



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

“CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE OCHO ESPECIES DE AMARANTO (*Amaranthus spp*) ORIGINARIOS DE: USA, México, Bélgica, Argentina, Francia, Mongolia y China, EN CONDICIONES CONTROLADAS EN LA LOCALIDAD DE SALCEDO, COTOPAXI, ECUADOR, 2017-2018”.

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PRESENTADO PREVIO A LA OBTENCIÓN
DEL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO**

AUTOR: Alex Fabricio Larcos Chávez

TUTOR: Ing. MSc. Carlos Torres Miño PhD.

LATACUNGA – ECUADOR

FEBRERO-2018

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, **ALEX FABRICIO LARCOS CHÁVEZ** declaro ser autor del presente proyecto de investigación: “Caracterización morfológica de ocho especies de Amarantho (*Amaranthus spp*) originarias de: USA, México, Bélgica, Argentina, Francia, Mongolia y China. En condiciones controladas en la localidad de Salcedo, Cotopaxi, Ecuador 2017-2018”, siendo el Ing. MSc. Carlos Torres Miño. PhD. Tutor del presente trabajo; y eximamos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales. Además certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

.....

Alex Fabricio Larcos Chávez

C.I. 050375299-0

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte Alex Fabricio Larcos Chávez, identificado con C.C. N° 050375299-0 de estado soltero y con domicilio en el Barrio San Francisco, Cantón Salcedo a quien en lo sucesivo se denominará **EL CEDENTE**; y, de otra parte, el Ing. MBA. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, en calidad de Rector y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez Barrio El Ejido Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA.- EL CEDENTE es una persona natural estudiante de la carrera de Ingeniería Agronómica, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de **“Caracterización morfológica de ocho especies de Amaranto (*Amaranthus spp*) originarias de: USA, México, Bélgica, Argentina, Francia, Mongolia y China. En condiciones controladas en la localidad de Salcedo, Cotopaxi, Ecuador 2017-2018”** La cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Unidad Académica según las características que a continuación se detallan:

Historial académico.- Marzo 2013, Febrero 2018.

Aprobación HCD.- Febrero 2018.

Tutor.- Ing. MSc. Carlos Torres Miño. PhD

Tema: de **“Caracterización morfológica de ocho especies de Amaranto (*Amaranthus spp*) originarias de: USA, México, Bélgica, Argentina, Francia, Mongolia y China. En condiciones controladas en la localidad de Salcedo, Cotopaxi, Ecuador 2017-2018”**

CLÁUSULA SEGUNDA.- LA CESIONARIA es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA.- Por el presente contrato, **EL CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA.- OBJETO DEL CONTRATO: Por el presente contrato **EL CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- f) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

CLÁUSULA QUINTA.-El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **EL CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA.- El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA.- CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD.- Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **EL CEDENTE** podrá utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA.- LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS.- LA CESIONARIA podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **EL CEDENTE** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA.- El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en las cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA.- En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA.- Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga a los 28 días del mes de Febrero del 2018.

.....

Alex Fabricio Larcos Chávez

EL CEDENTE

.....

Ing. MBA. Cristian Tinajero Jiménez

LA CESIONARIO

AVAL DEL DIRECTOR DE TESIS

En calidad de Director del Trabajo de Investigación sobre el tema:

“Caracterización morfológica de ocho especies de Amaranto (*Amaranthus spp*) originarias de: USA, México, Bélgica, Argentina, Francia, Mongolia y China. En condiciones controladas en la localidad de Salcedo, Cotopaxi, Ecuador 2017-2018”, de Alex Fabricio Larcos Chávez, de la carrera de Ingeniería Agronómica, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, Febrero, 2018

El Director

Firma

.....

Ing. MSc. Carlos Torres Miño. PhD

AVAL DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, el postulante: Alex Fabricio Larcos Chávez, con el título de Proyecto de Investigación “Caracterización morfológica de ocho especies de Amaranto (*Amaranthus spp*) originarias de: USA, México, Bélgica, Argentina, Francia, Mongolia y China. En condiciones controladas en la localidad de Salcedo, Cotopaxi, Ecuador 2017-2018” han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, 28 de Febrero 2018

Para constancia firman:

.....
Ing. Msc José Zambrano

LECTOR 1

.....
Ing. Mg. Giovanna Parra

LECTOR 2

.....
Ing. Msc Klever Quimbiulco

LECTOR 3

AGRADECIMIENTO

A Dios, por darme una gran oportunidad y permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida, por los triunfos y los momentos difíciles que me han enseñado a valorarlo cada día más.

A mis queridos padres que son el pilar fundamental en mi vida, que han sabido guiarme con paciencia por el camino del bien para llegar a ser una gran persona, con tenacidad y lucha interminable han hecho de ellos un gran ejemplo a seguir para mí y sin ellos jamás hubiera podido conseguir mis triunfos, gracias por todo su amor.

A mis profesores, gracias por su tiempo, por su apoyo así, como la sabiduría que me transmitieron en el desarrollo de formación profesional.

Quiero agradecer de forma muy especial a la Universidad Técnica de Cotopaxi, por haberme permitido realizar mi investigación a cargo del Ing. MSc. Carlos Torres Miño PhD ya que gracias a su apoyo y guía he logrado culminar mi trabajo.

ALEX LARCOS

DEDICATORIA

A mis padres David y Paulina por ser las personas que me han acompañado durante toda mi vida estudiantil, que han velado por mí durante este arduo camino para convertirme en un profesional, que con sus consejos han sabido guiarme para culminar mi carrera.

Depositando su entera confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar ni un solo momento de mi inteligencia y capacidad como persona.

A mis queridos maestros, gracias por su tiempo, su apoyo así como su sabiduría que me transmitieron en el desarrollo de mi vida profesional.

Quiero agradecer de forma muy especial a la Docente Karina Marín ya que gracias a su apoyo y guía he logrado culminar toda mi carrera Universitaria.

ALEX LARCOS

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TITULO: “Caracterización morfológica de ocho especies de Amaranto (*Amaranthus spp*) originarias de: USA, México, Bélgica, Argentina, Francia, Mongolia y China. En condiciones controladas en la localidad de Salcedo, Cotopaxi, Ecuador 2017-2018”

Autor: Alex Fabricio Larcos Chávez

RESUMEN

En la presente investigación se caracterizó a ocho especies de Amaranto (*Amaranthus spp*) originarias de: USA, México, Bélgica, Argentina, Francia, Mongolia y China. Cada 15 días se tomaron datos de los indicadores biométricos y fenológicos, evaluando los siguientes: días a la emergencia, color de grano, color de las planta antes de la floración, tamaño del tallo a la cosecha, tamaño de la panoja a la cosecha, número de hojas a la cosecha, días a la formación de grano lechoso, días a la formación de grano pastoso, días a la madurez fisiológica y peso de 1000 semillas. Para la germinación se utilizó semilleros donde se obtuvo plántulas de 30 días, que posteriormente fueron trasplantadas en la unidad experimental. En los indicadores biométricos, días a la germinación se pudo evidenciar que la especie de Mongolia (*A. hybridus*) fue la más precoz con 8 días, mientras la más tardía fue la especie originaria de China con 18 días. En el tamaño del tallo a la cosecha se pudo evidenciar una diferencia específica propia de cada una de las especies en estudio, que varió desde los 23cm (China) hasta los 130cm de Bélgica (*A. cruentus*). En el indicador tamaño de panoja el comportamiento tuvo correlaciones positivas con el indicador tamaño de tallo para algunas especies como en el caso de la especie China, donde se evidenció el menor tamaño de panoja, sin embargo el mayor tamaño para este indicador se lo pudo observar en la especie originaria de Bélgica (*A. cruentus*). En el indicador número de hojas a la cosecha se pudo evidenciar que las especies que menor biomasa acumularon fueron la de China y USA, la de mayor biomasa fue la especie originaria de Francia (*A. cruentus*). En el indicador peso de 1000 semillas se pudo ver una similitud entre todas las variedades en estudio datos que oscilan entre 0,75 y 0,88gr, sin embargo la especie de China fue la excepción, debido a que su peso alcanzó 0,58gr. De los indicadores fenológicos utilizados se obtuvieron resultados importantes. Para el indicador días a la formación del grano lechoso la variedad que presento menor tiempo fue la especie de origen Argentina (*Don Manuel*) con 118

días, mientras que la de mayor tiempo fue la de China con 155 días, en lo referente a los días a la formación de grano pastoso, la especie que mayor tiempo presentó fue la de China con 170, y la de menor fue la de originaria de Bélgica (*A. cruentus*). Con 132 días. El indicador fenológico días a la madurez fisiológica se pudo observar una dinámica diferente a la que veníamos observando en las otras etapas fenológicas, es así que la especie que mayor días necesitó para conseguir la madurez fisiológica fue la especie de Francia (*A. cruentus*) y China con 193 y 183 días respectivamente. Se concluye que las especies originarias de Argentina (*Don Manuel*), Francia (*A. cruentus*), Bélgica (*A. cruentus*), México y Bélgica (*A. caudatus*) poseen potencial para procesos de Introducción y Selección Vegetal.

Palabras clave: caracterización, indicadores, especies.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCE AND NATURAL RESOURCES

TOPIC: "MORPHOLOGICAL CHARACTERIZATION OF EIGHT SPECIES OF AMARANTH (*Amaranthus spp*) ORIGINATING FROM USA, Mexico, Belgium, Argentina, France, Mongolia, and China, IN CONTROLLED CONDITIONS AT SALCEDO LOCALITY, COTOPAXI, ECUADOR, 2017-2018".

Author: Alex Fabricio Larcos Chávez

ABSTRACT

Eight species of Amaranth (*Amaranthus spp*) were characterized, originating in USA, Mexico, Belgium, Argentina, France, Mongolia, and China. Biometric and phenological indicators data were taken every 15 days that it was evaluated: days to emergence, color of grain, color of the plants before flowering, size of the stem to harvest, size of panicle to harvest, number of leaves to the harvest, days to the milky grain formation, days to the pasty grain formation, days to the physiological maturity and weight of 1000 seeds. Seedbeds were used for germination where 30-day seedlings were obtained, which were later transplanted to the experimental unit. In the biometric indicators, days after germination, it was possible to show that the Mongolian (*A. hybridus*) species was the earliest with eight days, while the later one was the original species from China with 18 days. In the size of the stem to the harvest, it was possible to show a specific difference of each of the species under study, which varied from 23cm (China) to 130cm (Belgium *cruentus*). In the panicle size indicator, the behavior had positive correlations with the stem size indicator for some species as in the case of the Chinese species, where the smaller panicle size was evidenced; however, the larger size for this indicator could be observed in the species Belgium *caudatus*. In the indicator number of leaves to the harvest, it was possible to demonstrate that the species with the lowest biomass accumulated were from China and USA, the one with the highest biomass was the original species of France. In the indicator weight of 1000 seeds it was possible to see a similarity between all the varieties in study data that oscillate between 0.75 and 0.88gr; nevertheless, the species of China was the exception, because its weight reached 0.58gr. From the phenological indicators used in the research, significant results were obtained that can be considered in plant selection processes for the species under study. For the day indicator to the milky grain formation, the variety that presented the shortest time

was the species of Argentina (*Don Manuel*) origin with 118 days, while the one with the longest time was the one from China with 155 days, in relation to the days to the formation of pasty grain, the species that presented the longest time was from China with 170, and the one with the least time was Belgium *cruentus* with 132 days. The phenological indicator days to the physiological maturity could be observed different dynamics to the one that we had been observing in the other phenological stages so that the lots of days until reaching the physiological maturity was the species from France and China with 193 and 183 days respectively. It is concluded that the original species of Argentina (*Don Manuel*), France (*A. cruentus*), Belgium (*A. cruentus*), Mexico and Belgium (*A. caudatus*) have potential for Plant Introduction and Selection processes.

Keywords: Characterization, Indicators, Species.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	II
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	III
AVAL DEL DIRECTOR DE TESIS	VI
AVAL DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL.....	VII
AGRADECIMIENTO	VIII
DEDICATORIA.....	IX
RESUMEN.....	X
ABSTRACT	XII
Índice de Gráficos.....	XVIII
Índice de Tablas.....	XIX
Índice de Cuadros	XX
Índice de Figuras	XXI
Índice de Anexos	XXI
1. INFORMACIÓN GENERAL	1
2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	2
3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.-.....	3
4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO.-	3
5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN:	4
6. OBJETIVOS:.....	5
6.1 General.....	5
6.2 Específicos.....	5
7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS	5
8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA.....	7
8.1 AMARANTO.....	7
8.1.1. ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN	7
8.2. TAXONOMÍA	7
8.3 DISTRIBUCIÓN MUNDIAL DEL AMARANTO	10
8.3.1 América	10
8.3.2 Asia.....	10
8.3.3 Europa.....	10
8.3.4 Oceanía	11

8.3.5 África.....	11
8.4 Especies para producción de granos.....	11
8.4.1 <i>Amaranthus hypochondriacus</i>	11
8.4.2 <i>Amaranthus caudatus</i>	12
8.4.3 <i>Amaranthus cruentus</i>	12
8.4.4 <i>Amaranthus edulis</i>	12
8.5 USOS DEL AMARANTO.....	12
8.6. CONDICIONES EDAFOCLIMATICAS PARA EL CULTIVO DEL AMARANTO ..	13
8.6.1 Temperatura.....	13
8.6.2 Climas.....	14
8.6.3 Suelo.....	14
8.6.4 Ph del suelo.....	14
8.6.5 Radiación.....	14
8.6.6 Fotoperiodo.....	15
8.6.7 Altura.....	15
8.7 CULTIVOS BAJO CUBIERTA	15
8.7.1 Ventajas de la producción bajo cubierta.....	16
8.8 CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS DEL AMARANTO.....	17
8.8.1 Raíz.....	17
8.8.2 Tallo.....	17
8.8.3 Hojas.....	17
8.8.4 Inflorescencia.....	17
8.8.5 Flores.....	18
8.8.6 Fruto.....	19
8.8.7 Semilla.....	19
8.9 FISIOLÓGIA DEL AMARANTO.....	20
8.10 FASES FENOLÓGICAS DEL AMARANTO.....	21
8.10.1 Emergencia: (VE).....	21
8.10.1.1 Fase vegetativa: (V1.... Vn).....	21
8.10.2 Fase reproductiva:.....	22
8.10.2.1 Inicio de panoja (R1):.....	22
8.10.2.2 Panoja (R2):.....	22
8.10.2.3 Término de panoja (R3):.....	22

8.10.2.4 Antesis (R4):.....	22
8.10.2.5 Llenado de granos (R5):	23
8.10.2.5.1 Grano lechoso:.....	23
8.10.2.5.2 Grano pastoso:	23
8.10.2.6 Madurez fisiológica (R6):.....	23
8.10.2.7 Madurez de cosecha (R7):	23
9. PREGUNTAS CIENTIFICAS O HIPOTESIS	23
9.1 ALTERNATIVA (Ha).....	23
9.2 NULA (Ho)	24
10. METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL	24
10.1.1 Material experimental.....	24
10.1.2 Materiales de campo	24
10.1.3 Equipos	24
10.1.4 Talento Humano	25
10.1.5 Materiales de escritorio	25
10.1.6 Lugar de la investigación.....	25
10.2 Diseño metodológico.....	26
10.2.1 Unidad experimental.....	26
10.3 Manejo específico del ensayo.....	27
10.3.1 Preparación del suelo.....	27
10.3.2 Establecimiento del ensayo	27
10.3.3 Siembra.....	27
10.3.4 Trasplante	27
10.3.5 Riego:	28
10.3.6 Aporque:	28
10.3.7 Cosecha y Trilla:.....	28
10.4 INDICADORES	28
10.4.1 Indicadores biométricos.....	28
10.4.1.1 Días de emergencia.....	28
10.4.1.2. Tamaño del tallo a la cosecha (cm).....	28
10.4.1.3. Tamaño de la panoja a la cosecha (cm)	29
10.4.1.4. Número de hojas a la cosecha	29
10.4.1.5. Peso de 1000 semillas (gr)	29

