

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN
CRISTÓBAL DE HUAMANGA**

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



**“CARACTERIZACION Y SELECCIÓN DE CATORCE COMPUESTOS
VARIETALES DE ACHITA PANOJA GUINDA ERECTA
(*Amaranthus caudatus* L.). CANAAN 2735 msnm –
INIA - AYACUCHO”**

Tesis para obtener el Título Profesional de

INGENIERO AGRÓNOMO

PRESENTADO POR

Bach. WALTER BAEZ QUISPE

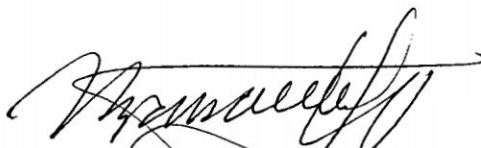
AYACUCHO - PERÚ

2013

Tesis
Ag 1071
Bae

**CARACTERIZACIÓN Y SELECCIÓN DE CATORCE COMPUESTOS
VARIETALES DE ACHITA PANOJA GUINDA ERECTA (*Amaranthus
caudatus* L.). CANAAN 2735 mnsnm – INIA - AYACUCHO**

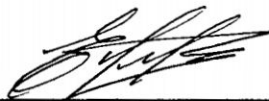
Recomendado : 14 de noviembre de 2013
Aprobado : 15 de noviembre de 2013



M.Sc. ING. FERNANDO NICOLÁS BARRANTES DEL AGUILA
Presidente del Jurado



M.Sc. ING. JOSÉ ANTONIO QUISPE TENORIO
Miembro del Jurado



ING. EDUARDO ROBLES GARCÍA
Miembro del Jurado



M.Sc. ING. FORTUNATO ALVAREZ AQUISE
Miembro del Jurado



DR. JUAN RAMIRO PALOMINO MALPARTIDA
Decano (e) de la Facultad de Ciencias Agrarias

DEDICATORIA

**Con mucho amor y gratitud a mis queridos
Padres: Sr. Zósimo y Sra. Teodosia. Por
brindarme cariño, comprensión y apoyo
incondicional para el logro de mi carrera
profesional.**

**A mis hermanos Romel y Ester,
por su comprensión y apoyo
para el logro de mis ideales y
ser útil a la sociedad.**

AGRADECIMIENTOS

Mi más sincero agradecimiento a la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Alma Mater de mi formación profesional, y a la Facultad de Ciencias Agrarias, que me brindo vasto conocimiento durante el tiempo que duro mis estudios profesionales.

De manera especial a la Escuela de Formación Profesional de Agronomía y a los Sres. Ingenieros, por haber impartido sus conocimientos para mi formación personal y profesional.

Al Centro Experimental del Instituto Nacional de Investigación e Innovación Agraria, por haberme brindado la oportunidad de realizar mí trabajo de tesis.

Al Ing. José Antonio Quispe Tenorio, por haberme enseñado incondicionalmente y por haberme inculcado los buenos principios y valores.

Y a todas aquellas personas que directa o indirectamente, contribuyeron en la ejecución y materialización del presente trabajo de investigación.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en la Estación Experimental del Instituto Nacional de Investigación e Innovación Agraria en su Programa Nacional de Investigación de Cultivos Andinos, que se encuentra entre las paralelas 13° 10' 09s de Latitud sur, 74° 12' 82w de Longitud Oeste, a una altitud de 2735 msnm., durante los meses de febrero a junio del 2010.

El trabajo experimental se condujo en el diseño estadístico Completamente Randomizado, evaluándose catorce cultivares de Achita de panoja guinda erecta colectados por el Programa Nacional de Investigación en Cultivos Andinos, dichas colectas se realizaron en los distintos lugares de nuestra región. Además se emplearon métodos de estadística descriptiva.

El objetivo del presente trabajo de investigación fue de conocer el comportamiento y la respuesta de los catorce cultivares de la Achita a las condiciones ambientales de Canaán-INIA; su adaptación se reflejó en la precocidad, rendimiento y la sanidad.

Se tomaron las siguientes evaluaciones de campo: días a la emergencia, a dos hojas verdaderas, a cuatro hojas verdaderas, a seis hojas verdaderas, a la ramificación, al panojamiento, a la floración, al estado de grano lechoso, grano pastoso, días a la madurez fisiológica, habito de crecimiento de la planta, índice de ramificación de la planta, tipo de raíz, pubescencia en el tallo, pigmentación en la etapa vegetativa del tallo, espinas en las axilas de las hojas, pubescencia en las hojas, pigmentación en las hojas formas de las hojas, margen de las hojas, prominencia de la nervaduras de las hojas, pigmentación del peciolo de la hoja, forma de la inflorescencia apical, posición de la inflorescencia apical, presencia de la inflorescencia

axilar, índice de densidad de la inflorescencia, color de la inflorescencia, color de la semilla, tipo de cubierta de la semilla, forma de la semilla, tasa de germinación de la semilla, derrame de grano en el campo; así como la longitud de panoja (mm), diámetro de panoja (mm), peso de grano por panoja (g), altura de planta (cm), altura de planta a la floración (cm), longitud octava hoja (cm), ancho octava hoja (cm), longitud de tallo panoja lateral apical (mm), tamaño de grano (mm), peso de mil semillas (g), peso de panoja (g) y el rendimiento de grano (Kg/Ha). Las conclusiones a la que se arribó con el presente trabajo fueron: **A la madurez fisiológica los cultivares mostraron poca diferenciación en el número de días después de la siembra, alcanzando un valor de 101 a 108 días. En cuanto a la característica de altura de planta, se obtuvo en los cultivares CKA-006, CKA-009, CKA-030 valores de 171, 171, 145 cm, superando significativamente a las demás. Así mismo, los cultivares CKA-006 y CKA-007 con 56 y 41 g destacan significativamente al tener el mayor peso de grano/panoja; superando a los demás cultivares en estudio. Los catorce cultivares de la Achita evaluadas presentan buenas características potenciales en precocidad, sanidad, rendimiento con un porcentaje de mejora de 4.3 hasta el 8.0, bajo las condiciones de Canaán-INIA.**

CONTENIDO

	Página
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I	
REVISION DE LA LITERATURA	
1.1. ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN	3
1.2. TAXONOMÍA	5
1.3. CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS	6
1.4. GENÉTICA DE LA ACHITA	9
1.5. MEJORAMIENTO POR SELECCIÓN	11
1.6. DESCRIPTORES	17
1.7. FENOLOGÍA DE LA ACHITA	20
1.8. RENDIMIENTO	23
1.9. REQUERIMIENTO DEL CULTIVO	24
1.10. IMPORTANCIA	26
1.11 USOS DE ACHITA	29
1.12. PLAGAS Y ENFERMEDADES	30
CAPITULO II	
MATERIALES Y METODOS	
2.1. UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO	38
2.2. ANTECEDENTES DEL TERRENO	39
2.3. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS	39
2.4. ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICO DEL SUELO	43
2.5. MATERIAL GENÉTICO	44

2.6. UNIDAD EXPERIMENTAL	45
2.7. CARACTERÍSTICAS DEL CAMPO DE EXPERIMENTO	46
2.8. TAMAÑO DE MUESTRA	47
2.9. INSTALACIÓN Y CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO	48
2.10. CRITERIOS DE EVALUACIÓN	53
2.11. ANÁLISIS GENÉTICO	57
2.12. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	60

CAPITULO III

RESULTADOS Y DISCUSIONES

3.1. CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA	61
3.2. CARACTERÍSTICAS DE PRECOCIDAD	77
3.3. CARACTERES DE PRODUCTIVIDAD	84
3.4. SELECCIÓN Y RESPUESTA A LA SELECCIÓN	94

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES	103
4.2. RECOMENDACIONES	105
BIBLIOGRAFIA CONSULTADA	106
ANEXO	109

INTRODUCCION

A nivel mundial el crecimiento acelerado de la población y la escasez de alimentos han impulsado al hombre a buscar alternativas viables y con potencial nutricional suficiente para solucionar el problema alimentario. En ese contexto la Achita fue señalada como uno de los cultivos con mayor potencial para la explotación económica y nutricional a gran escala. Con la idea de aprovechar las propiedades de la Achita, sus principios bioactivos y su gran cantidad de fitosteroles para crear una línea de productos con propiedades funcionales, como barras de cereal y galletas que permitan bajar el colesterol. Los estudios han demostrado que sus hojas y semillas contienen una gran cantidad de vitaminas, minerales, ácido fólico, proteínas (que va del 15 al 18 %), aminoácidos en especial la lisina (aminoácido de alto valor biológico) ayuda a la memoria, a la inteligencia y alto aprendizaje, por lo que es recomendable que en mayor prioridad deben consumir los niños. (FAO y ONU, 1979).

Este cultivo que su nombre significa vida eterna (que no se marchita) fue domesticada y cultivada desde la época prehispánica en los Andes Sudamericano y en México. En nuestro país se han encontrado semillas en tumbas con 4,000 años de antigüedad según SAUER (1976).

Su exportación (destino Unión Europea, Estados Unidos, CAN) se ha incrementado en el 2010 a 1863468.72 dólares en valor FOB de un rendimiento de 1000 – 2500 Kg/Ha (SIICEX, 2010).

La importancia del mejoramiento de la Achita radica en obtener genotipos mejorados en una o varias características importantes utilizando métodos de hibridación y selección (POEHLMAN Y ALLEN, 2005).

Por tal razón, la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga y la Estación Experimental Agraria Canaán del Instituto Nacional de Innovación Agraria, que a través de su Programa de Cultivos Andinos viene realizando la recolección de semillas de Achita en los diferentes lugares de nuestra Región Ayacucho para su estudio orientado al Mejoramiento Genético de la Achita para la incrementación de la productividad, para la cual se tomó una colección de 14 cultivares para su estudio, con los siguientes objetivos:

Objetivo general:

- Caracterizar, evaluar, seleccionar y establecer colecciones de achita panoja guinda erecta, con mejor aptitud productiva y aprovechar su variabilidad genética para su mejoramiento.

Objetivos específicos:

- a) Caracterizar morfológicamente catorce poblaciones varietales de Achita de panoja guinda erecta.
- b) Establecer colecciones de Achita en el banco nacional de germoplasma
- c) Seleccionar características de precocidad y rendimiento de catorce poblaciones varietales de Achita panoja guinda erecta.

CAPITULO I

REVISIÓN DE LITERATURA

1.1 ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN

Sumar (1993), señala que muchos hechos, permiten afirmar que *Amaranthus caudatus* L. es originaria de la zona andina del Perú.

Los fundamentos principales de esta teoría son:

- La gran variedad de formas nativas encontradas en los departamentos de Ayacucho, Cusco y Cajamarca.
- En los valles interandinos sudamericanos se pueden hallar todos los colores de pericarpio de la achita que se conocen en el mundo.
- La diversidad de nombres vulgares, en idiomas nativos, con los que se conoce la achita.

- Los indicios arqueológicos reportados por Macera Martos Y Ravines al excavar las cuevas de Junín (Pachachamay y Panauloca), encontraron restos de vegetales como la tuna y el amaranto que al ser sometidos a las pruebas del carbono 14 evidencian una antigüedad de 12000 ac.

Se han colectado más de 1,200 ecotipos en los Andes. Se conocen variedades de acuerdo a los granos y la forma de la panícula, así como por el color de la planta y otras características. Las variedades más conocidas de achita son:

- Noel Vietmeyer: de grano rosado y no usado como hortaliza.
- Oscar Blanco: de grano blanco y usado como hortaliza.
- Chullpi: con granos de tipo reventón, adecuados para cocción
- 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 tm/ha, lo que lo hacen ideal para el procesamiento industrial y la preparación de harinas enriquecidas, granolas y snacks.
- INIA 413 - Morocho Ayacuchano: Esta variedad mejorada es ideal para la preparación de hojuelas.

La Achita crece en Perú, Bolivia, el sur de Ecuador y el noroeste de Argentina, y ha sido introducida a países como India y Nepal, donde gozan de gran preferencia en la cocina popular.

En el Perú, la achita es cultivada en costa, sierra y selva alta, desde el nivel del mar hasta los 3,400 metros, siendo los principales productores Junín, Cajamarca, Ayacucho, Ancash, Huancavelica y, en mayor escala, Cusco; habiéndose convertido en un boom para la exportación por los precios con que se vende en el exterior.

1.2 TAXONOMIA

Sumar (1980), reporta que la posición taxonómica de la achita es la siguiente:

Reino	:	Vegetal
División	:	Fanerógama
Tipo	:	Embryophita Siphonógama
Subtipo	:	Angiosperma
Clase	:	Dicotiledonea
Subclase	:	Archyclamydae
Orden	:	Centrospermales
Familia	:	Amarantaceae
Género	:	Amaranthus
Especie	:	Amaranthus caudatus L.

León (1964), indica que la Achita posee un número cromosómico de $2n = 32$. El mismo autor menciona los nombres vulgares: "achis" (norte del Perú), "Achita", "coyos" (centro del Perú) "coimi" (Perú, Bolivia y Argentina), "millmi" (Bolivia), "chaquilla" (Argentina), "kiwicha" (Perú, centro y sur), "trigo inca" (noroeste de Argentina), "quinua" y "quinua del valle" (Argentina).

1.3 CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS

Respecto a la raíz

León (1964); reporta que la Achita presenta una raíz pivotante corta de quince centímetros de largo, gruesa provista de raicillas laterales.

La raíz es pivotante con abundante ramificación y múltiples raicillas delgadas, que se extienden rápidamente después que el tallo comienza a ramificarse, facilitando la absorción de agua y nutrientes, la raíz principal sirve de sostén a la planta, permitiendo mantener el peso de la panoja. Las raíces primarias llegan a tomar consistencia leñosa que anclan a la planta firmemente y que en muchos casos sobre todo cuando crece algo separada de otras, alcanza dimensiones considerables. En caso de ataque severo de nematodos se observan nodulaciones prominentes en las raicillas.

Respecto al tallo

Sumar (1993), describe que las plantas de achita poseen tallos generalmente fibrosos, con fibras elásticas y esponjosas, que le permiten ceder sin romperse a la presión de los vientos fuertes. El

color varía de acuerdo al ecotipo, entre el verde claro y el encarnado. La altura de la planta se halla determinada por su eje principal, y las ramas en caso de tenerlas, no llegan a la altura del eje principal. El tamaño total de la planta oscila entre los 60 y 280 cm.

En cuanto a la arquitectura de la planta se reconocen las siguientes tipos: Erectos, semierectos, decumbentes, con inflorescencia única y terminal, con ramas que nacen cerca de la base del tallo.

Con relación a la hoja

Sumar (1993), refiere que las hojas son simples, enteras con nervaduras pronunciadas en el envés, de formas variables entre lanceoladas, elípticas y romboides, la longitud varía entre 6.5 y 14 cm.; la coloración del haz es variable de acuerdo al ecotipo, y puede ser verde-amarillento, verde intenso, rojo o púrpura; el peciolo es largo y también de variados colores.

Con relación a la Inflorescencia

Sumar (1993), indica que la inflorescencia está constituida por agrupaciones de pequeñas flores llamados glomérulos y a este conjunto se le denomina panoja; de longitud variable que van de 15 a 90 cm., de diversos colores como amarillo, rosado púrpura, rojo y dorado, tomando la inflorescencia diferentes posiciones; erectas, semierectas, decumbentes, las que son de forma glomeruladas y amarantiformes:

- a. **Glomeruladas**, cuando los glomérulos están insertos al raquis principal mediante ejes glomerulares presentando formas globosas.
- b. **Amarantiformes**, cuando los glomérulos están insertos directamente a lo largo del raquis principal.

La inflorescencia de acuerdo a su densidad se clasifica:

- a. **Laxa**: Cuando los glomérulos insertos al raquis son bastante separados.
- b. **Intermedia**: Se caracteriza cuando los glomérulos insertos al raquis no están muy separados ni contiguas entre sí.
- c. **Compactas**: Cuando los glomérulos insertos al raquis se encuentran bastante tupidos.

León (1964); menciona que la Achita, presenta una inflorescencia a continuación del tallo que llegan a medir hasta 90 centímetros de largo; son de forma variada pendientes y terminan en una panoja gruesa y larga, las hay decumbentes, semierectas y erectas, adaptando formas glomeruladas o amarantiformes típicas, densas y laxas. El eje central de la inflorescencia, la continuación del tallo lleva grupos de flores llamados dicacios (glomérulos).

Respecto a la flor

León (1964), señala que el número de flores de cada uno de estos dicacios es variable, con flores masculinas y femeninas dispuestas en la inflorescencia en forma sésil o ligeramente pedunculada. Las

flores estaminadas o pistiladas están compuestas de una bráctea externa y cinco sépalos verduscos, dos externos y tres internos, los primeros ligeramente más grandes. En las flores estaminadas hay cinco estambres de filamentos delgados y largos terminados en anteras que se abren en dos sacos. Las flores pistiladas tienen un ovario semiesférico que contiene un solo óvulo, con tres ramas estigmáticas. La mayoría de los amarantos son polinizados por el viento.

Respecto al fruto y semilla

NATIONAL ACADEMY PRESS (1990), menciona que la achita es una planta dicotiledónea, los frutos son pixidios y cada uno contiene una sola semilla. La cubierta de la semilla es lustrosa; el embrión es curvo y colocado alrededor del de un pequeño endosperma (perisperma), semejante al de la quinua, pero sin contenido de saponina.

1.4. GENÉTICA DE LA ACHITA

El género *Amaranto* es un cultivo predominantemente de autopolinización con cantidades variables de alogamia (Hauptli y Jain, 1985; citado por Kauffman, 1992). Las especies cultivadas de amaranto de grano son monoicas. Líneas de tipo homogénea han sido desarrolladas a partir de amaranto desarrolladas en ambiente aislado controlando la cantidad de polinización cruzada. Se han

desarrollado líneas uniformes en solo unas generaciones de autopolinización y selección. Algunas de estas líneas están disponibles en programas de mejoramiento en las que pueden combinarse los caracteres útiles seleccionando del germoplasma reunido. Se han documentado las técnicas básicas para la emasculación y polinización (Murray, 1938, refinado por Kauffman, 1981 y mencionado por Kauffman, 1992).

NRCS (1989), señala que la achita tiene panículas con flores masculinas y femeninas y es de autopolinización; sin embargo también señala que las flores pueden ser polinizadas por el viento.

Diversidad genética

Presenta amplia variedad genética y diversidad de formas de la planta, desde erecta hasta completamente decumbente. Muestra gran variación en el color del grano, precocidad, contenido de proteína, tipos de panícula, adaptación a suelos, climas, precipitación, temperaturas, resistencia a enfermedades y contenido en colorantes. La mayor variación genética se observa en los Andes (Ecuador, Perú, Bolivia y Argentina).

El Programa de investigación de la kiwicha, desarrollado por la Universidad del Cusco, Perú, ha seleccionado entre otras las variedades 'Noel Vietmayer' y 'Oscar Blanco', y el INIAA en Cajamarca las 'Roja de Cajabamba' y 'San Luis'.

En los bancos de germoplasma se conservan más de 600 accesiones; en el Perú se encuentran en las estaciones experimentales de K'ayra(Cuzco); Canáan (Ayacucho); Baños del Inca (Cajamarca); Santa Ana (Huancayo) y Tingua (Huaraz). En Ecuador, en la estación experimental Santa Catalina; en Bolivia, en la Pairumani; en Argentina, en la Universidad de Córdoba.

Existen muchas zonas de diversidad genética que requieren ser recorridas con fines de recolección principalmente los valles tropicales y subtropicales de la cordillera oriental y los Andes del Perú, Bolivia y Ecuador; los valles occidentales de los Andes y zonas semiáridas en el Perú y Bolivia (Ayacucho y Cochabamba, respectivamente).

La Achita es considerada un cultivo C4 porque tiene una alta tasa de actividad fotosintética a temperaturas elevadas, lo que le da una mayor capacidad de convertir sustancias inorgánicas como el agua, anhídrido carbónico y luz solar, en nutrientes orgánicos, además de hacerla muy resistente a las sequías y la salinidad del suelo.

1.5 MEJORAMIENTO POR SELECCION

a. Mejoramiento

FAO (1997), define que el mejoramiento es obtener una planta ideal de amaranto para la agricultura moderna y agroindustria en general que debe tener las siguientes características:

- a.1) Tamaño de planta reducida con panoja grande, compacta y erecta, puesto que el amaranto es una planta alta, hay que seleccionar para reducir su altura y evitar la tendedura o acame que es tan común en algunas regiones.
- a.2) Plantas de corto periodo vegetativo y maduración rápida, puesto que mientras más tiempo permanece la planta en el campo, es más susceptible a daños causados por plagas y factores abióticos, es necesario seleccionar plantas que maduren dentro de un tiempo óptimo de acuerdo a la zona de cultivo, teniendo en cuenta las condiciones climáticas y duración del día.
- a.3) Plantas de elevado potencial de rendimiento, generalmente lo primero que se considera es un rendimiento alto, siendo ello importante para cualquier productor que piensa sembrar amaranto, por ello no se debe descuidar los otros criterios.
- a.4) Plantas que presenten uniformidad de maduración de granos en la misma panoja, puesto que la des uniformidad que se observa actualmente hace que los granos al llegar antes que otros a la maduración, provoca la dehiscencia de los primeros, ocasionando pérdidas de consideración y dificultades de cosecha mecanizada.
- a.5) Plantas que presenten sincronía de maduración de planta/semilla, muchos genotipos de amaranto cultivado, muestran granos maduros en la panoja, sin que la planta haya perdido su alto contenido de humedad, esto provoca

con frecuencia presencia de granos húmedos que requieren un secamiento cuidadoso, para evitar que se fermenten o pudran.

- a.6) Plantas con alta calidad alimenticia. En los materiales genético se han observado diferentes contenidos de proteína y cualidades nutritivas, así como facilidad de reventado o molienda.
- a.7) Plantas que reúnan las características y necesidades de los procesadores de alimentos y agroindustriales.
- a.8) Plantas que presenten resistencia al ataque de plagas y enfermedades, siendo este objetivo de mediano y largo plazo.

b. Componentes del Mejoramiento

b.1) La Heredabilidad

Pacheco (2009), cita que es la proporción genética de la variancia fenotípica entre individuos dentro de una población. Representa cuanto de la variabilidad genética, que no la vemos, se refleja por selección en el fenotipo que si lo vemos, se expresa en %.

La Heredabilidad es la expresión matemática que mide el progreso esperado de la selección. Su argumento principal es que el mejorador solo considera la Heredabilidad.

b.2) Componentes de variancia

Pacheco (2009), cita que es la varianza de los valores genotípicos y

la varianza ambiental es la varianza de las desviaciones ambientales.

Cultivar o Variedad Agrícola

POEHLMAN Y ALLEN (2005), definen al cultivar (variedad agrícola) como un grupo de plantas genéticamente similares, que en virtud de sus características estructurales y comportamiento se distingue de otros grupos de plantas genéticamente similares dentro de una especie. Como unidad agronómica, el cultivar es bien conocido por los Fito mejoradores que crean nuevos cultivares y por los seminotecnistas (investigadores que estudian la producción de semilla) y los agricultores que multiplican la semilla y cultivan los cultivares.

Mezcla Varietal

POEHLMAN Y ALLEN (2005), definen como un cultivar compuesto que se produce mezclando la semilla de dos o más cultivares; la proposición detrás de esto es que una mezcla de genotipos tendrá de manera uniforme un rendimiento consistentemente mayor que el promedio de los genotipos del componente puro, debido al efecto amortiguador contra las interacciones genotipo por ambiente, y presentará una mayor estabilidad en más localidades y durante más años que un cultivar de línea pura.

Colecta de Germoplasma

POEHLMAN Y ALLEN (2005), mencionan que es un paso inicial de un programa de mejoramiento genético que consiste en reunir un amplio surtido de germoplasma (cepas genéticas de origen diverso)

de la especie deseada, buscando siempre conseguir los genes que contribuyan a mejorar el comportamiento. Los cultivares comerciales son una fuente deseable de recursos genéticos útiles, salvo en los casos en que su uso está restringido por cuestiones de protección legal.

Selección

POEHLMAN Y ALLEN (2005), definen como un procedimiento de mejoramiento genético, incluye la identificación y la propagación de genotipos individuales o grupos de genotipos provenientes de poblaciones mixtas o de poblaciones segregantes después de haber sido hibridados. Los procedimientos de selección que se practican en poblaciones mixtas de cultivos autógamas son la selección masal y la selección de líneas puras.

Selección Masal

POEHLMAN Y ALLEN (2005), conceptualizan como un procedimiento donde las plantas se seleccionan y cosechan con base en su fenotipo y las semillas se mezclan sin haber realizado ninguna prueba de progenie. Los cultivos que se obtiene por selección masal son normalmente uniformes en cuanto a caracteres cualitativos que presentan herencia genética simple, como presencia de aristas, marcas de color a madurez, en los que las diferencias fenotípicas pueden reconocerse fácilmente y utilizarse como criterios de selección. Sin embargo, aún podrían estas presentes variaciones en caracteres cuantitativos como el rendimiento, el tamaño o la calidad, en los que las diferencias fenotípicas son demasiados

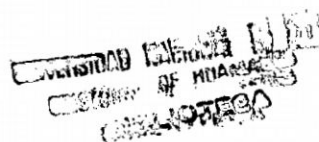
pequeños para reconocerse o bien no se pueden distinguirse con precisión de las variaciones causadas por el ambiente. El objetivo de la selección masal es la de purificar un cultivar mixto o una población de plantas seleccionando y propagando plantas visiblemente similares, u obtener un nuevo cultivar mejorando el comportamiento promedio de la población.

Tapia (1982), sostiene que, la selección masal es un procedimiento de selección en el que se seleccionan plantas individuales con características favorables y se mezcla su semilla para producir la siguiente generación. Se basa en la selección fenotípica, o sea, en la apariencia de la planta y en los caracteres particulares que puedan identificarse. Las plantas seleccionadas se cosechan generalmente sin controlar su polinización y se mezclan sin aprovechar el beneficio de la prueba de las progenies.

Este método, es uno de los más antiguos utilizado para el mejoramiento de las especies con polinización cruzada.

Selección de Líneas Puras

POEHLMAN Y ALLEN (2005), mencionan que una línea pura es una progenie que desciende únicamente por autopolinización de una planta homocigota. La selección de líneas puras es el procedimiento que consiste en aislar líneas puras a partir de una población mixta. Un cultivar obtenido mediante selección de líneas puras es más



uniforme que un cultivar obtenido por selección masal, ya que todas las plantas del cultivar tendrá el mismo genotipo.

Esto es cierto suponiendo que la planta originalmente seleccionada sea homocigótica en todos los loci, una suposición que los fitomejoradores suelen hacer, pero que es una condición que rara vez se alcanza (si es que esto ocurre).

Selección Recurrente

POEHLMAN Y ALLEN (2005), mencionan que es un método de mejoramiento de la población diseñado para aumentar la frecuencia de alelos deseables para un carácter cuantitativo particular mediante entrecruzamientos frecuentes entre genotipos superiores dentro de la población. Se obtiene buenos resultados en plantas de polinización cruzada y en plantas autógamias tiene también similar resultado pero es muy trabajoso debido a que se debe realizar la polinización manual.

