays L.	poaceae
Arveja	Pisum sativum L.	Leguminoceae
Trigo	Triticum aestivum L.	Gramineae
Poroto	Vigma sinencis	Leg. papilionoideae
Coime	Amaranthus caudatus	Amaranthaceae
Zapallo	Cucurbita maxima	Cucurbitáceas
Lacayote	Cucurbita ficifolia	cucurbitáceas
Cumanda	Vigna unguiculata	Fabaceae

Fuente: elaboración propia.

3.2.2.3. Agriculturas.

Se desarrolla, bajo dos formas de explotación: A temporal o secano y bajo condiciones de riego. En las áreas de secano los cultivos son el maíz para choclo y grano, papa, arveja, col de brúcelas, tomate, duraznos, manzanos, frutilla, arándano, etc.

3.3. Materiales.

Los materiales que resultaran útiles para el desarrollo y culminación de este trabajo de investigación, son los siguientes:

3.3.1. Material biológico.

- Coime (*Amaranthus caudatus*)
 - Variedad (nativa)
 - Variedad (Oscar blanco)

3.3.2. Material de campo.

- | | |
|-----------------------|----------------------|
| • Tractor (rastra) | • Balanza |
| • Tracción animal | • Metro |
| • Desmalezadora (hoz) | • Libreta de campo |
| • Pala | • Tableros de campo |
| • Azadón | • Cámara fotográfica |

3.3.3. Materiales de escritorio.

- Computadora
- Impresora
- Calculadora

3.4. MÉTODOLÓGIA.

3.4.1. Diseño experimental.

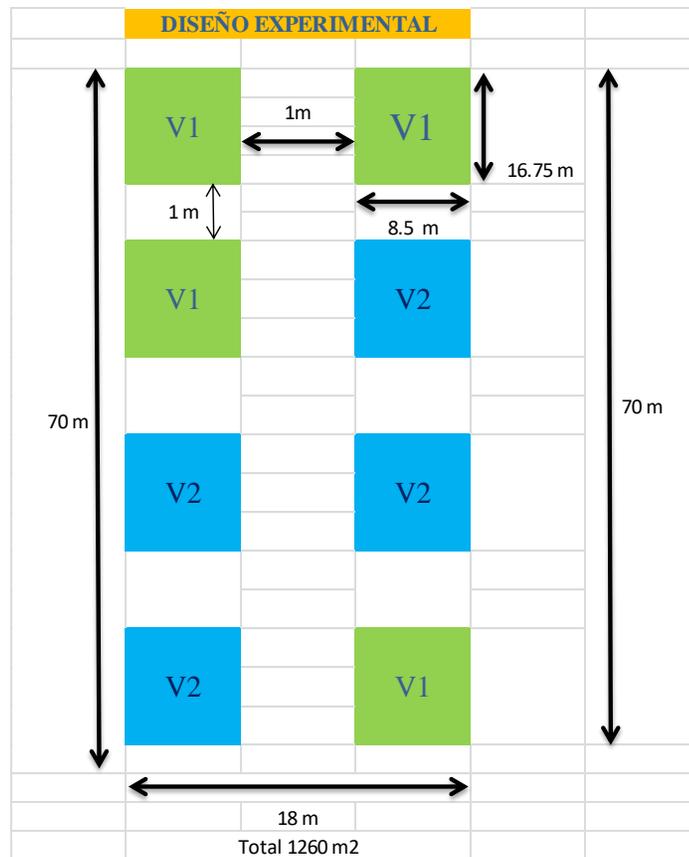
El diseño experimental empleado fue bloques al azar con dos tratamientos, cuatro repeticiones y ocho unidades experimentales de un sólo factor como muestra el cuadro

Cuadro N°9 Características del diseño

Factor	Niveles	Tratamientos	Réplicas	Unidad Experimental	Variable Respuesta
variables	A (Nativa) B (Oscar blanco)	A (Nativa) B (Oscar blanco)	4	8	-Número de hojas a los 32 días. -Altura máxima de la panoja. -altura de planta a los 15, 30, 45 y 60 días. -Número de hojas. -Número de plantas en un m ² . -Número de granos de cada tratamiento en 5 gr. -Rendimiento en kg/ha.