10.4.2. Indicadores fisiológicos	29
10.4.2.1. Días a la maduración fisiológica	29
10.4.2.2. Color de las planta antes de la floración	29
10.4.2.3. Días a la formación del grano lechoso	30
10.4.2.4. Días a la formación del grano pastoso	30
10.5. Análisis multivariado.....	32
10.6. Componentes principales.....	32
10.7. Análisis de conglomerados.....	32
10.8. Los métodos BIPLLOT.....	33
11. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.	34
11.1.1 Indicadores biométricos.....	34
11.1.2. Tamaño del tallo a la cosecha (cm)	35
11.1.3 Tamaño de la Panoja a la cosecha (cm).....	36
11.1.4 Número de hojas a la cosecha a la cosecha	37
11.1.5. Peso de 1000 semillas (gr).....	38
11.2. Indicadores fisiológicos.....	39
11.2.1 Días a la formación del grano lechoso.....	39
11.2.2. Días a la formación del grano pastoso.....	40
11.2.3. Días a la Madurez Fisiológica	41
11.2.4. Color de las planta antes de la floración.....	43
11.2.5 Color del grano	44
11.4. Análisis de conglomerados.....	46
11.5. Análisis multivalentes Biplot, componentes principales.	47
12. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS)	49
13. PRESUPUESTO PARA LA PROPUESTA DEL PROYECTO.....	50
14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	51
14.1 Conclusiones:	51
14.2 Recomendaciones:	52
15. BIBLIOGRAFIA. -.....	53
16. ANEXOS.....	57

Índice de Gráficos

Gráfico 1. Tabla de colores general.....	30
Gráfico 2. Tabla de colores general.....	31
Gráfico 3. Días a la emergencia de cada una de las especie.....	34
Gráfico 4. Tamaño del tallo a la Cosecha.....	35
Gráfico 5. Tamaño de la panoja a la cosecha	36
Gráfico 6. Número de Hojas a la Cosecha.....	37
Gráfico 7. Peso de 1000 semillas	39
Gráfico 8. Días Grano Lechoso	40
Gráfico 9. Días a la Formación de grano Pastoso.....	41
Gráfico 10. Días a la Madurez Fisiológica.....	42
Gráfico 11. Análisis estadístico de todas las curvas de crecimiento de las especies de amaranto hasta la cosecha.....	45
Gráfico 12. Conglomerados.....	47
Gráfico 13. Componentes principales	48

Índice de Tablas

Tabla 1. Escala de clasificación, días a la emergencia	34
Tabla 2. Datos obtenidos días a la emergencia de cada una de las especie.....	34
Tabla 3. Datos obtenidos del tamaño del tallo a la cosecha de cada una de las especie	35
Tabla 4. Datos obtenidos del tamaño de la panoja a la cosecha de cada una de las especie	36
Tabla 5. Número de hojas a la cosecha de amaranto.....	37
Tabla 6. Peso en gramos de 1000 semillas de amaranto de cada una de las especies	38
Tabla 7. Número de días a la formación de grano lechoso.....	39
Tabla 8. Número de días a la formación de grano pastoso.....	40
Tabla 9. Número de días a la Madurez Fisiológica	41
Tabla 10. Colores de las distintas especies de amaranto antes de la floración.....	43
Tabla 11. Colores de las distintas semillas de amaranto originarias de varios países.....	44
Tabla 12.Simbología de Especies.....	46
Tabla 13. Presupuesto elaboración del proyecto	50

Índice de Cuadros

Cuadro 1.- Actividades en base a los objetivos	5
Cuadro 2. Taxonomía del amaranto	8
Cuadro 3. Datos geográficos del lugar de la investigación	25
Cuadro 4. Descripción del ensayo	26
Cuadro 5. Simbología Códigos VIR (Instituto de Investigación de toda Rusia. N.I. Vavilov)	26
Cuadro 6. Indicador 1	28

Índice de Figuras

Figura 1. <i>Amaranthus hypochondriacus</i> , <i>A. cruentus</i> , <i>A. caudatus</i> y <i>A. edulis</i>	9
Figura 2. Formas y altitud de la inflorescencia de amaranto.....	18
Figura 3. Pixidio unilocular de amaranto (Brenner, 1990).....	19
Figura 4. Diagrama de sección trasversal (a) y longitudinal (b) de la semilla (Irving et al., 1981).....	20
Figura 5. Ilustración de un conglomerado.....	33
Figura 6. Ilustración de un biplots.....	33

Índice de Anexos

Anexo 1. Fotografías del ensayo.....	59-62
--------------------------------------	-------

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto:

Caracterización morfológica de ocho especies de Amaranto (*Amaranthus sp.*) originarias de: USA, México, Bélgica, Argentina, Francia, Mongolia y China. En condiciones controladas en la localidad de Salcedo, Cotopaxi, Ecuador 2017-2018

Fecha de inicio: Mayo 2017

Fecha de finalización: Febrero 2018

Lugar de ejecución:

Barrió San Francisco- San Miguel-Salcedo-Cotopaxi- Ecuador

Facultad Académica que auspicia

Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

Carrera que auspicia:

Ingeniería Agronómica

Proyecto de investigación vinculado:

Granos Andinos

Equipo de Trabajo:

Responsable del Proyecto: Alex Fabricio Larcos Chávez

Tutor: PhD. Carlos Torres

Lectores 1: Ing. Msc José Zambrano

Lectores 2: Ing. Mg. Giovanna Parra

Lectores 3: Ing. Msc Klever Quimbiulco

Área de Conocimiento:

Agricultura-Agricultura, Silvicultura y Pesca-Agronomía.

Línea de investigación:

2. Desarrollo y Seguridad Alimentaria. (Se entiende por seguridad alimentaria cuando se dispone de la alimentación requerida para mantener una vida saludable. El objetivo de esta línea será la investigación sobre productos, factores y procesos que faciliten el acceso de la comunidad a alimentos nutritivos e inocuos y supongan una mejora de la economía local.)

Sub líneas de investigación de la Carrera:

Producción Agrícola Sostenible.

2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

En el presente trabajo se caracterizaron 8 especies amaranto originarios de Estados Unidos, México, Bélgica (*A. cruentus*), Argentina (*Don Manuel*), Francia (*A. cruentus*), Mongolia (*A. hybridus*), Bélgica (*A. caudatus*), China. Con el uso de indicadores biométricos y morfológicos “días a la emergencia, tamaño del tallo a la cosecha, tamaño de la panoja a la cosecha, número de hojas a la cosecha, peso de 1000 semillas, color de las plantas antes de la floración, color de grano, días a la formación de grano lechoso, días a la formación de grano pastoso y días a la madurez fisiológica”.

Se procedió a germinar las distintas especies de amaranto en semilleros, cuando las plántulas llegaron a los 30 días se trasplantó a la unidad experimental, se realizaron las diferentes labores culturales de acuerdo al calendario de actividades (aporque, deshierbe, riego, etc.). Se recolectaron los datos utilizando los diferentes indicadores (biométricos y morfológicos), los cuales fueron interpretados.

Una vez interpretados los indicadores se elaboró análisis multivariado (Cluster y Biplot). Las especies que por sus características morfológicas se han destacado son las de originarias de Bélgica (*A. caudatus*), Francia (*A. cruentus*), Argentina (*Don Manuel*), y México.

3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.-

Los granos andinos por su gran adaptabilidad agronómica a las condiciones adversas de la zona, su alto valor nutritivo; son de gran importancia económica, social, ecológica, nutricional y agroindustrial. En los países Andinos los cultivos tradicionales son consumidos en las áreas rurales y urbanas. Estos productos han sido parte de la dieta andina por miles de años y los agricultores tradicionales mantienen considerable diversidad de ellos en sus parcelas, ofreciendo una gran diversidad gastronómica, que comparada con la alimentación de origen animal su precio es menor y su fuente nutricional es elevada. Con el presente proyecto se podrá realizar futuras investigaciones con las especies introducidas en la presente investigación.

El interés mundial por el Amaranto es muy reciente, debido a su amplia adaptación incluso en ambientes desfavorables y por su excelente calidad nutritiva es una fuente rica en proteínas, lípidos, minerales y vitaminas (A, B1, B2, B3) contiene lisina que es uno de los aminoácidos más importantes para una buena nutrición, el grano de amaranto posee aproximadamente un 16% de proteína más alto que otros cereales tradicionales como el maíz con 9.33%, el arroz 8.77%, y el trigo con 14.84%, sin embargo su importancia no radica en la cantidad sino en la calidad.

4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO.-

Como beneficiarios principales tenemos la Universidad Técnica de Cotopaxi, Carrera Ingeniería Agronómica, estudiantes, agricultores, consumidores y a las personas interesadas que requieran información de la presente investigación.

Los beneficiarios indirectos son la Carreara de Agroindustrial por su potencialidad de alcanzar un valor agregado. También se benefician todos los agricultores que cultivan amaranto.

5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN:

La erosión genética ha dado lugar a un notable desgaste de la variabilidad de amaranto en poder de los agricultores. En Ecuador hay poco estudio acerca de este cultivo, al desconocer sus alcances agronómicos, propiedades nutricionales y medicinales la producción en el país es escasa, según reportes del INIAP el área sembrada de este cultivo no sobrepasa las 200 hectáreas en la actualidad. Además otro problema identificado en la presente investigación es el material de la colección con la que se trabajó, el mismo que sobrepasa los 10 años en conservación, según el Instituto Ruso de Investigaciones Científicas de Mejoramiento Genético de plantas hortícolas (Vnissok) el poder germinativo en el amaranto se pierde a partir del quinto año de almacenamiento.

6. OBJETIVOS:

6.1 General

Caracterizar morfológicamente ocho especies de Amarantho (*Amaranthus sp.*), originarias de: USA, México, Bélgica, Argentina, Francia, Mongolia y China. En condiciones controladas en la localidad de Salcedo, Cotopaxi, Ecuador 2017-2018

6.2 Específicos

- Identificar las especies con mejores características morfológicas, de acuerdo a los indicadores biométricos.
- Determinar las especies con mejores características morfológicas, de acuerdo a los indicadores fisiológicos.

7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

Cuadro 1.- Actividades en base a los objetivos

OBJETIVO.1.	ACTIVIDADES	RESULTADOS DE LA ACTIVIDAD	MEDIOS DE VERIFICACIÓN
Identificar las especies con mejores características morfológicas, de acuerdo a los indicadores biométricos.	<ul style="list-style-type: none">• Siembra de las distintas especies de amaranto en los semilleros y toma de datos a la germinación.• Elaborar tablas de Excel para la recolección de los indicadores(tamaño de tallo al cosecha y	<ul style="list-style-type: none">• Identificación de las mejores características de las plantas en base a los indicadores biométricos.	<ul style="list-style-type: none">• Registro de datos en libretas de campo• Registro de datos en libretas de campo• Balanza• Fotografías• Registro de datos en cuadros de Excel

	<p>tamaño de panoja a la cosecha)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Determinar el número de hojas de cada una de las especies. • Realizar los gráficos estadísticos referentes al tamaño del tallo, panoja número de hojas y peso de 100 semillas. 		
OBJETIVO.2.	ACTIVIDADES	RESULTADOS DE LA ACTIVIDAD	MEDIOS DE VERIFICACIÓN
<ul style="list-style-type: none"> • Determinar las especies con mejores características morfológicas, de acuerdo a los indicadores fisiológicos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Identificación de los días a la formación de grano lechoso y pastoso. • Realizar los gráficos estadísticos referentes a los días a la madurez fisiológica. • Identificar la serie de color en lo referente a color de las plantas antes de la cosecha y color de las semillas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Determinación de las mejores características de las plantas en base a los indicadores fisiológicos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Registro de datos en la libreta de campo • Fotografías • Registro de datos en cuadros de Excel

8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

8.1 AMARANTO.

8.1.1. ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN

El amaranto (*Amaranthus spp*) como cultivo se originó en América. *A. cruentus*, *A. caudatus* y *A. hypochondriacus* son las tres especies domesticadas para utilizar su grano. En la actualidad el amaranto se encuentra en toda la zona tropical del mundo y en muchas áreas templadas, pero sobresalen: Perú, Bolivia, México, Guatemala, India, Paquistán, China, en la explotación de amaranto para grano y verdura y Malasia e Indonesia, únicamente para usar como verdura. (Nieto, 1989).

En Ecuador es casi desconocido como cultivo, a pesar de que existen varias especies dispersas como plantas ornamentales o malezas de otros cultivos. Así en la sierra ecuatoriana han prevalecido las formas conocidas como ataco o sangorache, que corresponden *A. Quitensis*, además de varias especies silvestres como *A. blitum*, *A. hybridus*, todas aquellas conocidas como bledos y consideradas como malezas, mientras en la Costa, además de las anteriores se han identificado como *A. dubius*, considerada también como maleza. (Nieto, 1989)

En la actualidad, el área dedicada a la producción de amaranto es casi marginal en la sierra de Colombia y Ecuador y los campos más frecuentes se encuentran en los valles interandinos de Perú, Bolivia y el norte de Argentina. Adicionalmente, se conoce que existe en el Cuzco un banco de germoplasma de amaranto, donde se conservan 270 eco tipos recolectados entre 1981 y 1982 en Ecuador, Perú y Bolivia. Este banco cuenta con 800 accesiones de este importante grano. A partir de esta colección ex situ se ha podido distribuir material de esta especie en todo el mundo. (Suquilanda, 2011)

8.2. TAXONOMÍA

Cuadro 2. Taxonomía del amaranto

Reino:	Vegetal
División:	Fanerógama
N. científico:	Amaranthus spp.
N. común:	Amaranto, kiwicha, millmi
Tipo:	Embryophyta siphonogama
Subtipo:	Angiosperma
Clase:	Dicotiledoneae
Subclase:	Archyclamidae
Orden:	Centropermales
Familia:	Amaranthaceae
Genero:	Amaranthus
Sección:	Amaranthus
Especies:	<i>Caudatus, Cruentus e Hypochondriacus</i>

Fuente: (Diaz S. , 2012).

Elaborado por: Alex Larcos (2018)

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

El genero Ameranthacea (Dicotiledonae, orden cariphyllales), esta compuesta de 60 géneros y alrededor de 800 especies. Todos los amarantos de granos son hierbas anuales (Feine et al., 1979).

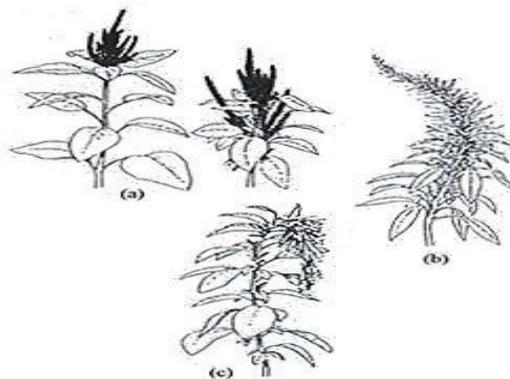
El género *Amaranthus* está dividido en dos subgéneros, el *Amaranthus* propiamente dicho (que comprende plantas monoicas) y acnidas (que comprende plantas dioicas); a su vez, el subgénero *Amaranthus* se compone de dos secciones: Amaranthotipos sumont que presenta inflorescencias largas terminales y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

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

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

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

Figura 1. *Amaranthus hypochondriacus*, *A. cruentus*, *A. caudatus* y *A. edulis*



(Mapes, 1985)

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

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

8.3 DISTRIBUCIÓN MUNDIAL DEL AMARANTO

8.3.1 América

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

Cualquiera que sea el origen de esta planta, debe de reconocerse que el amaranto paniculado (*Amaranthus hypochondriacus*), creció en México y en el sureste de Estados Unidos en tiempos precolombinos, y que en su forma de cultivo y usos las del viejo y nuevo mundo son asombrosamente similares: en ambas áreas; muchas especies para grano son muy cultivadas como ornamentales hasta el nivel del mar. (Sánchez, 1980).

8.3.2 Asia

Existe una amplia zona de distribución Asiática del Amaranto para grano que va desde el interior de China (donde se le conoce con el nombre de Tien-shu- tze), y del Himalaya hasta Afganistán y Persia. Amaranto leucocarpus. Ha sido colectado en Irán, Afganistán, en muchas regiones del Himalaya, Nepal, Sikkin, China y Manchuria.