Avilés (1990), en su estudio de seis accesiones mediante el método de selección recurrente en Achita obtuvo rendimientos que oscilan entre 3122.91 a 1393.25 Kg.ha⁻¹.

1.6 DESCRIPTORES

La FAO y el IPGRI han elaborado conjuntamente una lista de descriptores de los principales cultivos comerciales con objeto de proporcionar sistemas de codificación uniformes. Se trata de que estos descriptores sean compatibles con las futuras listas de

descriptores de cultivos del IPGRI y con los descriptores que se utilizan en el Sistema de información y alerta mundial sobre los recursos fitogenéticos (SIAM) de la FAO.

a) Descriptores de Pasaporte

En este tipo de descriptores se proporciona la información básica que se utiliza para el manejo general de cada accesión (incluido el registro en el banco de germoplasma y cualquier otra información de identificación) y describen los parámetros que se deberían observar cuando se recolecta originalmente la accesión.

b) Descriptores de Manejo

Estos descriptores proporcionan las bases para el manejo de las accesiones en el banco de germoplasma y ayudan durante su multiplicación y regeneración.

c) Descriptores del sitio y el medio ambiente

Con estos descriptores se describen los parámetros específicos del sitio y del medio ambiente en que se han establecido los distintos materiales, lo cual, es importante cuando se realizan pruebas de caracterización primaria y evaluación. Con esto se hacen más precisa la interpretación de los resultados obtenidos durante dichos procesos de investigación. Sumado a esto se incluyen también en esta categoría los descriptores del sitio de recolección del germoplasma.

d) Descriptores de Caracterización

Estos descriptores permiten una discriminación fácil y rápida entre fenotipos. Por lo general son caracteres altamente heredables, los cuales, pueden ser fácilmente detectados a simple vista y se expresan igualmente en todos los ambientes. Además, pueden incluir un número limitado de caracteres adicionales considerados deseables por consenso de los usuarios de un cultivo en particular.

Al llevarse a cabo la caracterización se ejerce una gran responsabilidad en los encargados de hacer los estudios concernientes a las colecciones, en contraste, la evaluación debe ser efectuada en otra parte (posiblemente por un equipo multidisciplinario de investigadores). En este sentido, los datos de evaluación se envían al banco de germoplasma donde se mantendrá una base de datos sistematizada.

e) Descriptores de Evaluación

Es el caso en que la expresión de muchos de los descriptores depende del medio ambiente, por lo tanto, se necesitan métodos experimentales especiales para evaluarlos. La evaluación puede en algunos casos involucrar métodos complejos mediante la aplicación de la biotecnología, como es la caracterización molecular o bioquímica. Este tipo de descriptores incluyen caracteres tales como rendimiento, productividad agronómica, susceptibilidad al estrés, así como los caracteres bioquímicos y citológicos. Generalmente, éstas

son las características más interesantes al hallar el manejo apropiado para mejorar la eficiencia de los cultivos.

1.7. FENOLOGIA DE ACHITA

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

a) Emergencia: (VE)

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

b) Fase vegetativa: (V₁....V_n)

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

c) Fase reproductiva

c.1) Inicio de panoja (R1)

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

c.2) Panoja (R2)

La panoja tiene al menos 2 cm de largo.

c.3) Término de panoja (R3)

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

c.4) Antesis (R4)

Al menos una flor se encuentra abierta mostrando los estambres separados y el estigma completamente visible. Las flores hermafroditas, son las primeras en abrir y generalmente la antesis comienza desde el punto medio del eje central de la panoja hacia las ramificaciones laterales de esta misma.

En esta etapa existe alta sensibilidad a las heladas y al stress hídrico.

Este estado puede ser dividido en varios sub-estados, de acuerdo al porcentaje de flores del eje central de la panoja que han completado

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

c.5) Llenado de granos (R5)

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

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

• Grano lechoso

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

• Grano pastoso

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

c.6) Madurez fisiológica (R6)

Un criterio definitivo para determinar madurez fisiológica aún no ha sido establecido; pero el cambio de color de la panoja es el indicador

más utilizado. En panojas verdes, éstas cambian de color verde a un color oro y en panojas rojas cambian de color rojo a café-rojizo. Además las semillas son duras y no es posible enterrarles la uña. En esta estado al sacudir la panoja, las semillas ya maduras caen.

c.7) Madurez de cosecha (R7)

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

1.8 RENDIMIENTO

Taboada (1998), en un estudio sobre efecto de niveles de NPK y 5 densidades de siembra en el rendimiento de achita variedad PUH, en Canaán a 2750 msnm Ayacucho, menciona lo siguiente: los rendimientos observados varían entre 2150 kg/ha, equivalente a 10.75 gr/planta, (debido a 75 – 225 – 75 de NPK con 200,000 plantas/ha) y 9312 kg/ha, equivalente a 31.04 gr/planta, (debido a 300 – 150 – 150 de NPK empleando 300,000 plantas/ha.).

CHACON (1982), en un estudio sobre evaluación agronómica de 83 líneas de Amaranthus sp. CAC, en la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, reporta el rendimiento de semillas por planta dentro de las 83 líneas es variable, siendo su promedio de 6.25 g.

Palacios (1997), en un estudio preliminar sobre el efecto de decapitación apical en el rendimiento de 38 entradas de achita,

obtiene en la variedad Oscar Blanco: 5660.60 kg/ha (sin decapitación), 6963.90 kg/ha (primera decapitación) y 5958.90 kg/ha (segunda decapitación), cuya densidad de plantas fue 1 m. entre surcos y 10 cm entre plantas.

1.9 REQUERIMIENTOS DEL CULTIVO

Sumar (1993), cita que la achita exige un clima calido a relativamente calido y agua en cantidades adecuadas, los mayores éxitos en el cultivo de la kiwicha se han logrado en el valle interandino de Colca - Urubamba (Cusco), que se ubica entre los 2800 y 3000 msnm, realizado la siembra en Octubre mes en el que la temperatura del suelo fluctúa entre los 16 a 18 °c, las precipitaciones pluviales oscilan entre 350 a 650 mm repartidas entre Diciembre y Marzo, por lo que se requiere de riegos suplementarios durante la preparación del suelo, emergencia y crecimiento inicial, la humedad relativa oscila entre 65 y 80%, presentándose

Suelo

Prefiere suelos de textura franco-arenoso, franco-limoso, fértiles con buen drenaje, con alto contenido de materia orgánica, aunque puede adaptarse a una amplia gama. El pH ideal es de 6.5-7.5; se han encontrado cultivos en suelos ácidos y en pH 8,5. Muestra tolerancia la toxicidad de aluminio.

Clima

Prefiere clima templado a cálido, cultivándose desde el nivel del mar hasta los 3000 msnm, pero desarrolla mejor a partir de 1500 a 2900 metros de altitud.

Precipitación

La humedad del suelo es importante durante la germinación y en las primeras etapas de desarrollo una vez de que las plantas se han establecido prosperan muy bien en ambientes con humedad limitada. La humedad que requieren es de 500 a 700 mm de precipitación anual. La Achita necesita humedad durante la etapa de floración y formación de grano.

Temperatura

La temperatura óptima es de 12 a 30 °C siendo susceptible a temperaturas bajas durante las primeras etapas de desarrollo y durante el llenado de grano de grano (heladas tempranas).

La Achita es una planta de clima cálido y las heladas que se presentan de temperatura daña gravemente al cultivo, si este se encuentra germinando o en estado de plántula, por lo que la siembra en los valles interandinos debe efectuarse a partir del mes de octubre, cuando la presencia de heladas es ya improbable. La temperatura del suelo, óptima para la germinación de la kiwicha es de alrededor de 18 °C. Durante el crecimiento, la temperatura optima

durante el día está entre los 18 y 20 °C, temperaturas por debajo de los 18 °C interfieren en el adecuado desarrollo de la planta.

Fotoperiodo

Prefiere días cortos, aunque muestra gran adaptabilidad a los diferentes ambientes y puede florecer con días de 12-16 horas de duración.

1.10 IMPORTANCIA

La achita (*Amaranthus caudatus* L.) es uno de los cultivos más antiguos de América, fue el principal cultivo en América Central y ocupó considerables extensiones en los Andes. Se cultiva en 1122 hectáreas a nivel nacional y en la región de Ayacucho, el área sembrada de kiwicha durante la campaña agrícola 2009 – 2010 fue de 185 has (Oficina de estudios económicos y estadística - Ministerio de Agricultura), Considerándose a los distritos de Puquio, Coracora y Socos con 26, 23 y 18 has sembradas, respectivamente. En general los rendimientos están alrededor de 800-3600 kg/ha como promedio a nivel nacional y el rendimiento en el departamento de Ayacucho es de 1026 kg/ha en el año 2008 (MINAG).

Contiene alrededor de 13 a 18 % de proteína, especialmente aminoácidos esenciales tales como la lisina que tiene influencia demostrada en el desarrollo físico e intelectual en los niños, así mismo la metionina, treonina y triptófano. Se utiliza como grano tostado, harina, hojuela, etc.

Valor nutricional y composición química en 100 g.

Componente		Achita cruda	Achita tostada
Energía	kcal	377	428
Agua	gr	12.0	0.7
Proteína	gr	13.5	14.5
Grasa	gr	7.1	7.8
Carbohidratos	gr	64.5	74.3
Fibra	gr	2.5	3.0
Ceniza	gr	2.4	2.7
Calcio	mg	236	282
Fósforo	mg	453	502
Hierro	mg	7.5	8.1
Tiamina	mg	0.30	0.01
Riboflavina	mg	0.01	0.01
Niacina	mg	0.40	1.30
Ácido ascórbico		1.3	0.5

Fuente: Sumar, K.L. 1993.

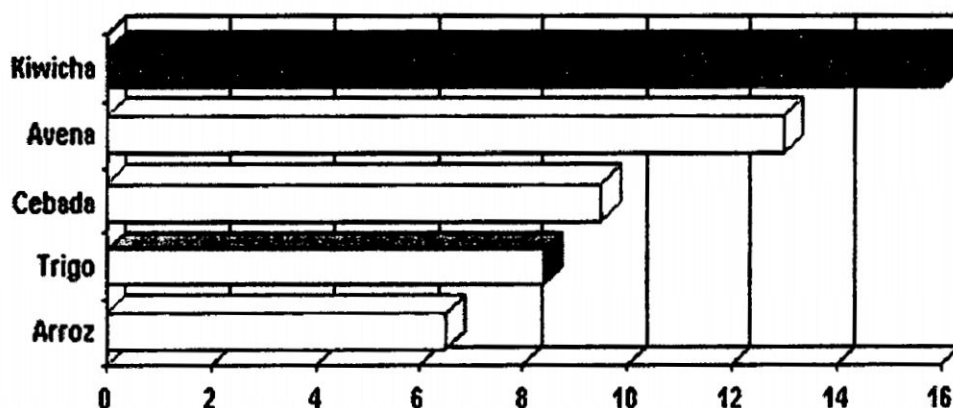
Tabla de contenido de aminoácidos en g por 100 g de proteínas

Aminoácidos	Achita	Achita blanca	Achita rosada
Proteína g	13.5	13.5	13.5
Fenilalanina	3.98	3.29	3.27

Triptofano	0.95	1.21	1.18
Metionina	2.13	2.37	2.45
Leucina	5.20	4.23	4.30
Isoleucina	6.17	5.22	5.17
Valina	4.36	4.61	4.54
Lisina	7.16	6.60	6.43
Treonina	4.73	5.38	5.26
Arginina	8.50	8.16	7.79
Histidina	2.31	2.22	2.17

Fuente: FAO/OMS/UNU. 1985.

Contenido en proteínas (%) con respecto a otros cereales



Fuente: USDA, 1963.

Como podemos observar la Achita tiene una gran cantidad de proteínas que inclusive sobrepasan a productos que son muy reconocidos en el mercado mundial, pudiendo esto servir para promocionar su exportación.

1.11 USOS DE LA ACHITA

Alimento

- Muy versátil en el arte culinario.
- Las **hojas** se consumen cocidas, añadiéndolas a las sopas.
- Los **tallos** han comenzado a usarse en la preparación de bebidas rehidratantes.
- Los **granos** o semillas sirven para la elaboración de un sinnúmero de platos alimenticios, tanto dulces como salados, cocidos o tostados, y también en forma de harina.
- La semilla se consume cocida con dulce, en forma tostada, en forma de harina tostada, etc. Antiguamente era muy común el "api de achita" o "lagua de achita", una especie de leche muy nutritiva y de fácil digestión para personas de cualquier edad.

Medicinal:

- Las **hojas** cocidas son utilizadas para inflamaciones de la vejiga, dolores reumáticos, y menstruación excesiva; e irritación de boca y garganta (en gárgaras)..
- La cocción de las **raíces** es empleada contra la diarrea.
- La infusión obtenida de los **tallos** actúa como un efectivo laxante.
- El cocimiento de las **hojas** en gárgaras es útil contra la irritación de boca y garganta.

Forraje:

- Los residuos de las cosechas son utilizados como forraje para el ganado.

Ornamental:

- La Achita es un cultivo de gran belleza por la variedad de sus colores.

1.12 PLAGAS Y ENFERMEDADES

Plagas

Sumar (1984), menciona que se presenta a la madures; la Esclerotinia, Micoplasma, plagas lorito y astylus. FAO (1990), menciona de la escasa información que existe respecto a la presencia, identificación, biología, daños y control de insectos en la zona andina y áreas de distribución del cultivo en Centroamérica y México. Las plagas del amaranto han sido categorizadas para su estudio y control en: Plagas claves, plagas secundarias y plagas potenciales. Y también por la forma de daño y comportamiento del insecto podemos agrupar a las plagas del amaranto para su descripción y empleo de medidas de control en cuatro grupos:

1.- Insectos cortadores de plantas tiernas

En este grupo se encuentran insectos de la orden Lepidóptera, Familia Noctuidae y entre ellos tenemos a: *Agrotis ipsilon* (Rott.), *Agrotis malefida* Guen., *Agrotis subterranea* F., *Feltia experta*, *Peridroma saucia* (Hubn.) y *Capitarsia turbata*. Estas especies tienen como característica común cortar las plántulas a nivel del cuello, afectando fuertemente en épocas de sequía. *Agrotis*, *Feltia*,

Peridroma y Copitarsia, en especial esta última se presenta con cierta frecuencia en la sierra peruana, mientras que Spodoptera, Feltia y Agrotis aparecen más en la costa peruana, zona donde el amaranto muestra su máximo potencial productivo. Los cortadores de plantas tiernas son considerados como plagas secundarias tanto en sierra como en costa (Vilca, J. y A. Jeri. 1989).

2.- Insectos comedores de hojas e inflorescencias

a) Eurysacca melanocampta Meyr.

Carrasco (1987), menciona de que esta especie conocida como "Polilla" es considerada una plaga importante del amaranto en la zona andina y se distribuye desde los 2000 a 3300 msnm, siendo considerada como plaga clave del amaranto.

b) Herpetograma bipunctalis (F.) y Spoladea recurvalis (F.)

Vergara y Sánchez (1983), citan a Herpetograma bipunctalis como una especie conocida por el nombre "polilla del amaranto" plaga clave del amaranto en la zona costera del Perú. LÁZARO Y SARMIENTO, (1988), menciona que Spoladea recurvalis al infestar la panoja, las larvas se encuentran entre el conjunto de los ejes florales alimentándose de éstos y de los granos. Los daños son más intensos en las épocas de verano (noviembre-febrero) y disminuye entre junio a octubre en Perú, esta plaga se considerada como una plaga ocasional.

c) *Pseudoplusia includens* Walker

Conocida como "Falso medidor", esta especie puede constituir una plaga de amplia distribución, infestando gran diversidad de cultivos. Con respecto al amaranto, este insecto es considerado de importancia secundaria. Sin embargo, en los valles interandinos abrigados, por debajo de los 2500 msnm y en la costa, puede convertirse en plaga clave por su voracidad y difícil control.

Los adultos presentan a las anteriores de color marrón grisáceo oscuro, con una especie de Y central plateada, mientras que las alas posteriores son de color marrón pálido; los huevos, de forma redondeada y color verde, son ovípositadas en forma individual y distribuidos sobre la superficie de las hojas. Las larvas son de color verde, con líneas laterales y dorsales verdes y blancas, localizándose en el envés de las hojas. Presentan sólo dos pares de pseudopatas, por lo que jiban el cuerpo para desplazarse. En su máximo desarrollo llegan a medir hasta 30 mm de longitud, pasando por seis estadios larvales. La pupa es de color verde; posteriormente, antes de la emergencia del adulto, se torna marrón. Esta especie empupa en el follaje, formando un fino cocón de seda blanca. Las larvas se alimentan de preferencia con hojas tiernas de las ramas más delgadas, realizando comeduras irregulares en los bordes y formando agujeros, ocasionalmente se alimentan de inflorescencias (Vilca, J. y A. Jeri. 1989).

d) *Heliiothis titicacae* Hardwick.

La larva se alimenta de las inflorescencias, consumiendo granos frescos o lechosos; es considerada como una plaga ocasional. Los adultos son polillas de color pardo a pardo rojizo, con una mancha reniforme casi incolora en las alas anteriores, la expansión alar es de 33 mm. Son activas durante la noche y oviponen en forma aislada en las inflorescencias. La oviposición se realiza durante los meses de marzo a mayo, coincidiendo con las épocas de maduración (Lázaro y Sarmiento, 1988)

e) *Spodoptera eridania* Cram

Comúnmente se le conoce como gusano ejército, está ampliamente distribuido e infesta diversos cultivos. En el amaranto adquiere importancia porque es una plaga clave, atacando durante todo el período vegetativo, alimentándose de las hojas e inflorescencias.

Las larvas chicas se alimentan raspando el mesófilo de las hojas, pero sin perforarlas. Y las larvas mayores se alimentan de las hojas, esqueletizándolas; las etapas más peligrosas son cuando las plantas están pequeñas o cuando se encuentran en proceso de formación de las inflorescencias (Vilca, J. y A. Jeri. 1989).

3.- Insectos chupadores - picadores

a) *Aphis craccivora* Koch

Es un pulgón polífago, de amplia distribución; infesta al amaranto, pero sin alcanzar categoría de plaga importante. Las hembras adultas son de color negro brillante y, al igual que las ninfas, pican

tallos, peciolos, envés de las hojas e inflorescencia. El color de las ninfas va de negro gris a marrón oscuro, con apéndices marrón o amarillo y se reproducen partenogénicamente. En altas infestaciones produce sustancias azucaradas, sobre la que se desarrolla el Fumagina. Son más frecuentes en condiciones secas, calurosas y de déficit hídrico. Los daños que causa esta especie son en todos sus estadios de desarrollo, succionando la savia de hojas y brotes, causando una deformación de estos. Todo ello da por resultado reducción del vigor de la planta, marchitez, amarillamiento, y por último defoliación (Lázaro y Sarmiento, 1988).

b) *Myzus persicae* Sulzer

Es una especie virtualmente cosmopolita que infesta el amaranto, además de otros cultivos y malezas, se ha observado infestaciones importantes en amaranto especialmente en siembras realizadas en valles secos, abrigados y en costa, debido a ello en la sierra se le considera como una plaga ocasional. Las ninfas y los adultos son pequeños, de color amarillo a verde amarillento, algunas veces rosados. A menudo se encuentran sobre el envés de las hojas tiernas u hojas senescentes amarillentas, en grandes colonias que incluyen todos los grupos de edad (Lázaro y Sarmiento, 1988).

4.- Insectos barrenadores del tallo

En muchas zonas bajas y semitropicales donde se cultiva aisladamente el amaranto, se ha observado con frecuencia el ataque

de un gorgojo de la familia Curculionidae (*Contrachelus seniculis* Le Conte). Las larvas, de color blanco cremoso y ápodas, barrenan la base de los tallos, para luego alimentarse de la médula de la planta. Los tallos afectados se hinchan y posteriormente se resquebrajan, provocando un marchitamiento progresivo de la planta, que finalmente se cae por el peso de la inflorescencia. Los adultos son de color marrón oscuro (Henderson, 1993; Kauffman y Weber, 1990). Estudios preliminares de daños en el banco de germoplasma de Ayacucho han demostrado la existencia de fuentes de resistencia a esta plaga (Vilca y Jeri, 1989).

Enfermedades

a) Tizón del amaranto o alternariosis o atizonamiento del amaranto o kiwicha

Sánchez et al. (1991), Gardmenia (1985) y Monteros et al (1994); Mencionan que es causado por *Alternaria tenuis* (México), *Alternaria alternantherde* (Estados Unidos), *Alternaria amaranthi* (India, Kenia), *Alternaria spp* (Perú, Nepal, Ecuador), produce lesiones necróticas con círculos concéntricos y un halo amarillento en las hojas y como consecuencia reduce fuertemente el vigor de las plantas, en algunos casos puede atacar las inflorescencias, y en estados avanzados presenta manchas negras en las hojas. En etapas tempranas del ataque, se observa clorosis en las hojas y manchas concéntricas de color violáceo en los tallos.

b) Mancha negra del tallo

Sánchez et al. (1991), sostiene de que es una enfermedad causada por *Macrophoma* sp., muestra como síntomas manchas oscuras en la base del tallo, que lo ennegrece y estrangula, seguidamente avanza hacia la parte superior de la planta hasta que el tallo se debilita y doble en dos y como consecuencia se produce muerte de la planta; en ataques severos los porcentajes de incidencia pueden alcanzar del 30-100% , observando que este hongo requiere de ciertas condiciones ambientales que le favorezcan su desarrollo como son un período de sequía de uno a dos semanas antes de desarrollarse.

c) Esclerotiniosis

Monteros et al., (1994); Garmendia, (1985); mantienen que es una enfermedad causada por *Sclerotinia sclerotiorum*, que ataca a gran parte de los órganos de la planta, produciendo lesiones de color marrón en el tallo e inflorescencias; en hojas produce clorosis y muerte.

d) Enfermedades causadas por micoplasmas

Espitia (1986), sostiene que produce un alto porcentaje de plantas estériles, debido a que los órganos florales se transforman en brácteas de color verde, con ausencia total de anteras y óvulos, convirtiéndose posteriormente en hojas y aún el utrículo se elonga y forma una cápsula, siendo reabsorbido el grano.

e) Enfermedades causadas por nemátodos

Santa Cruz y Marban (1986); mencionan que entre los nemátodos que atacan al amaranto tenemos a *Nacobbus aberrans* y *Meloidogyne incognita*, los cuáles producen nódulos en las raíces causando daños significativos.

CAPITULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO

El presente trabajo de investigación se realizó en la Estación Experimental Agraria Canaán del Instituto Nacional de Investigación e Innovación Agraria, en la ciudad de Huamanga.

Ubicación política

Región : Ayacucho
Provincia : Huamanga
Distrito : Ayacucho
Lugar : Canaán

Ubicación Geográfica

Latitud sur : 13° 10' 09s
Longitud oeste : 74° 12' 82w
Altitud : 2735 msnm

2.2 ANTECEDENTES DEL TERRENO

Durante la campaña anterior a la instalación del presente trabajo de investigación se instaló el cultivo de trigo variedad "Nazareno" con fertilizantes sintéticos destinados a la producción de granos. De acuerdo a la fisiografía se observa que los terrenos de la Estación Experimental Canaán son de una profundidad de unos 20 cm, cuyo conjunto de formas que constituyen la parte exterior de la corteza terrestre es ligeramente mediano lo que favorece para la aplicación de riegos superficiales.

2.3 CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS

La Estación Experimental Agraria Canaán del Instituto Nacional de Investigación e innovación Agraria, presenta datos climáticos (temperatura y precipitación) de la campaña agrícola 2009-2010, que fueron tomadas en la Estación Meteorológica de Canaán (SENAMHI), ubicada a una altitud de 2735 msnm; donde se registraron precipitaciones, temperaturas máxima, media, mínimas mensuales y radiación extraterrestre (Ra). En término a estos datos obtenidos se procedió a calcular la evapotranspiración potencial utilizando el método empírico de Hargreaves (1991) para luego calcular el balance hídrico, el que se presenta en el Cuadro 2.1 y Figura 2.1.

Registrándose durante la campaña agrícola 2009-2010 con temperatura máxima promedio mensual de 25.1°C, la media de 16.9 °C y la mínima 10.2 °C; siendo los meses cálidos setiembre, octubre, noviembre diciembre del 2009 y los meses de enero, febrero, marzo abril del año

2010; y los meses más fríos fueron los meses de mayo, junio, julio, agosto del 2010.

Durante el proceso de la ejecución del presente trabajo de investigación, se manifestaron comportamientos meteorológicos diferentes que fueron como la precipitación alta en los meses de febrero (58 mm) y marzo (57 mm), superando la evapotranspiración lo cual nos indica que hubo exceso de humedad en el suelo y en los meses (abril, mayo, junio), hubo déficit de humedad en el suelo por lo que fue necesario aplicar riegos frecuentes para que los cultivares de Achita crezcan y se desarrollen con toda normalidad para mostrar su potencial genético.

Cuadro 2.1. Temperatura (máxima, media, mínima), Precipitación, Evapotranspiración y Balance Hídrico correspondiente a la Campaña Agrícola 2009-2010, de la Estación Meteorológica de Canaán (Senamhi)- Ayacucho.