3.4.2. Diseño de campo.

El estudio se realizó en ocho unidades experimentales, cuatro parcelas por variedad, el área de cada parcela es de 16.75 x 9 metros.



3.4.3. Preparación del terreno y siembra.

Se materializó siguiendo la tecnología propia de los agricultores de la comunidad quiénes lo hacen con la ayuda de una yunta. Las actividades fueron las siguientes: Rastrada, surcada y luego se procedió a delimitar cada una de las parcelas.

Esta labor es la fundamental para la realización de la siembra, para este cultivo se efectuó la labor del terreno con una rastra en el mes de Diciembre, para que en el

momento de la siembra esté a capacidad de campo, se lo deja aproximadamente un mes y la siembra se realizó en el mes de Enero, se la hizo con yunta y un arado de palo no muy profundo, ya que la semilla es muy pequeña y suele no nacer si se la entierra muy profundo.

3.4.3.1. Análisis de suelo.

Se llevó a cabo un análisis del suelo de la parcela a estudiar, de la siguiente manera extrayendo diferentes muestras al azar y sacando las mitades hasta lograr una muestra representativa de medio kilo, y eso llevado al laboratorio de suelos y aguas de una institución SEDAG a una profundidad de 0-25 cm de profundidad, un análisis químico y físico en el análisis químico se obtuvo los datos de pH, 6.90 N.T. 0.312 %, P 74.46 ppm, K 0.40 meq/100gr y M.O. 4.66 %, y en análisis físico tenemos Da. 1.48 g/cc.

La cantidad total de agua requerida por el amaranto a través de su ciclo vital es de solo el 60% del agua en comparación al trigo o la cebada, por lo tanto el amaranto de semilla es un cultivo ideal para las regiones secas. Soporta la escasez e irregularidad de lluvias, necesita de la humedad solamente en el momento de la siembra hasta que aparecen los retoños, aunque con el aporte de riego durante todo el ciclo se mejoran los rendimientos.

Ha mediados o finales del verano aparecen las espigas coloridas, si las frotas y las semillas se desprenden es el momento de suspender el riego para iniciar la recolección.

3.4.3.2. Semilla.

Se utilizó 5kg/ha, equivalentes a 71.20gr por unidad experimental y 315 gr por tratamiento, haciendo un total de 630 gr de semilla aprovechada en ambas variedades.

La semilla proveniente de la zona la variedad (nativa) y del departamento de Chuquisaca la variedad (Oscar blanco), no fue tratada con ningún tipo de fungicida.

3.4.3.3. Siembra.

El sistema de siembra fue al voleo, en surcos de 10 – 15cm de profundidad. Con la implantación de surcos, para facilitar el riego y el deshierbe manual. La siembra se efectuó al boleó, el diez de enero del 2015, en ambas variedades y sin la aplicación de fertilizantes, porque el estudio de suelos y los resultados salieron óptimos para el cultivo. Emergió de 6 a 8 días dependiendo mucho de la profundidad de siembra.

3.4.4. Labores culturales.

3.4.4.1. Deshierbes.

Se desyerbó las veces que fue necesario hasta los dos primeros meses, porque se presentó un exceso de lluvias y no me permitía el ingreso al terreno a realizar esta labor, para que el cultivo no tenga competencia al asimilar los nutrientes del suelo y obtener los rendimientos esperados.

3.4.4.2. Plagas y enfermedades.

No se materializó el control de plagas y enfermedades porque no se presentó en el cultivo, lo que favoreció al desarrollo del coime desde la siembra a la cosecha.

3.4.4.3. Riego.

El sistema de riego que se utilizó para esta investigación es el riego por surcos, y sólo se lo aplico una sola vez en todo su ciclo, el 18 de abril del 2015.