En la India se cultiva extensamente la especie *Amaranthus hypochondriacus*. En Nepal se le denomina “nana pilum o latere”. En Uganda también se cultiva *Amaranthus hypochondriacus*. En Pakistán se le llama “Ganaha”. (Marin, 2014).

8.3.3 Europa

En Inglaterra la especie de *Amaranthus* predominantes en varias regiones es: *Amaranthus retroflexis*, *Amaranthus albus*. En España se designa con el nombre de “bledo” a algunos amarantos. En Hungría, “Prizt”. En Escocia se ha estudiado *Amaranthus caudatus*, En otros países Europeos se encuentra la especie *Amaranthus caudatus*, *Amaranthus leucocarpus*.

Además fue introducida como planta ornamental durante el periodo colonial mexicano y parece ser que todas las especies son semillas oscuras; sin embargo en Alemania se encuentra la forma de semilla clara. (Mapes, 1985). El es muy cultivado en los jardines de Europa, como planta ornamental. (Sánchez, 1980).

8.3.4 Oceanía

La especie *Amaranthus gangeticus* existe en Nueva Guinea, aunque también se la ha señalado como especie común en Australia. Acerca de la distribución de especies de amaranto en ese país. Dawton, se ha ocupado de estudiar *Amaranthus caudatus*, particularmente lo que se considera raza de las especies *A. edulis* así mismo *Amaranthus cruentus*, *Amaranthus hypochondriacus*. La seleccionan por su contenido de lisina. (Sánchez, 1980).

8.3.5 África

El único espécimen africano es *Amaranthus leucocarpus* proviene de Marruecos y probablemente representa una ornamental introducida en Europa. En África Occidental se emplean varias especies de amaranto como hortaliza, se cosechan las plantas inmaduras o cuando todavía no florecen y se cocinan las plantas verdes. (Sánchez, 1980).

8.4 Especies para producción de granos.

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

8.4.1 *Amaranthus hypochondriacus*.

Es una importante especie para producción de granos y es originaria de México, ya que aquí se le cultiva desde el tiempo de los aztecas, actualmente se sigue cultivando y se encuentra

ampliamente distribuida en México. Las semillas son de color blanco, dorado, café y negro; las de coloración clara son las que más comúnmente se utilizan para granos (Espitia, 1991).

8.4.2 *Amaranthus caudatus*.

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

8.4.3 *Amaranthus cruentus*.

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

8.4.4 *Amaranthus edulis*.

Existe cierta controversia en cuanto a la situación de esta especie ya que algunos botánicos la consideran una especie y otros una variedad de *A. caudatus*. Su importancia radica en tener un incremento determinado, característica muy importante para mejoras genéticas. La inflorescencia presenta ramificaciones que terminan en una flor estaminada muy peculiar (Espitia, 1991).

8.5 USOS DEL AMARANTO

El amaranto tiene múltiples usos tanto en la alimentación humana y animal como en la industria, medicina y en la ornamentación. Para la alimentación humana se usa el grano entero o molido en forma de harinas, ya sea tostada, reventada o hervida. Las hojas tiernas reemplazan a las hortalizas de hoja, y las plántulas (hasta la fase fenológica de ramificación) se consumen en

forma de hortalizas, para lo cual se hacen hervir como si fuera espinaca o acelga y luego se puede licuar y obtener puré. Las hojas enteras y mezcladas con papas pueden ser consumidas directamente teniendo un sabor y aroma muy característico, agradable y peculiar. También las hojas enteras son utilizadas directamente en las sopas. (Díaz, S. 2012)

La planta en estado fresco hasta la formación de la inflorescencia, se utiliza como forraje para la alimentación del ganado, sobre todo para combinarla con otras especies forrajeras. Además, el amaranto puede ser utilizado para la producción de concentrados proteicos foliares debido a su alto rendimiento de biomasa verde, alto rendimiento de proteína y su capacidad de sobrevivir en condiciones marginales de suelo. Los granos hacen una magnífica combinación con otros granos para alimentar aves de corral, o preparar cualquier otro tipo de alimento balanceado para uso animal. (Peralta,2007).

En la industria se utiliza el amaranto para obtener colorantes vegetales principalmente amarantina que se utiliza para la coloración de alimentos dando colores sumamente vistosos y agradables a la vista y de sabor característico. Por los colores vistosos y formas caprichosas y variadas que presenta la inflorescencia del amaranto, se utiliza como planta ornamental en jardines y parques de las ciudades y el campo, ya que la enorme variabilidad genética muestra inflorescencias totalmente decumbentes, ramificadas, erectas, glomeruladas a manera de nódulos muy vistosos dando una apariencia impresionante. (Díaz, S. 2012).

Aparte de su interés nutricional también se puede aprovechar en la elaboración de cosméticos, colorantes e incluso plásticos biodegradables. Ciertas variedades son ricas en un pigmento natural denominado amarantina, que se utiliza en varios productos alimenticios, como mayonesas y salsa de soya. De las variedades rojas se obtiene un pigmento natural llamado betalaína, que se degrada levemente con la luz. Sin embargo, su uso es muy prometedor, ya que la mayoría de los pigmentos rojos son sintéticos y su uso se encuentra en fase de prohibición por resultar riesgosos para la salud. (Peralta,2007).

8.6. CONDICIONES EDAFOCLIMATICAS PARA EL CULTIVO DEL AMARANTO

8.6.1 Temperatura.

La temperatura media adecuada para el amaranto es de 15-20 °C; sin embargo, se ha observado que con temperaturas medias de 10 °C se desarrolla perfectamente el cultivo; así mismo, con temperaturas medias y altas de hasta 25 °C, prospera adecuadamente. Se ha determinado que

esta planta también posee mecanismo de escape y de tolerancia a bajas temperaturas, pudiendo soportar hasta menos de 8 °C, en determinadas etapas fonológicas, siendo la más tolerante, la ramificación; y la más susceptible, la floración y el llenado de granos. (Villavicencio, A. 1999).

8.6.2 Climas.

El amaranto se adapta a diferentes climas; desde el desértico, calurosos y secos en la costa; hasta fríos y secos de las altas altiplanicies; pasando por los valles interandinos templados y lluviosos; llegando hasta las cabeceras de la selva con mayor humedad relativa y zonas cordilleranas de grandes altitudes. (Villavicencio, A. 1999).

8.6.3 Suelo.

El amaranto prefiere un suelo franco, con buen drenaje y alto contenido de materia orgánica, con pendiente moderada y un contenido medio de nutrientes, puesto que la planta es exigente en nitrógeno y calcio; moderadamente en fósforo y poco en potasio. También puede adaptarse a suelos francos arenoso, arenosos o franco arcillosos, siempre que se le dote de nutrientes y no exista la posibilidad de encharcamiento del agua, puesto que es muy susceptible al exceso de humedad sobre todo en los primeros estadios. (Villavicencio, A. 1999).

8.6.4 Ph del suelo.

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

Últimas investigaciones han demostrado que el amaranto puede germinar en concentraciones salinas extremas de hasta 52 ms/cm, y que cuando se encuentra en estas condiciones extremas de concentración salina, el periodo de germinación se puede retrasar hasta en 25 días. (Villavicencio, A. 1999).

8.6.5 Radiación

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

El amaranto soporta radiaciones extremas de las zonas altas de los andes, sin embargo, estas altas radiaciones permiten compensar las horas calor para cumplir con su periodo vegetativo y productivo. En las zonas de mayor producción el amaranto de Perú, el promedio anual de la radiación global (RG) que recibe la superficie del suelo, asciende a 462 cal/cm²/día; y en la costa (Arequipa), alcanza a 510 cal/cm²/día; mientras que en el altiplano central de Bolivia (Oruro), la radiación alcanza a 489 cal/cm²/día; y en la Paz, es de 433 cal/cm²/día. (Villavicencio, A. 1999).

8.6.6 Fotoperiodo.

El amaranto, por su amplia variabilidad genética y gran plasticidad, presenta genotipos que prosperan adecuadamente con tan solo 12 horas diarias en el hemisferio sur, mientras que en el hemisferio norte y zonas australes con días de hasta 14 horas de luz, prospera en forma adecuada. En la latitud sur a 15°, alrededor del cual se tiene las zonas de mayor producción de amaranto, el promedio de horas luz diarias es de 12.19, con un acumulado de 146.3 horas al año. (Villavicencio, A. 1999).

8.6.7 Altura.

El amaranto crece y se adapta desde el nivel del mar, hasta cerca de los 4,000 metros sobre nivel del mar. Los amarantos sembrados al nivel del mar disminuyen su fotoperiodo vegetativo, comparados a la zonas andinas, observándose que el mayor potencial productivo, se obtiene al nivel del mar, habiéndose obtenido hasta 6,000 Kg/ha, con riego y buena fertilización. (Villavicencio, A. 1999).

8.7 CULTIVOS BAJO CUBIERTA

El invernadero es una estructura en que las partes correspondientes a las paredes y el techo están cubiertos con películas plásticas, con la finalidad de desarrollar cultivos en un ambiente controlado de temperatura y humedad. Se pueden tener construcciones simples, diseñadas por los agricultores a bajo costo, o sofisticadas, con instalaciones y equipos para un mejor control del ambiente. Los invernaderos generalmente son utilizados para cultivos de porte alto, como tomate, pepino, pimentón, melón, flores y otros. Una cubierta plástica es toda aquella estructura cerrada, cubierta por materiales transparentes, dentro de la cual es posible obtener unas

condiciones artificiales de microclima y, con ello, cultivar plantas en condiciones óptimas. (Cordero, 2000).

8.7.1 Ventajas de la producción bajo cubierta.

Protección contra condiciones climáticas extremas: El invernadero permite un control de la lluvia, granizo, bajas temperaturas, viento, tormentas, calentamiento, sombra y la presencia de rocío en los cultivos, lo que implica una disminución del riesgo en la inversión realizada. (Cadahia C, 2000).

Control sobre otros factores climáticos: La siembra bajo invernadero permite realizar un control de factores como calentamiento, enfriamiento, sombra dentro del cultivo, enriquecimiento con CO₂ y aplicación de agua. (Villavicencio, 1999).

Obtención de cosechas fuera de época: Al cultivar bajo cubierta es posible producir durante todo el año, independientemente de las condiciones climáticas externas. Además, hay una adaptación a los requerimientos del mercado local y de exportación, extendiendo los períodos de producción, logrando así un aprovisionamiento continuo del producto. (Cadahia C, 2000).

Mejor calidad de la cosecha: Dentro de un ambiente protegido, las condiciones de producción favorecen la obtención de productos sanos, similares en forma y tamaño, con madurez uniforme, y con excelente presentación, características que estimulan sensiblemente el consumo. (Cordero, 2000).

Preservación de la estructura del suelo: En un ambiente protegido, el suelo permanece bien estructurado, firme y no sufre las consecuencias de la erosión a causa de la lluvia y el viento. Las condiciones del invernadero disminuye el lavado de nutrientes dentro del perfil del suelo, con lo que las plantas obtienen mayor disponibilidad de los mismos, reflejándose en una mayor productividad por unidad de área. (Cadahia C, 2000).

Aumento considerable de la producción: Esta característica es la que estimula a los productores a aplicar esta técnica de producción. Una planta, expuesta a diferentes factores favorables bajo cubierta, produce de tres a cuatro veces más, aún en épocas críticas, que los cultivos desarrollados a campo abierto en condiciones normales. (Cordero, 2000).

8.8 CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS DEL AMARANTO.

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

8.8.1 Raíz.

La raíz es pivotante con abundante ramificación y múltiples raicillas delgadas, que se extienden rápidamente después que el tallo comienza a ramificarse, facilitando la absorción de agua y nutriente; la raíz principal sirve de sostén a la planta, permitiendo mantener el peso de la panoja. Las raíces primarias llegan a tomar consistencia leñosa que anclan a la planta firmemente y que en muchos casos sobre todo cuando crece algo separada de otras, alcanza dimensiones considerables. En caso de ataque severo de nemátodos se observan nodulaciones prominentes en las raicillas (Tapia, 2007).

8.8.2 Tallo.

El tallo es cilíndrico y anguloso con gruesas estrías longitudinales que le dan una apariencia acanalada, alcanza de 0.4 a 3 m de longitud, cuyo grosor disminuye de la base al ápice, presenta distintas coloraciones que generalmente coincide con el color de las hojas, aunque a veces se observa estrías de diferentes colores, presenta ramificaciones que en muchos casos empiezan desde la base o a media altura y que se originan de las axilas de las hojas. El número de ramificaciones es dependiente de la densidad de población en la que se encuentre el cultivo (Tapia, 2007).

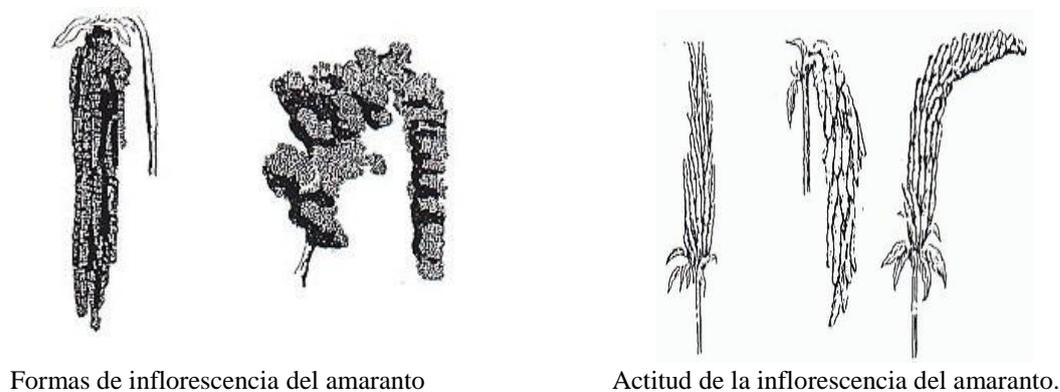
8.8.3 Hojas.

Las hojas son pecioladas y compuestas, alternas, de forma romboide, elípticas u ovaladas. Con nervaduras prominentes en el envés, lisas o poco pubescentes de color verde o púrpura cuyo tamaño disminuye de la base al ápice, presentando borde entero, de tamaño variable de 6.5-15 cm. (Tapia, 2007).

8.8.4 Inflorescencia.

La inflorescencia del amaranto corresponde a panojas amarantiformes o glomeruladas muy vistosas, terminales o axilares, que pueden variar de totalmente erectas hasta decumbentes, con colores que van del amarillo, anaranjado, café, rojo, rosado, hasta el púrpura; el tamaño varía de 0.5-0.9 m pudiendo presentar diversas formas, incluso figuras caprichosas y muy elegantes. Son amarantiformes cuando los amentos de dicasios son rectilíneos o compuestos dirigidos hacia arriba o abajo según sea la inflorescencia erguida o decumbente; y es glomèrulado, cuando estos amentos de dicasios se agrupan formando glomérulos de diferentes tamaños (Tapia, 2007).

Figura 2. Formas y altitud de la inflorescencia de amaranto



(Mapes, 1985)

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

8.8.5 Flores.

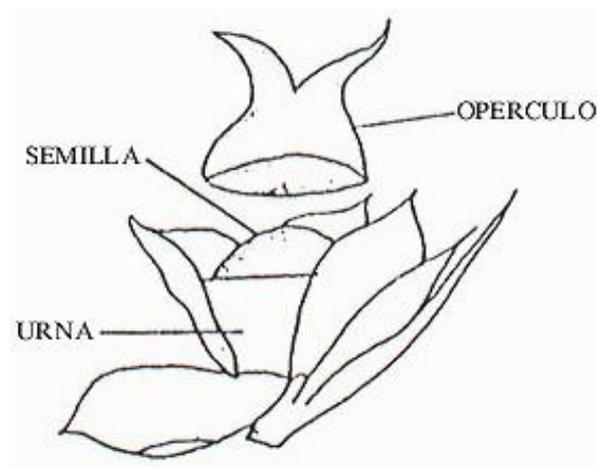
El amaranto presenta flores unisexuales pequeñas, estaminadas y pistiladas, estando las estaminadas en el ápice del glomérulo y las pistiladas completan el glomérulo, el androceo está formado por cinco estambres de color morado que sostienen a las anteras por un punto cercano a la base, el gineceo presenta ovario esférico, súpero coronado por tres estigmas filiformes y pilosos, que aloja a una solo semilla (Tapia, 2007).