ESTACION METEOROLOGICA DE CANAÁN (SENAMHI)														
		REGIÓN : AYACUCHO		LATITUD SUR : 13° 10' 09s										
		PROVINCIA : HUAMANGA		LONGITUD OESTE : 74° 12' 82W										
		DISTRITO : AYACUCHO		ALTITUD : 2735 msnm										
		LUGAR : CANAÁN												
AÑOS	2009						2010						TOTAL	MEDIA
	SETE	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO		
T° MAXIMA MEDIA MENSUAL (°C)	25.60	26.60	25.20	24.80	23.60	24.90	24.80	25.50	25.10	24.70	25.40	25.40	25.40	25.13
T° MINIMA MEDIA MENSUAL (°C)	10.30	11.10	11.60	11.40	11.40	12.30	12.00	10.60	9.10	8.30	7.10	7.80	7.80	10.25
T° MEDIA MENSUAL (°C)	17.40	18.20	17.40	17.10	16.30	17.50	17.30	17.20	16.60	16.00	16.00	16.10	16.10	16.93
PRECIPITACIÓN (mm)	9.60	22.60	58.80	107.80	106.20	58.00	57.00	23.80	11.00	0.00	0.60	12.00	467.40	
RADIACIÓN EXTRATERRESTRE (mm/mes)	454.50	441.75	391.50	379.75	390.60	385.00	465.00	471.00	488.25	468.00	483.60	485.15		
EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL (mm)	146.18	146.60	120.21	114.78	110.77	114.41	138.51	149.91	156.77	149.52	162.02	161.03	1670.71	
FACTOR DE CORRECCIÓN	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28		
EVAPOTRANSPIRACIÓN CORREGIDA (mm)	40.90	41.01	33.63	32.11	30.99	32.01	38.75	41.94	43.86	41.83	45.33	45.05		
EXCESO DE HUMEDAD EN EL SUELO (mm)			25.17	75.69	75.21	25.99	18.25							
DEFICIT DE HUMEDAD EN EL SUELO (mm)	31.30	18.41						18.14	32.86	41.83	44.73	33.05		

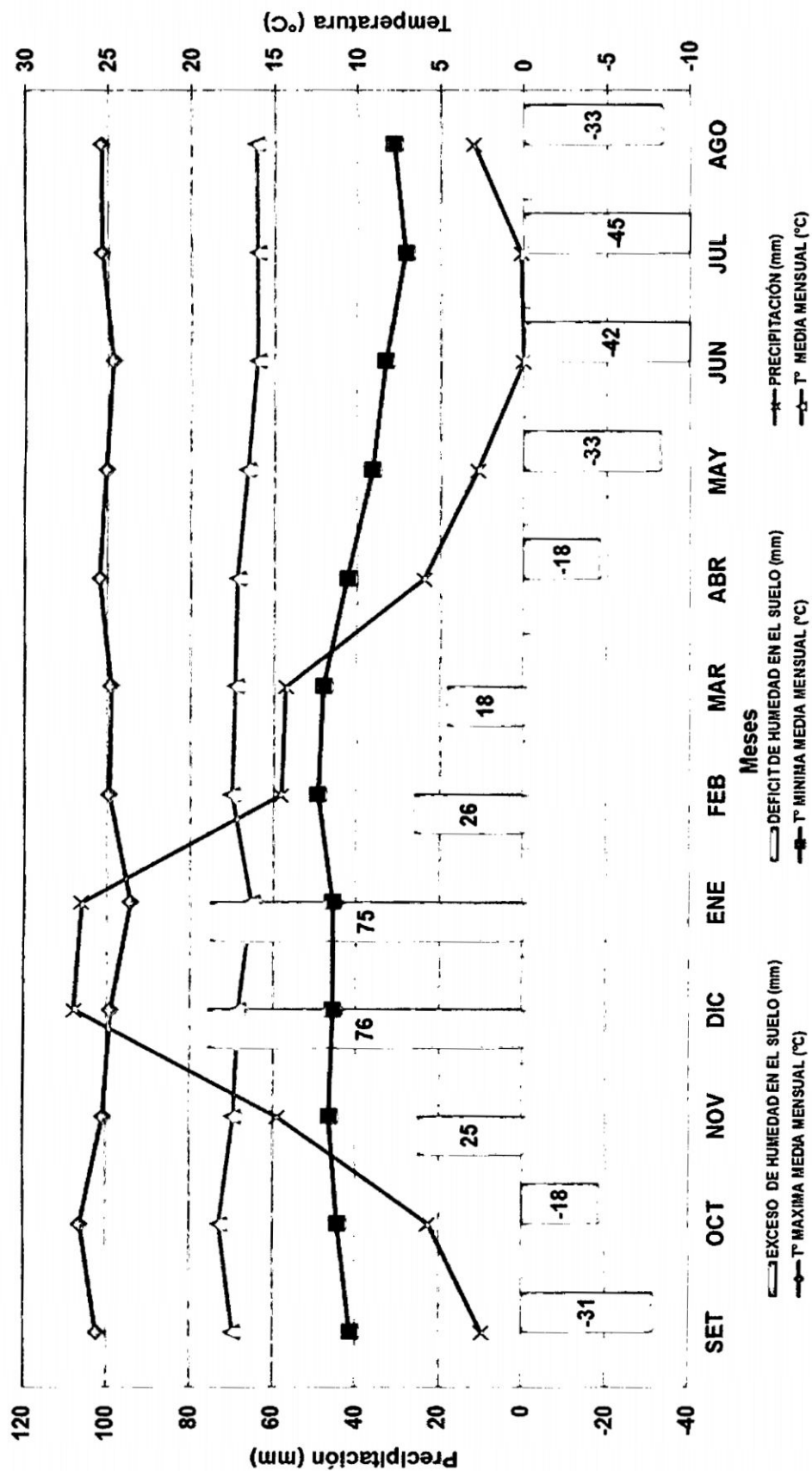


Figura 2.1. Temperatura (máxima, media, mínima), Precipitación y Balance Hídrico correspondiente a la Campaña Agrícola 2009-2010, de la Estación Meteorológica de Canaán (Senamhi)- Ayacucho.

2.4 ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICO DEL SUELO

El análisis físico-químico del suelo para el presente trabajo de investigación se realizó de la siguiente manera, se recorrió la superficie del terreno experimental al azar en forma de zig-zag y cada 20 pasos se toma una submuestra, limpiando la superficie del terreno y depositándola en el balde. Las submuestras se tomaron de una profundidad de 20 cm. Luego de tener todas las submuestras en el balde (de 20 por ha) se mezclan homogéneamente y se tomó 1 kg aproximadamente. Esta es la muestra compuesta, la que se llevó para su análisis Físico-Químico al Laboratorio de Suelos del Programa de Pastos y Ganadería de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Cuyos resultados se muestran en el Cuadro 2.2.

Cuadro 2.2 Análisis Físicoquímico del suelo de Canaán-INIA, 2735 msnm 2010.

	Componentes	Método	Contenido	Interpretación
Químicos	Materia orgánica (%)	Walkley Black	1.27	Pobre
	Nitrógeno total (%)	Semi-microKjeldhal	0.06	Pobre
	P disponible (ppm)	Bray-Kurtz	30.22	Alto
	K disponible (ppm)	Turbidimetría	289	Alto
	pH	Potenciómetro	6.9	Ligeramente Acido
Físicos	Arena (%)	Hidrómetro de Bouyoucos	52,1	
	Limo (%)	Hidrómetro de Bouyoucos	17,2	
	Arcilla (%)	Hidrómetro de Bouyoucos	30,7	
	Clase textural	Franco arcilloso		

De acuerdo a los resultados del análisis de suelo que se observa en el Cuadro 2.2 del presente trabajo de investigación se podría mencionar, la interpretación de los resultados del análisis del suelo propuesto por el Programa de Investigación en Pastos y Ganadería, de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, determina: La Materia Orgánica 1.27% corresponde a un suelo pobre; el Nitrógeno Total 0.06% corresponde a un suelo con contenido pobre; el Fósforo disponible con 30.22 ppm; el Potasio disponible con 289 ppm, que corresponden a un suelo con contenido alto, y el pH 6.9 determinado por el método potenciómetro corresponde a un suelo de reacción ligeramente ácido. Asimismo, el suelo de acuerdo al porcentaje de arena, limo y arcilla corresponde a la clase textural Franco Arcilloso.

El análisis de suelo se realizó con el objetivo de determinar la fórmula de los niveles de abonamiento con NPK para el presente trabajo de investigación.

2.5 MATERIAL GENÉTICO

El material genético estuvo conformado de catorce colecciones de Achita panoja guinda erecta, que fueron coleccionadas de las distintas partes de nuestra región.

Las colecciones fueron realizadas por la Estación Experimental Canaán del Instituto Nacional de Innovación Agraria – INIA, mediante su Programa de Mejoramiento de Cultivos Andinos, haciendo un total de 14 tratamientos que se detallan a continuación según el Cuadro 2.3

Cuadro 2.3 tratamiento y lugar de procedencia de los cultivares

Número Parcelas	Número Variedad	Tratamiento	Ecotipos y/o colectas	Repetición I	Origen
1	CKA-006	T1	CKA-006	1	Condoray
2	CKA-004	T2	CKA-004	2	Condoray
3	CKA-003	T3	CKA-003	3	Tinte-Bajo
4	CKA-064	T4	CKA-064	4	Chihuampampa
5	CKA-059	T5	CKA-059	5	Cochari-acocra
6	CKA-007	T6	CKA-007	6	Andaraccay
7	CKA-009	T7	CKA-009	7	Tinte
8	CKA-012	T8	CKA-012	8	Condoray
9	CKA-030	T9	CKA-030	9	Chiringa S.M.
10	CKA-026	T10	CKA-026	10	Chiringa S. M.
11	CKA-011	T11	CKA-011	11	Tambo Bamba
12	CKA-013	T12	CKA-013	12	Andaraccay
13	CKA-008	T13	CKA-008	13	Andaraccay
14	CKA-065	T14	CKA-065	14	Chihuampampa
15	Compuesto ♂	T15		Compuesto ♂	

2.6 UNIDAD EXPERIMENTAL

Estuvo conformada de una planta de la Achita, para tal propósito se instaló plantas sembradas en un surco de 4 m de largo, con 0.80 m de distancia entre surcos y una densidad de siembra de 4 kg/ha para todos los cultivares, se condujo cada surco con 10 a 20 plantas por metro lineal. El diseño estadístico utilizado para la evaluación de los variables de productividad fue el Diseño Completamente Randomizado con su respectiva prueba de Tukey (0.05) y la evaluación de la selección por caracteres se analizó mediante la regresión múltiple con selección de variables por el método Stepwise.

2.7 CARACTERÍSTICAS DEL CAMPO DE EXPERIMENTO

a) DE LA PARCELA

- Ancho de la parcela	4.0 m
- Largo de la parcela	23.20m
- Área de parcela	92.8 m ²
- Número de surcos por parcela	29.0
- Distancia entre surcos	0.80 m
- Largo de surco	4.0 m

b) DE LAS CALLES

- Largo de la calle	23.20 m
- Ancho de la calle	1.0 m
- Área de la calle	23.20 m ²

c) AREA DEL EXPERIMENTO

- Área efectiva del bloque	92.8 m ²
- Área total del campo	116.0 m ²

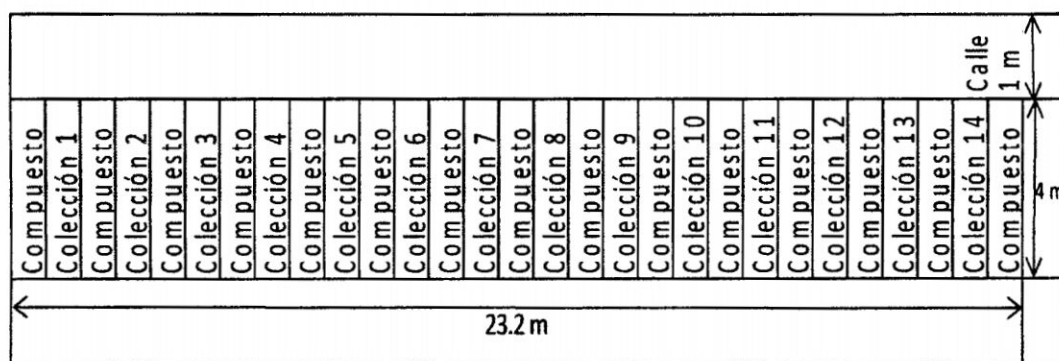


Figura 2.2 Esquema de la parcela de los catorce cultivares de Achita

(*Amaranthus caudatus* L.) de panoja guinda erecta.

2.8 TAMAÑO DE MUESTRA

Cada población base estuvo conformado de 60 plantas, excepto el compuesto que fue de 840. El tamaño de muestra estuvo basado en las correspondientes fórmulas de tamaño de muestra.

Tamaño de muestra para caracteres cualitativos:

$$n = \frac{NPQ}{(N-1)\left(\frac{B}{Z}\right)^2 + PQ} = \frac{60 * 0.95 * 0.05}{(60-1)\left(\frac{0.125}{1.96}\right)^2 + 0.95 * 0.05} = 9 \text{ Plantas}$$

Dónde:

- N= Tamaño de la población
- P= Proporción de plantas típicas esperada (95% =0.95)
- Q=Proporción de plantas atípicas esperada (5% = 0.05)
- Z= 1.96 valor de Z para 95% de confianza
- B= Error absoluto

Tamaño de muestra para caracteres cuantitativos:

$$n = \frac{N\sigma^2}{(N-1)\left(\frac{B}{Z}\right)^2 + \sigma^2} = \frac{60 * 144}{(60-1)\left(\frac{5}{1.96}\right)^2 + 144} = 16 \text{ Plantas}$$

Dónde:

- N= Tamaño de la población
- P= Proporción de plantas típicas esperada (95% =0.95)
- Q=Proporción de plantas atípicas esperada (5% = 0.05)
- Z= 1.96 valor de Z para 95% de confianza

- B= Error absoluto

Por lo tanto, para caracteres cualitativos se tomó una muestra de 10 plantas, y para caracteres cuantitativos se tomó 16 plantas.

2.9 INSTALACIÓN Y CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO

a) Preparación de Terreno

La preparación del terreno se realizó el día 18 de febrero del 2010, con una pasada de arado de discos y dos pasadas de rastra en forma cruzada dejando el terreno desterronado, mullido y nivelado.

b) Delimitación del Campo Experimental

Se delimitó mediante el estacado y marcado el 20 de febrero del 2010, de acuerdo al croquis del campo experimental. Los materiales empleados fueron la cinta métrica, yeso, estacas y cordel; con los cuales se procedieron a dividir las parcelas en un total de 29 unidades experimentales. Los surcos estuvieron distanciados a 80 cm con una longitud de 4m cada parcela.

c) Desinfección de las Semillas

Esta labor fue realizada el 21 de febrero del 2010 en la cual las semillas fueron desinfectadas con el producto VITAVAX con una dosis de 5 gr por 1 kg de semilla, con la finalidad de prevenir enfermedades de tipo fungoso, para tal efecto se utilizó un recipiente con agua en donde se procedió a humedecer las semillas para luego espolvorear el producto

removiendo constantemente hasta lograr que el producto cubra las semillas por completo, para finalmente llevar a orear al sol durante dos o tres minutos.

d) Abonamiento

La extracción de nutriente para el cultivo de Achita aún no está determinado por lo que se ha aproximado a otro cultivo (Quinua), considerándolo 80-30-75 de NPK (Pariona, 1992). Y de acuerdo a los cálculos realizados tomando en consideración el análisis de suelo y la extracción de nutrientes por el cultivo de Achita, el resultado obtenido de los niveles de abonamiento fue de 80-30-75 NPK para el presente trabajo de investigación (Anexo 1).

El abonamiento se realizó con la aplicación de fertilizantes comerciales que se realizó en el momento de la siembra y aporque empleando la fórmula de abonamiento calculado. Los fertilizantes requeridos fueron 151.69 Kg de Urea agrícola (45 % N), 65.22 Kg de Fosfato Di Amónico (46% P₂O₅ y 18 %N), 125 Kg de Cloruro de Potasio (60% K₂O), cálculo realizado en base a una hectárea. La mezcla se aplicó a chorro continuo en el fondo de los surcos de las parcelas experimentales procediéndose luego a cubrir con una delgada capa de tierra. El Nitrógeno se aplicó en dos partes (en la siembra la 1/2N que equivale a 62.80 Kg de Urea Agrícola más 65.22 Kg de Fosfato Di Amónico y en el aporque la 1/2N que equivale a 88.89 Kg de Urea Agrícola). El Fósforo se aplicó todo a la siembra, lo mismo que el Potasio.

Por la presencia de plantas pequeñas y débiles en algunas colecciones durante el crecimiento, se aplicó como complemento el producto de Grow More Premium 20-20-20 NPK + vitaminas + aminoácidos + micronutrientes quelatizados con una dosis de 90 gr. por mochila de una capacidad de 15 litros y el abono foliar líquido Bayfolan 11-8-6 NPK con una dosis de 100 a 200 ml por mochila de 20 litros. Esta aplicación de abono foliar se realizó con el propósito de tener plantas bien nutridas y que tengan un buen desarrollo y crecimiento.

e) Siembra

Se llevó a cabo el 22 de febrero del 2010 en forma manual, a chorro continuo en los surcos de las unidades experimentales con una cantidad de tres gramos por surco de cuatro metros de largo, lo que equivale aproximadamente a una densidad de seis kilogramos de semilla por hectárea. Luego se procedió a cubrir con una ligera capa de tierra y su respectivo riego con una regadora.

f) Desahije

El desahije se efectuó a los 10 a 15 días después de la siembra, cuando las plantas alcanzaron una altura de 20 cm, eliminando las plantas que tuvieron poco crecimiento y desarrollo para luego dejar 20 plantas por metro lineal aproximadamente. Esta labor se aprovechó para eliminar las plantas poco desarrolladas, enfermas, plantas que no presentan rasgos similares de los cultivares.

g) Control de Malezas

Se realizó para evitar la competencia de las malezas con el cultivo en cuanto a luz, agua, nutrientes, espacio, daños por plagas y enfermedades, y se realizó el deshierbo de la parcela oportunamente tres veces durante todo el ciclo de vida de la planta en forma manual, utilizando herramientas de labranza (azadón).

h) Aporque y Cambio de Surco

Se realizó el aporque y a la vez el cambio de surco, aproximadamente a los 32 días después de la siembra, cuando las plantas presentaron una altura de 20 a 25 cm. Esta actividad se aprovechó para la aplicación de la segunda dosis de nitrógeno; procediéndose a cubrir la base de las plantas con cantidad suficiente de suelo, para un mayor sostenimiento y anclaje de las plantas.

i) Riegos

La aplicación de los riegos en el presente trabajo de investigación, se realizó desde la siembra hasta la madurez fisiológica del cultivo, de acuerdo a las necesidades del cultivo las que se determinaron mediante observaciones directas en el campo, la frecuencia de riegos en este trabajo de investigación dependía mucho de la presencia o ausencia de las precipitaciones debido a ello no se tuvo fechas exactas para la realización de esta actividad muy importante.

j) Control Fitosanitario

- **Plagas**

En el transcurso de los primeros dos meses se tuvo problema de insectos coleópteros (*Diabrotica decolor*) y la mosca minadora (*Liriomyza sativae*), lo cual se procedió a controlar en cuatro oportunidades con el producto CYPERKLIN 25 CE (cipermetrina) con una dosis de 15 cc y un adherente de 5 cc, para una mochila de 15 litros. Siendo las fechas de aplicación el 6 de marzo (12 días después de la siembra), 24 de marzo (30 días después de la siembra), 3 de abril (40 días después de la siembra) y 17 de abril (54 días después de la siembra) del 2010.

- **Enfermedades**

Entre la etapa de la emergencia y la formación de las cuatro hojas verdaderas en los catorce cultivares se presentó problemas de enfermedades fungosas como *Fusarium* spp, *Rhizoctonia solani* lo cual se procedió a controlar con el producto RIDOMIL® GOLD MZ 68 WG (*Metalaxyl-M*), con una dosis de 36 gramos y un adherente de 5 ml para una mochila de 15 litros. Se realizó el control al momento de la germinación, en el desahije y en el momento del aporque.

k) Cosecha

La cosecha se realizó previa evaluación de la madurez de la planta según los parámetros, el 20 de junio del 2010 (118 días después de la siembra). Se procedió a cortar las panojas seleccionadas guardando las panojas en costales con su respectiva etiqueta de identificación. El secado se hizo al sol sobre secaderos, posteriormente se procedió a la trilla en forma

manual para luego ventear y seguidamente para realizar el pesado de las muestras en una balanza analítica.

2.10 CRITERIOS DE EVALUACIÓN

2.10.1 Caracterización morfológica

Se evaluaron los caracteres morfológicos de la planta, tallo, panoja, inflorescencia y grano según descriptores morfológicos (Anexo 2) de IPGRI e IFAD elaborado por el Dr. S. K James en el 2005. En el Range Science Department, University of California, USA. Con la finalidad de obtener mejores resultados en la caracterización morfológica del cultivo.

2.10.2 Caracteres de precocidad

- a) **Dos hojas verdaderas (dds).** Se registró los días transcurridos entre la fecha de siembra y cuando más del 50 % de plantas en observación presentan dos hojas verdaderas. Un criterio para determinar esta fase fue cuando las plántulas presentan hojas extendidas por lo menos en la tercera parte de su tamaño.
- b) **Cuatro hojas verdaderas (dds).** Se registró los días transcurridos entre la fecha de siembra y cuando más del 50 % de plantas en observación presentan cuatro hojas verdaderas. Un criterio para determinar esta fase fue cuando las plántulas presentan hojas extendidas por lo menos en la tercera parte de su tamaño.
- c) **Seis hojas verdaderas (dds).** Se registró los días transcurridos entre la fecha de siembra y cuando más del 50 % de plantas en observación presentan seis hojas verdaderas. Un criterio para

determinar esta fase fue cuando las plántulas presentan hojas extendidas por lo menos en la tercera parte de su tamaño.

- d) Inicio de ramificación (dds).** Se contabilizó los días transcurridos desde la siembra hasta que más del 50% de las plantas en observación presentan ramificación.
- e) Inicio de panojamiento (dds).** Se contabilizó los días transcurridos desde la siembra hasta que más del 50% de las plantas en observación presentan panojamiento. Para determinar este estado el ápice de la inflorescencia debía estar visible en el extremo del tallo.
- f) Inicio de floración (dds).** Se registró los días transcurridos entre la fecha de siembra y cuando más del 50 % de plantas en observación presentan flores con emisión de estambres. Un criterio para determinar fue cuando al menos una flor se encuentra abierta mostrando los estambres separados y el estigma completamente visible.
- g) Grano lechoso (dds).** Se registró los días transcurridos entre la fecha de siembra y cuando más del 50 % de plantas en observación presentan grano lechoso. Un criterio para determinar esta etapa fue cuando las semillas al ser presionadas entre los dedos dejan salir un líquido lechoso.
- h) Grano pastoso (dds).** Se registró los días transcurridos entre la fecha de siembra y cuando más del 50 % de plantas en observación presentan grano pastoso. Un criterio para determinar esta fase fue cuando las semillas al ser presionadas entre los dedos presentan una consistencia pastosa de color blanquecino.

- i) **Madurez fisiológica (dds).** Se registró los días transcurridos entre la fecha de siembra y cuando más del 50 % de plantas en observación presentan madurez fisiológica. Un criterio para determinar la madurez fisiológica aún no ha sido establecido; el cambio de color de la panoja es uno de los indicadores más utilizado. Otra es cuando las semillas son duras y no es posible enterrarles la uña o al sacudir la panoja, las semillas ya maduras caen.
- j) **Madurez de cosecha (dds).** Se registró los días transcurridos entre la fecha de siembra y cuando más del 50% de plantas en observación presenten madurez de cosecha. Las hojas senescen y caen, la planta tiene un aspecto seco de color café. Generalmente se espera que disminuya la humedad de la semilla.

2.10.3 Caracteres de productividad. Se evaluaron diez plantas que representan a una extensión de 3.2 m² para cada cultivar.

- a) **Longitud de la panoja (cm).** Se realizó la medida (cuando más del 50% de plantas en observación se encuentra en la etapa de madurez fisiológica) entre la base de la panoja y el extremo distal, se evaluó a diez plantas para cada cultivar.
- b) **Altura de planta (cm).** Se realizó la medida entre el cuello de la raíz y la base de la panoja principal, se tomó la medida de diez plantas para cada cultivar. Esta medida se obtuvo cuando más del 50% de plantas en observación se encuentra en la etapa de madurez fisiológica.

- c) **Longitud a la octava hoja (cm).** Se realizó la medida entre la base del peciolo y el ápice de la hoja, se tomó la medida de diez hojas para cada cultivar. Esta medida se obtuvo cuando más del 50% de plantas en observación se encuentra en la etapa de octava hoja.
- d) **Ancho a la octava hoja (cm).** Se realizó la medida en el ancho de del área foliar de la hoja, se tomó la medida de diez hojas para cada cultivar. Esta medida se obtuvo cuando más del 50% de plantas en observación se encuentra en la etapa de octava hoja.
- e) **Díámetro de panoja (cm).** Se realizó la medida (cuando más del 50% de plantas en observación se encuentra en la etapa de madurez fisiológica), de la parte más ancha de la panoja de diez plantas para cada cultivar.
- f) **Peso de mil semillas (g).** Se tomaran tres repeticiones del peso de cien semillas por muestra, luego serán expresadas en peso de mil semillas.
- g) **Peso de grano/panoja (g).** Luego de la trilla de las panojas cosechadas por separado de las diez plantas evaluadas se registró el peso de grano por panoja.
- h) **Tamaño de grano (mm).** Se realizó la medida con el instrumento de medida de vernier. se tomó la medida de diez semillas para cada cultivar.
- i) **Peso de panoja (g).** Las panojas de diez plantas evaluadas para cada cultivar se cosecharon por separado, las mismas que servirán

para determinar el peso de la panoja (esta actividad se realizó durante la etapa de madurez de cosecha).

- j) **Rendimiento (Kg/Ha).** Se registró el peso del grano por panoja trillado, venteado y con una humedad comercial, esta medida mediante cálculos matemáticos se expresó en kg/ha.

2.11 ANÁLISIS GENÉTICO

2.11.1 Selección por caracteres

Se seleccionó de todas las variables originales aquellas que son realmente relevantes, para lo cual se hizo uso del método estadístico de **stepwise**, (o regresión por pasos). Este método utiliza una combinación de tres procedimientos, en cada paso se introduce o elimina una variable dependiendo de la significación de su capacidad discriminatoria. Permite además la posibilidad de “arrepentirse” de decisiones tomadas en pasos anteriores, bien sea eliminando del conjunto seleccionado la variable introducida en un paso anterior del procedimiento, bien sea seleccionando una variable previamente eliminada. Este método busca los subconjuntos de mayor capacidad clasificatoria según diferentes criterios.

El procedimiento general consiste en los siguientes pasos:

- a. Cálculo de la suma de cuadrados de la regresión de todo el modelo (incluye todas las variables independientes).
- b. Cálculo de la suma de cuadrados de la regresión con la variable

independiente más importante.

- c. Cálculo de la suma de cuadrados de la regresión con las variables restantes por diferencia del modelo total y la variable más importante.

2.11.2 Cálculo de las variancias genéticas

Se realizó mediante el siguiente esquema de análisis

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADO MEDIO
CULTVAR	13	CMc
ERROR	126	Cme
TOTAL	139	

$$\sigma_e^2 = CMe/r$$

$$\sigma_g^2 = (CMc - CMe)/r$$

$$\sigma_p^2 = \sigma_g^2 + \sigma_e^2$$

Dónde:

σ_g^2 = Variancia genética

σ_e^2 = Variancia ambiental

σ_p^2 = Variancia fenotípica

r = Número de repeticiones

CMe = Cuadrado medio del error

CMc = Cuadrado medio del cultivar

2.11.3 Cálculo de la Heredabilidad

El cálculo de la Heredabilidad se realizó con la siguiente fórmula:

$$h^2 = \frac{\sigma_g^2}{\sigma_g^2 + \sigma_e^2}$$

Dónde:

h^2 =Heredabilidad

σ_g^2 =Variancia genética

σ_e^2 =Variancia ambiental

σ_p^2 =Variancia fenotípica

2.11.3 Calculo de la ganancia por selección

Se calculó haciendo uso de la siguiente fórmula:

$$GS = \frac{(\bar{X}S - \bar{X}P)}{2} \times h^2$$

Dónde:

$\bar{X}S$ =Promedio del rendimiento de la selección.