Numero de riegos	Tipo de riego	Fecha de riego
1	Por gravedad (por surcos)	18 de abril del 2015

3.4.4.4. Cosecha y trilla.

La cosecha se realizó de acuerdo con los signos de madurez: hojas secas en la base y amarillentas hacia el ápice de la planta y granos secos en la panoja. Una vez detectados estos signos, se procedió a la recolección de las panojas, las mismas que fueron secadas y luego trilladas para obtener el grano. La trilla se la materializó de forma manual.

La floración en la variedad Oscar blanco empezó el ocho de marzo, y la nativa el 16 de marzo pero ambas lograron la madurez fisiológica al mismo tiempo llegando a cosechar el mismo día, el 25 de mayo del 2015.

Se efectuó de una manera tradicional de la zona, el cortado de la panoja con cuchillo y el trillado a golpes sobre una carpa.

3.4.4.5. Almacenamiento.

Luego de la trilla se procedió a almacenar el grano en un lugar fresco, con el fin de evitar la fermentación, pudrición, ataque de insectos y moho

3.4.5. Características agronómicas.

3.4.5.1. Variables a medir.

Se eligieron las siguientes variables a estudiar:

- Características de las variedades a estudiar, cualitativas y cuantitativas, por observación directa.

- Altura de planta en cm. Cada 15 días desde su nacimiento hasta el inicio de floración. Se tomó este dato desde el cuello de la raíz hasta la parte apical de la planta y se expresó en centímetros.
- Altura máxima de la panoja en cm. Por variedad, sólo en el momento de la cosecha. Se realizó esta medida desde el final del tallo al final de la panoja y se expresó en centímetros.
- Número de hojas a los 32 días de su nacimiento en mitad de su desarrollo vegetativo no se hizo conteo antes porque tiene muchas hojas pequeñas y tampoco después porque empieza a mudar las hojas de abajo hacia arriba.
- Número de plantas en un m² se lo materializó por muestreo, obteniendo la cantidad de plantas en un metro cuadrado en cada unidad experimental.
- Número de granos de cada tratamiento en 5 gr se cosecho por unidad experimental, se hizo el pasaje en el laboratorio de suelos de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho y luego se procedió al contado con la ayuda de una lupa.
- Peso de 5 panojas por variedad al azar (con panoja y sin panoja), se cosecho las 5 panojas de ambas variedades en separado, y se efectúa el primer pasaje, luego pasan a ser trilladas por separado y una vez venteado se hace el segundo pesaje al grano puro y limpio.
- Rendimiento en kg/ha. Para lograr este dato se hizo el peso de las 5 panojas sin espiga, el número de plantas en un metro cuadrado en base a esto los cálculos.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIONES.

4.1. Color de las variedades a estudiar (cualitativas, por observación directa).

4.1.1. Caracterización de la variedad A (nativa).

• Hábito de crecimiento	Erecto
• Tipo de raíz	Pivotante
• Tipo de ramificación	Sencillo y ramificado
• Forma del tallo	Redondo
• Color del tallo juvenil	Verde
• Color del tallo a la madurez	Verde-amarillo-rosado
• Forma de la hoja	Romboidal
• Tamaño de la hoja	15x 6cm (media)
• Borde de la hoja	Entero
• Color de la Hoja	Verde
• Color de la panoja joven	rosado pálido y amarillo claro
• Color de la panoja en flor	Rosado y amarilla
• Color de la panoja adulta	Rosado y amarillo intenso
• Tamaño de la panoja (cm)	31.88 (media)
• Tipo de panoja	Amarantiforme
• Actitud de la panoja	Erecta y semierecta
• Color del grano seco	Blanco a crema
• Tamaño del grano	0.37 a 0.47 mm
• Forma del grano	Redondo
• Peso de 5 gr	549 granos o semillas
• Altura de planta (cm)	145.15 (media)
• Días a la cosecha en seco	135