El glomérulo es una ramificación dicasial cuya primera flor es terminal y siempre masculina, en cuya base nacen dos flores laterales femeninas, cada una de las cuales origina otras dos flores laterales femeninas y así sucesivamente. Un glomérulo puede contener 250 flores femeninas, la flor masculina luego de expulsar el polen se seca y cae. (Brenner, 1990).

8.8.6 Fruto.

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

Figura 3. Pixidio unilocular de amaranto (Brenner, 1990)



(Mapes, 1985)

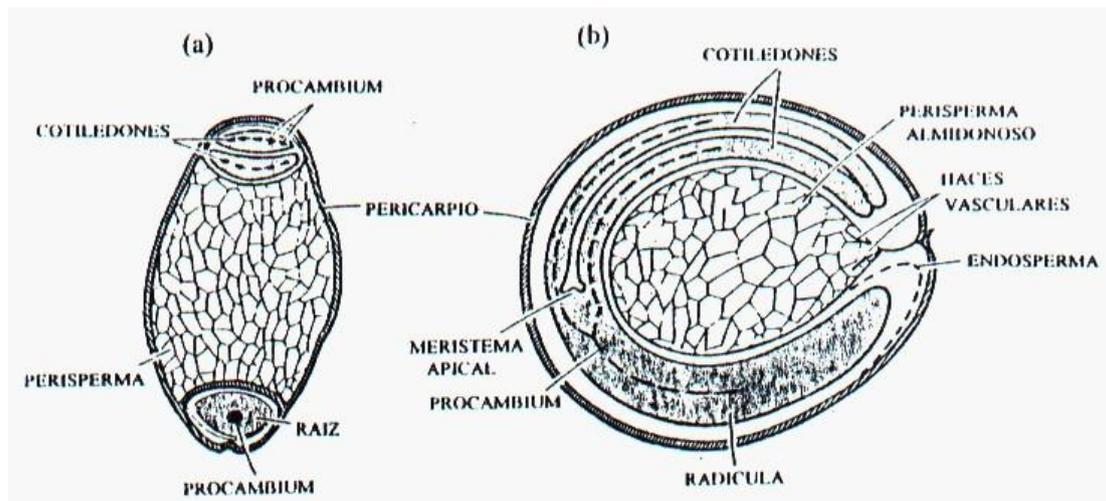
La semilla es pequeña, lisa, brillante de 1-1,5 mm. De diámetro, ligeramente aplanada, de color blanco, aunque existen de colores amarillentos, dorados, rojos, rosados, púrpuras y negros; el número de semillas varía de 1000 a 3000 por gramo (Nieto, 1990), las especies silvestres presentan granos de color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

8.8.7 Semilla

La semilla es pequeña, lisa, brillante de 1-1,5 mm. De diámetro, ligeramente aplanada, de color blanco, aunque existen de colores amarillentos, dorados, rojos, rosados, púrpuras y negros; el número de semillas varía de 1000 a 3000 por gramo (Nieto, 1990), las especies silvestres

presentan granos de color negro con el episperma muy duro; en el grano se distinguen cuatro partes importantes: epispermo que viene a ser la cubierta seminal, constituida por una capa de célula muy fina; endospermo que viene a ser la segunda capa; embrión formado por los cotiledones que es la más rica en proteínas y una interna perisperma rica en almidones (Irving et al., 1981).

Figura 4. Diagrama de sección transversal (a) y longitudinal (b) de la semilla (Irving et al., 1981).



(Mapes, 1985)

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

8.9 FISIOLÓGIA DEL AMARANTO.

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

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

8.10 FASES FENOLÓGICAS DEL AMARANTO.

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

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

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

8.10.1 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.

8.10.1.1 Fase vegetativa: (V1....Vn)

Estas, se determinan contando el número de nudos en el tallo principal donde las hojas se encuentran expandidas 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.

8.10.2 Fase reproductiva:

8.10.2.1 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.

8.10.2.2 Panoja (R2):

La panoja tiene al menos 2 cm de largo.

8.10.2.3 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.

8.10.2.4 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 R4.2 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.

8.10.2.5 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:

8.10.2.5.1 Grano lechoso:

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

8.10.2.5.2 Grano pastoso:

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

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

8.10.2.7 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. (Quillahuamán 1989 y Henderson 1993)

9. PREGUNTAS CIENTIFICAS O HIPOTESIS

9.1 ALTERNATIVA (Ha)

- La utilización de indicadores biométricos, días a la germinación, tamaño del tallo y panoja a la cosecha, número de hojas a la cosecha y peso de 10000 semillas, ayudara a identificar las características morfológicas más representativas de las plantas.

- Al utilizar indicadores fisiológicos, Días la formación de grano lechoso y pastoso, días a la madurez fisiológica, colores de la plantas antes de la cosecha y color de la semilla, se determinara los aspectos más representativos de las plantas lo cual es muy provechoso para la futuros trabajos de selección vegetal.

9.2 NULA (Ho)

- La utilización de indicadores biométricos, días a la germinación, tamaño del tallo y panoja a la cosecha, número de hojas a la cosecha y peso de 10000 semillas, no identificara las características morfológicas más representativas de las plantas.
- Al utilizar indicadores fisiológicos, Días la formación de grano lechoso y pastoso, días a la madurez fisiológica, colores de la plantas antes de la cosecha y color de la semilla, no se obtendrá los aspectos más representativos de las plantas por lo tanto la presente investigación no es factible.

10. METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL

10.1.1 Material experimental

- Gavetas
- Sustrato.
- Semilla de amaranto originaras de distintos países

10.1.2 Materiales de campo

- Azadones
- Libreta
- Cinta métrica
- Estacas
- Piolas
- Rastrillos
- Libreta de campo
- Azadas
- Estacas
- Etiquetas

10.1.3 Equipos

- Cámara fotográfica
- Balanza electrónico

- Hidrómetro electrónico

10.1.4 Talento Humano

- Postulante: Alex Fabricio Larcos Chávez
- Director de Tesis: Ing. Carlos Torres PhD.
- Miembros de tribunal:
 - Presidente: Ing. Msc José Zambrano
 - Miembro: Ing. Mg: Giovanna Parra
 - Miembro: Ing. Msc: Klever Quimbiulco

10.1.5 Materiales de escritorio

- Computadora
- Hojas de papel bond
- Internet
- Esferos, lápiz, etc.

10.1.6 Lugar de la investigación.

El experimento se realizó en el sector de Salcedo en el Barrio San Francisco, propietario Sr. Giovanni Chávez. Cuya ubicación es la siguiente:

Cuadro 3. Datos geográficos del lugar de la investigación

Provincia	Cotopaxi
Cantón	Salcedo
Parroquia	San Miguel
Sector	Barrio San Francisco
Altitud	3000 msnm
Latitud	45°45'28" N
Longitud	11°33'58" E

Fuente: (ENP, 2017).

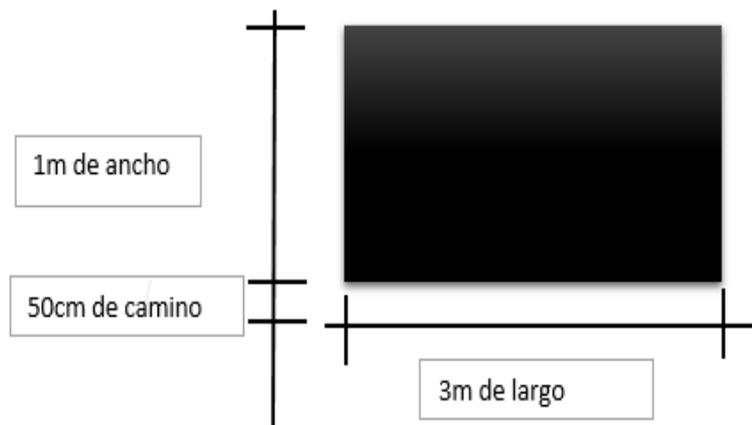
Elaborado por: Alex Larcos (2018)

10.2 Diseño metodológico

10.2.1 Unidad experimental

Se utilizó una unidad experimental de forma rectangular de dimensiones 3m x 1m; obteniéndose una parcela neta de 3m x 1m; total 3 m²

GRÁFICO.1.Diseño de parcela



Cuadro 4. Descripción del ensayo

Área total del ensayo	85m
Área por parcela	3m x 1m
Área de caminos	0.50 m
Numero de parcelas	18
Numero de hileras	0.50cm
Distancia entre plantas	0.35 m
Número de plantas evaluadas/parcela	7 plantas

Elaborado por: Alex Larcos (2018)

Cuadro 5. Simbología Códigos VIR (Instituto de Investigación de toda Rusia. N.I. Vavilov)

País	Código	Especie
Estados Unidos	VIR 796 (30)	<i>Sin. Def.</i>
México	VIR 584 (7)	<i>Sin. Def.</i>
Bélgica	VIR 666 (16)	<i>A. cruentus</i>
Argentina	VIR 674 (17)	<i>Don Manuel</i>
Francia	VIR. 686 (18)	<i>A. cruentus</i>
Mongolia	VIR. 690 (19)	<i>A. hybridus</i>
Bélgica	Sin número VIR (20)	<i>A. caudatus</i>
China	VIR. 711 (24)	<i>Sin. Def.</i>

Elaborado por: Alex Larcos (2018)

10.3 Manejo específico del ensayo.

10.3.1 Preparación del suelo

Se realizó un arado en el terreno y luego se procedió a la respectiva limpieza de malas hierbas.

10.3.2 Establecimiento del ensayo

Una vez preparado el suelo se procedió al trazado de las parcelas utilizando estacas, piolas, dividiendo el terreno en un total de 18 parcelas cada una de ellas con las siguientes dimensiones de 3m de largo y 1m de ancho con una separación entre cama de 0.50cm, en estas se procedieron a colocar las distintas especies de amaranto.

10.3.3 Siembra

La siembra se realizó en semilleros, con densidades variables de acuerdo a la disponibilidad de la semilla de cada especie.

10.3.4 Trasplante

Se realizó el trasplante una vez que las especies de amaranto llegaron a los 30 días, con una distribución de acuerdo a la cantidad de plántulas que disponemos, se midió 25cm del borde de

la parcela hacia dentro de cada lado, procedió a sembrar con una distancia de 50cm entre hileras y 35cm entre plantas.

10.3.5 Riego:

Se utilizó riego por aserción dos veces por semana conforme al calendario de actividades.

10.3.6 Aporque:

Se realizó dos aporques a los 45 y 100 días cuando la mayoría de las plantas median entre 0.30 y 0.70 cm de altura, con la finalidad de darle un mayor sostén a la planta y afianzar el sistema radicular, esto varía de cada especie.

10.3.7 Cosecha y Trilla:

La cosecha se realizó de forma manual utilizando una hoz, cuando las plantas presentaron su madurez fisiológica y la semilla presento una consistencia dura, lo cual se colocó en lonas con sus respectivos códigos. Luego de la cosecha se procedió al secado de la panoja y después de un tiempo se realizó el trillado de forma manual.

10.4 INDICADORES

10.4.1 Indicadores biométricos

10.4.1.1 Días de emergencia.

De cada semillero se tomó datos de homogeneidad de acuerdo a la siguiente escala. (Torres, 2015).

Cuadro 6. Indicador 1

CÓDIGO	ESCALA	CLASIFICACIÓN
menor de 10 días	1	PRECOZ
de 11 a 15 días	2	SEMI PRECOZ
más de 16 días	3	TARDÍA

Fuentes: (Torres, 2015).

Elaborado por: Alex Larcos

10.4.1.2. Tamaño del tallo a la cosecha (cm)

De cada una de las especies se tomó datos de 10 plantas al azar, días antes de la cosecha, midiendo desde el cuello hasta la cofia, utilizando un flexómetro. (Torres, 2015).

10.4.1.3. Tamaño de la panoja a la cosecha (cm)

A los primeros días de la cosecha, se toma 10 plantas al azar de cada especie, se mide desde la base hasta el ápice de la panoja principal, utilizando un flexómetro y se sacó el promedio de cada una de ellas. (Torres, 2015).

10.4.1.4. Número de hojas a la cosecha

De cada una de las especies se tomó datos de 10 plantas al azar, a los días de cosecha se contó el número de hojas y se realizó un cuadro comparativo para sacar un promedio general del número de hojas por especie, los datos fueron apuntados en el libro de campo, posteriormente se registró en una tabla de Excel. (Torres, 2015).

10.4.1.5. Peso de 1000 semillas (gr)

Se pesó 1000 semillas cuando el grano está seco, después de las labores de cosecha y pos-cosecha tomadas al azar de cada especie, pesadas con una balanza de precisión los datos son registrados en gramos. (Torres, 2015).

10.4.2. Indicadores fisiológicos

10.4.2.1. Días a la maduración fisiológica

De cada una de las especies se tomó datos de 10 plantas al azar, a partir de los primeros días que inicio la madurez de las plantas, esta madurez fisiológica dependió de cada una de las especies en estudio por ser originarios de distintos países, los datos fueron registrados en el libro de campo. (Torres, 2015).

10.4.2.2. Color de las planta antes de la floración

De cada especie se tomó una planta al azar, a los 75 días después de la siembra en donde se procedió a registrar con una tabla de colores general dándole el código de color HTML.2013, que le corresponde a cada especie.

Gráfico 1. Tabla de colores general

#000000	#003300	#006600	#009900	#00CC00	#00FF00
#000033	#003333	#006633	#009933	#00CC33	#00FF33
#000066	#003366	#006666	#009966	#00CC66	#00FF66
#000099	#003399	#006699	#009999	#00CC99	#00FF99
#0000CC	#0033CC	#0066CC	#0099CC	#00CCCC	#00FFCC
#0000FF	#0033FF	#0066FF	#0099FF	#00CCFF	#00FFFF
#990000	#993300	#996600	#999900	#99CC00	#99FF00
#990033	#993333	#996633	#999933	#99CC33	#99FF33
#990066	#993366	#996666	#999966	#99CC66	#99FF66
#990099	#993399	#996699	#999999	#99CC99	#99FF99
#9900CC	#9933CC	#9966CC	#9999CC	#99CCCC	#99FFCC
#9900FF	#9933FF	#9966FF	#9999FF	#99CCFF	#99FFFF
#330000	#333300	#336600	#339900	#33CC00	#33FF00
#330033	#333333	#336633	#339933	#33CC33	#33FF33
#330066	#333366	#336666	#339966	#33CC66	#33FF66
#330099	#333399	#336699	#339999	#33CC99	#33FF99
#3300CC	#3333CC	#3366CC	#3399CC	#33CCCC	#33FFCC
#3300FF	#3333FF	#3366FF	#3399FF	#33CCFF	#33FFFF
#CC0000	#CC3300	#CC6600	#CC9900	#CCCC00	#CCFF00
#CC0033	#CC3333	#CC6633	#CC9933	#CCCC33	#CCFF33
#CC0066	#CC3366	#CC6666	#CC9966	#CCCC66	#CCFF66
#CC0099	#CC3399	#CC6699	#CC9999	#CCCC99	#CCFF99
#CC00CC	#CC33CC	#CC66CC	#CC99CC	#CCCCCC	#CCFFCC
#CC00FF	#CC33FF	#CC66FF	#CC99FF	#CCCCFF	#CCFFFF
#660000	#663300	#666600	#669900	#66CC00	#66FF00
#660033	#663333	#666633	#669933	#66CC33	#66FF33
#660066	#663366	#666666	#669966	#66CC66	#66FF66
#660099	#663399	#666699	#669999	#66CC99	#66FF99
#6600CC	#6633CC	#6666CC	#6699CC	#66CCCC	#66FFCC
#6600FF	#6633FF	#6666FF	#6699FF	#66CCFF	#66FFFF
#FF0000	#FF3300	#FF6600	#FF9900	#FFCC00	#FFFF00
#FF0033	#FF3333	#FF6633	#FF9933	#FFCC33	#FFFF33
#FF0066	#FF3366	#FF6666	#FF9966	#FFCC66	#FFFF66
#FF0099	#FF3399	#FF6699	#FF9999	#FFCC99	#FFFF99
#FF00CC	#FF33CC	#FF66CC	#FF99CC	#FFCCCC	#FFFFCC
#FF00FF	#FF33FF	#FF66FF	#FF99FF	#FFCCFF	#FFFFFF

Fuente: Tabla de colores (HTML.2013)

10.4.2.3. Días a la formación del grano lechoso

Se tomó muestra al azar de las distintas semillas de cada especie de amaranto y se verifico si llego al estado de grano lechoso y cuantos días tardo en llegar a este estado. Grano lechoso: las semillas al ser presionadas entre los dedos, dejan salir un líquido lechoso. (Mujica, 1997)

10.4.2.4. Días a la formación del grano pastoso

Se tomó muestra al azar de las distintas semillas de cada especie de amaranto y se verifico si llego al estado de grano pastoso y cuantos días tardo en llegar a este estado. Grano pastoso: las

semillas al ser presionadas entre los dedos presentan una consistencia pastosa de color blanquecino. (Mujica, 1997)

10.4.2.5. Color del grano

Se recolectaron las diferentes semillas de cada especie con lo cual se procedió a registrar con una tabla de colores general dándole el código de color HTML.2013, que le corresponde al grano.