$\bar{X}P$ =Promedio del rendimiento poblacional.

h^2 =heredabilidad

2.11.4 Calculo del promedio de la población mejorada

Se calculó haciendo uso de la siguiente fórmula:

$$\bar{X}Pm = \bar{X}P + GS$$

Dónde:

$\bar{X}P$ =Promedio del rendimiento poblacional.

GS = Ganancia por selección.

$\bar{X}P_m$ = Promedio de la población mejorada

2.12. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis estadístico de las variables de productividad se realizaron mediante el análisis de variancia correspondiente al Diseño Experimental Completamente Randomizado (DCR) y la prueba de contraste se realizó mediante la prueba de Tukey; la selección y respuesta a la selección se analizaron mediante la Regresión Múltiple y Análisis de Variancia en el Diseño Completamente Randomizado para el cálculo de los parámetros genéticos (variancia, ganancia por selección, promedio de la población mejorada y heredabilidad); la caracterización morfológica se analizó mediante la estadística descriptiva, también se hizo el agrupamiento de datos por el dendograma.

CAPITULO III

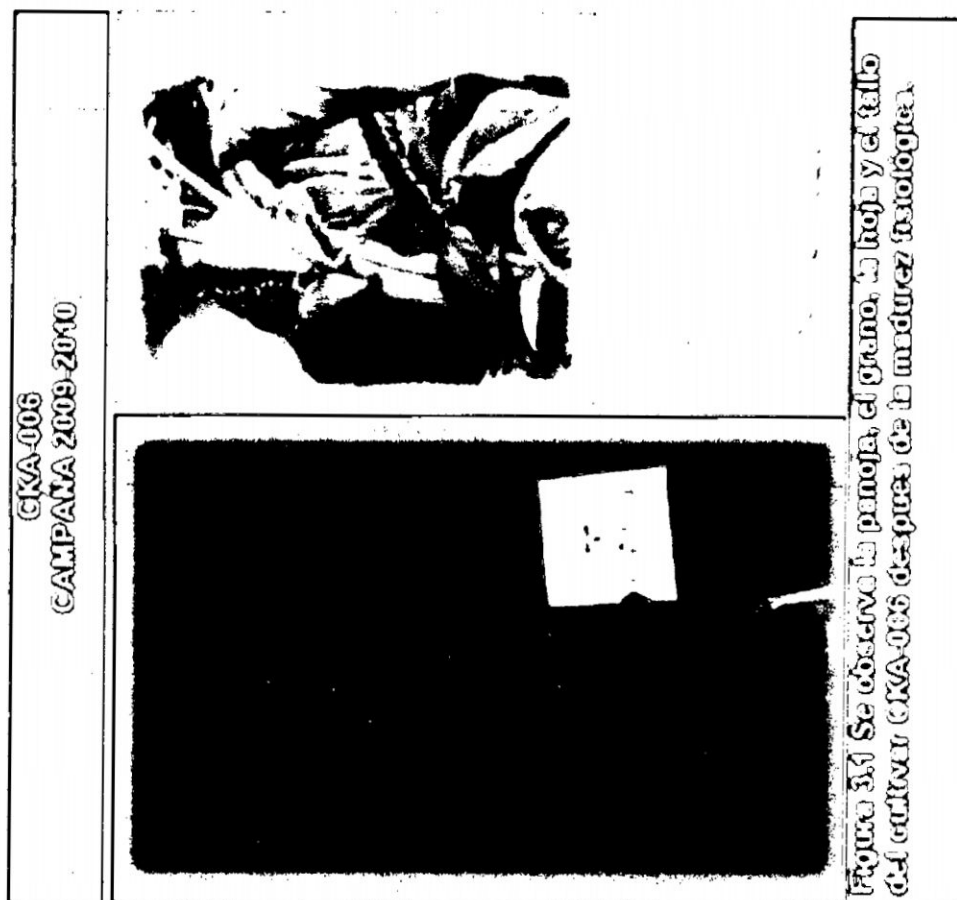
RESULTADOS Y DISCUSIONES

3.1 CARACTERIZACION MORFOLÓGICA

La caracterización morfológica de cada uno de los cultivares de Achita evaluados en el presente trabajo de investigación se detallan a continuación en la siguiente figura de agrupamiento de variables cualitativos y cuantitativos de los catorce cultivares de Achita panoja guinda erecta.

Según las Figuras (3.1 al 3.14) se observa las características morfológicas de los catorce cultivares de Achita, donde están conformados por los cultivares CKA-006, CKA-009, CKA-012, CKA-030, CKA-004, CKA-007, CKA-064, CKA-059, CKA-026, CKA-011, CKA-008, CKA-013, CKA-003 y CKA-065, también se presenta la panoja, grano, hoja y tallo.

Figura 3.1 Caracteres morfológicos del cultivar CKA-006 en Canaán-INIA a 2735 msnm, Ayacucho.



CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS	VARIABLE
Habito de crecimiento de la planta	Erecto
Índice de ramificación de la planta	Ramas a lo largo del tallo
Tipo de raíz	Ramificada
Pubescencia en el tallo	Escasa
Pigmentación en la etapa vegetativa del tallo	Verde
Espinas en las axilas de las hojas	Ausentes
Pubescencia en las hojas	Ninguna
Pigmentación en las hojas	Verde común
Forma de las hojas	Lanceolada
Margen de las hojas	Entero
Prominencia de la nervadura de las hojas	Rugosa
Pigmentación del peciolo de la hoja	Morado oscuro
Forma de la inflorescencia apical	Espiga
Posición de la inflorescencia apical	Erecta
Presencia de la inflorescencia axial	Presente
Índice de densidad de la inflorescencia	Intermedia
Color de la inflorescencia	Rojo
Color de la semilla	Amarillo claro
Tipo de cubierta de la semilla	Translúcida
Forma de la semilla	Redonda
Tasa de germinación de la semilla	Lenta
Derrame de grano en el campo	Bajo
Altura de planta (cm)	118.80
Longitud de panoja (mm)	518.00
Peso de mil semillas (gr)	1.20
Peso de panoja (gr)	108.07

Figura 3.2 Caracteres morfológicos del cultivar CKA-004 en Canzán-INIA a 2735 msnm, Aysacucho.

CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS		VARIABLE
Habito de crecimiento de la planta		Erecto
Indice de ramificación de la planta		Ramas a lo largo del tallo
Tipo de raíz		Ramificada
Pubescencia en el tallo		Escasa
Presentación en la etapa vegetativa del tallo		Verde con manchas moradas
Espinas en las axilas de las hojas		Ausentes
Pubescencia en las hojas		Ninguna
Presentación en las hojas		Verde carmín
Forma de las hojas		Lanceolada
Margen de las hojas		Entero
Prominencia de la nervadura de las hojas		Rugosa
Presentación del peciolo de la hoja		Marado oscuro
Forma de la inflorescencia apical		Espiga
Posición de la inflorescencia apical		Erecta
Presencia de la inflorescencia axilar		Ausente
Indice de densidad de la inflorescencia		Intermedia
Color de la inflorescencia		Rojo
Color de la semilla		Amarillo claro
Tipo de cubierta de la semilla		Translúcida
Forma de la semilla		Redonda
Tasa de germinación de la semilla		Lenta
Derrama de grano en el campo		Bajo
Altura de planta (cm)		112.90
Longitud de panocha (mm)		502.00
Peso de mil semillas (gr)		0.95
Peso de panocha (gr)		122.74

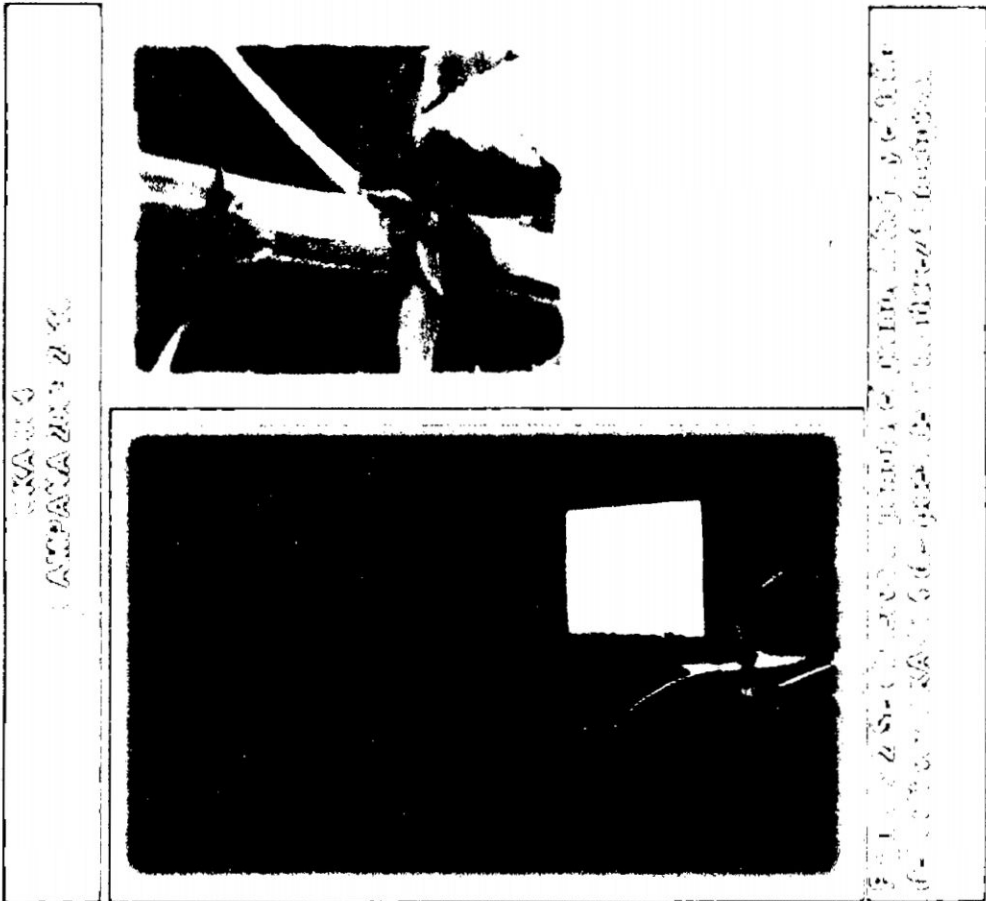


Figura 3.3 Caracteres morfológicos del cultivar CKA-003 en Canaán-INIA a 2735 msnm, Ayacucho

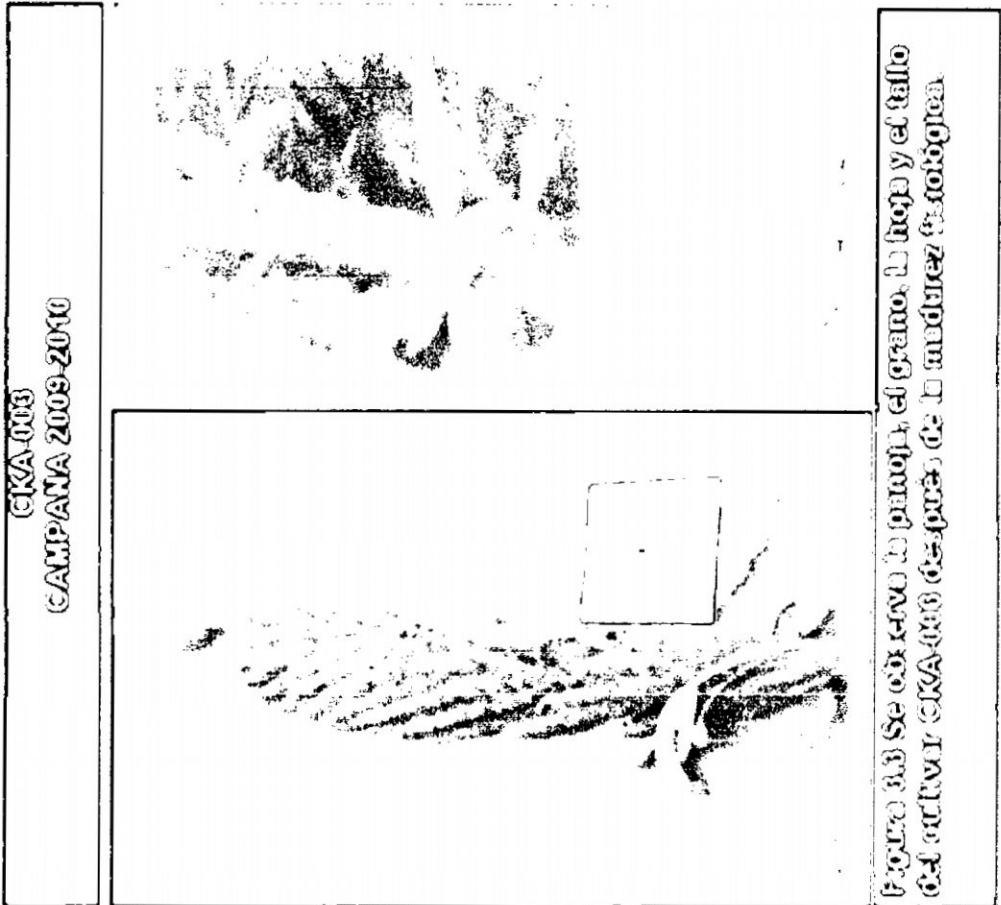
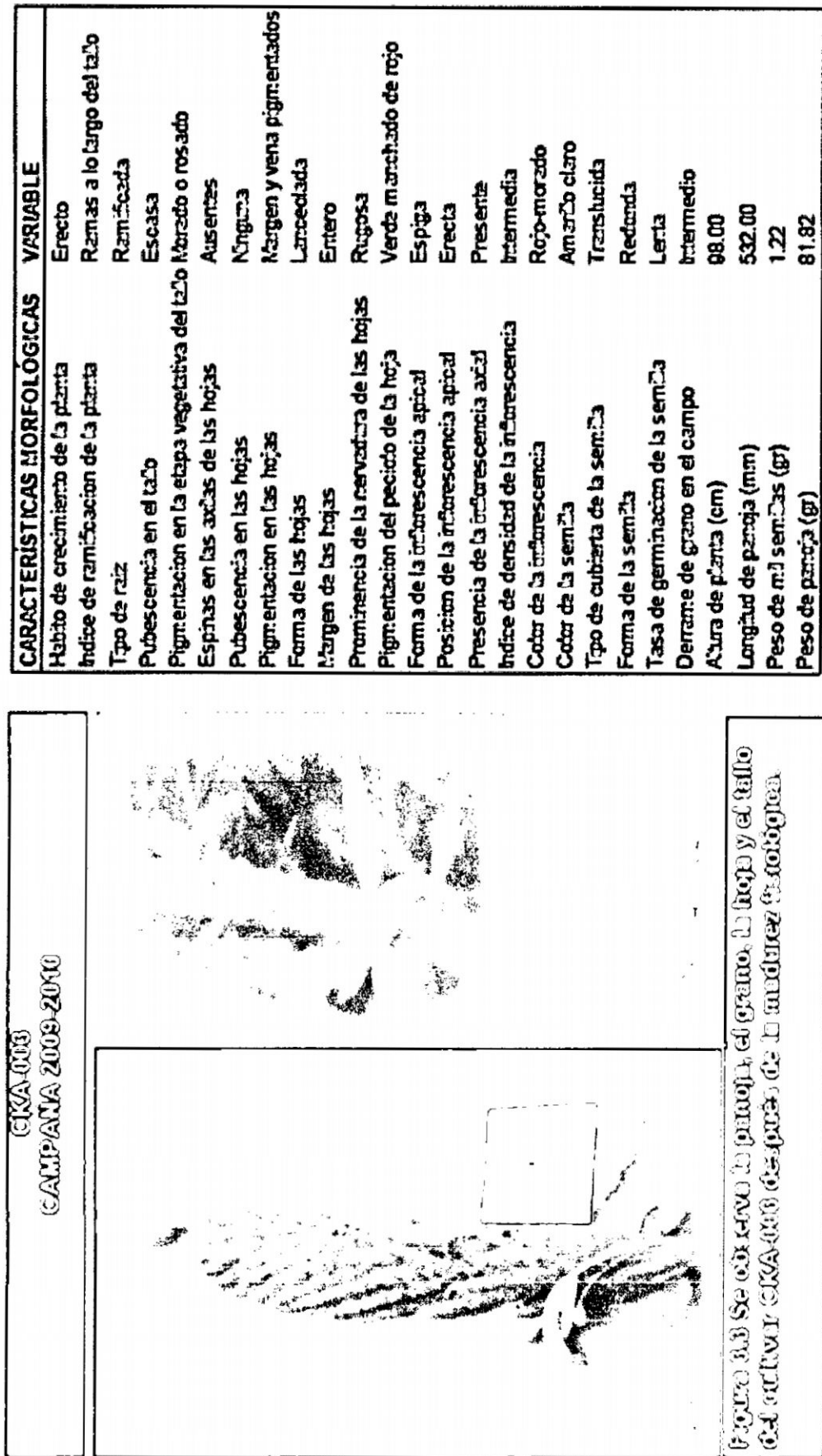
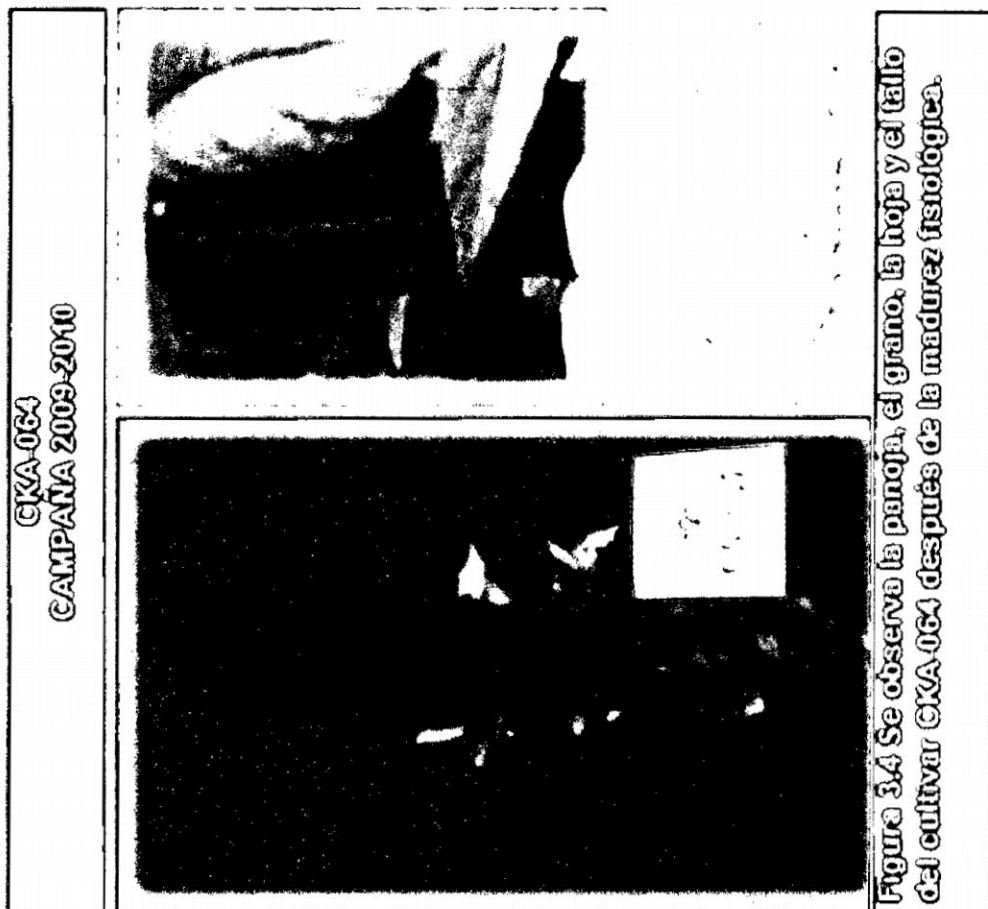


FIGURA 3.3 Se observó la panocha, el grano, la hoja y el tallo del cultivar CKA-003 después de la madurez fisiológica.

Figura 3.4 Caracteres morfológicos del cultivar CKA-064 en Canaán-INIA a 2735 msnm, Ayacucho.



CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS	VARIABLE
Hábito de crecimiento de la planta	Erecto
Índice de ramificación de la planta	Ramas a lo largo del tallo
Tipo de raíz	Ramificada
Pubescencia en el tallo	Escasa
Pigmentación en la etapa vegetativa del tallo	Morado o rosado
Espinas en las axilas de las hojas	Ausentes
Pubescencia en las hojas	Ninguna
Pigmentación en las hojas	Verde común
Forma de las hojas	Lanceolada
Margen de las hojas	Enterio
Prominencia de la nervadura de las hojas	Rugosa
Pigmentación del peciolo de la hoja	Morado oscuro
Forma de la inflorescencia apical	Espiga
Posición de la inflorescencia apical	Erecta
Presencia de la inflorescencia axial	Presente
Índice de densidad de la inflorescencia	Intermedia
Color de la inflorescencia	Rojo-morado
Color de la semilla	Amarillo claro
Tipo de cubierta de la semilla	Translúcida
Forma de la semilla	Redonda
Tasa de germinación de la semilla	Lenta
Derrame de grano en el campo	Bajo
Altura de planta (cm)	94.40
Longitud de panoja (mm)	447.00
Peso de mil semillas (gr)	1.15
Peso de panoja (gr)	71.56

Figura 3.5 Caracteres morfológicos del cultivar CKA-059 en Canaán-INIA a 2735 msnm, Ayacucho.

CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS	VARIABLE
Habito de crecimiento de la planta	Erecto
Índice de ramificación de la planta	Ramias a lo largo del tallo
Tipo de raíz	Ramificada
Pubescencia en el tallo	Escasa
Pigmentación en la etapa vegetativa del tallo	Verde con manchas moradas
Espinas en las axilas de las hojas	Ausentes
Pubescencia en las hojas	Ninguna
Pigmentación en las hojas	Verde comun
Forma de las hojas	Lanceolada
Margen de las hojas	Entero
Prominencia de la nervadura de las hojas	Rugosa
Pigmentación del peciolo de la hoja	Morado oscuro
Forma de la inflorescencia apical	Espiga
Posición de la inflorescencia apical	Erecta
Presencia de la inflorescencia axial	Ausente
Índice de densidad de la inflorescencia	Intermedia
Color de la inflorescencia	Rojo
Color de la semilla	Amarillo claro
Tipo de cubierta de la semilla	Translúcida
Forma de la semilla	Redonda
Tasa de germinación de la semilla	Lenta
Derriame de grano en el campo	Intermedio
Altura de planta (cm)	108.10
Longitud de panoja (mm)	465.00
Peso de mil semillas (gr)	1.30
Peso de panoja (gr)	106.12

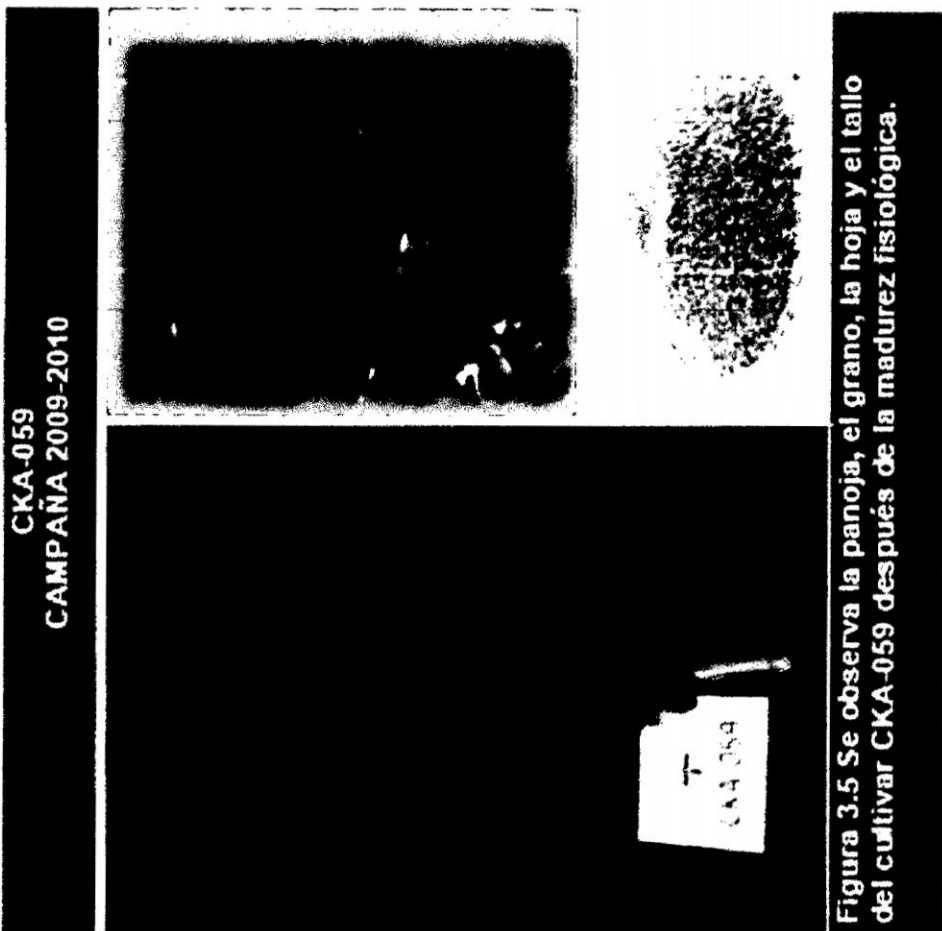


Figura 3.5 Se observa la panoja, el grano, la hoja y el tallo del cultivar CKA-059 después de la madurez fisiológica.

Figura 3.6 Caracteres morfológicos del cultivar CKA-007 en Canaán-INIA a 2735 msnm, Ayacucho.