Fuente: Ruiz, G. A. 1990

4.1.2. Caracterización de la variedad B (Oscar blanco).

• Hábito de crecimiento	Erecto
• Tipo de raíz	Pivotante
• Tipo de ramificación	Sencillo
• Forma del tallo	Redondo
• Color del tallo juvenil	Verde y rosado
• Color del tallo a la madurez	rosado
• Forma de la hoja	Romboidal
• Tamaño de la hoja	13x 5 cm (media)
• Borde de la hoja	Entero
• Color de la Hoja	Verde
• Color de la panoja joven	Guindo
• Color de la panoja en flor	Rojo pálido
• Color de la panoja adulta	Rojo oscuro
• Tamaño de la panoja (cm)	22.75 (media)
• Tipo de panoja	Amarantiforme
• Actitud de la panoja	Erecta y semierecta
• Color del grano seco	Crema a cristal
• Tamaño del grano	0.32 a 0.39 mm
• Forma del grano	Redondo
• Peso de 5 gr	870.75 granos o semillas
• Altura de planta (cm)	143.05 (media)
• Días a la cosecha en seco	135

Fuente: Ruiz, G. A. 1990

4.2. Altura de planta a los 15 días.

Cuadro N° 10 Altura de la planta a los 15 días (cm).

TRATAMIENTO	I	II	III	IV	Sumatoria	Media
A	6.30	7.00	6.60	7.30	27.20	6.80
B	4.70	4.90	4.70	5.70	20.00	5.00
Sumatoria	11.00	11.90	11.30	13.00	47.20	

En el siguiente cuadro N° 10 se muestran los valores medidos de la altura de la planta, por cada tratamiento y repeticiones. Al analizar el ordenamiento de las medias para la variable altura de la planta a los 15 días después de la emergencia, podemos determinar que la mejor altura de la planta a los 15 días fue el T.A. la variedad nativa con 6.8 cm.

Cuadro N° 11 ANOVA Para la altura de la planta a los 15 días.

Fv	Gl	Sc	Cm	Fc	Ft	
					5%	1%
Total	7	7.74				
Tratamientos	1	6.48	6.48	216	10.1	34.1
Bloques	3	1.17	0.39	13	9.28	29.5
Error	3	0.09	0.03			

Luego de realizado el análisis de varianza para la variable de la altura de la planta a los 15 días, Observando el ANOVA podemos ver $k F_c > F_t$ por lo que concluimos que existen diferencias significativa entre los tratamientos para un 5% y 1% de probabilidad en cuanto a los bloques existe diferencias significativas solo para un 5% de probabilidad por lo que se debe recurrir a una prueba de comparación de medias para determinar el mejor tratamiento

4.3. Altura de planta a los 30 días.

Cuadro N° 12 Altura de la planta a los 30 días (cm).

TRATAMIENTO	I	II	III	IV	Sumatoria	Media
A	49.40	54.40	55.20	51.80	210.80	52.70
B	42.90	47.30	45.40	42.30	177.90	44.48
Sumatoria	92.30	101.70	100.60	94.10	388.70	

En cuanto a la altura de la planta a los 30 días después de su emergencia el cuadro N° 12 de ordenamiento de medias nos muestra que entre los tratamientos y repeticiones existe poca variación. Dentro de los tratamientos de mayor altura a los 30 días tenemos a la variedad nativa con 52.70 cm.

Cuadro N° 13 ANOVA Para la altura de la planta a los 30 días.

Fv	Gl	Sc	Cm	Fc	Ft	
					5%	1%
Total	7	172.19				
Tratamientos	1	135.30	135.30	97.34	10.1	34.1
Bloques	3	32.72	10.91	7.85	9.28	29.5
Error	3	4.18	1.39			

Observando el análisis de varianza para la variable altura de la planta a los 30 días de emergencia, podemos concluir que existen diferencias significativas en los tratamientos al 5% y 1%, pero no existen diferencias significativas entre los bloques al 5% y 1%, factor que no incide en el rendimiento.