Gráfico 2. **Tabla de colores general**

#000000	#003300	#006600	#009900	#00CC00	#00FF00
#000033	#003333	#006633	#009933	#00CC33	#00FF33
#000066	#003366	#006666	#009966	#00CC66	#00FF66
#000099	#003399	#006699	#009999	#00CC99	#00FF99
#0000CC	#0033CC	#0066CC	#0099CC	#00CCCC	#00FFCC
#0000FF	#0033FF	#0066FF	#0099FF	#00CCFF	#00FFFF
#990000	#993300	#996600	#999900	#99CC00	#99FF00
#990033	#993333	#996633	#999933	#99CC33	#99FF33
#990066	#993366	#996666	#999966	#99CC66	#99FF66
#990099	#993399	#996699	#999999	#99CC99	#99FF99
#9900CC	#9933CC	#9966CC	#9999CC	#99CCCC	#99FFCC
#9900FF	#9933FF	#9966FF	#9999FF	#99CCFF	#99FFFF
#330000	#333300	#336600	#339900	#33CC00	#33FF00
#330033	#333333	#336633	#339933	#33CC33	#33FF33
#330066	#333366	#336666	#339966	#33CC66	#33FF66
#330099	#333399	#336699	#339999	#33CC99	#33FF99
#3300CC	#3333CC	#3366CC	#3399CC	#33CCCC	#33FFCC
#3300FF	#3333FF	#3366FF	#3399FF	#33CCFF	#33FFFF
#CC0000	#CC3300	#CC6600	#CC9900	#CCCC00	#CCFF00
#CC0033	#CC3333	#CC6633	#CC9933	#CCCC33	#CCFF33
#CC0066	#CC3366	#CC6666	#CC9966	#CCCC66	#CCFF66
#CC0099	#CC3399	#CC6699	#CC9999	#CCCC99	#CCFF99
#CC00CC	#CC33CC	#CC66CC	#CC99CC	#CCCCCC	#CCFFCC
#CC00FF	#CC33FF	#CC66FF	#CC99FF	#CCCCFF	#CCFFFF
#660000	#663300	#666600	#669900	#66CC00	#66FF00
#660033	#663333	#666633	#669933	#66CC33	#66FF33
#660066	#663366	#666666	#669966	#66CC66	#66FF66
#660099	#663399	#666699	#669999	#66CC99	#66FF99
#6600CC	#6633CC	#6666CC	#6699CC	#66CCCC	#66FFCC
#6600FF	#6633FF	#6666FF	#6699FF	#66CCFF	#66FFFF
#FF0000	#FF3300	#FF6600	#FF9900	#FFCC00	#FFFF00
#FF0033	#FF3333	#FF6633	#FF9933	#FFCC33	#FFFF33
#FF0066	#FF3366	#FF6666	#FF9966	#FFCC66	#FFFF66
#FF0099	#FF3399	#FF6699	#FF9999	#FFCC99	#FFFF99
#FF00CC	#FF33CC	#FF66CC	#FF99CC	#FFCCCC	#FFFFCC
#FF00FF	#FF33FF	#FF66FF	#FF99FF	#FFCCFF	#FFFFFF

Fuente: Tabla de colores (HTML.2013)

10.5. Análisis multivariado

Los datos multivariados surgen en distintas áreas o ramas de la ciencia. Las estadísticas descriptivas (multivariadas), como su nombre lo indica, sirven para describir el comportamiento de un conjunto de datos. (Gutiérrez y De la Vara, 2003)

10.6. Componentes principales.

El Análisis de Componentes Principales (ACP) es una técnica estadística de síntesis de la información, o reducción de la dimensión (número de variables). Es decir, ante un banco de datos con muchas variables, el objetivo será reducirlas a un menor número perdiendo la menor cantidad de información posible. (Gutiérrez y De la Vara, 2003)

Los nuevos componentes principales o factores serán una combinación lineal de las variables originales, y además serán independientes entre sí. (Gutiérrez y De la Vara, 2003)

Un análisis de componentes principales tiene sentido si existen altas correlaciones entre las variables, ya que esto es indicativo de que existe información redundante y, por tanto, pocos factores explicarán gran parte de la variabilidad total. (Gutiérrez y De la Vara, 2003)

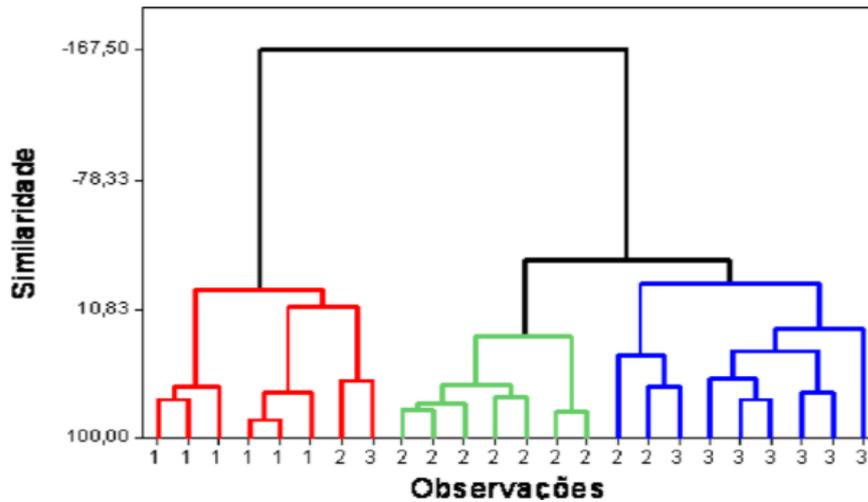
10.7. Análisis de conglomerados

El Análisis Cluster, conocido como Análisis de Conglomerados, es una técnica estadística multivariado que busca agrupar elementos (o variables) tratando de lograr la máxima homogeneidad en cada grupo y la mayor diferencia entre los grupos. (GABRIEL y ODOROFF, 1990).

El Análisis Cluster tiene una importante tradición de aplicación en muchas áreas de investigación. Sin embargo, junto con los beneficios del Análisis Cluster existen algunos inconvenientes. El Análisis Cluster es una técnica descriptiva, atórica y no inferencial

La heterogeneidad de una población constituye la materia prima del análisis cuantitativo. Se utiliza la información de una serie de variables para cada sujeto u objeto y, conforme a estas variables se mide la similitud entre ellos. Una vez medida la similitud se agrupan en: grupos homogéneos internamente y diferentes entre sí. La "nueva dimensión" lograda con el cluster se aprovecha después para facilitar la aproximación "segmentada" de un determinado análisis.

Figura 5. Ilustración de un conglomerado

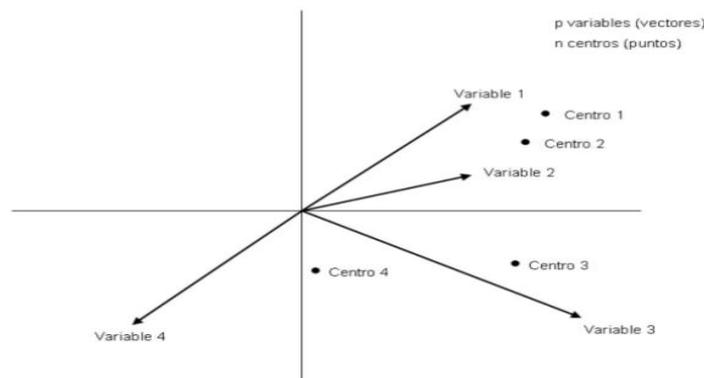


10.8. Los métodos BIPLLOT

Un BIPLLOT (GABRIEL, 1971) es una representación gráfica de datos multivariado. De la misma manera que un diagrama de dispersión muestra la distribución conjunta de dos variables, un BIPLLOT representa tres o más variables. (GABRIEL y ODOROFF, 1990).

El BIPLLOT aproxima la distribución de una muestra multivariado en un espacio de dimensión reducida, normalmente de dimensión dos, y superpone sobre la misma representaciones de las variables sobre las que se mide la muestra (GOWER 1996). Las representaciones de las variables son normalmente vectores, y coinciden con las direcciones en las que mejor se muestra el cambio individual de cada variable.

.Figura 6. Ilustración de un biplots



11. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

11.1.1 Indicadores biométricos

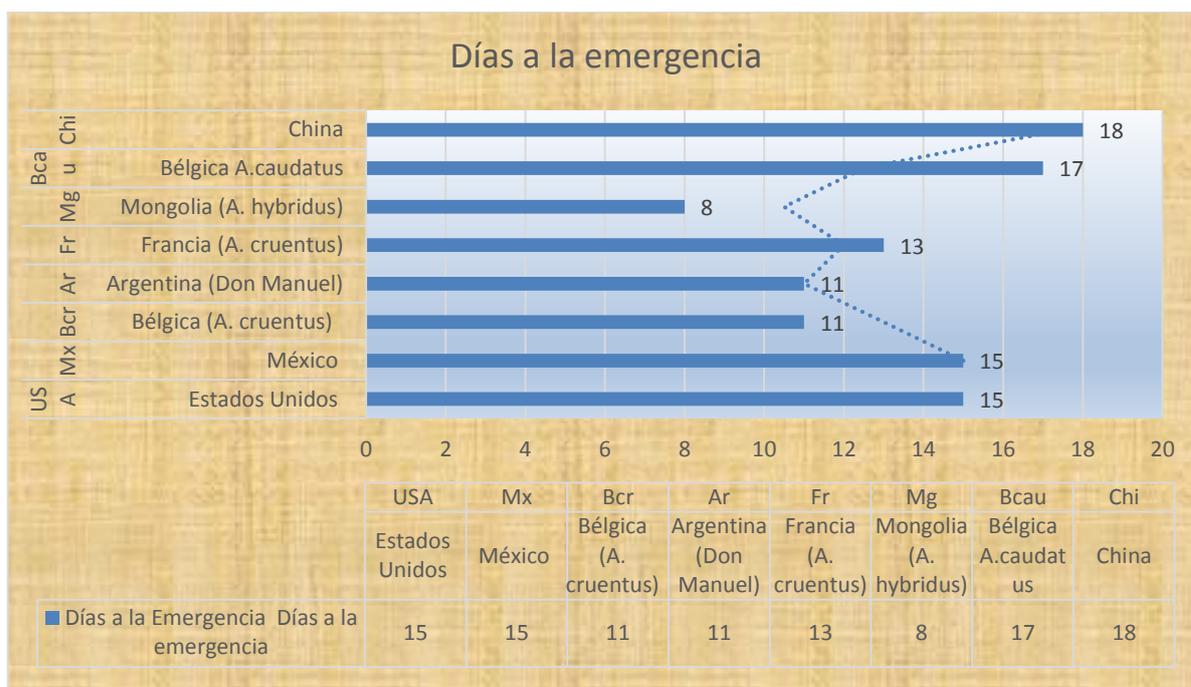
Tabla 1. Escala de clasificación, días a la emergencia

CÓDIGO	ESCALA	CLASIFICACIÓN
menor de 10 días	1	PRECOZ
de 11 a 15 días	2	SEMI PRECOZ
más de 16 días	3	TARDÍA

Tabla 2. Datos obtenidos días a la emergencia de cada una de las especie

Días a la Emergencia		
	Lugar	Días a la emergencia
USA	Estados Unidos	15
Mx	México	15
Bcr	Bèlgica (<i>A. cruentus</i>)	11
Ar	Argentina (<i>Don Manuel</i>)	11
Fr	Francia (<i>A. cruentus</i>)	13
Mg	Mongolia(<i>A. hybridus</i>)	8
Bcau	Bèlgica (<i>A. caudatus</i>)	17
Chi	China	18

Gráfico 3. Días a la emergencia de cada una de las especie



Fuente: (Larcos.A.2018)

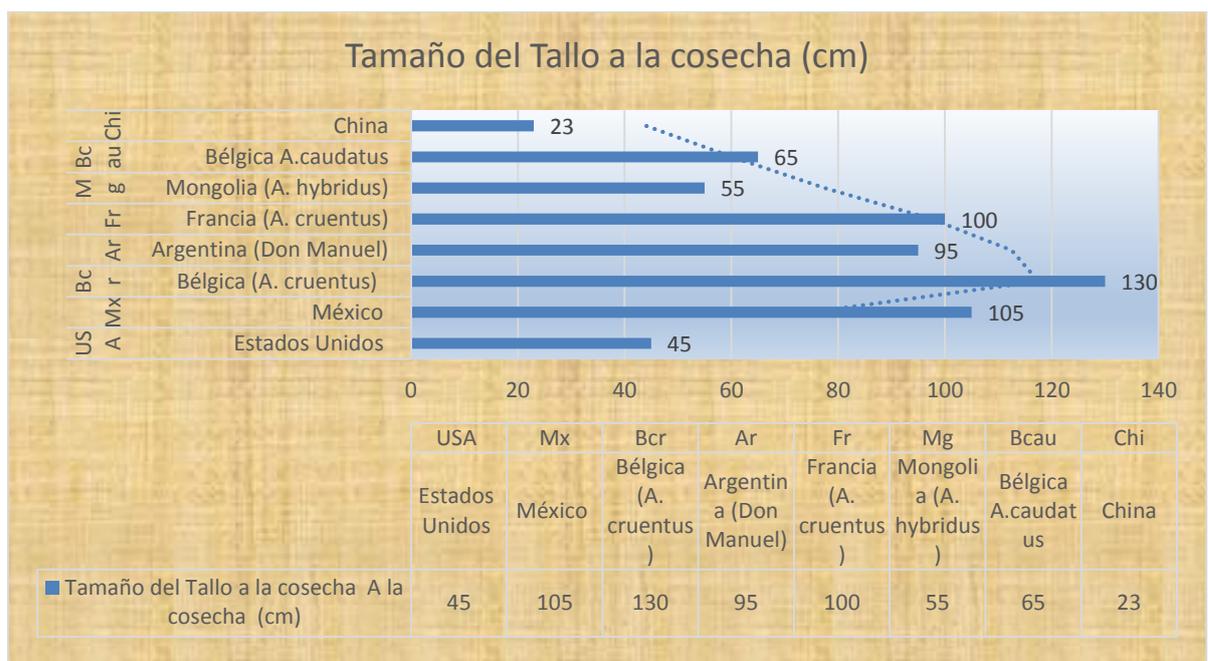
Discusión: En la gráfico 3. Correspondiente al indicador días a la emergencia se observa una similitud estadística entre las diferentes especies de amaranto, destacando sobre ellos la especie de Mongolia (*A. hybridus*) por ser la más precoz de todas las especies estudiadas en la presente investigación, la germinación se visualizó a los 8 días, mientras las especies originarias de: Estados Unidos, México, Bélgica (*A. cruentus*), Argentina (*Don Manuel*) y Francia (*A. cruentus*) son semi-precoz su rango al momento de germinación osciló entre los 11 a 15 días, a diferencia de las especies de Bélgica (*A. caudatus*) y China que le toma de 17 y 18 días respectivamente para la germinación, por la cual se ha clasificado a estas especies de germinación tardía .