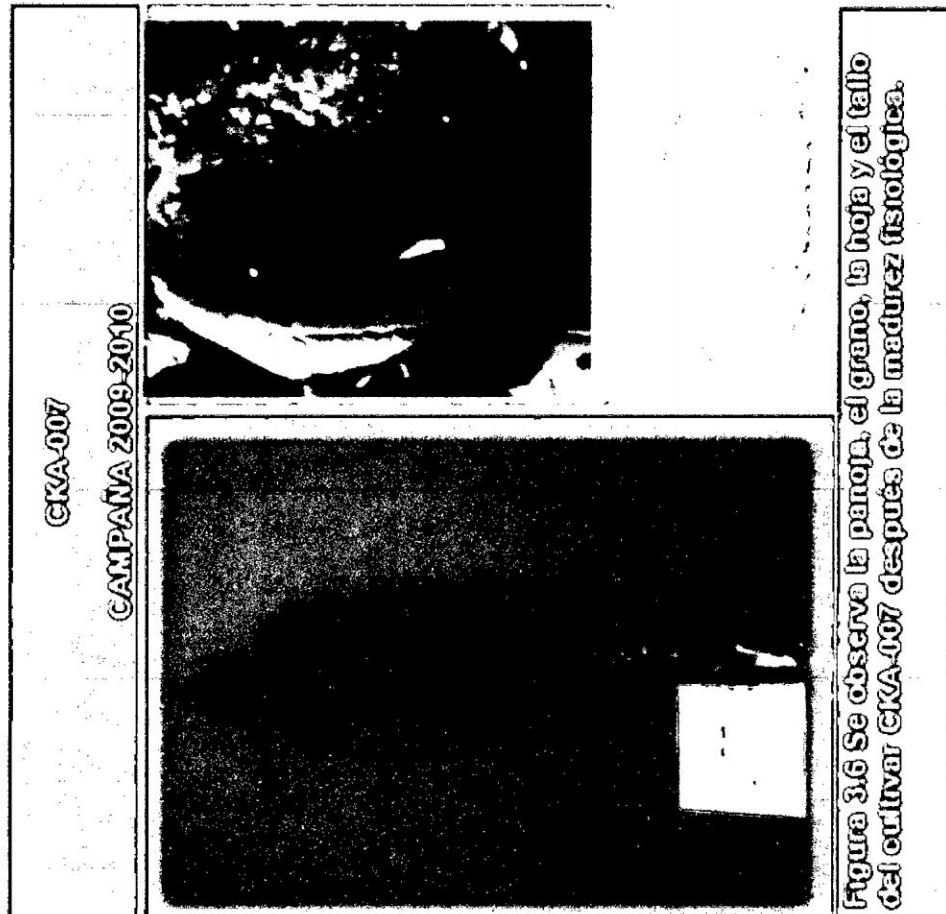


Figura 3.6 Se observa la panoja, el grano, la hoja y el tallo del cultivar CKA-007 después de la madurez fisiológica.

CARACTERISTICAS MORFOLOGICAS	VARIABLE
Habito de crecimiento de la planta	Erecto
Índice de ramificación de la planta	Ramas a lo largo del tallo
Tipo de raíz	Ramificada
Pubescencia en el tallo	Escasa
Pigmentación en la etapa vegetativa del tallo	Verde con manchas moradas
Esponas en las axilas de las hojas	Ausentes
Pubescencia en las hojas	Ninguna
Pigmentación en las hojas	Verde común
Forma de las hojas	Lanceolada
Margen de las hojas	Erecto
Prominencia de la nervadura de las hojas	Rugosa
Pigmentación del peciolo de la hoja	Morado oscuro
Forma de la inflorescencia apical	Espiga
Posición de la inflorescencia apical	Erecta
Presencia de la inflorescencia axil	Ausente
Índice de densidad de la inflorescencia	Densa
Color de la inflorescencia	Rojo
Color de la semilla	Amarillo claro
Tipo de cubierta de la semilla	Translúcida
Forma de la semilla	Redonda
Tasa de germinación de la semilla	Lenta
Derrame de grano en el campo	Bajo
Altura de planta (cm)	107.10
Longitud de panoja (mm)	531.00
Peso de mil semillas (gr)	1.00
Peso de panoja (gr)	139.42

Figura 3.7 Caracteres morfológicos del cultivar CKA-009 en Cerdón-INIA a 2735 msnm, Ayacucho.



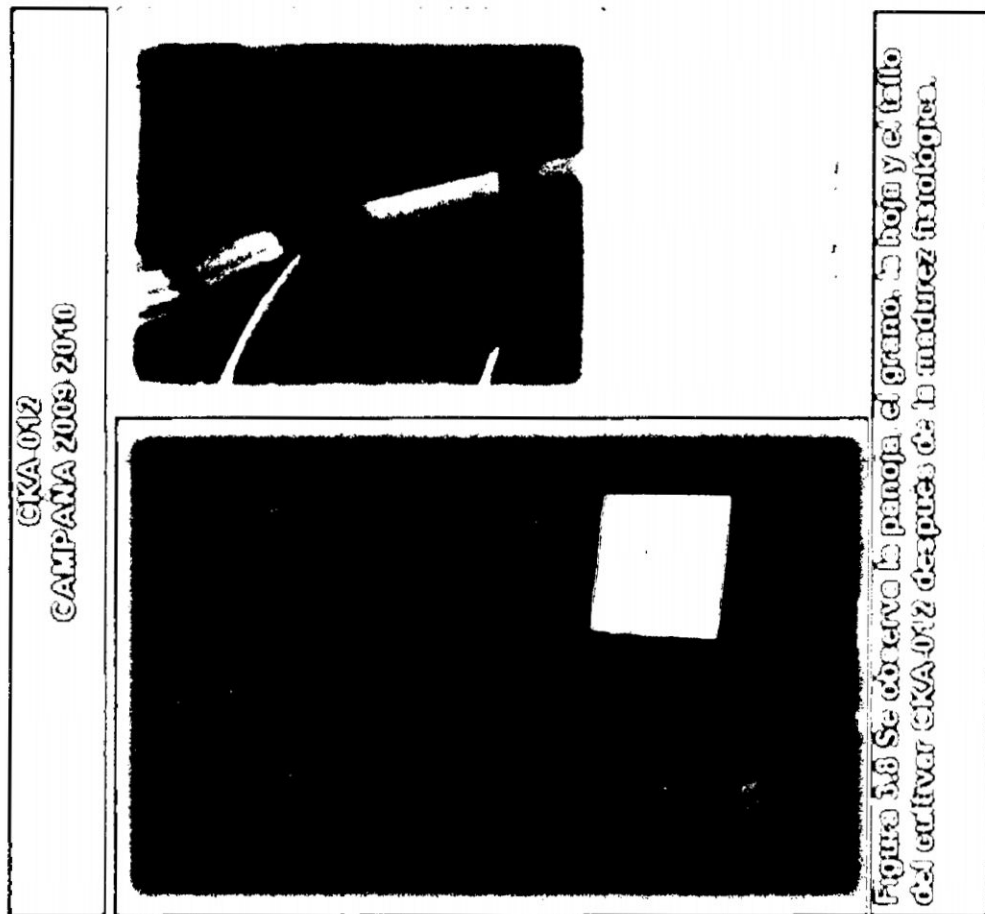
CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS		VARIABLE
Habito de crecimiento de la planta		Erecto
Índice de ramificación de la planta		Ramas a lo largo del tallo
Tipo de raíz		Ramificada
Pubescencia en el tallo		Escasa
Pigmentación en la etapa vegetativa del tallo		Verde
Espinas en las axilas de las hojas		Ausentes
Pubescencia en las hojas		Ninguna
Pigmentación en las hojas		Verde común
Forma de las hojas		Lanceolada
Margen de las hojas		Entero
Prominencia de la nervadura de las hojas		Rugosa
Pigmentación del peciolo de la hoja		Morado oscuro
Forma de la inflorescencia apical		Espiga
Posición de la inflorescencia apical		Erecta
Presencia de la inflorescencia axial		Ausente
Índice de densidad de la inflorescencia		Intermedia
Color de la inflorescencia		Rojo
Color de la semilla		Amarillo claro
Tipo de cubierta de la semilla		Translúcida
Forma de la semilla		Redonda
Tasa de germinación de la semilla		Lenta
Derribe de grano en el campo		Bajo
Altura de planta (cm)		121.90
Longitud de panocha (mm)		478.00
Peso de mil semillas (gr)		1.28
Peso de panocha (gr)		192.24

Figura 3.8 Caracteres morfológicos del cultivar CKA-012 en Canaán-INIA a 2735 msnm, Ayacucho.



CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS	VARIABLE
Habito de crecimiento de la planta	Erecto
Índice de ramificación de la planta	Ramas a lo largo del tallo
Tipo de raíz	Ramificada
Pubescencia en el tallo	Escasa
Pigmentación en la etapa vegetativa del tallo	Verde
Espinas en las axilas de las hojas	Ausentes
Pubescencia en las hojas	Ninguna
Pigmentación en las hojas	Verde común
Forma de las hojas	Lanceolada
Margen de las hojas	Entero
Prominencia de la nervadura de las hojas	Rugosa
Pigmentación del peciolo de la hoja	Morado oscuro
Forma de la inflorescencia apical	Espiga
Posición de la inflorescencia apical	Erecta
Presencia de la inflorescencia axial	Ausente
Índice de densidad de la inflorescencia	Intermedia
Cólor de la inflorescencia	Rojo-morado
Cólor de la semilla	Amarillo claro
Tipo de cubierta de la semilla	Translúcida
Forma de la semilla	Redonda
Tasa de germinación de la semilla	Lenta
Derriame de grano en el campo	Bajo
Altura de planta (cm)	107.30
Longitud de panoja (mm)	501.00
Peso de ml semillas (gr)	1.22
Peso de panoja (gr)	143.88

Figura 3.9 Caracteres morfológicos del cultivar CKA-030 en Cansán-INIA a 2735 msnm, Ayacucho.

CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS	VARIABLE
Hábito de crecimiento de la planta	Prostrado
Índice de ramificación de la planta	Raras a lo largo del tallo
Tipo de raíz	Ramificada
Pubescencia en el tallo	Escasa
Pigmentación en la etapa vegetativa del tallo	Verde
Espinas en las axilas de las hojas	Ausentes
Pubescencia en las hojas	Ninguna
Pigmentación en las hojas	Verde común
Forma de las hojas	Lanceolada
Margen de las hojas	Entero
Prominencia de la nervadura de las hojas	Rugosa
Pigmentación del peciolo de la hoja	Murado oscuro
Forma de la inflorescencia apical	Espiga
Posición de la inflorescencia apical	Erecta
Presencia de la inflorescencia axial	Presente
Índice de densidad de la inflorescencia	Intermedia
Color de la inflorescencia	Rojo
Color de la semilla	Amarillo claro
Tipo de cubierta de la semilla	Transúcida
Forma de la semilla	Redonda
Tasa de germinación de la semilla	Lenta
Derrame de grano en el campo	Intermedio
Altura de planta (cm)	121.00
Longitud de panocha (mm)	554.00
Peso de mil semillas (gr)	1.15
Peso de panocha (gr)	147.21

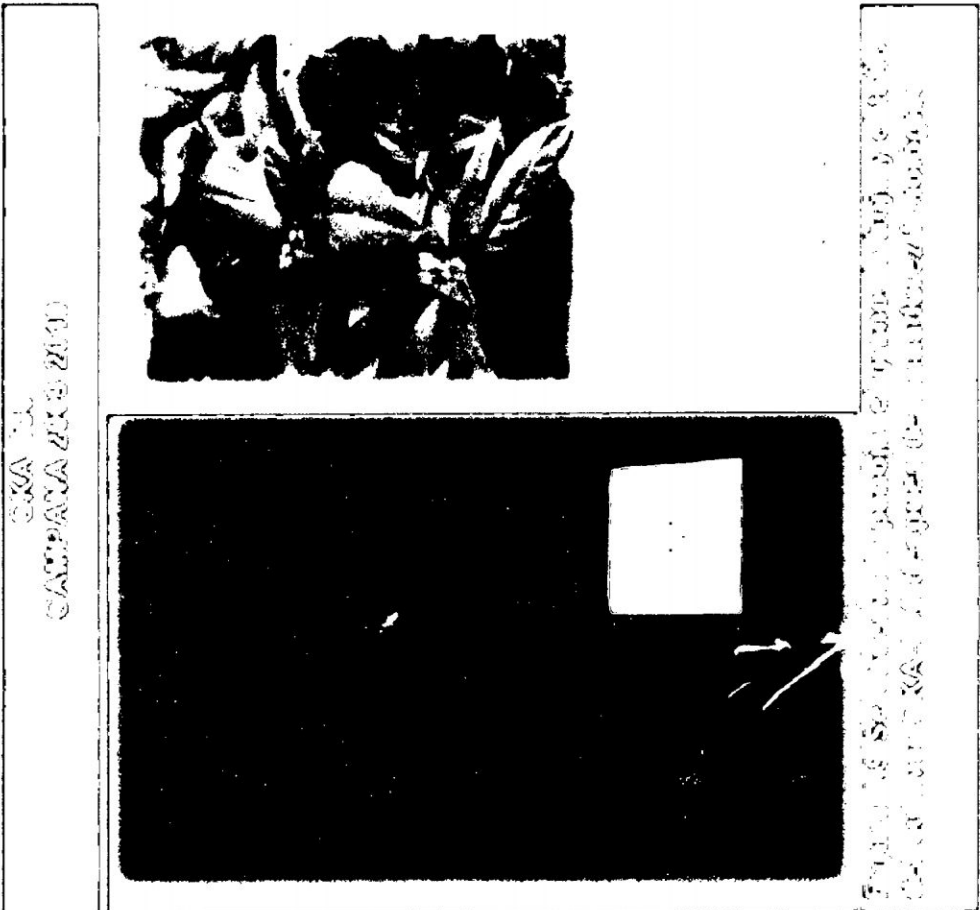


Figura 3.10 Caracteres morfológicos del cultivar CKA-026 en Canaán-INIA a 2735 msnm, Ayacucho.

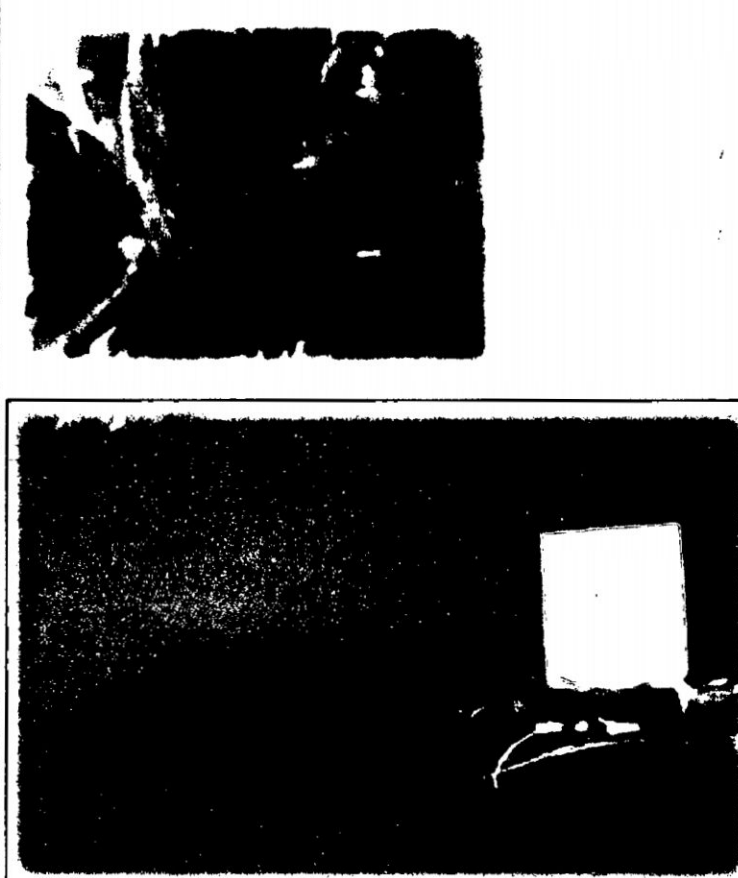
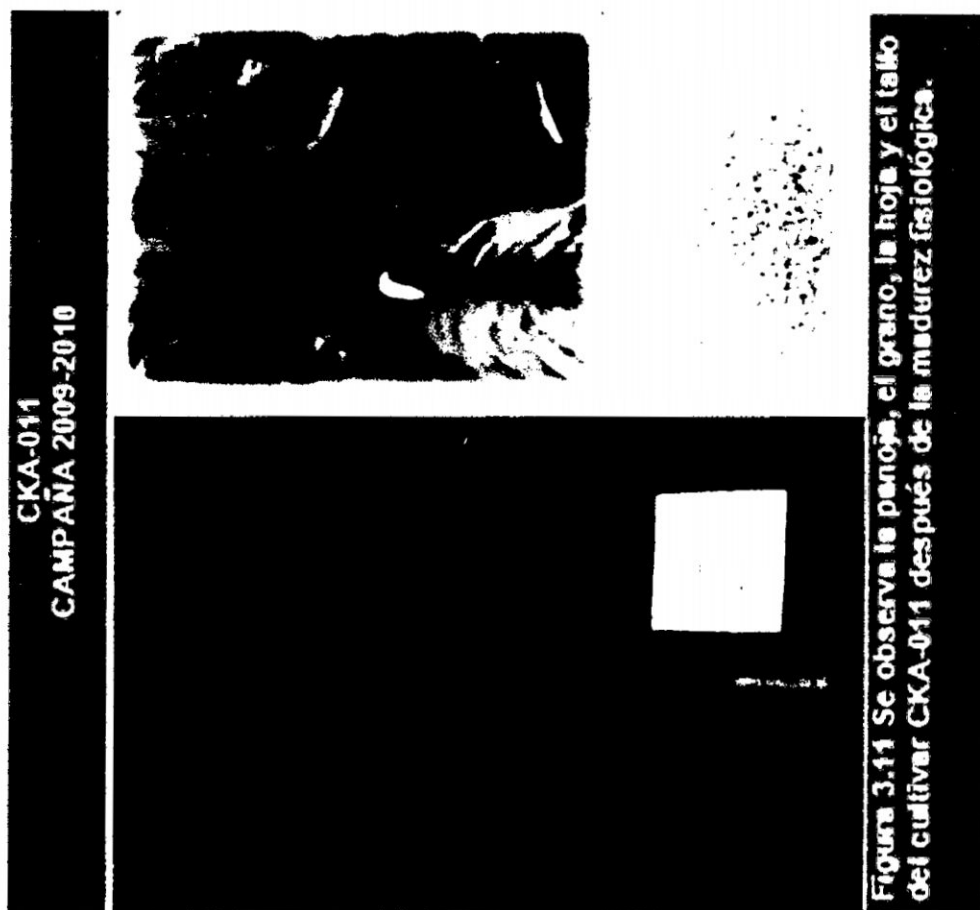
CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS		VARIABLE
		
Habito de crecimiento de la planta		Erecto
Índice de ramificación de la planta		Ramas a lo largo del tallo
Tipo de raíz		Ramificada
Pubescencia en el tallo		Escasa
Pigmentación en la etapa vegetativa del tallo		Verde con manchas moradas
Esquinas en las axilas de las hojas		Ausentes
Pubescencia en las hojas		Ninguna
Pigmentación en las hojas		Verde común
Forma de las hojas		Lanceolada
Margen de las hojas		Entero
Prominencia de la nervadura de las hojas		Rugosa
Pigmentación del peciolo de la hoja		Morado oscuro
Forma de la inflorescencia apical		Espiga
Posición de la inflorescencia apical		Erecta
Presencia de la inflorescencia axial		Presente
Índice de densidad de la inflorescencia		Intermedia
Color de la inflorescencia		Rojo-morado
Color de la semilla		Amarillo claro
Tipo de cubierta de la semilla		Translúcida
Forma de la semilla		Redonda
Tasa de germinación de la semilla		Lenta
Derrame de grano en el campo		Bajo
Altura de planta (cm)		121.00
Longitud de panoja (mm)		513.00
Peso de mil semillas (gr)		1.40
Peso de panoja (gr)		101.37

Foto 1. Se observó el cultivo CKA-026 en el campo. Foto 2. Detalle de la inflorescencia y las hojas del cultivar CKA-026 después de la madurez fisiológica.

Figura 3.11 Caracteres morfológicos del cultivar CKA-011 en Canaán-INIA a 2735 msnm, Ayacucho.



CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS	VARIABLE
Habito de crecimiento de la planta	Erecto
Índice de ramificación de la planta	Ramas a lo largo del tallo
Tipo de raíz	Ramificada
Pubescencia en el tallo	Escasa
Pigmentación en la etapa vegetativa del tallo	Verde con manchas moradas
Espinas en las axilas de las hojas	Ausentes
Pubescencia en las hojas	Ninguna
Pigmentación en las hojas	Verde comun
Forma de las hojas	Lanceolada
Margen de las hojas	Entero
Prominencia de la nervadura de las hojas	Rugosa
Pigmentación del peciolo de la hoja	Morado oscuro
Forma de la inflorescencia apical	Espiga
Posición de la inflorescencia apical	Erecta
Presencia de la inflorescencia axial	Presente
Índice de densidad de la inflorescencia	Intermedia
Color de la inflorescencia	Rojo
Color de la semilla	Amarillo claro
Tipo de cubierta de la semilla	Transúcida
Forma de la semilla	Redonda
Tasa de germinación de la semilla	Lenta
Derrame de grano en el campo	Bajo
Altura de planta (cm)	117.20
Longitud de panaja (mm)	482.00
Peso de mil semillas (gr)	1.25
Peso de panaja (gr)	102.69

Figura 3.12 Caracteres morfológicos del cultivar CKA-013 en Canaán-INIA a 2735 msnm, Ayacucho.

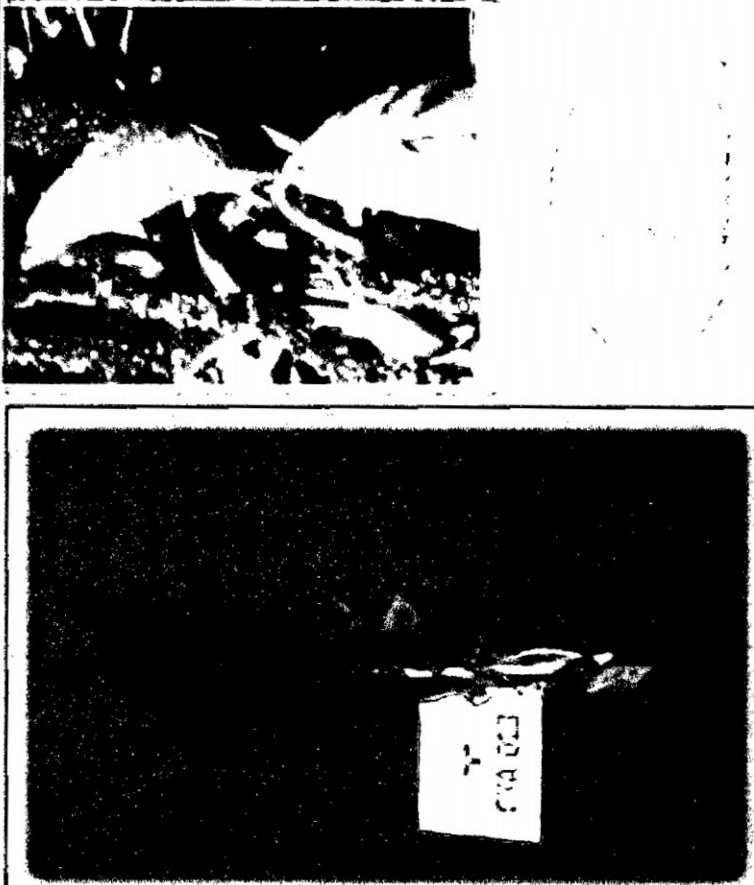
CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS		VARIABLE
<p>CKA-013 CAMPAÑA 2009-2010</p> 	Habito de crecimiento de la planta	Erecto
	Índice de ramificación de la planta	Ramas a lo largo del tallo
	Tipo de raíz	Ramificada
	Pubescencia en el tallo	Escasa
	Pigmentación en la etapa vegetativa del tallo	Verde con manchas moradas
	Espinas en las axilas de las hojas	Ausentes
	Pubescencia en las hojas	Ninguna
	Pigmentación en las hojas	Verde comun
	Forma de las hojas	Lanceolada
	Margen de las hojas	Entero
	Prominencia de la nervadura de las hojas	Rugosa
	Pigmentación del peciolo de la hoja	Morado oscuro
	Forma de la inflorescencia apical	Espiga
	Posición de la inflorescencia apical	Erecta
	Presencia de la inflorescencia axial	Presente
	Índice de densidad de la inflorescencia	Intermedia
	Color de la inflorescencia	Rojo
Color de la semilla	Amarillo claro	
Tipo de cubierta de la semilla	Translúcida	
Forma de la semilla	Redonda	
Tasa de germinación de la semilla	Lenta	
Derrame de grano en el campo	Intermedio	
Altura de planta (cm)	118,00	
Longitud de panoja (mm)	473,00	
Peso de mil semillas (gr)	0,95	
Peso de panoja (gr)	98,17	

Figura 3.12 Se observa la panoja, el grano, la hoja y el tallo del cultivar CKA-013 después de la madurez fisiológica.

Figura 3.13 Caracteres morfológicos del cultivar CKA-008 en Cancha-INIA a 2735 msnm, Ayacucho.

CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS	VARIABLE
Habito de crecimiento de la planta	Erecto
Índice de ramificación de la planta	Ramificado
Tipo de raíz	Ramificada
Pubescencia en el tallo	Escasa
Pigmentación en la etapa vegetativa del tallo	Verde con manchas moradas
Espinas en las axilas de las hojas	Ausentes
Pubescencia en las hojas	Ninguna
Pigmentación en las hojas	Verde común
Forma de las hojas	Lanceolada
Margen de las hojas	Entero
Prominencia de la nervadura de las hojas	Rugosa
Pigmentación del peciolo de la hoja	Morado oscuro
Forma de la inflorescencia apical	Espiga
Posición de la inflorescencia apical	Erecta
Presencia de la inflorescencia axial	Presente
Índice de densidad de la inflorescencia	Intermedia
Color de la inflorescencia	Rojo
Color de la semilla	Amarillo claro
Tipo de cubierta de la semilla	Translúcida
Forma de la semilla	Redonda
Tasa de germinación de la semilla	Lenta
Derrame de grano en el campo	Bajo
Altura de planta (cm)	115.00
Longitud de panocha (mm)	447.00
Peso de m ² semillas (gr)	1.25
Peso de panocha (gr)	65.63

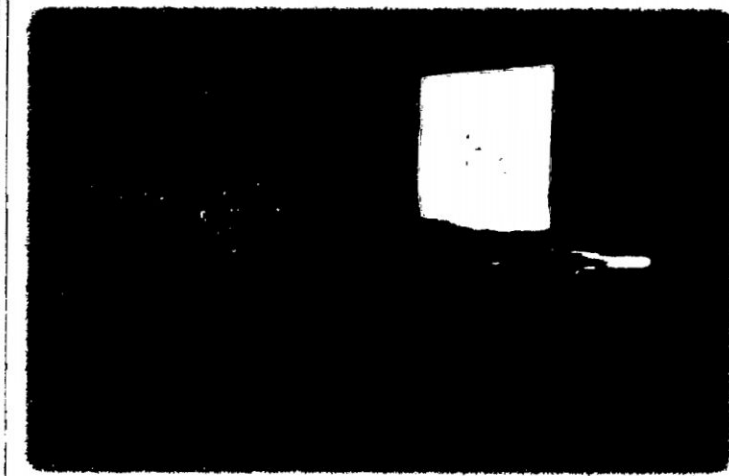
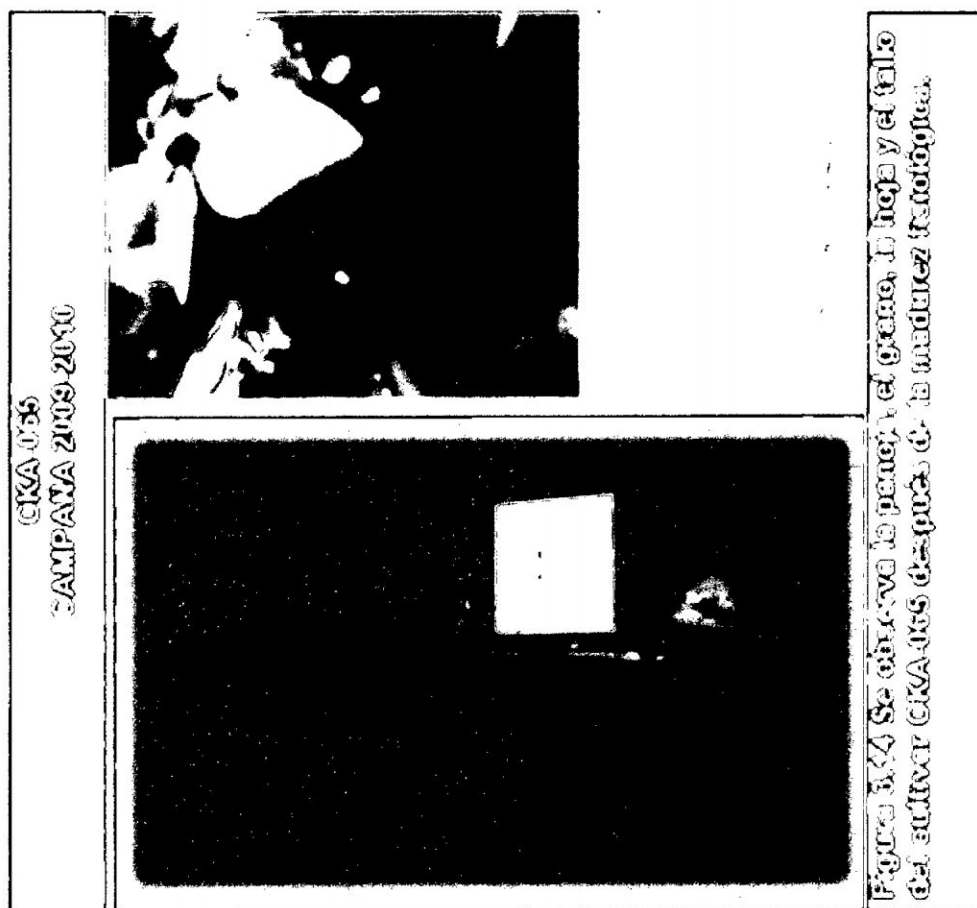


Figura 3.14 Sección transversal de la raíz de la semilla de la variedad CKA-008. Se muestra la presencia de la raíz principal y las raíces secundarias.