4.4. Altura de planta a los 45 días.

Cuadro N° 14 Altura de la planta a los 45 días. (cm)

TRATAMIENTO	I	II	III	IV	Sumatoria	Media
A	98.70	97.30	98.50	100.50	395	98.75
B	86.10	92.60	86.70	97.60	363	90.75
Sumatoria	184.80	189.90	185.20	198.10	758	

En cuanto a la altura de la planta a los 45 días de emergencia, el cuadro N° 14 de ordenamiento de medias nos muestra que entre los tratamientos A y B no existen variaciones significantes, observando un intervalo de 8 cm.

Cuadro N° 15 ANOVA Para la altura de la planta a los 45 días.

Fv	gl	Sc	Cm	Fc	Ft	
					5%	1%
Total	7	221.60				
Tratamientos	1	128.00	128.00	10.60	10.1	34.1
Bloques	3	57.35	19.12	1.58	9.28	29.5
Error	3	36.25	12.08			

Luego de realizado el análisis de varianza determinamos que existen diferencias significativas en los tratamientos solo para el 5 % de probabilidad y no existen diferencias significativas para los bloques, aspecto que fue materializado solamente como parte del seguimiento del cultivo.

4.5. Altura de planta a los 60 días.

Cuadro N° 16 Altura de la planta a los 60 días (cm).

TRATAMIENTO	I	II	III	IV	Sumatoria	Media
A	136.70	145.90	153.40	144.60	580.60	145.15
B	144.40	146.60	148.80	132.40	572.20	143.05
Sumatoria	281.10	292.50	302.20	277.00	1152.80	

Luego de realizadas las comparaciones de la altura de la planta a los 60 días de emergencia podemos observar en el cuadro N° 16 que no existen variaciones significativas en la variedad Nativa y la variedad Oscar blanco.

Cuadro N° 17 ANOVA Para la altura de la planta a los 60 días.

Fv	gl	Sc	Cm	Fc	Ft	
					5%	1%
Total	7	310.02				
Tratamientos	1	8.82	8.82	0.2496	10.1	34.1
Bloques	3	195.17	65.06	1.8410	9.28	29.5
Error	3	106.03	35.34			

Por los resultados del ANOVA podemos ver que $F_c < F_t$ por lo que concluimos que no existe diferencia significativa entre los tratamientos y entre los bloques para un nivel de probabilidad del 5% y 1% por lo que se puede recomendar cualquier variedad.

En cuanto a la variedad A (nativa) como se muestra en el cuadro N° 16 la altura del tallo es de 1.12 a 1.75 m y según (Kalinowsky, 1982). La planta puede medir entre 0.80 - 2.50 m de altura, entonces el comportamiento está dentro de rango de la altura en esta variedad.

4.6. Altura máxima de la panoja.

Cuadro N° 18 Altura máxima de la panoja. (cm)

TRATAMIENTO	I	II	III	IV	Sumatoria	Media
A	32.20	31.20	33.60	30.50	127.50	31.88
B	21.70	20.10	24.10	25.10	91.00	22.75
Sumatoria	53.90	51.30	57.70	55.60	218.50	

Para conocer cuál de los tratamientos produjo mejores resultados en cuanto a esta variable procedemos a realizar un ordenamiento de medias, cuyos valores se presenta en el cuadro N° 18. Los rangos de diferencias no son muy cercanos entre sí, razón por la cual se ve una diferencia, la variedad nativa con una media de 31.88cm y la variedad roja 22.88cm.

Cuadro N° 19 ANOVA Altura máxima de la panoja.

Fv	gl	Sc	Cm	Fc	Ft	
					5%	1%
Total	7	186.83				
Tratamientos	1	166.53	166.53	48.98	10.1	34.1
Bloques	3	10.99	3.66	1.08	9.28	29.5
Error	3	10.20	3.40			

Al efectuar el análisis de varianza para la variable altura máxima de la panoja (cuadro N° 16) observando el ANOVA podemos ver que existen diferencias significativas en los tratamientos y no en los bloques tanto como al 5% y 1% de probabilidad.

4.7. Número de hojas.

Cuadro N° 20 Número de hojas.