11.1.2. Tamaño del tallo a la cosecha (cm)

Tabla 3. Datos obtenidos del tamaño del tallo a la cosecha de cada una de las especie

Tamaño del Tallo a la cosecha		
Código	Lugar	A la cosecha (cm)
USA	Estados Unidos	45
Mx	México	105
Bcr	<i>A. cruentus</i> (Bélgica)	130
Ar	Argentina (<i>Don Manuel</i>)	95
Fr	Francia (<i>A. cruentus</i>)	100
Mg	Mongolia (<i>A. hybridus</i>)	55
Bcau	<i>A. caudatus</i> (Bélgica)	65
Chi	China	23

Gráfico 4. Tamaño del tallo a la Cosecha



(Larcos.A.2018)

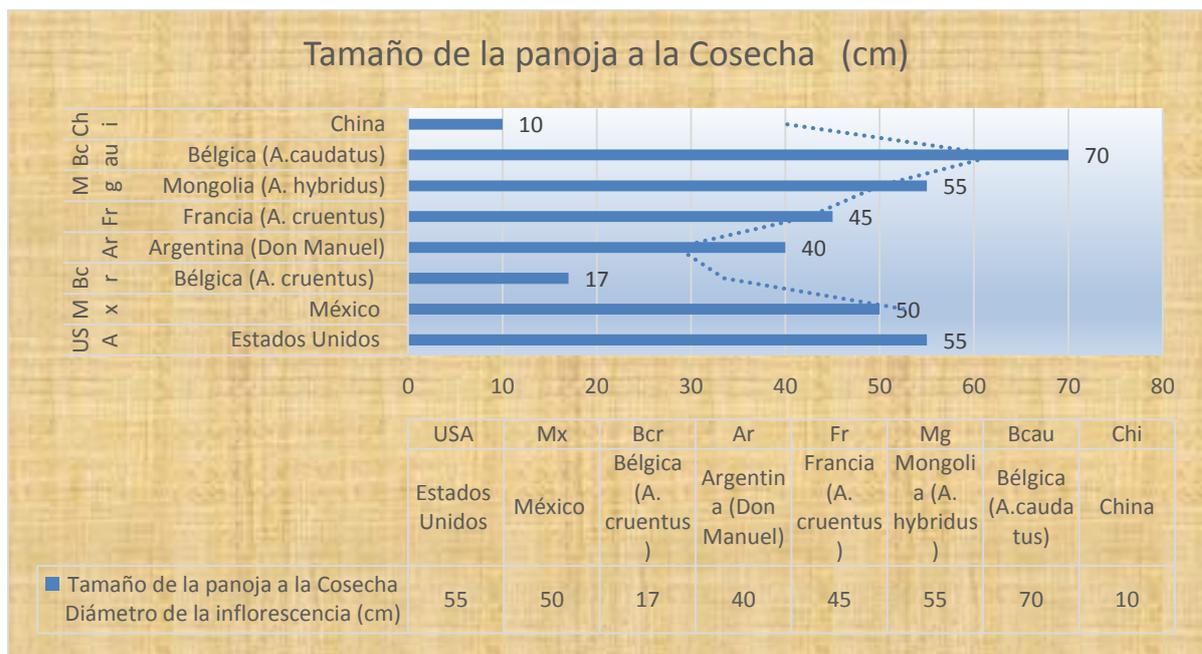
Discusión: En la gráfico 4. Correspondiente al tamaño del tallo a la cosecha, se observa diferencias entre las especies de amaranto en estudio, los rangos para este indicador oscilan entre los 23cm hasta los 130cm correspondientes a la especies de China y Bélgica (*A. cruentus*) respectivamente. Las especies que sobrepasaron los 100cm para este indicador fueron las originarias de: Argentina (*Don Manuel*), Francia (*A. cruentus*), Mongolia (*A. hybridus*) y Bélgica (*A. cruentus*), las especies con un tamaño del tallo de promedio medio fueron: Bélgica (*A. caudatus*) y Mongolia (*A. hybridus*), promedios que oscilaron entre 55cm y 65cm, mientras que las especies de menor tamaño se evidenciaron en el amaranto originario Estados Unidos y China con 45cm y 55cm respectivamente.

11.1.3 Tamaño de la Panoja a la cosecha (cm)

Tabla 4. Datos obtenidos del tamaño de la panoja a la cosecha de cada una de las especie

Tamaño de la panoja a la Cosecha		
Código	Lugar	Diámetro de la inflorescencia (cm)
USA	Estados Unidos	55
Mx	México	50
Bcr	Bélgica (<i>A. cruentus</i>),	17
Ar	Argentina (<i>Don Manuel</i>)	40
Fr	Francia (<i>A. cruentus</i>)	45
Mg	Mongolia (<i>A. hybridus</i>)	55
Bcau	Bélgica (<i>A. caudatus</i>)	70
Chi	China	10

Gráfico 5. Tamaño de la panoja a la cosecha



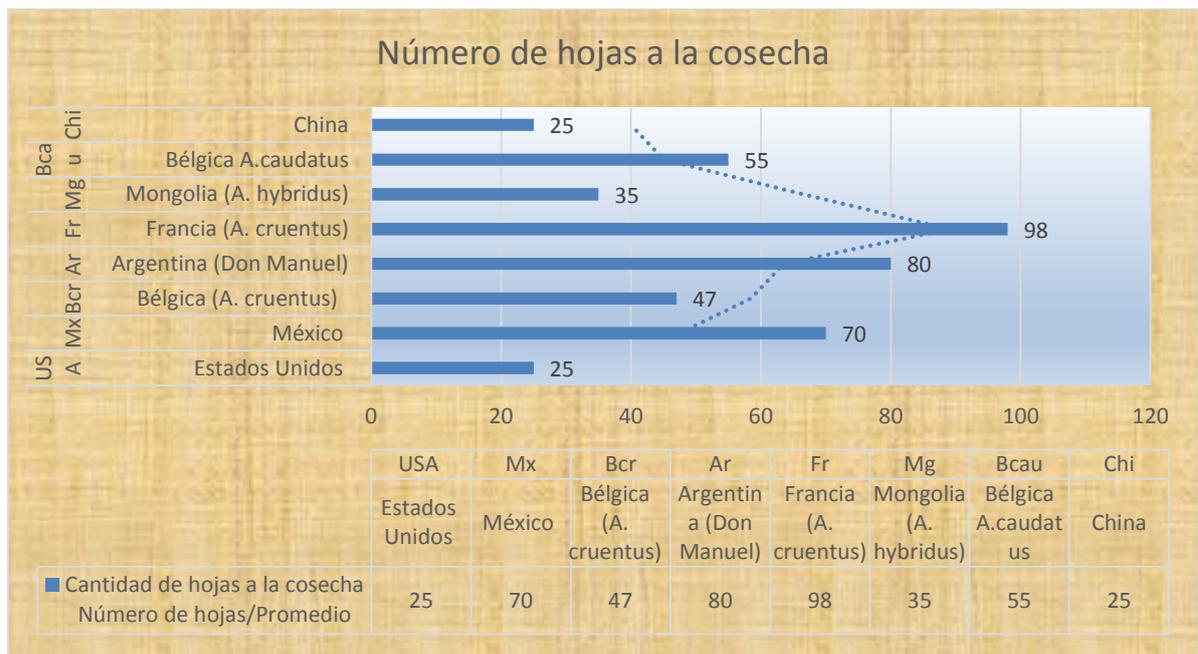
Discusión: En la gráfico 5. Correspondiente al tamaño de panoja a la cosecha, se observa diferencias para este indicador, lo que expresa las características genéticas propias de cada una de las especies evaluadas en la presente investigación. Las especies que presentaron mayor tamaño fueron las originarias de Bélgica (*A. caudatus*) con 70cm, seguida Estados Unidos y Mongolia (*A. hybridus*) con 55cm y México con 50cm. Las especies originarias de Argentina (*Don Manuel*) y Francia (*A. cruentus*) presentaron una panoja de tamaño medio correspondiente a 40 y 45 cm respectivamente. Y las de menor tamaño de inflorescencia se evidenció en las especies de: China con 10cm y la de Bélgica (*A.cruentus*) con 17cm.

11.1.4 Número de hojas a la cosecha a la cosecha

Tabla 5. Número de hojas a la cosecha

Número de hojas a la cosecha		
Código	Lugar	Número de hojas/Promedio
USA	Estados Unidos	25
Mx	México	70
Bcr	Bélgica(<i>A.cruentus</i>)	47
Ar	Argentina (<i>Don Manuel</i>)	80
Fr	Francia (<i>A. cruentus</i>)	98
Mg	Mongolia (<i>A. hybridus</i>)	35
Bcau	Bélgica (<i>A. caudatus</i>)	55
Chi	China	25

Gráfico 6. Número de Hojas a la Cosecha



(Larcos.A.2018)

Discusión: En la gráfico 6. Correspondiente al número de hojas a la cosecha de amaranto, como en los anteriores indicadores se observa diferencia interespecíficas. La especies que mayor cantidad de hojas acumularon al momento de la cosecha fueron las originarias de: México, Argentina (*Don Manuel*), Francia (*A. cruentus*) con rangos que oscilaron entre 70 hasta 98 hojas, a diferencia de las especies de: Bélgica (*A. caudatus*), Bélgica (*A. cruentus*) y Mongolia (*A. hybridus*) que presentaron rangos desde las 35 a 55 hojas, mientras que las especies que menor cantidad de hojas presentaron fueron las de China y Estados Unidos con 25 hojas.

11.1.5. Peso de 1000 semillas (gr)

Tabla 6. Peso en gramos de 1000 semillas de amaranto de cada una de las especies.

Peso de 1000 granos		
Código	Lugar	Peso/Gramos
USA	Estados Unidos	0,88
Mx	México	0,79
Bcr	Bélgica (<i>A. cruentus</i>)	0,78
Ar	Argentina (<i>Don Manuel</i>)	0,81
Fr	Francia (<i>A. cruentus</i>)	0,78
Mg	Mongolia	0,75
Bcau	Bélgica (<i>A. caudatus</i>),	0,81
Chi	China	0,58

Gráfico 7. Peso de 1000 semillas



(Larcos.A.2018)

Discusión: En la gráfico 7. Correspondiente al peso en gramos de 1000 semillas de amaranto, se observa una similitud estadística entre las diferentes especies de amaranto evaluadas en la presente investigación, los rangos oscilan entre 0,75gr y 0,81gr, sin embargo la excepción se marcó en la especie originaria de China donde su peso fue de 0,58gr.

11.2. Indicadores fisiológicos

11.2.1 Días a la formación del grano lechoso

Tabla 7. Número de días a la formación de grano lechoso

Días al Grano lechoso		
Código	Lugar	Días/Grano Lechoso
USA	Estados Unidos	121
Mx	México	130
Bcr	Bélgica (<i>A. cruentus</i>),	123
Ar	Argentina (<i>Don Manuel</i>)	118
Fr	Francia (<i>A. cruentus</i>)	138
Mg	Mongolia (<i>A. hybridus</i>)	125
Bcau	Bélgica (<i>A. caudatus</i>),	135
Chi	China	155

Gráfico 8. Días a la Formación de Grano Lechoso



(Larcos.A.2018)

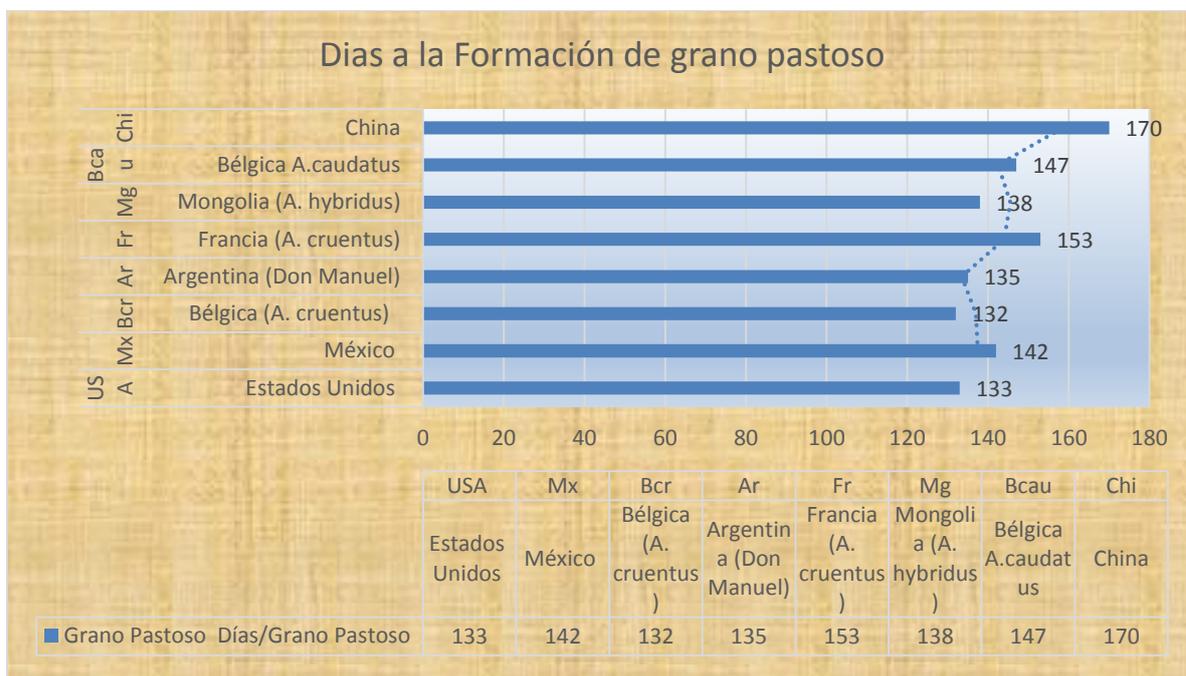
Discusión: En la gráfico 8. Correspondiente a días a la formación de grano lechoso se observa especies que forman su grano lechoso indistintamente, es así que las especies más precoces fueron la de Argentina (*Don Manuel*), Estados Unidos, Bélgica (*A. cruentus*) y Mongolia (*A. hybridus*) con rangos que variaron desde los 118 a los 125 días, mientras que la especies originarias de México, Francia (*A. cruentus*), Bélgica (*A.caudatus*) y China sus rango variaron entre los 130 y 155 días.

11.2.2. Días a la formación del grano pastoso

Tabla 8. Días a la formación de grano pastoso

Días al grano Grano Pastoso		
Código	Lugar	Días/Grano Pastoso
USA	Estados Unidos	133
Mx	México	142
Bcr	Bélgica (<i>A. cruentus</i>)	132
Ar	Argentina (<i>Don Manuel</i>)	135
Fr	Francia (<i>A. cruentus</i>)	153
Mg	Mongolia (<i>A. hybridus</i>)	138
Bcau	Bélgica <i>A.caudatus</i>	147
Chi	China	170

Gráfico 9. Días a la Formación de grano Pastoso



(Larcos.A.2018)

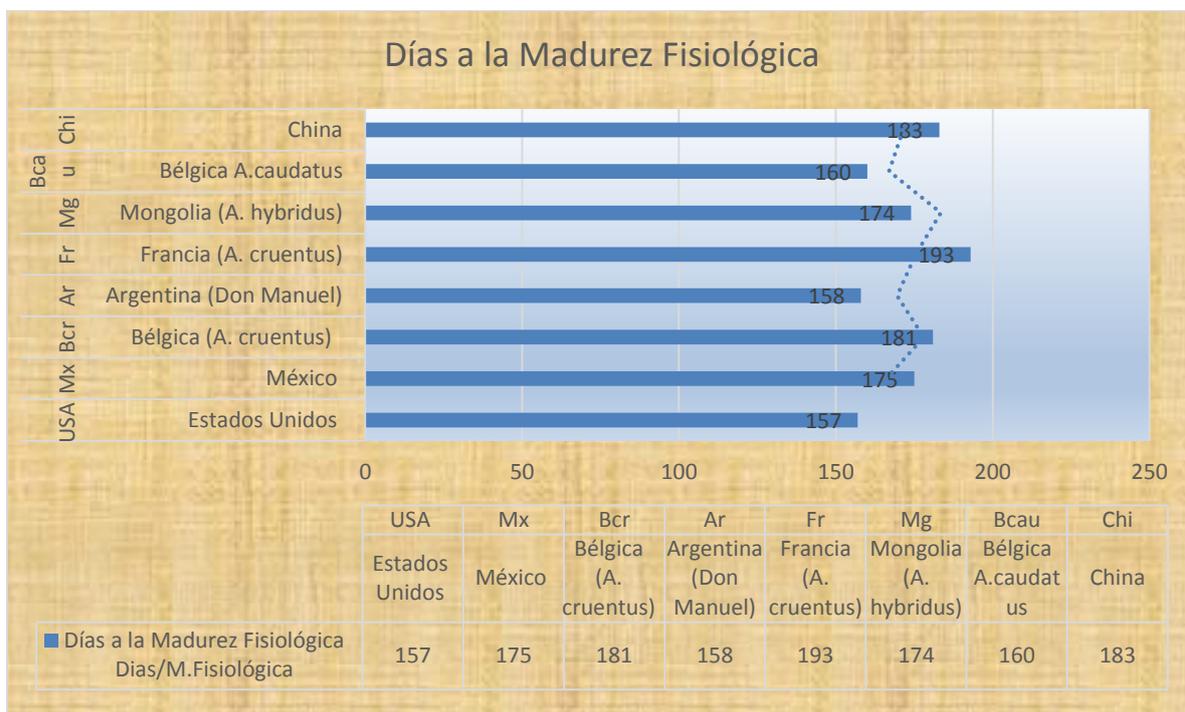
Discusión: En la gráfico 9. Correspondiente a días a la formación de grano pastoso, se observa diferencias entre las especies estudiada, se evidencia una correlación positiva con lo analizado en la formación de granos lechosos debido a que el comportamiento es similar, las especies que se agrupan como precoces son las especies originarias de Argentina (*Don Manuel*), Estados Unidos, Bélgica (*A. cruentus*) y Mongolia (*A. hybridus*), donde los períodos variaron desde los 135 hasta los 138 días, mientras las especies de México, Francia (*A. cruentus*), Bélgica (*A. caudatus*) y China, sus rangos oscilaron entre los 142 y 170 días.