Figura 3.14 Caracteres morfológicos del cultivar CKA-065 en Canaán-INIA a 2735 msnm, Ayacucho.



CARACTERÍSTICAS MORFOLOGICAS	VARIABLE
Habito de crecimiento de la planta	Erecto
Modo de ramificación de la planta	Ramitas a lo largo del tallo
Tipo de raíz	Ramificada
Pubescencia en el tallo	Escasa
Pigmentación en la etapa vegetativa del tallo	Morado o rosado
Esquinas en las axilas de las hojas	Ausentes
Pubescencia en las hojas	Ninguna
Pigmentación en las hojas	Margen y vena pigmentados
Forma de las hojas	Lanceolada
Margen de las hojas	Entero
Prominencia de la nervadura de las hojas	Rugosa
Pigmentación del peciolo de la hoja	Verde manchado de rojo
Forma de la inflorescencia apical	Espiga
Posición de la inflorescencia apical	Erecta
Presencia de la inflorescencia axilar	Presente
Indice de densidad de la inflorescencia	Intermedia
Color de la inflorescencia	Rojo
Color de la semilla	Amarillo claro
Tipo de cubierta de la semilla	Translúcida
Forma de la semilla	Redonda
Tasa de germinación de la semilla	Lenta
Derrame de grano en el campo	Año
Altura de planta (cm)	93.50
Longitud de panocha (mm)	384.00
Peso de mil semillas (gr)	1.15
Peso de panocha (gr)	68.27

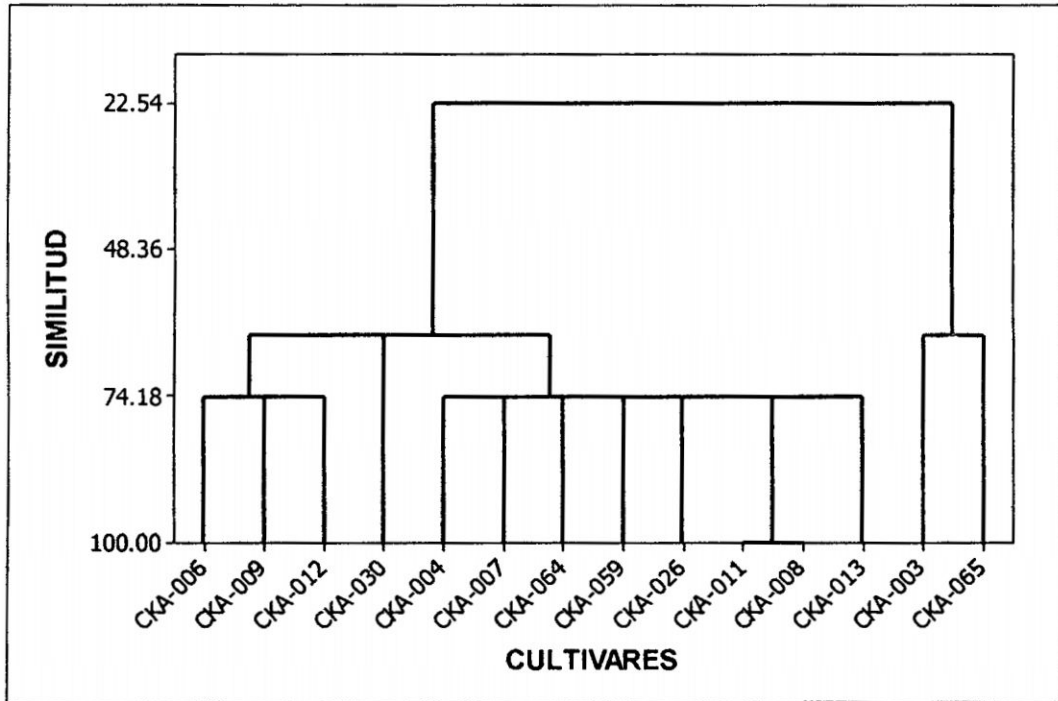


Figura 3.15 Dendrograma de agrupamiento de catorce cultivares de Achita de panoja guinda erecta, según sus veinte cuatro datos variables de caracteres cuantitativos.

Según el dendrograma de la Figura 3.15 se observa que a una distancia de 63.49 % los catorce cultivares motivo de investigación se agrupan en dos grupos, el primero conformado por CKA-006, CKA-009, CKA-012, CKA-030, CKA-004, CKA-007, CKA-064, CKA-059, CKA-026, CKA-011, CKA-008, CKA-013 y el segundo grupo conformado por CKA-003, CKA-065 que son similares en algún características cuantitativas o cualitativas. Y a una distancia de 74.18 % el primer grupo forma dos conglomerados, donde el primer conglomerado está formado por los cultivares CKA-006, CKA-009, CKA-012 y el segundo conformado por CKA-004, CKA-007, CKA-064, CKA-059, CKA-026, CKA-011, CKA-008 y CKA-013 que son similares estos cultivares.

A una distancia del 100 % son similares los cultivares CKA-011 y CKA-008 en todos sus veinte cuatro datos variables de características cuantitativas. En cuanto a los caracteres cualitativos, los 14 cultivares son similares. Al respecto menciona **POEHLMAN Y ALLEN (2005)**, que los cultivares seleccionadas y cosechadas son normalmente uniformes en cuanto a caracteres cualitativos pero en caracteres cuantitativos como el rendimiento, tamaño o la calidad la variación depende de las variaciones genéticas.

3.2. CARACTERÍSTICAS DE PRECOCIDAD

Las características de precocidad en el presente trabajo de investigación fueron evaluados desde los días de emergencia hasta los días de madurez de cosecha, se realizó con el propósito de determinar el periodo vegetativo de los cultivares que se muestran en el Cuadro 3.1.

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN
CRISTÓBAL DE HUAMANGA
BIBLIOTECA**

Cuadro 3.1. Características de precocidad en días desde la formación de hojas hasta la madurez comercial de catorce cultivares de achita (*Amaranthus caudatus* L.) de panoja guinda erecta. Canaán-Inia 2735 msnm – Ayacucho.

Cultivar	Dos hojas (dds)	Cuatro hojas (dds)	Seis hojas (dds)	Inicio ramificación (dds)	Inicio panojamiento (dds)	Inicio floración (dds)	Grano lechoso (dds)	Grano pastoso (dds)	Madurez fisiológica (dds)	Madurez cosecha (dds)
CKA-006	14	19	23	32	42	54	74	90	97	118
CKA-004	14	19	23	32	42	54	74	90	97	118
CKA-003	14	18	22	30	40	50	70	86	93	114
CKA-064	14	18	22	30	40	50	70	86	93	114
CKA-059	14	18	22	30	40	52	70	88	95	116
CKA-007	14	18	22	30	41	52	72	88	95	116
CKA-009	14	18	22	30	41	52	72	88	95	116
CKA-012	14	18	22	30	41	52	72	88	95	116
CKA-030	14	18	22	30	41	52	72	88	95	116
CKA-026	14	18	22	30	41	52	72	88	95	116
CKA-011	14	18	22	30	41	52	72	88	95	116
CKA-013	14	19	23	32	41	52	72	88	95	116
CKA-008	14	18	22	30	40	50	70	86	93	114
CKA-065	14	17	21	30	38	48	68	84	91	112

Se observa las características de precocidad, de los catorce cultivares del presente trabajo de investigación que se menciona lo siguiente de acuerdo al Cuadro 3.1

a) La presentación de las dos hojas verdaderas, se comportó de manera uniforme en los catorce cultivares en estudio, que presentaron a los catorce días después de la siembra.

En el presente trabajo de investigación se puede observar igual precocidad con respecto a lo reportado por **Zúñiga, R (2012)**, que la presentación de las dos hojas verdaderas se presenta uniformemente a los catorce días después de la siembra lo cual se puede atribuir esta similitud principalmente a la influencia del medio ambiente en que se condujo el experimento, de alta luminosidad y baja humedad como es el centro experimental de Canaán-INIA.

b) Los cultivares en presentar cuatro hojas verdaderas, a los 19 días después de la siembra son CKA-006, CKA-004, CKA-013 y el cultivar CKA-065 a los 17 días y el resto de los cultivares presentaron a los 18 días después de la siembra. En el presente trabajo de investigación se puede observar igual precocidad con respecto a lo reportado por **Zúñiga, R (2012)**, que la presentación de las cuatro hojas verdaderas inician aproximadamente a los 19 días después de la siembra lo cual se puede atribuir esta similitud principalmente a la influencia del medio ambiente en que se condujo el experimento, de alta luminosidad y baja humedad como es el centro experimental de Canaán-INIA.

c) Los seis hojas verdaderas precozmente, a los 21 días se presentó en el cultivar CKA-065 a los 23 días se presentó en los cultivares CKA-

006, CKA-004, CKA-013 y el resto de los cultivares presentaron a los 22 días.

Zúñiga, R (2012), reporta en su investigación la presentación de las seis hojas verdaderas inician alrededor de los 22 días seguidamente después de la siembra lo cual se puede atribuir esta similitud principalmente a la influencia del medio ambiente en que se condujo el experimento, de alta luminosidad y baja humedad como es el centro experimental de Canaán-INIA.

d) El inicio de ramificación, los cultivares que presentaron a los 32 días son CKA-006, CKA-004, CKA-013 y el resto a los 30 días después de la siembra.

Zúñiga, R (2012), reporta en su investigación que el inicio de ramificación inicia aproximadamente a los 30 días seguidamente después de la siembra lo cual se puede atribuir esta similitud principalmente a la influencia del medio ambiente en que se condujo el experimento, de alta luminosidad y baja humedad como es el centro experimental de Canaán-INIA.

e) El inicio de panojamiento, el cultivar en presentar a los 38 días fue CKA-065 seguido de los cultivares CKA-003, CKA-064, CKA-059, CKA-008 que presentaron a los 40 días, los cultivares CKA-006, CKA-004 a los 42 días y el resto de los cultivares a los 41 días después de la siembra. En el presente trabajo de investigación se puede observar

mayor precocidad con respecto a lo mencionado por Mateu, W (2010).
Guía de Tuberosas y Granos Andinos FCA-UNSC Ayacucho, Perú.

Indica que, este estado se observa entre 50 y 70 días después de siembra, considerando los nutrientes del suelo así como las condiciones climáticas de cada zona.

f) Inicio de floración, ocurrió entre 48 a 52 días, el cultivar CKA-065 siendo el más precoz de todos los cultivares con 38 días desde la siembra en presentar la floración seguido por los cultivares CKA-003, CKA-064, CKA-008 con 50 días en los cultivares CKA-006, CKA-004, con 54 días y el resto de los cultivares a los 52 días después de la siembra. En el presente trabajo de investigación se puede observar mayor precocidad con respecto a lo mencionado por **Tenorio (1996)**, que el periodo de plena floración comienza aproximadamente a los 62.5 a 88.5 días después de la siembra; lo cual se puede atribuir esta diferencia principalmente a la influencia del medio ambiente en que se condujo el experimento, de alta luminosidad y baja humedad como es el centro experimental de Canaán-INIA y en menor grado a los caracteres intrínsecos de estas colecciones, debido a que el experimento fue instalado en el mes de febrero, presentándose déficit de humedad en los meses de abril, mayo, junio por la presencia de escasas precipitaciones acelerando de esta manera el ciclo vegetativo de los cultivares.

Andrango, J (1986) indica que, las inflorescencias del amaranto aparecen a los 90-95 días considerando los nutrientes del suelo y los

aportados por el agricultor así como las condiciones climáticas de cada zona.

g) El cultivar más precoz en llegar al estado de grano lechoso y pastoso a los 68 y 81 días respectivamente, fue el cultivar CKA-064, seguido por los cultivares CKA-003, CKA-064, CKA-008, con 70 y 86 días respectivamente y los cultivares CKA-006, CKA-004 con 74 y 90 respectivamente y el del resto de los cultivares presentaron grano lechoso y pastoso a los 72 y 88 días después de la siembra respectivamente.

Zúñiga, R (2012), reporta en su investigación de tesis que llegaron a esta etapa en 68 días después de la siembra lo cual se puede atribuir esta similitud principalmente a la influencia del medio ambiente en que se condujo el experimento, de alta luminosidad y baja humedad como es el centro experimental de Canaán-INIA.

h) Así mismo el cultivar más precoz en presentar la madurez fisiológica, fue CKA-065 a los 91 días después de la siembra, seguido por los cultivares CKA-003, CKA-064, CKA-008 con 93 días después de la siembra, los cultivares CKA-059, CKA-007, CKA-009, CKA-012, CKA-030, CKA-026, CKA-011, CKA-013 con 95 días después de la siembra, y los demás cultivares que presentaron a los 97 días después de la siembra la madurez fisiológica fue tardíamente en comparación con los demás cultivares. En el presente trabajo de investigación se puede observar mayor precocidad con respecto a lo

mencionado por **Pariona (1992)** quien reporto los cultivares de su investigación que llegaron a esta etapa en 115 días después de la siembra; este resultado es debido a que el cultivo presento un acelerado ciclo vegetativo al no ser sembrado en su época correspondiente en el cual tuvo una gran influencia la falta de precipitaciones durante su ciclo de desarrollo vegetativo. Frente a los resultados obtenidos se puede decir, que no existe diferencia significativa entre los diferentes cultivares respecto a su fenología, caracterizándose todas como cultivares precoces.

- i) **La madurez de cosecha**, se presentó en un rango de 112 a 118 días después de la siembra.

En el presente trabajo de investigación se puede observar mayor precocidad con respecto a lo mencionado por **INIAP (1998)** quien reporto los cultivares de su investigación que llegó a esta etapa en 125-180 días después de la siembra, lo cual se puede atribuir esta diferencia principalmente a la influencia del medio ambiente en que se condujo el experimento, de alta luminosidad y baja humedad como es el centro experimental de Canaán-INIA y en menor grado a los caracteres intrínsecos de estas colecciones, debido a que el experimento fue instalado en el mes de febrero, presentándose déficit de humedad en los meses de abril, mayo, junio por la presencia de escasas precipitaciones acelerando de esta manera el ciclo vegetativo de los cultivares.

3.3 CARACTERES DE PRODUCTIVIDAD

3.3.1 Análisis de varianza de los variables de productividad

Se realizó el análisis de varianza (ANVA) en el Diseño Completamente Randomizado para cada variable de productividad motivo de estudio para el presente trabajo de investigación como se muestra en el Cuadro 3.2.

Cuadro 3.2, se analiza los caracteres de productividad mediante los cuadrados medios para cada variable evaluado. Se observa que existe una diferencia significativa alta en los parámetros evaluados de; longitud de panoja, altura de planta, longitud octava hoja, ancho octava hoja, peso grano/panoja, tamaño de grano, peso de panoja y rendimiento experimental de grano; en dichos variables hay por lo menos un promedio de los tratamientos que se diferencia de los otros a excepción para el variable peso de mil semillas que resulta significativo; por lo que se realizó la prueba de contraste de Tukey (0.05) para establecer las diferencias o semejanzas entre los diferentes promedios de los caracteres evaluados de los cultivares en estudio.

Cuadro 3.2 Cuadrados medios del análisis de variancia de variables de productividad en los catorce cultivares de Achita de panoja guinda erecta.										
CUADRADOS MEDIOS										
FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	Longitud de panoja (mm)	Altura de planta (cm)	Longitud octava hoja (cm)	Ancho octava hoja (cm)	Peso de mil semillas (g)	Peso de grano/panoja (g)	Tamaño de Grano (mm)	Peso de panoja (g)	Rendimiento Kg/Ha
Cultivar	13	19305.55 **	2591.01 **	10.82 **	4.44 **	0.20 *	553.09 **	0.05 **	6573.27 **	12444708.80 **
Error	126	5393.25	89.71	2.90	0.54	0.11	110.70	0.01	2293.49	2490677.70
Total	139									
CV (%)		15,06	6,16	6,92	9,43	28,12	28,64	5,96	43,57	28,64
Promedio		487,64	153,86	24,59	7,80	1,17	36,74	1,36	109,92	5510,29

3.3.2 Prueba de Tukey de los variables de productividad

a) Longitud de panoja

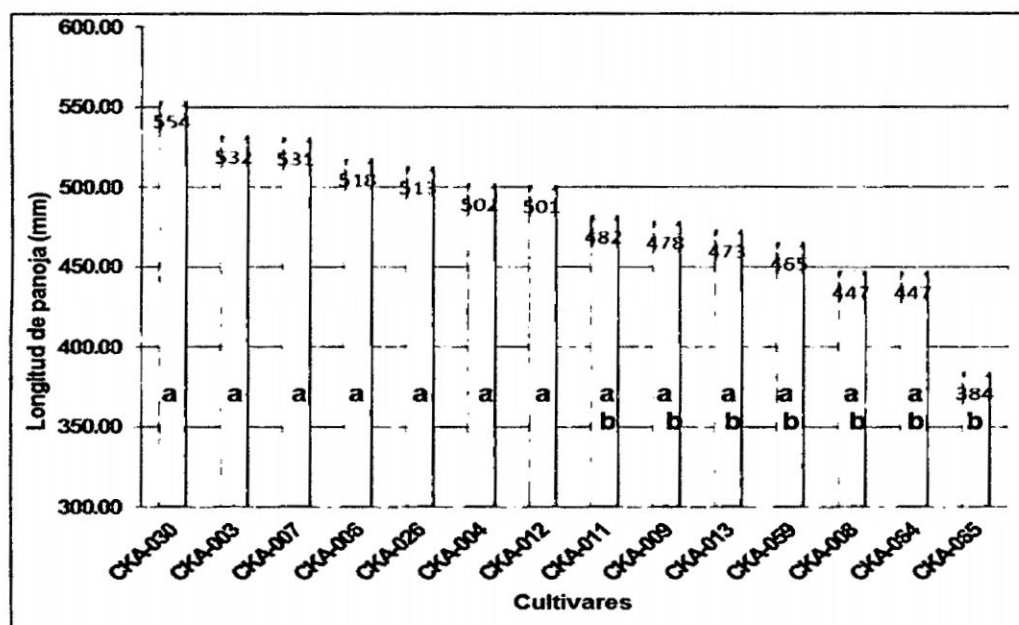


Figura 3.16 Prueba de contraste de Tukey para los promedios de longitud de panoja de catorce cultivares de Achita panoja guinda erecta. Canaán-INIA 2735 msnm, Ayacucho.

En la Figura 3.16, se muestra que los cultivares CKA-030, CKA-003, CKA-007, CKA-006, CKA-026, CKA-004, CKA-012 tuvieron el mayor longitud de panoja con 554, 532, 531, 518, 513, 502 y 501 mm respectivamente, seguido de los cultivares CKA-011, CKA-009, CKA-013, CKA-059, CKA-008, CKA-064 con 482, 478, 473, 465, 447, 447 mm mientras que el cultivar CKA-065 alcanzo menor longitud de panoja con 384 mm respectivamente.

La longitud de las panojas se encuentra en el rango de medidas reportados por León (1964), Sumar (1983), Carrasco (1988) y la

National Academy Press (1990) quienes reportaron panojas de 30 a 90 cm y en comparación con lo reportado por Avilés (1990) los resultados obtenidos son casi similares que reporta panojas con medidas entre 35 a 54.37 cm.

b) Altura de planta

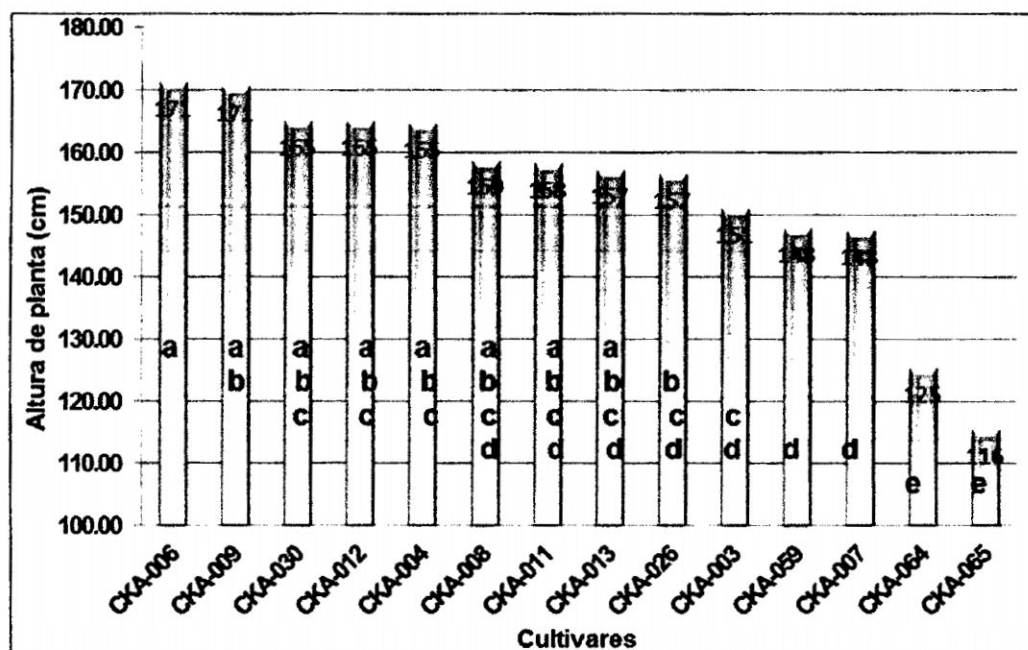


Figura 3.17 Prueba de contraste de Tukey para los promedios de altura de planta de catorce cultivares de Achita panoja guinda erecta. Canaán-INIA 2735 msnm, Ayacucho.

Figura 3.17, muestra que los cultivares CKA-006, CKA-009, CKA-030, CKA-012, CKA-004 tuvieron el mayor altura de planta con 171, 171, 165, 165, 165 cm respectivamente, seguido de los cultivares CKA-008, CKA-011, CKA-013, CKA-026, CKA-003, CKA-059, CKA-007 con 159, 158, 157, 157, 151, 148, 148 cm mientras que los cultivares CKA-064, CKA-065 alcanzaron menor altura de planta con 125, 116 cm respectivamente. El reporte de la National Academy Press (1990) donde menciona que la altura de la planta de Achita varía entre 2.0 a 2.5 m, y al respecto a ello

FAO (1997) menciona que una planta ideal es aquel que tiene baja altura para evitar la tendedura o acame.

Pariona M. (2010), en su tesis titulada Rendimiento Comparativo de 12 cultivares de Achita amiláceo (*Amaranthus caudatus* L.) Canaán a 2750 msnm-Ayacucho, obtuvo como resultado en sus 12 cultivares alturas de las plantas de Achita que varía de 108.9 a 119.7 cm realizando la comparación con el presente trabajo de investigación en algunos cultivares es superior la altura de planta.

c) Longitud octava hoja

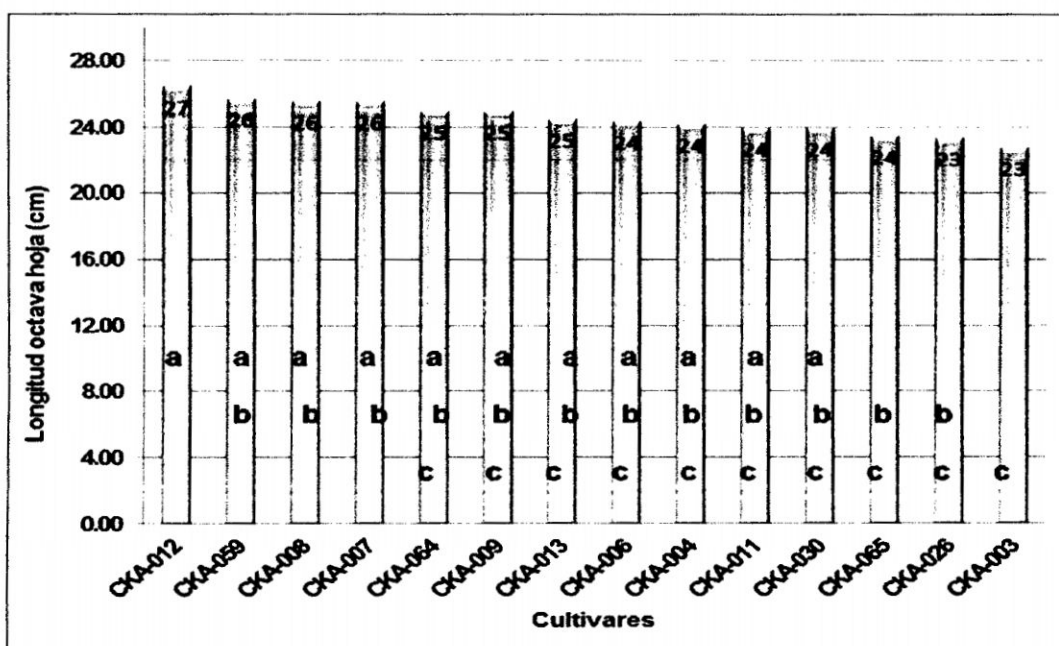


Figura 3.18 Prueba de contraste de Tukey para los promedios de longitud de octava hoja de catorce cultivares de Achita panoja guinda erecta. Canaán-INIA 2735 msnm, Ayacucho.