TRATAMIENTO	I	II	III	IV	Sumatoria	Media
A	11.40	12.40	14.20	13.50	51.50	12.88
B	15.00	14.10	14.90	13.20	57.20	14.30
Sumatoria	26.40	26.50	29.10	26.70	108.70	

En cuanto al número de hojas por ambas variedades realizadas a los 32 días de su emergencia, podemos observar en el cuadro N° 20 de ordenamiento de medias nos muestra que entre los tratamientos A y B no se obtuvo una diferencia significativa en los tratamientos y bloques.

Cuadro N° 21 Número de hojas.

Fv	Gl	Sc	Cm	Fc	Ft	
					5%	1%
Total	7	10.71				
Tratamientos	1	4.06	4.06	2.94	10.1	34.1
Bloques	3	2.50	0.83	0.6014	9.28	29.5
Error	3	4.15	1.38			

Luego de materializado el análisis de varianza para la variable número de hojas a los 49 días, se determinó que no existen diferencias significativas entre tratamientos y bloques, por lo que podemos afirmar que la formación de hojas por planta para cada uno de los tratamientos son estadísticamente iguales. Las hojas tienen cierta influencia en la fotosíntesis de la planta

4.8. Número de plantas en un m².

Cuadro N° 22 Número de plantas en un m².

TRATAMIENTO	I	II	III	IV	Sumatoria	Media
A	5	4	3	4	16	4.00
B	5	7	4	6	22	5.50
Sumatoria	10	11	7	10	38	

En cuanto al número de plantas en un metro cuadrado, el cuadro N° 22 de ordenamiento de medias nos muestra que existe poca variación. Dentro de los tratamientos con mayor número de plantas tenemos a la variedad Oscar blanco.

Cuadro N° 23 ANOVA Número de plantas en un m².

Fv	gl	Sc	Cm	Fc	Ft	
					5%	1%
Total	7	11.50				
Tratamientos	1	4.50	4.50	5.42	10.1	34.1
Bloques	3	4.50	1.50	1.81	9.28	29.5
Error	3	2.5	0.83			

Al realizar el análisis de varianza, se observa que no existen diferencias significativas para los tratamientos y los bloques, al 5% y 1% de probabilidad por lo tanto para esta variable se recomienda cualquier de estas variedades.

Webber, L. E. (1990). Indica que se tienen de 3 a 40 plantas en el caso del *Amaranthus caudatus* mientras que el *hipocondriacus* sobrepasan las 80 plantas por su menor diámetro del tallo.

4.9. Número de granos de cada tratamiento en 5 gr.

Cuadro N° 24 Número de granos de cada tratamiento en 5 gr.

TRATAMIENTO	I	II	III	IV	Sumatoria	Media
A	593	538	494	571	2196	549
B	870	908	833	872	3483	870.75
Sumatoria	1463	1446	1327	1443	5679	

Para conocer cuál de los tratamientos produjo mejores resultados en cuanto a esta variable procedemos a realizar un ordenamiento de medias, cuyos valores se representa en el cuadro N° 24 podemos determinar que existen diferencias, el tratamiento con mayor número de granos es la variedad Oscar blanco con 870.75 unidades.

Cuadro N° 25 ANOVA Número de granos de cada tratamiento en 5 gr.

Fv	gl	Sc	Cm	Fc	Ft	
					5%	1%
Total	7	215426.87				
Tratamientos	1	207046.25	207046.25	245.58	10.1	34.1
Bloques	3	5851.37	1950.46	2.31	9.28	29.5
Error	3	2529.25	843.08			

Al efectuar el análisis de varianza para la variable, número de granos en 5 gr observando el ANOVA se concluye que existen diferencias significativas en los tratamientos al 5 % y 1% de probabilidad pero no existen diferencias significativas para los bloques.

(Espitia R, E. 1991). Nos dice que 1 planta produce: 166.715,7 granos, es decir 50.000 plantas/ha con 2.000 kg de grano por ha).

4.10. Rendimiento en kg/ha.

Cuadro N° 26 Rendimiento en kg.