11.2.3. Días a la Madurez Fisiológica

Tabla 9. Días a la Madurez Fisiológica

Días a la Madurez Fisiológica		
Código	Lugar	Días/M.Fisiológica
USA	Estados Unidos	157
Mx	México	175
Bcr	Bélgica (<i>A. cruentus</i>)	181
Ar	Argentina (<i>Don Manuel</i>)	158
Fr	Francia (<i>A. cruentus</i>)	193
Mg	Mongolia (<i>A. hybridus</i>)	174
Bcau	Bélgica (<i>A. caudatus</i>)	160
Chi	China	183

Gráfico 10. Días a la Madurez Fisiológica



(Larcos.A.2018)

Discusión: En la gráfico10. Correspondiente a días a la madurez fisiológica, al igual que todos los indicadores fenológicos estudiados en la presente investigación, se evidencia diferencia entre las especies. Este indicador es de mucha importancia si lo que se requiere es obtener semillas para producción o estudios evaluativos. De los datos obtenidos podemos distinguir dos grupos importantes, el primero en donde encontramos las especies originarias de Estados Unidos, Argentina (*Don Manuel*), Bélgica (*A. caudatus*), donde sus rangos oscilaron desde los 157 hasta los 160 días y en un segundo grupo se ubicaron las especies de Mongolia (*A. hybridus*), México, Bélgica (*A. cruentus*), China y Francia (*A. cruentus*) con 174 hasta los 193 días. De lo expuesto anteriormente vemos que la variedad de Francia (*A. cruentus*) necesita mayor tiempo para su maduración fisiológica, mientras que la variedad de Mongolia (*A. hybridus*) que se ubicó en el primer grupo para los indicadores grano lechoso y pastoso, necesito de mayor tiempo.

11.2.4. Color de las planta antes de la floración

Tabla 10. Colores de las distintas especies de amaranto antes de la floración.

Color de las planta antes de la floración			
Código	Lugar	Color/Código	Color
USA	Estados Unidos	#00CC00	
Mx	México	#669933	
Bcr	Bélgica (<i>A. cruentus</i>)	#990000	
Ar	Argentina (<i>Don Manuel</i>)	#33CC33	
Fr	Francia (<i>A. cruentus</i>)	#993333	
Mg	Mongolia (<i>A. hybridus</i>)	#00CC33	
Bcau	Bélgica (<i>A. caudatus</i>)	#CCCC00	
Chi	China	#990033	

(Larcos.A.2018)

Discusión: En la tabla 10. Correspondiente a los colores de las plantas antes de la floración según el código de colores HTML.2013, se puede observar diferentes coloraciones (HTML.2013), encontrando cuatro especies de color verde de diferentes tonalidades “Estados Unidos, Argentina (*Don Manuel*), México, Mongolia (*A. hybridus*)”, tres de color rojo de diferentes tonalidades “Bélgica (*A. cruentus*), Francia (*A. cruentus*) y China” y una de color amarillo – verdoso “Bélgica (*A. caudatus*)”.

11.2.5 Color del grano

Tabla 11. Colores de las distintas semillas de amaranto originarias de varios países.

Color del grano			
Código	Lugar	Color/Código	Color
USA	Estados Unidos	#660000	
Mx	México	#FFCC33	
Bcr	Bélgica (<i>A. cruentus</i>)	#000000	
Ar	Argentina (<i>Don Manuel</i>)	#66CC66	
Fr	Francia (<i>A. cruentus</i>)	#66CC66	
Mg	Mongolia (<i>A. hybridus</i>)	#66CC66	
Bcau	Bélgica (<i>A. caudatus</i>)	#CC6666	
Chi	China	#000000	

(Larcos.A.2018)

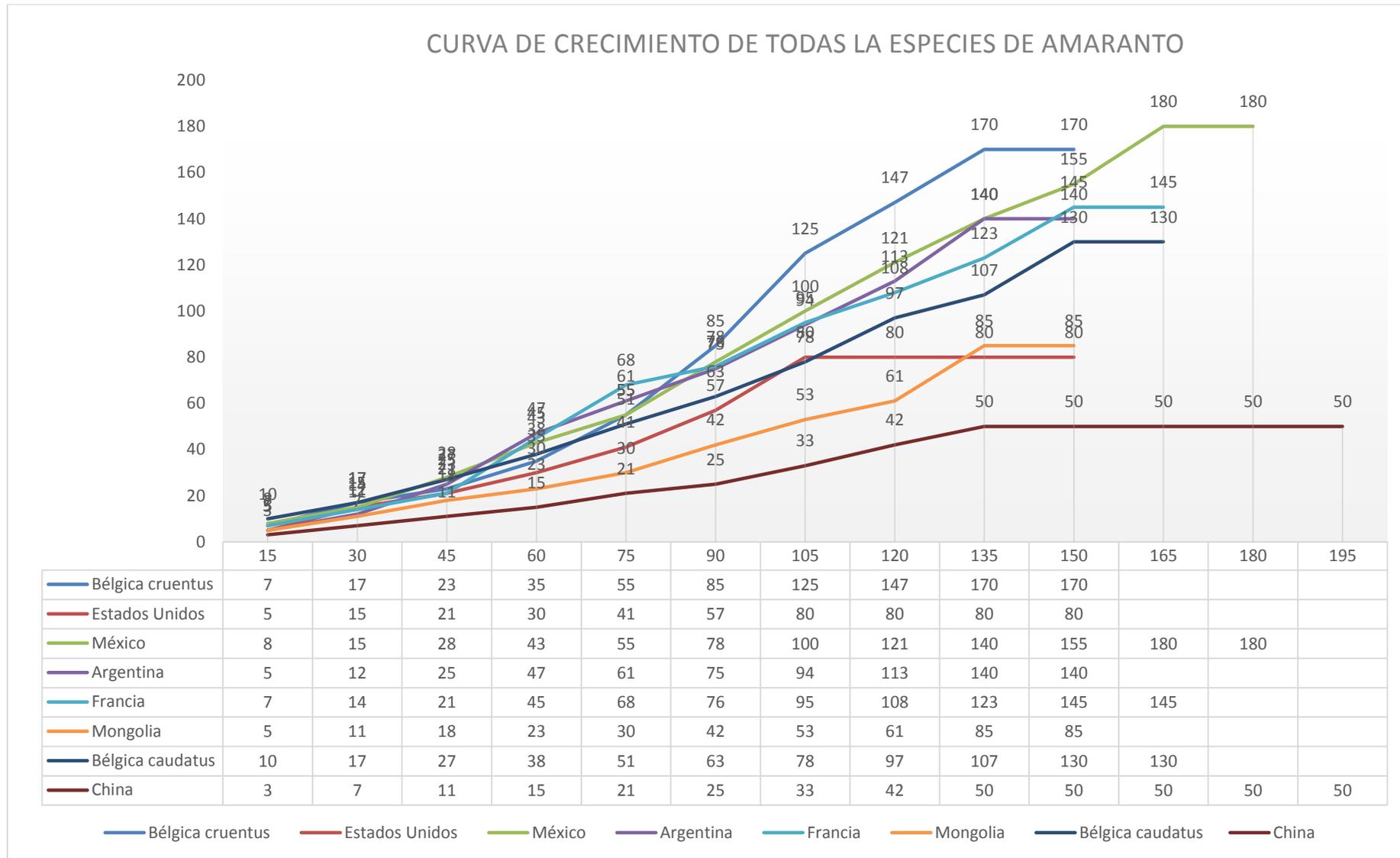
Discusión: En la tabla 11. Correspondiente a los colores de la semilla de las diferentes especies de amaranto según el código de colores HTML.2013, se encontraron cuatro especies con el color de grano amarillo de diferentes tonalidades “México, Argentina (*Don Manuel*), Francia (*A. cruentus*), Mongolia (*A. hybridus*)”, dos de color negro de iguales tonalidades “Bélgica (*A. cruentus*) y China”, una de color café “Estados Unidos” y una de color rosado - rojiza “Bélgica (*A. caudatus*)”.

11.3 Curva de crecimiento de las especies de amaranto hasta la cosecha.

En la presente gráfica se puede apreciar la curva de crecimiento representada con; altura de la planta (eje Y) y Tiempo en Días (eje X).

La curva representa el crecimiento de las 8 especies de amaranto, tomando datos cada 15 días durante un lapso de 195 días desde su siembra. Se tomaron datos cada 15 días para mantener una consistencia de datos.

Gráfico 11. Análisis estadístico de todas las curvas de crecimiento de las especies de amaranto hasta la cosecha.



Discusión: En el gráfico 11, se puede evidenciar la dinámica de crecimiento de las plantas, hasta los 60 días el crecimiento de todas las especies en su mayoría son de carácter lineal, a partir de este tiempo empieza un crecimiento acelerado de la planta con diferentes picos en sus diferentes etapas fenológicas característica propia de cada la especie evaluada. En estudios anteriores (Torres, 2015) se evidencia algo similar, las plantas de amaranto en su primer mes desarrollan el sistema radicular, el segundo mes empieza con acumulación de hojas y crecimiento no significativo de sus tallos, sin embargo a partir de este período el crecimiento de la planta, la formación de hojas se acelera.

Los resultados de la presente investigación muestran que la fase de crecimiento rápido se presenta para las especie de las siguiente manera: Estados Unidos, Bélgica (*A. cruentus*), Mongolia (*A. hybridus*) y México a partir de los 75 días, Argentina (*Don Manuel*), Francia (*A. cruentus*), Bélgica (*A. caudatus*) y China a los 60 días, esta última manteniendo una dinámica casi similar en todo su período vegetativo. La planta de mayor tamaño fue la originaria de México con 180cm, mientras que la de menor tamaño fue la de China.

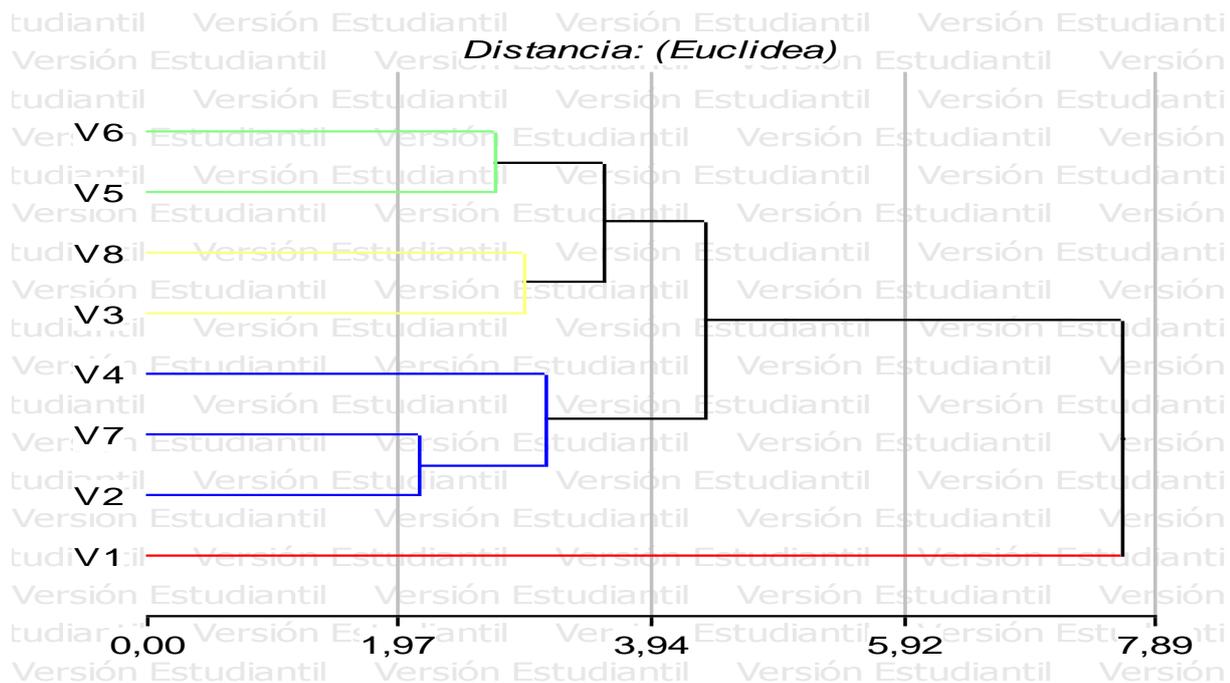
11.4. Análisis de conglomerados

El Análisis Cluster, conocido como Análisis de Conglomerados, es una técnica estadística multivariado que busca agrupar elementos (o variables) tratando de lograr la máxima homogeneidad en cada grupo y la mayor diferencia entre los grupos.