En la figura 3.18 donde se observa que los cultivares CKA-012, CKA-059, CKA-008 y CKA-007 tuvieron la mayor longitud de octava hoja con 27, 26, 26 y 26 cm respectivamente seguido de los cultivares CKA-064, CKA-009, CKA-013, CKA-006, CKA-004, CKA-011, CKA-030 con 25, 25, 25, 24, 24,

24, 24 y 24 cm respectivamente y los cultivares que presentaron menor longitud de octava hoja son CKA-026 y CKA-003 con 23 y 23 cm respectivamente.

En el presente trabajo de investigación se puede observar mayor longitud de la octava hoja con respecto a lo mencionado por Zúñiga, R (2012), que reporta en su trabajo de investigación que las medidas oscilan entre 7.8 cm. Hasta 11.4 cm respectivamente, esto se debe a la diferencia fisiológica del cultivo.

d) Ancho octava hoja

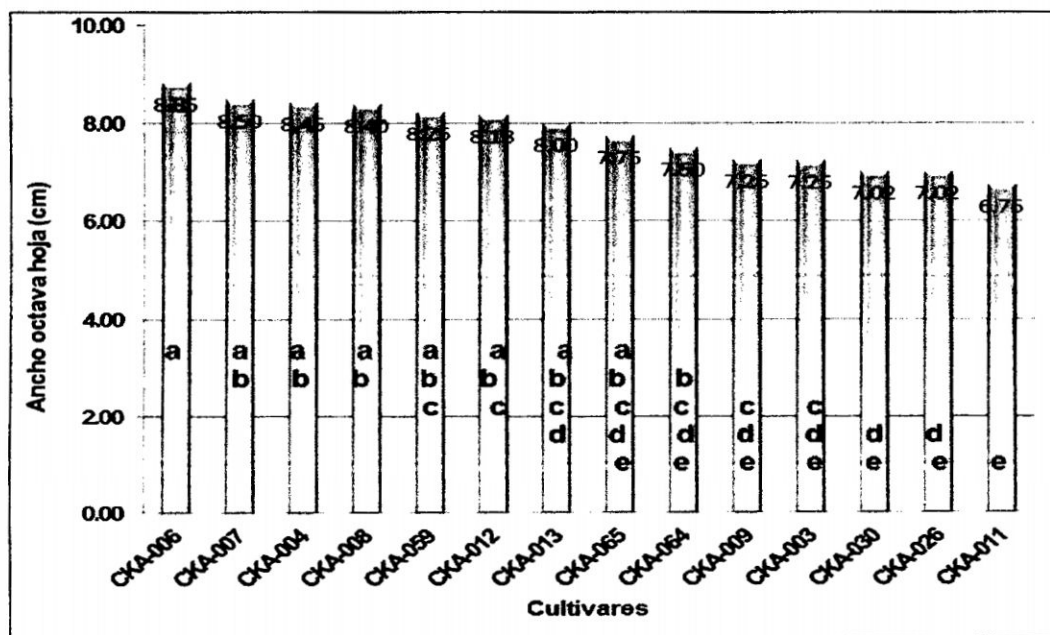


Figura 3.19 Prueba de contraste de Tukey para los promedios de ancho octava hoja de los catorce cultivares de Achita panoja guinda erecta. Canaán-INIA 2735 msnm, Ayacucho.

En la figura 3.19 se observa que los cultivares CKA-006, CKA-007, CKA-004 y CKA-008 tuvieron la mayor ancho de octava hoja con 8.85, 8.50, 8.45 y 8.40 cm respectivamente seguido de los cultivares CKA-059, CKA-

012, CKA-013, CKA-065, CKA-064, CKA-009 y CKA-003 con 8.25, 8.18, 8.00, 7.75, 7.50, 7.26, 7.25 cm respectivamente y los cultivares que presentaron menor ancho de octava hoja son CKA-030, CKA-026 y CKA-011 con 7.02, 7.02 y 6.75 cm respectivamente.

En el presente trabajo de investigación se puede observar mayor longitud de la octava hoja con respecto a lo mencionado por **Zúñiga, R (2012)**, que reporta en su trabajo de investigación que las medidas oscilan entre 6.8 cm. Hasta 4.2 cm respectivamente, esto se debe a la diferencia fisiológica del cultivo.

e) Peso de mil semillas

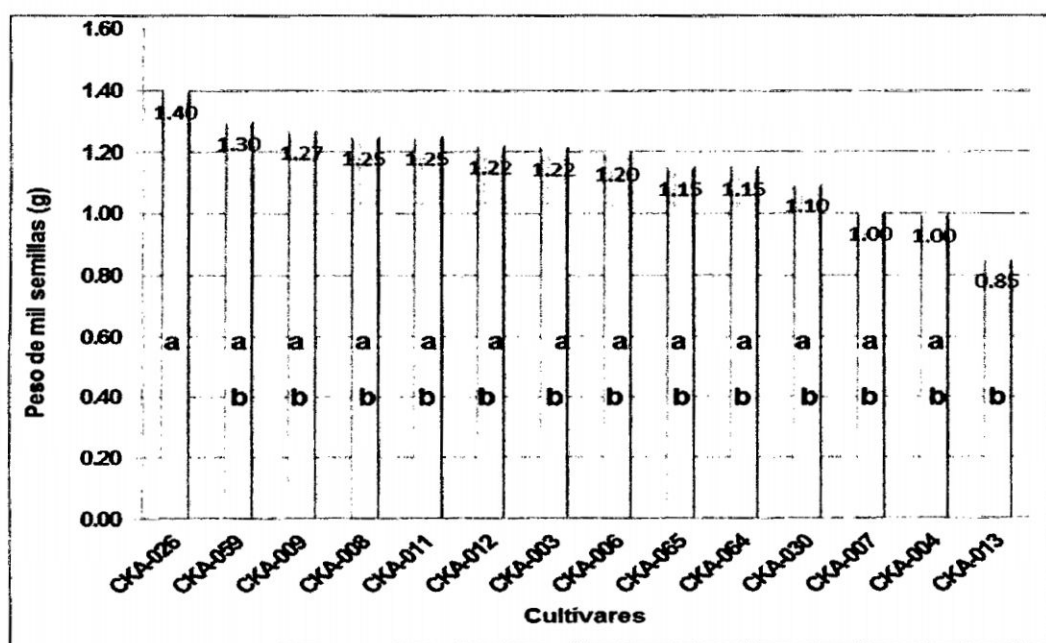


Figura 3.20 Prueba de contraste de Tukey para los promedios de peso de mil semillas de catorce cultivares de Achita panoja guinda erecta. Canaán-INIA 2735 msnm, Ayacucho.

En la Figura 3.20, se muestra que el cultivar CKA-026 obtuvo el mayor peso de mil semillas de 1.40 g seguido de los cultivares CKA-059, CKA-

009, CKA-008, CKA-011, CKA-012, CKA-003, CKA-006, CKA-065 y CKA-064 con 1.30, 1.27, 1.25, 1.25, 1.22, 1.22, 1.20, 1.15 y 1.15 g respectivamente mientras que los cultivares CKA-030, CKA-007, CKA-004 y CKA-013 alcanzaron menor peso de mil semillas con 1.10, 1.00, 1.00 y 0.85 g respectivamente. **Pariona (1992)** reporta el resultado de peso mil semillas de veinte cuatro colecciones de la Achita que varía entre 0.63 a 0.99 g y **Palacios (1997)** obtiene un promedio de 0.89 g a lo cual realizando la comparación con el presente trabajo de investigación se podría decir que es superior en la mayoría de los cultivares en estudio.

f) Peso grano/panoja

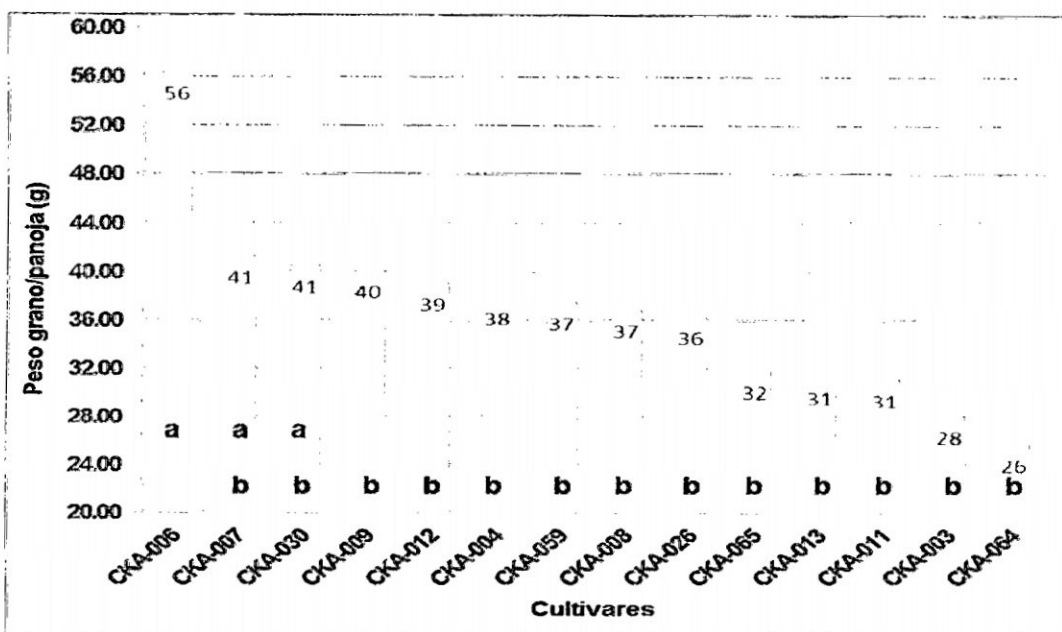


Figura 3.21 Prueba de contraste de Tukey para los promedios de peso de grano por panoja de catorce cultivares de Achita panoja guinda erecta. Canaán-INIA 2735 msnm, Ayacucho.

En la Figura 3.21, se muestra que el cultivar CKA-006 obtuvo el mayor peso de grano por panoja de 56 g seguido de los cultivares CKA-007, CKA-030, CKA-009, CKA-012, CKA-004, CKA-059, CKA-008 y CKA-026

con 41, 41, 40, 39, 38, 37, 37 y 36 g respectivamente mientras que los cultivares CKA-065, CKA-013, CKA-011, CKA-003 y CKA-064 alcanzaron menor peso de grano por panoja con 32, 31, 31, 28 y 26 g respectivamente. En comparación con lo reportado por Pariona (1992), en su investigación de veinte cuatro colecciones de Achita, donde obtuvo en el peso de grano por panoja de 23.88 a 49.96 g que el cultivar CKA-006 es superior con 56 g.

g) Tamaño de grano

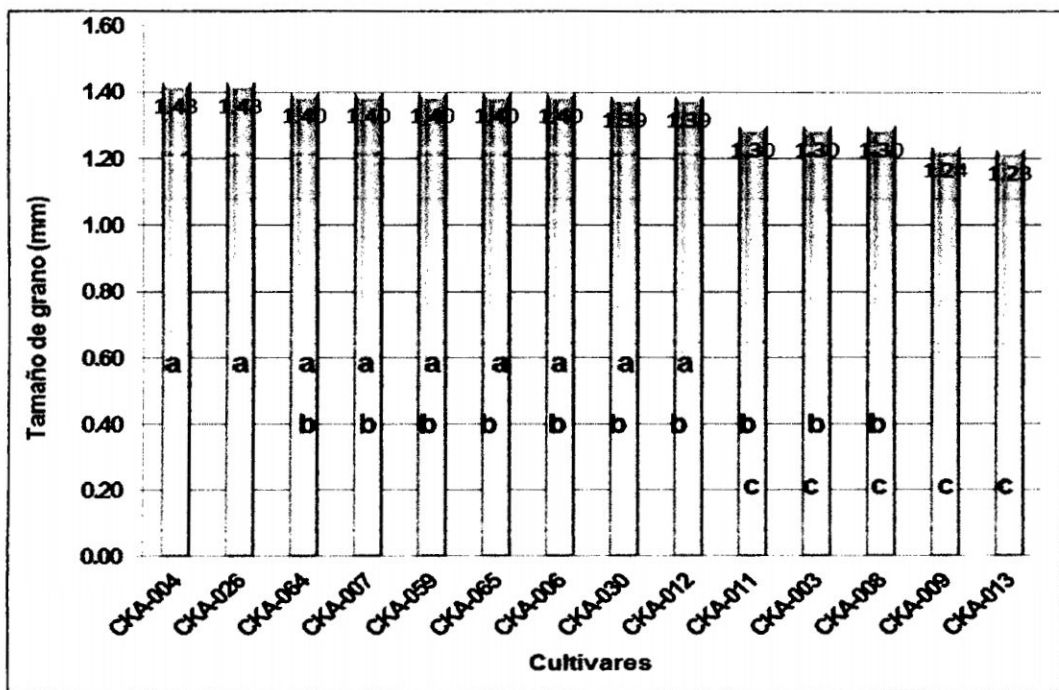


Figura 3.22 Prueba de contraste de Tukey para los promedios de tamaño de grano de catorce cultivares de Achita panoja guinda erecta. Canaán-INIA 2735 msnm, Ayacucho.

En la Figura 3.22, se muestra que los cultivares CKA-004 y CKA-026, obtuvieron el mayor tamaño de grano con 1.43 y 1.43 mm respectivamente. Seguido de los cultivares CKA-064, CKA-007, CKA-059, CKA-065, CKA-006, CKA-030 y CKA-012 con 1.40, 1.40, 1.40, 1.40, 1.40,

1.39 y 1.39 mm respectivamente y los cultivares que obtuvieron el menor tamaño de grano son CKA-011, CKA-003, CKA-008, CKA-009 y CKA-013 con 1.30, 1.30, 1.30, 1.24 y 1.23 mm. Carrasco (1988), reporta el tamaño de grano de 1.0 a 1.5 mm; en comparación con el presente trabajo de investigación se podría mencionar que la mayoría de los cultivares es superior.

Sumar (1992), menciona en su libro titulada "La kiwicha y su cultivo", que los granos de la Achita varían en color según ecotipo que son; negro, castaño, blanco, blanco rosado, blanco amarillento y dorado, de 1.0 a 1.3 mm de tamaño por 0.5 a 0.8 mm de espesor. Un gramo de semilla contiene aproximadamente de 800 a 1600 semillas.

h) Peso de panoja

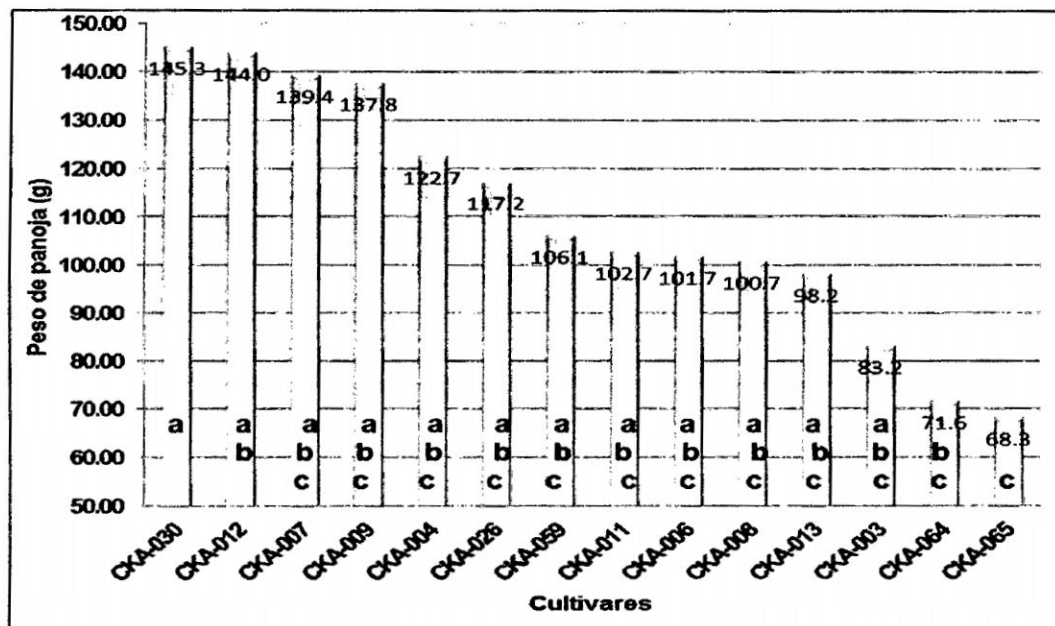


Figura 3.23 Prueba de contraste de Tukey para los promedios peso de panoja de catorce cultivares de Achita panoja guinda erecta. Canaán-INIA 2735 msnm, Ayacucho.

La Figura 3.23, muestra que los cultivares CKA-030, CKA-012, CKA-007 y CKA-009 tuvieron el mayor peso de panoja con 145.3, 144.0, 139.4 y 137.8 g respectivamente, seguido de los cultivares CKA-004, CKA-026, CKA-059, CKA-011, CKA-006, CKA-008 y CKA-013 con 122.7, 117.2, 106.1, 102.7, 101.7, 100.7 y 98.2 g mientras que los cultivares CKA-003, CKA-064 y CKA-065 alcanzaron menor peso de panoja con 83.2, 71.3 y 68.3 g respectivamente. En comparación con el resultado obtenido por **Tenorio (1996)** quien obtiene en su investigación de siete colecciones de la Achita de 218.75 a 345.25 g un promedio muy por encima de este presente trabajo de investigación.

3.4 SELECCIÓN Y RESPUESTA A LA SELECCIÓN

Selección por caracteres

Cuadro 3.3 Análisis de variancia de la regresión múltiple del rendimiento experimental de grano por hectárea en función de la altura de planta (cm) y peso grano/panoja (g).

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	Fcalculado	Pr>F
REGRESIÓN	2	128620508,00	64310254,00	42,25	<0.0001
ERROR	137	208535406,00	1522156,25		
TOTAL	139	337155914,00			

En el Cuadro 3.3 se muestra el Análisis de Varianza de la regresión múltiple donde los promedios de las variables, (altura de planta y peso de grano/panoja) más importantes para la producción, se diferencian con alta

significación estadística. Y mediante este análisis de varianza queda demostrado la existencia de la regresión con alta significación estadística.

Cuadro 3.4 Análisis de varianza de los coeficientes de regresión múltiple de la altura de planta en centímetros, peso de grano/panoja en gramos sobre el rendimiento experimental de grano en Kg/ha

VARIABLE	COEFICIENTE DE REGRESION	ERROR ESTANDAR	SUMA DE CUADRADOS	Fcalculado	Pr>F
Termino independiente	-1307,63	1005,95	2572057,00	1,69	0,1958
Altura de planta (cm)	45,34	8,75	40862186,00	26,84	<0.0001
Peso de grano/panoja (g)	71,32	9,25	90458010,00	59,43	<0.0001

En el Cuadro 3.4, se detalla el análisis de los coeficientes de la regresión múltiple, se puede mencionar que el promedio de las variables altura de planta medida en centímetros y peso de grano/panoja medida en gramos tienen una alta significación estadística con lo cual se menciona que estos dos variables tienen una relación directa en el incremento del rendimiento de grano de los cultivares de la Achita. El peso de grano/panoja medida en gramos aporta con un coeficiente alto de 71.324 a comparación de la altura de planta medida en centímetros con tan solo 45.344 al coeficiente de la ecuación del rendimiento experimental (Figura 3.24).

Cuadro 3.5. Selección escalonada según el método Stepwise de las dos variables para el rendimiento experimental del grano de la Achita (*Amaranthus caudatus* L.).

Variable seleccionada	Variable incluida	R ² parcial	R ² modelo	Fcalculado	Pr>F
Peso de grano/panoja (g)	1	0,26	0,26	48,56	<0.0001
Altura de planta (cm)	2	0,12	0,38	26,84	<.0001

Cuadro 3.5 señala al coeficiente de determinación múltiple, donde las variables peso de grano/panoja medida en gramos y altura de planta medida en centímetros, influyen el rendimiento experimental de grano de los cultivares de la Achita (*Amaranthus caudatus* L.) con un aporte de 26.0% y 12.1% respectivamente. Es decir el 38.1 % de la producción, está influenciado por variables; peso grano/panoja más la altura de planta y el resto del porcentaje por los demás variables.

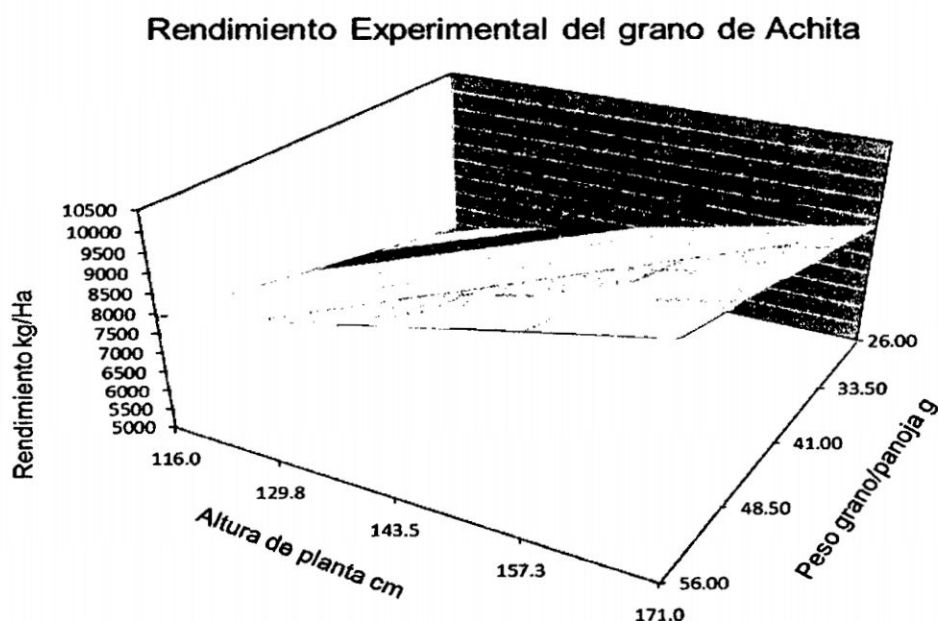


Figura 3.24 Rendimiento experimental en Kg/ha, obtenido mediante la ecuación $Y \text{ (Kg/Ha)} = -1307.634 + 45.344 \text{ (Altura de planta cm)} + 71.324 \text{ (peso grano/panoja g)}$.

En la Figura 3.24, se muestra valores tabulados de la ecuación en el cual se observa la relación directa que existe entre los variables altura de planta y peso de grano/panoja para el rendimiento del grano de la Achita, teniendo como un rendimiento mínimo de 3870 Kg/Ha y un máximo de 8459 Kg/Ha; el primer caso ocurre cuando los valores de las variables son mínimos y en el segundo caso cuando los valores de los variables aumentan, el rendimiento incrementa.

Cuadro 3.6 Análisis de variancia del rendimiento experimental de grano en kg/ha, de la Achita panoja guinda erecta. Canaán-INIA 2735 msnm, Ayacucho.

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	Fcalculado	Pr>F
CULTIVAR	13	161781214.2	12444708.8	5.00	<0.0001
ERROR	126	313825389.8	2490677.7		
TOTAL	139	475606604			

CV: 28.64%

En el Cuadro 3.6, se detalla que los catorce cultivares en investigación se diferencian en el promedio del rendimiento experimental, con una alta significación estadística. Debido a ello es necesario realizar la prueba de contraste de Tukey (0.05) para observar la diferencia estadística de los tratamientos.

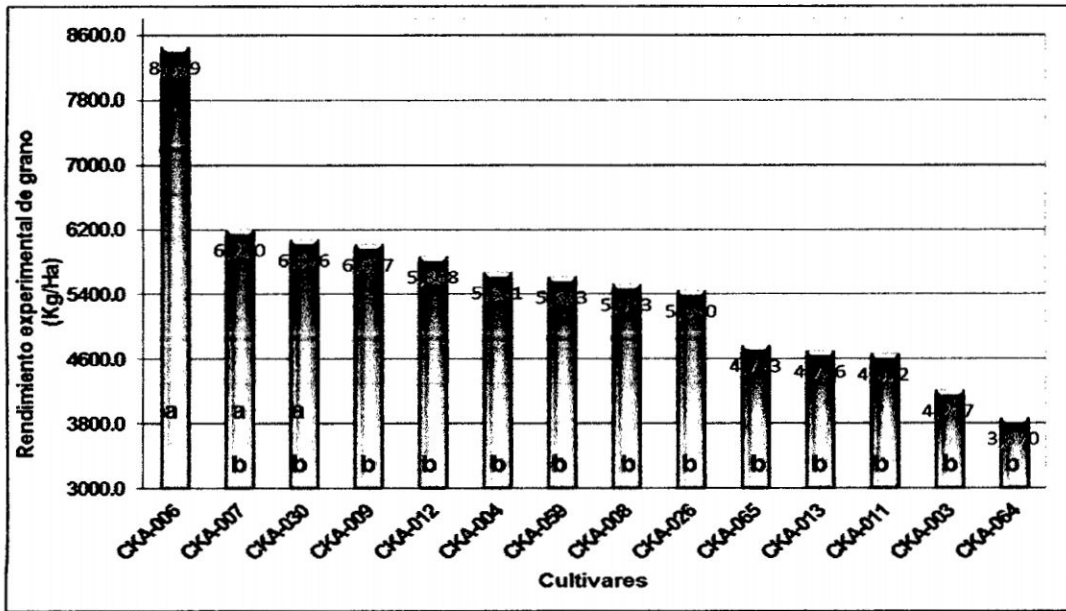


Figura 3.25 Prueba de contraste de Tukey para los promedios de rendimiento experimental en kg/ha de catorce cultivares de la Achita panoja guinda erecta. Canaán-INIA 2735 msnm, Ayacucho.

En la Figura 3.25, se muestra que el cultivar CKA-006 obtuvo el mayor rendimiento con 8459 Kg/Ha seguido de los cultivares CKA-007, CKA-030, CKA-009, CKA-012, CKA-004, CKA-059, CKA-008 y CKA-026 que tuvieron rendimientos de 6200, 6076, 6017, 5868, 5681, 5623, 5533 y 5450 Kg/Ha. respectivamente, seguido de los cultivares CKA-065, CKA-013, CKA-011, CKA-003 y CKA-064 con 4773, 4706, 4672, 4217 y 3870 Kg/Ha. respectivamente que alcanzaron un menor rendimiento experimental de grano.