TRATAMIENTO	I	II	III	IV	Sumatoria	Media
A	717.50	574.00	430.50	574.00	2296	574
B	327.50	458.50	162.00	393.00	1341	335
Sumatoria	1045.00	1032.50	592.50	967.00	3637	

En cuanto al rendimiento el cuadro N° 26 de ordenamiento de medias nos muestra que existen diferencias entre ambos tratamientos recomendando la de mayor peso la variedad nativa con un total de 2296 kg/ha.

Cuadro N° 27 ANOVA Rendimiento en kg/ha.

Fv	gl	Sc	Cm	Fc	Ft	
					5%	1%
Total	7	203788.87				
Tratamientos	1	114003.12	114003.12	16.18	10.1	34.1
Bloques	3	68642.12	22880.71	3.25	9.28	29.5
Error	3	21143.63	7047.88			

Luego de realizado el análisis de varianza para la variable rendimiento en kg/ha y observando el ANOVA podemos concluir que existen diferencias significativas en los tratamientos solo al 5% y en los bloques no existe diferencias significativas para el 5% y 1% de probabilidad.

(Espitia R, E. 1991). El amaranto en zonas de temporal obtiene un rendimiento por hectárea de 1.00 a 2.00 ton, sin riego.

(Bernal M., R. 1997). Nos enseña que en algunos campos experimentales de México se han alcanzado a producir hasta 7200 kg/ha de grano, significativamente mayor al promedio mundial que va de 1000 a 3000 kg/ha.

(Monteros et al, 1994). El potencial de rendimiento de la variedad A (nativa) es superior a los 3500 kg/ha, con un promedio de alrededor de los 2000 Kg/ha, sin embargo hay que tener en cuenta que estos datos son a nivel experimental; por lo que se prevé que los rendimientos a nivel de agricultor serán más bajos, aunque en la investigación obtenemos un rendimiento similar.

En el caso de la variedad B (Oscar blanco) no existen datos de ensayo, no obstante, se ha obtenido que en suelos livianos o francos con elevado contenido de materia orgánica, su rendimiento tiende a ser más altos, puesto que el uso de 5 kg de semilla/ha en ese tipo de suelos se ha reportado 26 qq/ha.

4.11. Peso de 5 panojas por variedad al azar.

Se realizó la cosecha de 5 panojas por variedad al azar ambas separadas, una vez llegado a la madurez fisiológica.

- La variedad A (Nativa), se la peso antes de la trilla obteniendo un peso de 6.100 kg y luego de la trilla un peso de 0.287 kg de grano seco.

Observando esta variedad se puede ver que el mayor volumen de la panoja es descarte con un dato de 5.8130 kg y solo una mínima parte es el grano seco.

- La variedad B (Oscar blanco), se la peso antes de la trilla obteniendo un peso de 2.300 kg y luego de la trilla 0.131 kg de grano seco.

Analizando esta variedad se puede examinar que el descarte es de 2.1619 y el restante es el grano seco.

Al culminar con los cálculos de esta variable se puede observar claramente que la variedad nativa tiene mayor rendimiento pero también tiene mayor volumen de descarte mientras que la variedad Oscar blanco no tiene una panoja muy volumétrica y un buen porcentaje de volumen es grano seco.

Una de las recomendaciones realizadas por el INIFAP es fertilizar al momento de la siembra, en el fondo del surco 40 – 40 – 00 usando como fuente de nitrógeno urea y para el fósforo, superfosfato de calcio triple.

(Ruiz, 1990). Recomienda aplicar en la primera fertilización 100 kg de urea y 87 kg de fosfato diamónico (18 – 46 – 00) al momento de la siembra más 70 kg de cloruro de potasio por ha. En la segunda fertilización (a los 40 días) aplicar 30 kg de cloruro de potasio por ha y 60 kg de Nitrato de amonio por ha.

(Nieto, C. 1.990). Para una adecuada fertilización es necesario contar con el análisis químico del suelo. Cuando no se dispone de éste, aplicar 100-60-30 kg/ha. Una alternativa es el uso de materia orgánica, en la dosis de 2 a 5 t/ha.