Este resultado se puede observar mejor comparando con lo que reporta **Robles (1992)** que tiene un rango de producción que va desde 3932.2 kg.ha⁻¹ hasta los 6328.8 kg.ha⁻¹ y **Tenorio (1996)** en su evaluación de siete colecciones de Achita en Canaán- Ayacucho obtuvo rendimientos

que van desde 3803.3 hasta 6719.8 kg.ha⁻¹. Estos resultados son inferiores en algunos cultivares obtenidos en el presente trabajo de investigación.

Cuadro 3.7. Componentes de variancia y heredabilidad en el rendimiento de grano en Kg/Ha, de la Achita panoja guinda erecta. Canaán-INIA 2735 msnm, Ayacucho.

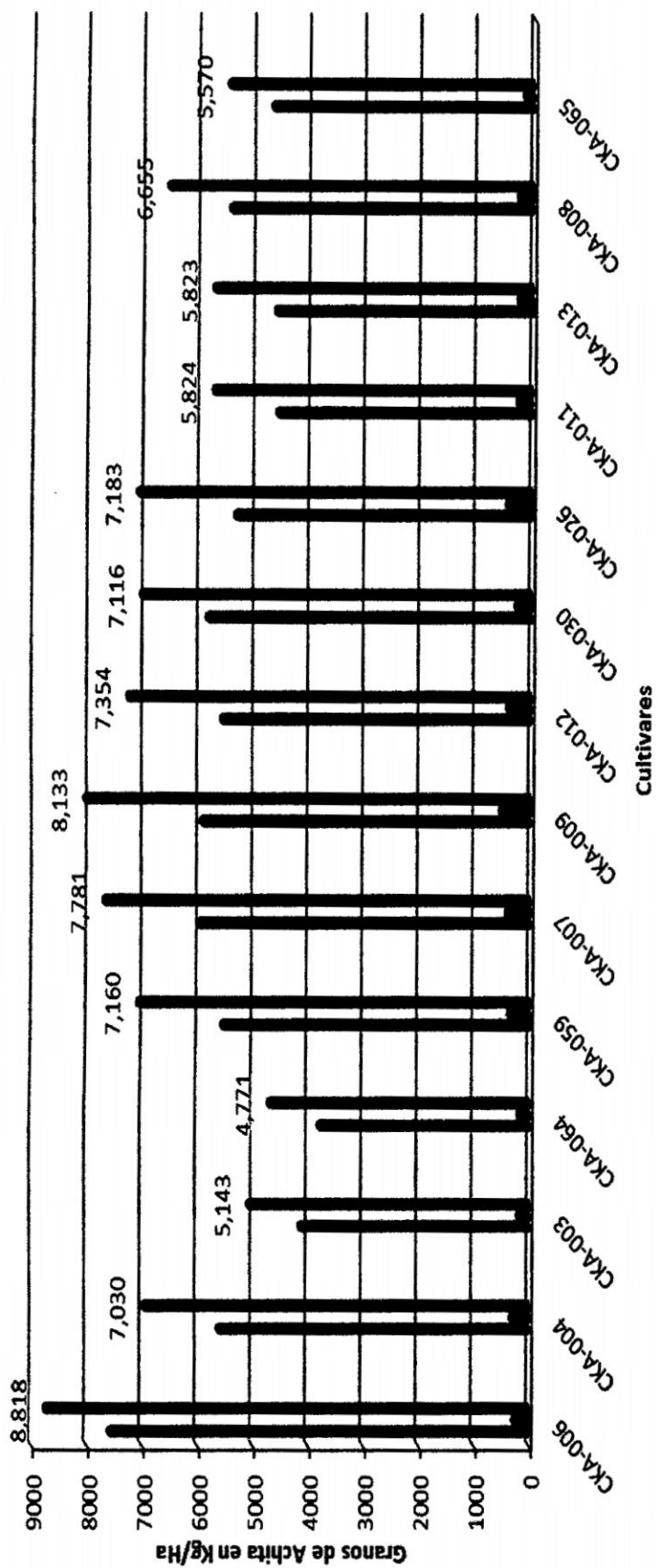
Varianza Genética	Varianza Ambiental	Varianza Fenotípica	Heredabilidad
σ_g^2	σ_e^2	σ_p^2	h^2
995403.11	249067.77	1244470.88	0.799

En el Cuadro 3.7, se observa que los componentes de variancia genética y heredabilidad, está influenciado por dos caracteres, altura de planta y peso de grano/panoja, sobre el rendimiento experimental de grano de la Achita (*Amaranthus caudatus* L.); con una heredabilidad de 79.9 % por lo que se recomienda su mejoramiento. La variancia fenotípica es el resultado de la interacción de la variancia genética y ambiental que mide los valores atribuibles a la influencia del genotipo y a la influencia del ambiente. Por lo tanto, la variancia ambiental influye en la expresión de la variancia fenotípica y la variancia genética que está condicionada por los genes.

Este resultado se puede observar mejor comparando con lo que reporta **Zúñiga, R (2012)**, que reporta en su trabajo de investigación una estimación de 85.4% por lo que se recomienda su mejoramiento en ambos resultados.

Cuadro 3.8. Promedio del rendimiento de grano kg/ha y ganancia por selección en catorce cultivares de Achita (*Amaranthus caudatus* L.) de panoja guinda erecta. Canaán-INIA 2735 msnm, Ayacucho.

Cultivares	Rendimiento de Grano de Achita de la Selección (Kg/Ha)	Rendimiento de Grano de Achita de la Población (Kg/Ha)	Ganancia por Selección del Grano de Achita (Kg/Ha)	Rendimiento de Grano de Achita de la Población Mejorada (Kg/Ha)	Porcentaje Mejorada
CKA-006	8484.0	7648.8	333.7	8817.7	4.4
CKA-004	6644.7	5680.8	385.1	7029.8	6.8
CKA-003	4878.6	4216.8	264.4	5143.0	5.4
CKA-064	4514.1	3869.9	257.4	4771.5	5.7
CKA-059	6721.5	5623.2	438.8	7160.3	6.5
CKA-007	7295.1	6080.0	485.5	7780.6	6.7
CKA-009	7529.1	6017.0	604.1	8133.2	8.0
CKA-012	6870.0	5658.2	484.1	7354.1	7.0
CKA-030	6776.7	5926.2	339.8	7116.5	5.0
CKA-026	6679.5	5420.3	503.1	7182.6	7.5
CKA-011	5495.1	4671.6	329.0	5824.1	6.0
CKA-013	5504.4	4706.4	318.8	5823.2	5.8
CKA-008	6334.8	5532.5	320.5	6655.3	5.1
CKA-065	5342.1	4772.7	227.5	5569.6	4.3



- Rendimiento de Grano de Achita de la Población (Kg/Ha)
- Ganancia por Selección del Grano de Achita (Kg/Ha)
- Rendimiento de Grano de Achita de la Población Mejorada (Kg/Ha)

Figura 3.26. Rendimiento poblacional, rendimiento de la selección y rendimiento de la población mejorada de grano en cultivares de la Achita (*Amaranthus caudatus* L.) de panoja guinda erecta. Canaán-INIA a 2735 msnm. Avacuco.

En el Cuadro 3.8 y Figura 3.26 se observa los cultivares CKA-009, CKA-026, CKA-012, CKA-004 que presentan una mayor ganancia por selección con 604.1, 503.1, 484.1, 385.1 kg.ha⁻¹, respectivamente, el cual representa un 8.0, 7.5, 7.0 y 6.8 porciento de mejora respecto al promedio poblacional.

También se observa que los cultivares CKA-009, CKA-026, CKA-012, CKA-004 de acuerdo al orden de mérito tienen un alto rendimiento de mejoramiento con 8133.2, 7182.6, 7354.1 y 7029.8 Kg/Ha respectivamente. Por lo que se recomienda seguir trabajando con los cultivares que presentan los mayores promedios de rendimiento de mejora.

Este resultado se puede observar mejor comparando con lo que reporta **Zúñiga, R (2012)**, en su trabajo de investigación un rendimiento de mejora con rango de 6831.1 Kg/Ha a 8062.7 Kg/Ha.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos y bajo las condiciones en que se realizó el presente trabajo de investigación se llegó a las siguientes conclusiones:

1. Los catorce cultivares de Achita en cuanto a caracteres morfológicos muestran uniformidad. En referencia a las variables entre cultivares en el peso de grano/panoja (g), altura de planta (cm), longitud de panoja (mm), peso de mil semillas (g), peso de panoja (g) muestran diferencias.
2. Según el agrupamiento de veinte cuatro datos de características cuantitativas de los catorce cultivares; a 63.49 % los catorce cultivares se agrupan en dos grupos, el primero conformado por CKA-006, CKA-009, CKA-012, CKA-030, CKA-004, CKA-007, CKA-064, CKA-059, CKA-026, CKA-011, CKA-008, CKA-013 y el segundo grupo

conformado por CKA-003, CKA-065. En cuanto a los caracteres cualitativos, los catorce cultivares son similares.

3. Los catorce cultivares de la Achita en cuanto a sus características de precocidad, tuvieron un ciclo vegetativo desde la emergencia hasta la madurez cosecha de 112 a 118 dds.
4. La longitud de panoja, altura de planta, longitud octava hoja, ancho octava hoja, peso grano/panoja, tamaño de grano, peso de panoja y rendimiento experimental de grano y el peso de mil semillas muestran diferencia entre los cultivares.
5. La selección por caracteres realizado por el método stepwise, se determinó que los variables más importantes de la productividad son; altura de planta (cm) con un coeficiente de determinación múltiple de 12.1 % y peso de grano/panoja (g) con un coeficiente de determinación de 26.0 %.
6. El rendimiento mejorado del grano de la Achita que se espera alcanzar en la próxima generación de los cuatro mejores cultivares más importantes son; el cultivar CKA-009, CKA-026, CKA-012, CKA-004 con 8133.2, 7182.6, 7354.1 y 7029.8 Kg/Ha respectivamente.

4.2. RECOMENDACIONES

1. Continuar con el estudio del presente trabajo de investigación bajo diferentes pisos ecológicos, condiciones de suelo, diferentes niveles de abonamiento y demás factores, siempre teniendo en consideración como parámetros de evaluación la precocidad, rendimiento, sanidad y realizando comparaciones con otras variedades de Achita.
2. Seguir con el mejoramiento de los cultivares más importantes del presente trabajo de investigación que son CKA-009, CKA-026, CKA-012 y CKA-004 mediante un método de selección masal para purificar un cultivar mixto y obtener un nuevo cultivar mejorado.
3. Realizar pruebas de rendimiento en campo de agricultores con los cultivares CKA-009, CKA-026, CKA-012 y CKA-004 las que obtuvieron los más altos rendimientos y los que presentan un mayor porcentaje de mejora en el rendimiento.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

1. **AVILES, (1990)**, "Evaluación de Rendimiento y Aspecto del Crecimiento en Seis Accesiones de Achita a 2750 msnm. Tesis Ing. Agrónomo. UNSCH. Ayacucho-Perú.
2. **BARRANTES, (1991)**, "Enfermedades de la Kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.) en Ayacucho (2600 msnm)". Informe de Investigación. PICA-UNSC. Ayacucho-Perú.
3. **CARRASCO, F. (1987)**, "Insectos de la kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.) cultivada en Cusco y Apurímac". Rev. Peruana de Entomología Agrícola. 30:38-41.
4. **CHACON, J. (1982)**, "Evaluación comparativa de 83 líneas de *Amaranthus* sp". Tesis ingeniero agrónomo. Universidad Nacional San Antonio Abad. Cusco, Perú. 108 p
5. **FAO (1997)**, "El Cultivo del Amaranto (*Amaranthus* spp L.) Producción Mejoramiento Genético y Utilización". Roma, Italia. 175 p.
6. **LEON, J. (1964)**, "Plantas Alimenticias Andinas". Boletín Técnico N° 6 IICA. Lima-Perú. 65 p.
7. **MINAG (2003)**, "Boletín Estadístico. Oficina de Información Agraria". Ayacucho-Perú. 85 p.
8. **MUJICA, y QUILLAHUAMAN, (1989)**, "Fenología del Cultivo de Kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.)". P. 29-31. En curso taller fenología de Cultivos Andinos y Uso de Información Agrometeorológica, Puno. 7-10 agosto. INIA, PICA, Perú.

9. **NATIONAL ACADEMY PRESS (1989)**, "Lost Crops of the Incas, Little – Known Plants of the Andes with Promise for Worldwide Cultivation". Washington. D.C. 358 p.
10. **NIETO, (1990)**, "Identificación de Microcentros de Variabilidad en Quinoa, Amaranto y Chocho en Ecuador INIAP", EE. Santa Catalina. Publicación Miscelánea N° 52. Quito, Ecuador. Proyecto INIAP/IFAD/IPGRI. 15 p.
11. **PACHECO, F. (2009)**, "Selección Masal Estratificado en dos Variedades de Achita (*Amaranthus caudatus* L.) Canaán 2750 msnm – Ayacucho". Tesis Ing. Agrónomo. UNSCH. Ayacucho-Perú.
12. **PARIONA, N. (1992)**, "Evaluación del Rendimiento y Fenología de 24 Colecciones de Achita (*Amaranthus caudatus* L.) en Guayacondo a 2600nsnm". Tesis Ing. Agrónomo UNSCH Ayacucho-Perú.
13. **PALACIOS, C. (1997)**, "Estudio preliminar sobre el efecto de la decapitación apical en el rendimiento de 38 entradas de Achita (*Amaranthus caudatus* L.). Canaán 2750 msnm-Ayacucho". Tesis Ing. Agrónomo UNSCH. Ayacucho-Perú.
14. **POEHLMAN, y ALLEN, (2005)**, "Mejoramiento Genético de las Cosechas". Editorial Limusa. D.F México-México 511p.
15. **SANCHEZ, ESPITIA, y OSADA, (1991)**, "Etiología del Tizón (*Alternaria tenuis*) en Amaranto (*Amaranthus* spp)". 66 p. En Primer Congreso Internacional del Amaranto. Septiembre 22-27 Oaxtepec, Morelos, México.

16. **SUMAR, L. (1980)**, "La Kiwicha: Cereal Andino con un futuro promisorio en la alimentación Popular". II Congreso Internacional de Cultivos Andinos IICA. Quito, Ecuador. 128 p.
17. **SUMAR, L. (1992)**, "La kiwicha y su cultivo". Centro de Estudios Rurales Andinos "Bartolomé de las Casas". Cusco, Perú. 35 p.
18. **TABOADA, C. (1982)**, "Efecto de niveles de NPK y 5 densidades de siembra en el rendimiento de Achita (*Amaranthus caudatus* L.) variedad PUH, Canaán a 2750 msnm". Tesis Ing. Agrónomo UNSCH. Ayacucho-Perú.
19. **TAPIA, M. (1990)**, "Los cultivos andinos subexplotados y su aporte a la alimentación". Santiago. FAO.
20. **TENORIO, L. (1996)**, "Caracterización y Evaluación de siete Colecciones de Achita (*Amaranthus caudatus* L.) en Ayacucho a 2750 msnm". Tesis Ing. Agrónomo. UNSCH. Ayacucho-Perú.

ANEXO

Cuadro 1 A. Cálculo de los niveles de abonamiento para el cultivo de Achita (*Amaranthus caudatus* L.) de panoja guinda erecta. Canaán-INIA 2735 msnm, 2010.

N %	P ppm	K ppm	DISPONIBLES			Kg/Ha			EXTRACCION DE NUTRIENTE POR EL CULTIVO			FORMULA		
			N	P	K	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1.27	30.22	289.00	158.70	30.22	289.00	158.70	138.40	693.60	80	30	75	80	30	75
Clasificación:			Pobre	Alto	Alto									
Suelo: Franco arcilloso						Peso de capa arable: 2x10 ⁶ Kg/Ha								

Descriptor de Caracterización

1.1 Características de planta, tallo, hoja y raíz

1.1.1 Habito de crecimiento

1 erecto

2 postrado

1.1.2 Altura de planta a la floración, en cm

1.1.3 Índice de ramificación

1 no ramificado

2 poco ramificado cerca de la base del tallo

3 muchas ramas cerca de la base del tallo

4 ramas a lo largo del tallo

1.1.4 Longitud promedio de las ramas laterales, en cm

1.1.5 Longitud promedio de las ramas laterales superiores, en cm

1.1.6 Pubescencia del tallo.

0 ninguna

3 escasa

5 intermedia

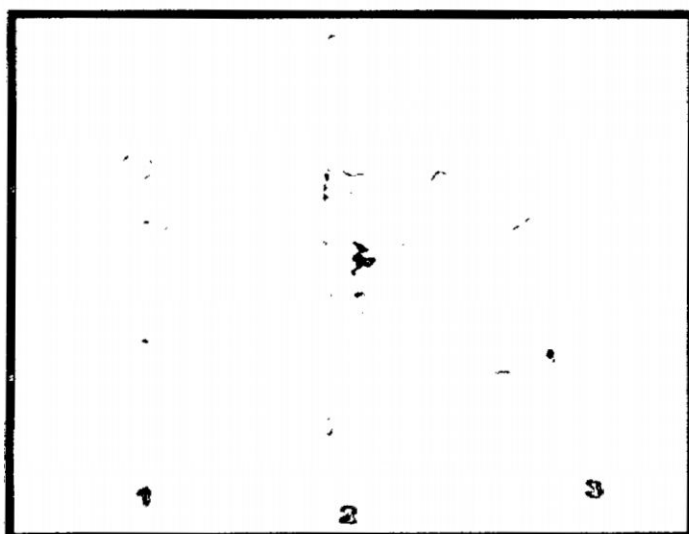
7 abundante

1.1.7 Pigmentación del tallo

1 verde

2 morado o rosado

3 verde con manchas moradas



1.1.8 Espinas en las axilas de las hojas

0 ausente

+ presentes

1.1.9 Longitud del largo de la hoja (medida en cm en la 6ta u 8va hoja)

1.1.10 Longitud del ancho de la hoja (medida en cm en la 6ta u 8va hoja)

1.1.11 Pubescencia de la hoja

0 ninguna

3 escasa

7 abundante

1.1.12 Pigmentación de la hoja

1 completamente morada o rosada

2 área basal pigmentada

3 mancha central

4 dos franjas (en forma de v)

5 una franja (en forma de v)

6 margen y vena pigmentados

7 una franja verde claro o clorótica sobre verde común

8 verde común

9 verde oscuro

10 margen pigmentado de morado

1.1.13 Forma de la hoja

1 lanceolada

2 elíptica

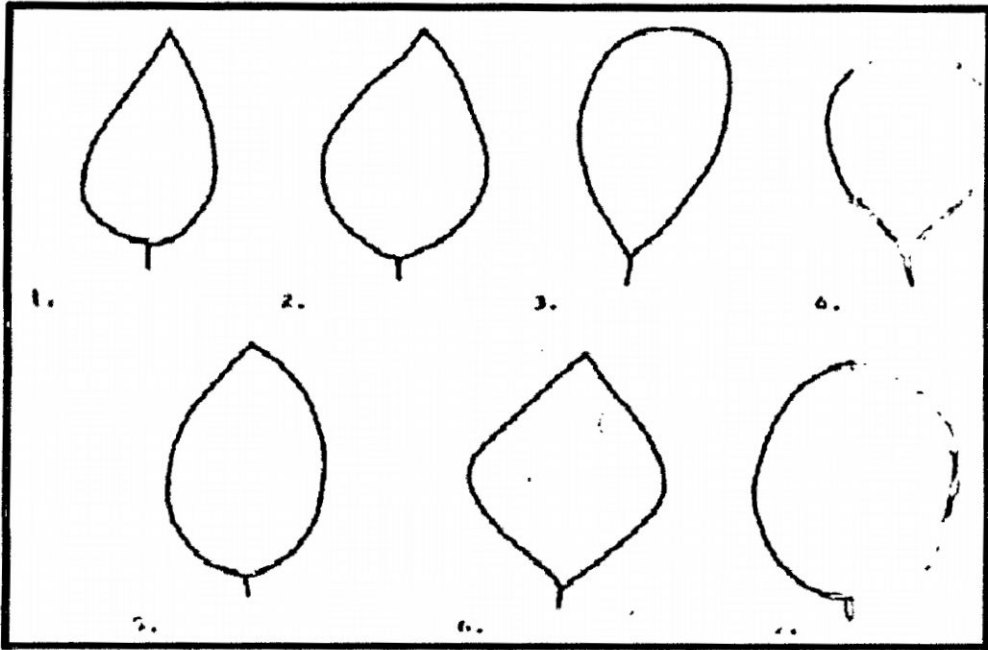
3 cuneada

4 ovatinada

5 rómbica

6 ovalada

7 otra (especificar)



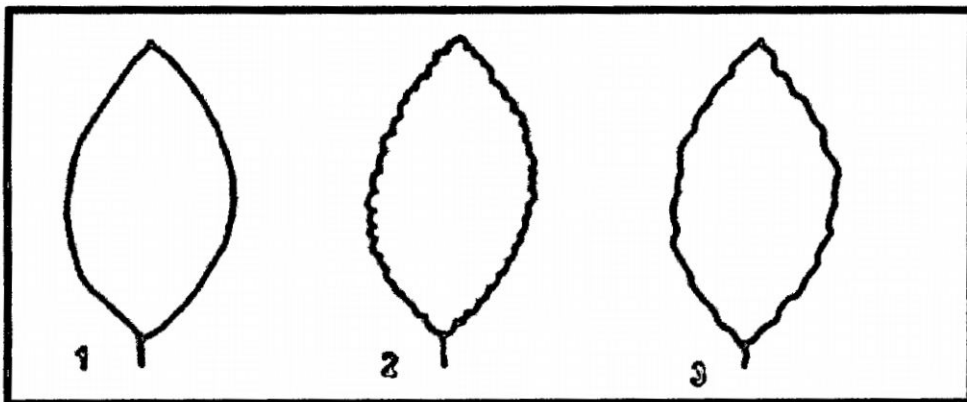
1.1.14 Margen de la hoja

1 entero

2 crenado

3 ondulado

4 otro



1.1.15 Prominencia de las nervaduras de la hoja

1 suave

2 rugosa (venas prominentes)

1.1.16 Pigmentación del peciolo

1 verde

2 verde oscuro

3 rojo morado

4 morado oscuro

5 rosado

6 verde manchado de rojo (haz rojo-morado y envés verde)

1.1.17 Tipo de raíz

1 ramificada

2 compacta

1.2 Caracteres de la inflorescencia

1.2.1 Longitud del tallo de la inflorescencia apical, en cm

1.2.2 Longitud de las inflorescencias laterales apicales, en cm

1.2.3 Forma de la inflorescencia apical

1 espiga (densa)

2 panoja con ramas pequeñas

3 ensanchada en los extremos

4 ralas (pocas ramas)

1.2.4 Posición de la inflorescencia apical

1 erecta

2 postrada

3 intermedia



1.2.5 Presencia de inflorescencia axilar

0 ausente

+ presente

1.2.6 Longitud de la inflorescencia axilar, en cm

1.2.7 Tipo de sexo

1 monoico

2 dioico

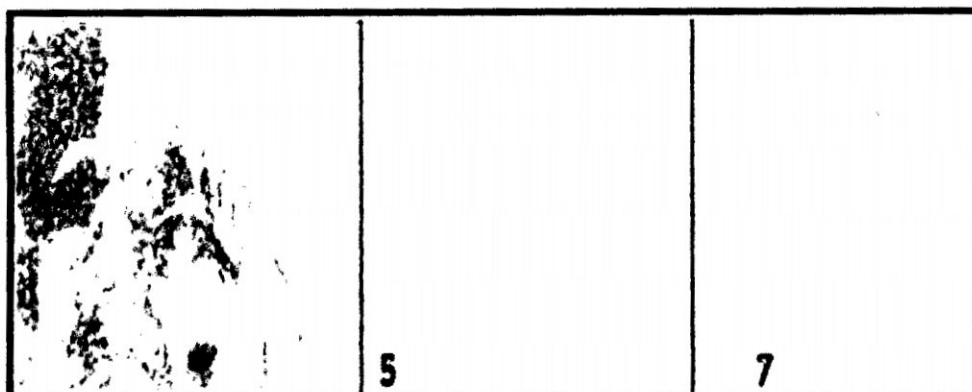
3 polígamo

1.2.8 Índice de densidad de la inflorescencia

3 laxa

5 intermedia

7 densa



1.2.9 Color de la inflorescencia

1 amarillo

2 verde

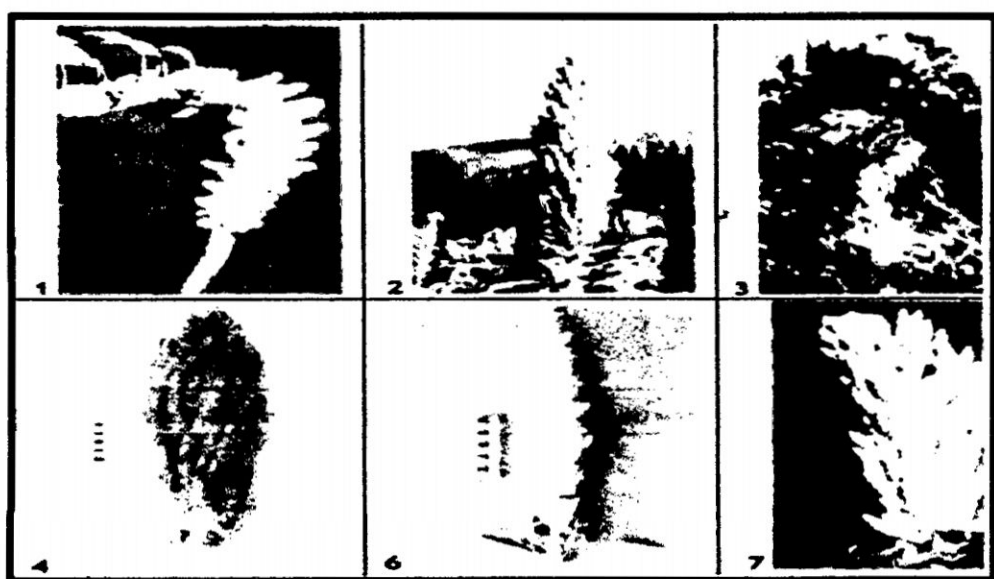
3 rosado

4 rojo

5 rojo-morado

6 verde y rosado (combinado)

7 rosado crema



1.3 Caracteres de la semilla

1.3.1 Color de la semilla

1 amarillo claro

2 rosado

3 rojo

4 marrón

5 negro

1.3.2 Tipo de cubierta

1 translúcida

2 opaca

1.3.3 Forma de la semilla

1 redonda

2 elipsoide u ovoide

1.4 Evaluación preliminar

1.4.1 Tasa de germinación

1 rápida (< a 2 días)

2 lenta (2 – 7 días)

3 muy lenta (> a 7 días)

4 irregular

1.4.2 Días a floración (número de días desde la siembra hasta la aparición del 50% de plantas)

1.4.3 Derrame de semilla en el campo

1 bajo (< 10%)

2 intermedio (10% - 50%)

3 alto (> 50%)

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL
COSTA RICA
BIBLIOTECA