Para que el amaranto germine y desarrollen sus raíces, el suelo tiene que estar bien húmedo, pero una vez aparecidos los retoños, los amarantos de grano se desenvuelven bien con escasa agua, más aún, llegan a crecer mejor en condiciones secas y templadas. (Espitia R., E. 1986)

(Trinidad y Gómez. 1986). En el cultivo de amaranto, la maleza es uno de los principales problemas que hacen incosteable e improductivo el cultivo. Cuando éste ha desarrollado y se ve invadido por la maleza, eso demerita su pureza física y su calidad industrial. Para eso se realizó el desmalezado y lograr un dato de rendimiento y calidad lo más justo posible, y obtener datos reales.

CAPÍTULO V

5.1. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Luego de analizar los resultados de la presente investigación, se ha obtenido las siguientes deducciones:

- Una vez obtenido el resultado del análisis de suelos, se realizó el cálculo de fertilización obteniendo 172 kg de NT, 630 kg de P₂O₅ y 694 K₂O, se trabajó con el dato de requerimiento nutricional NPK 80-40-40 y haciendo la diferencia sale que el suelo tiene más de lo que requiere el cultivo.
- los resultantes alcanzados de la comparación de los diferentes tratamientos en la altura de planta presentó una similitud en las dos variedades, ocurrido en ambas mediciones.
- Referente a la longitud de la panoja se observó que no existe diferencia significativa en la altura pero si en el ancho de la misma, logrando mayor volumen la variedad nativa y mientras más volumen mayor rendimiento.
- En cuanto al riego complementario en esta gestión no fue necesario pero la mayor parte de los años la zona presenta sequias prolongada.
- En cuanto al rendimiento, se observó que existe diferencia significativa para las dos variedades, siendo la mejor variedad la nativa, donde se consiguió el más altos rendimiento con 2296 kg/ha igual a 45.12qq/ha. y la variedad Oscar blanco 1341 kg/ha. igual a 26.36qq/ha.

- Luego de considerados los gastos de producción en ambas variedades, e ingresos de los mismos llegamos a una conclusión de que la variedad A (nativa) nos da mayor rendimiento, con un costo beneficio (B/C) de 13.72 y el costo beneficio (B/C) de la variedad B (Oscar blanco) es de 7.54.
- Se determinó que el Amaranto es uno de los cereales más prometedores de la tierra, el cual se espera que se posicione como uno de los más consumidos por las personas a nivel mundial debido a sus propiedades nutritivas, reemplazando al maíz, arroz, trigo, etc. Por lo tanto es una gran idea incluirlo dentro de una bebida en polvo en donde las personas lo puedan consumir fácilmente.

RECOMENDACIONES.

De acuerdo con los resultados y deducciones obtenidas en esta investigación se aconseja lo siguiente:

- Se exige la aplicación de alto contenido de materia orgánica, porque se sabe que este cultivo es exigente de dicho factor.
- Se encarga introducir nuevas variedades en la zona porque esta investigación nos demostró que el clima y suelos son ideales para el cultivo.
- Para lograr mayor éxito se debe sembrar a fines de año o a principios del siguiente, con suelos húmedos, para asegurar la germinación, el piso climático no debe superar los 2900 msnm, sobre esta altura, el cultivo es tardío y el invierno puede afectar la cosecha.

- Realizar investigaciones, sobre los diferentes pisos climáticos, y épocas de siembra, para ver la influencia de los mismos en el cultivo de amaranto para introducir nuevas variedades y así obtener dos cosechas al año.
- Utilizar diferentes técnicas de cultivo como mixtos, o de labranza cero, para ver el comportamiento del amaranto ante los mismos.
- En la cosecha se debe tener en cuenta los signos de madurez, si no se la realiza en el tiempo indicado la pérdida por caída de grano será en porcentajes altos.
- Se recomienda el uso de semilla certificada, o autorizada por las organizaciones competentes, si es necesario utilizar semilla fresca (del ciclo anterior) puesto que el almacenamiento prolongado (más de un año) baja drásticamente el poder germinativo de la misma, para garantizar la calidad de la cosecha.