Tabla 12. Simbología de Especies

Especie	Simbología
China	V1
Belgica (<i>A. caudatus</i>)	V2
Mongolia (<i>A. hybridus</i>)	V3
Francia (<i>A. cruentus</i>)	V4
Argentina (<i>Don Manuel</i>)	V5
Belgica (<i>A. cruentus</i>)	V6
Mexico	V7
Estados unidos	V8

Gráfico 12. Conglomerados

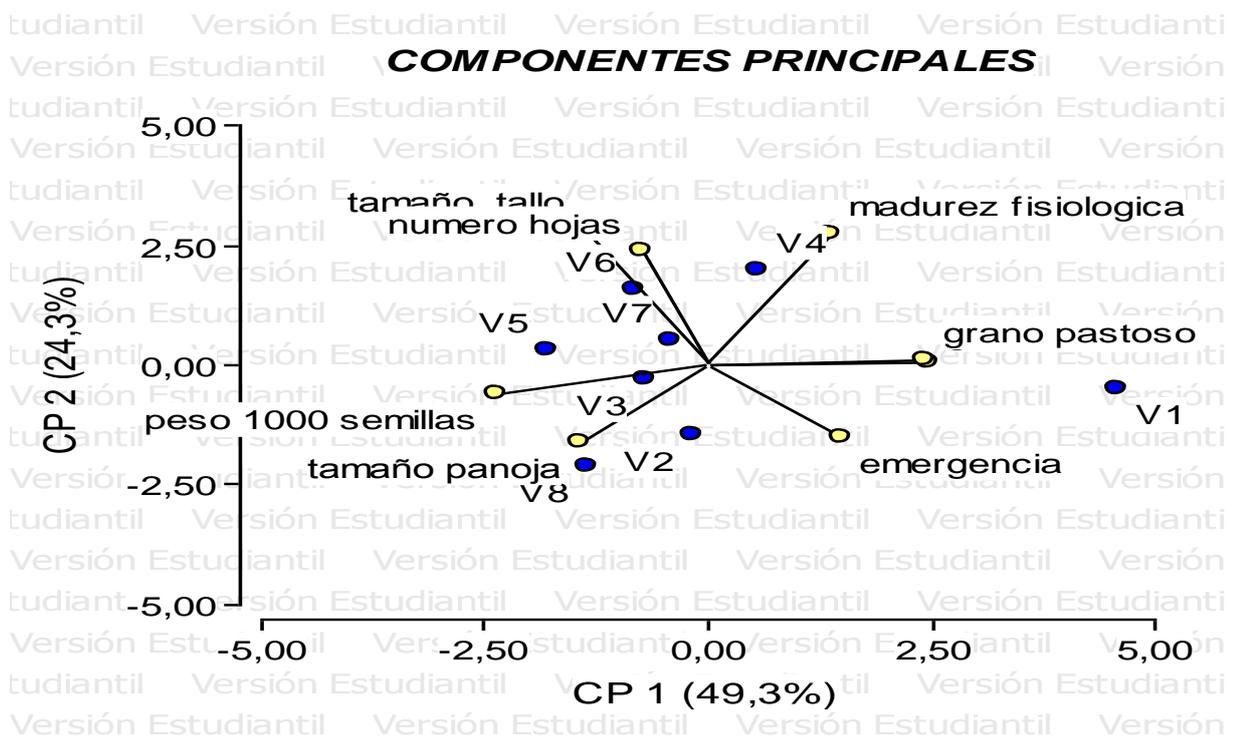


En el gráfico 12, en el análisis de conglomerados, se puede observar la formación de grupos heterogéneos y homogéneos en lo referente a los indicadores utilizados en la presente investigación. La especie que más se aleja por sus características genéticas es la originaria de China (V1), como vemos en el dendograma su distancia es de 7.5. Las especies de Argentina (*Don Manuel*) (V5) y de Bélgica (*A. cruentus*) (V6) forman un subgrupo, las especies originarias de Estados Unidos (V8) y Mongolia (*A. hybridus*) (V3) forman otro subgrupo por sus características, estas cuatro especies forman un primer grupo cercano. Las especies de Francia (*A. cruentus*) (V4), México (V7) y Bélgica (*A. cruentus*) (V2), forman un segundo grupo, que se encuentra dividido en dos subgrupos, las especies Bélgica (*A. cruentus*) (V2) y México (V7) que comparten características morfológicas y fenológicas y la Francia (*A. cruentus*) V4.

11.5. Análisis multivalentes Biplot, componentes principales.

El BILOT aproxima la distribución de una muestra multivariada en un espacio de dimensión reducida, normalmente de dimensión dos, y superpone sobre la misma representaciones de las variables sobre las que se mide la muestra (GOWER 1996). Las representaciones de las variables son normalmente vectores, y coinciden con las direcciones en las que mejor se muestra el cambio individual de cada variable.

Gráfico 13. Componentes principales



En el gráfico 13. Componentes principales, evidenciamos resultados similares a lo obtenido en el gráfico 12. Las especies V6 y V5 se encuentran en el primer cuadrante compartiendo los mismos componentes principales: Tamaño de tallo, número de hojas, peso de 1000 semillas, madurez fisiológica y tamaño de panoja. Las especies V3 y V8 se localizan en el cuadrante 3 con CP negativo para sus dos ejes, compartiendo los componentes: Peso de mil semillas, tamaño de tallo, número de hojas, tamaño de panoja y emergencia. Las especies V2, V7 y V4 se ubican en diferentes cuadrantes (I, II, III), sin embargo comparten componentes principales similares que son: Tamaño de tallo, número de hojas, madurez fisiológica, grano lechos, grano pastoso y días a la emergencia, estas características acercan a las especies descritas anteriormente al eje central de la gráfica (0.00). Y por último tenemos a la especie originaria de China (V1) que se ubica en el cuadrante IV alejada del eje central con un CP1 de 4,80, diferenciándose de las demás especies por sus componentes principales.

12. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS)

La caracterización morfológica de ocho especies de Amarantho (*Amaranthus sp.*), originarias de: USA, México, Bélgica, Argentina (*Don Manuel*), Francia, Mongolia y China. En condiciones controladas en la localidad de Salcedo, Cotopaxi, Ecuador 2017-2018. Proporcionando resultados y una serie de indicadores que servirán como punto de referencia para realizar futuras investigaciones. El impacto fue positivo, ya que mediante la aplicación de los distintos indicadores se identificó las especies con mejores características morfológicas son: Mongolia (*A. hybridus*), Argentina (*Don Manuel*), Bélgica (*cruentus*, *caudatus*), México y Francia (*A. cruentus*), por su facilidad de germinación, desarrollo, tamaño de panoja, por lo tanto es necesario realizar estudios futuros en campo abierto. Este proyecto presenta un impacto social positivo, entregando a la comunidad universitaria nuevas especies de amaranto caracterizadas para la realización de futuras investigaciones.

Que una especie introducida, significa que produce cambios importantes en la composición, la estructura o los procesos de los ecosistemas naturales o semi-naturales, poniendo en peligro la diversidad biológica nativa, pero también puede venir a dar una serie de beneficios que las otras especies como en caso de alimentación, medicina .etc. La realización de este proyecto no genera impactos ambientales negativos, ya que con la caracterización morfológica no se afecta al medio ambiente porque no se utilizaron productos químicos. Con la realización de este proyecto no genera impactos económicos, ya que esta investigación es más de carácter científico.

13. PRESUPUESTO PARA LA PROPUESTA DEL PROYECTO

Tabla 13. Presupuesto para la elaboración del proyecto

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD kg	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Materiales				
Estacas	U	50	0.20	10.00
Piola	U	1	3.00	3.00
Letreros	U	5	7.00	35.00
Balanza	U	1	30.00	30.00
Flexómetro	U	1	4.50	4.50
Costo total				82.50
Invernadero				
150 m ²	U	1	300	300
Costo total				300.00
Labores preculturales				
Arado	U	1	0.00	15.00
Rastra	U	2	15.00	15.00
Costo total				30.00
Analisis				
Análisis de suelo	qq	1	32.00	33.00
Costo total				167.00
10% de imprevistos				58
Total USD				638

14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

14.1 Conclusiones:

- Se ha podido distinguir varias especies con posibles potenciales agronómicos que deben ser analizados en futuras investigaciones. Las especies que por sus características morfológicas se han destacado son las de originarias de Bélgica (*A. caudatus*), Francia (*A. cruentus*), Argentina (Don Manuel) y México. Estas especies poseen tamaños de sus tallos que oscilan entre los 65 y 105cm. Además las panojas en las especies de Argentina (Don Manuel), Francia (*A. cruentus*) y México son abundantes, lo que posiblemente evidencia mayor productividad al momento de la cosecha. Los datos concuerdan con los obtenidos en el análisis de conglomerados y multivariado “Biplot” donde las especies V4 Francia (*A. cruentus*), V7 México y V2 Bélgica (*A. caudatus*) forman un grupo compartiendo cercanía en sus componentes principales. La V5 Argentina que queda fuera de este grupo, sin embargo la forma y el tamaño de la inflorescencia nos conlleva a seleccionar esta especie para futuras investigaciones.
- Se ha podido identificar los días necesarios desde la siembra hasta la madurez fisiológica de las especies en estudio, siendo las más precoces las originarias de Estados Unidos 157 días, Argentina (Don Manuel) 158 días, Bélgica (*A. caudatus*) 160 días, mientras que las más tardías son las de Francia (*A. cruentus*) 193 días, China 183 días y Bélgica (*A. cruentus*) 181 días, estos datos podrían ser muy importantes a la hora de seleccionar especies de ciclo corto con perspectiva de producción de semillas, entre las especies ya mencionadas anteriormente las mejores serían las originarias de Bélgica (*A. caudatus*) y Argentina (Don Manuel).

14.2 Recomendaciones:

- Se recomienda guardar todo el material recolectado en el banco de germoplasma de la UTC.
- Realizar pruebas en campo abierto para ver el comportamiento agronómico y fenológico de las especies.
- Se recomienda realizar análisis genético (polimorfismo) para poder determinar si los análisis multivariados tiene relación con los mismos.

15. BIBLIOGRAFIA. -

Agropecuarias, I. N. (1994). *Primera variedad mejorada de amaranto para la Sierra Ecuatoriana*. Quito: INIAP.

Alvarez, J. (2010). Nutitive value of pseudocereales and their increising use as functional gluten-free ingredients. *Trends in food Science and Technology*, 106-113.

Augendes, G. (1998). Cultivo del amaranto (*Amaranthus* spp). *UAAAN*, 6.

Barrachina, M., Cristobal, J., Tulla, A., & Pons, X. (2002). ANÁLISIS DE LA PRODUCCIÓN DE BIOMASA DE LOS PRADOS Y PASTOS DE LA VALL FOSCA (PIRINEO AXIAL-NOGUERES). *Departamento de geografia, Universitat Autònoma de Barcelona*, 1-4.

Becker, R. (1989). Preparation, composition, and nutritional implications of amaranth seed oil. *Cereal foods world*.

Beltran, S. (2005). *Evaluación del rendimiento del cultivo de amaranto adiferentes fechas de siembra confertilización orgánica. Temoac.*. Mexico: Facultad deCiencias Biológicas. Universidad Autónomadel Estado de Morelos.

Betschart, A., & Shepherd, A. (1981). *Amaranthus Cruentus: Milling Characteristics, Distribution of Nutrients. J. Food Sci.* , 46(4):1181-1187 .

Bioagrotecsa. (2011). *GRUPO CLINICA AGRICOLA*. Ambato: Copyright.

Blunden, & Wildgoose. (1977). The effects of aqueous seaweed extract and kinetin on potatp yields. *Food Agric*.

Bressani, R. (2012). El Amaranto y su potencial en la industria alimentaria. *Alimentos Hoy*, 15-19.

Brian, & Wildgoose. (1973). Cytokinine activity of commercial aqueous seaweed extract.

Cáceres, R., & Marfà, O. (17 de Junio de 2008). *3tres3.com*. Obtenido de https://www.3tres3.com/articulos/los-organominerales-y-su-interes-en-el-mundo-de-la-fertilizacion_2263/

Chagaray, A. (2005). *Estudio de factibilidad del cultivo del amranto*. Peru, vol 2: Provincia de Catamarca.

Cocoon. (2015). *Fertilidad en tu tierra*. Obtenido de [http://s1c80a96a1b76c520.jimcontent.com/download/version/1411133178/module/6450487577/name/Ficha%20t%C3%A9cnica%20Cocoonhumus%20\(Humus%20%C3%ADquido\).pdf](http://s1c80a96a1b76c520.jimcontent.com/download/version/1411133178/module/6450487577/name/Ficha%20t%C3%A9cnica%20Cocoonhumus%20(Humus%20%C3%ADquido).pdf)

Cordero. (2000). Cultivos controlados. Ecuador .

- Diaz, S. (1999). *El amaranto alternativa actual en la disminucion de la desnutricion*.
- Diaz, S. (2012). El amaranto: prodigioso alimento para la longevidad y la vida. 8, 50-66.
- Espitia. (1989). *Variedad mejorada de amaranto para los valles altos*. Mexico: SARH.
- Espitia. (1991). *Guia para el cultivo del amaranto en los Valles Altos de la Mesa Central*. Mexico: Campo Experimental del valle de Mexico.
- Espitia, E. (1989). *Variedad mejorada de amaranto para los valles altos*. Mexico: SARH.
- Fundación Hogares Juveniles Campesinos. (2008). *DESARROLLO ENDÓGENO AGROPECUARIO. NUEVA BIBLIOTECA DEL CAMPO*. Bogotá-Colombia: Panamerican Books.
- Garcia, F. (11 de Septiembre de 2008). *International Plant Nutrition Institute*. Obtenido de <http://www.ipni.net/lasc>
- Guman, S. (2012). "EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE RENDIMIENTO DE UNA VARIEDAD Y DOS LINEAS DE AMARANTO (*Amaranthus spp*), en dos sistemas de siembra, manual y mecanico en el canton el Tambo provincia de Cañar". Riobamba: ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.
- Huerga, M. (2014). *Mercados y agronegocios, cultivos ancestrales: semillas de amaranto, chia y papa andina*. Buenos Aires: FAO-PROSAP.
- Imas, P. (2016). *ICL Fertilizers*. Obtenido de http://www.iclfertilizers.com/Fertilizers/Knowledge%20Center/El_potasio,_un_nutriente_esencial.pdf
- IMPROAGRO. (30 de Abril de 2014). *IMPROAGRO*. Obtenido de <http://www.improagro.com/assets/acidos-humicos-y-fulvicos-.pdf>
- Infofos. (1997). *Manual Internacional de fertilidad de suelos*. Quito: Instituto de la Potasa y el Fosforo.
- INSTITUTO NACIONAL TECNOLÓGICO, DIRECCIÓN GENERAL DE FORMACIÓN PROFESIONAL. (2016). *JICA.GO*. Obtenido de https://www.jica.go.jp/project/nicaragua/007/materials/ku57pq0000224spz-att/Manual_de_Pastos_y_Forraj.es.pdf
- Kiwicha. (05 de Junio de 2008). *El pequeño grande que nutre y cura a la vez*. Obtenido de <http://peruecologico.com.pe/flokiwicha1.htm>
- Kononkov, P. M., & Raximov, B. (2008). *tecnologia del cultivo y proceamiento de la hoja de amaranto como materia prima para la industria alimentaria*. Moscu : Universidad Rusa de la Amistad de los pueblos .

Ministerios de Agricultura y Ganadería. (Agosto de 2013). *Ministerios de Agricultura y Ganadería*. Obtenido de <http://www.agricultura.gob.ec/>

Monteros. (1994). *INIAP ALEGRIA . Primera variedad mejorada de amaranto para la sierra ecuatoriana*. (Vol. 24). Quito Estacion Experimental Santa Catalina.

Monteros, C. (1994). INIAP ALEGRIA: Primera variedad mejorada de amaranto. Quito, EC INIAP, Estación Experimental Santa Catalina. Boletín divulgativo N° 246.

Mujica, A. (1997). El cultivo de amaranto (*Amaranthus spp*): Producción mejoramiento genético y utilización. Puno: FAO.

Nieto. (1982). El amaranto. *Revista desde el surco*, 9-14.

Nieto. (1990). Identificación de microcentros de variabilidad en quinua, amaranto y chocho en Ecuador. Quito: INIAP, Estacion Experimental Santa Catalina. Publicacion Miscelanea N° 52.

Nieto, C. (1989). *El cultivo de amaranto Amaranthus spp una alternativa agronomica para Ecuador*. Quito: Publicaciones Miscelanea.

Noni, G., & Trujillo, G. (1986). La erosión actual y potencial en Ecuador: Localización, manifestaciones y causas. Quito: CEDIG.

Peralta, et al. (2012). *MANUAL DE GRANOS ANDINOS: CHOCHO, QUINUA, AMARANTO Y ATACO*. Quito: Publicacion Miscelanea.

Peralta. (2007). En *Manual Agrícola de Granos Andinos: Chocho, Quinua, Amaranto y Ataco* (Vol. 69). Quito, Ecuador: Miscelánea.

Peralta, E. (2012). El Amaranto en Ecuador. Quito.

Rivera, & Morales. (1997.). *Efecto de diferentes niveles de Nitrogeno, fraccionamiento y momento de aplicacion sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento del maiz*. Nicaragua-Managua.

Salgado, A. (1997). *Efecto de diferentes niveles de Nitrogeno, fraccionamiento y momento de aplicacion sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento del maiz*. Nicaragua-Managua.

Salta. (2010). *Enciclopedia On-line de la Provincia de Salta-Argentina*. Obtenido de <http://www.portaldesalta.gov.ar/economia/amaranto.htm>

Saucer, J. D. (1950). The Grain Amaranths: A Survey of Their History and Classification. En *Annals of the Missouri Botanical Garden* (págs. 561–632).

Segarra, D., & Serpa, O. (2005). *MANUAL TÉCNICO DE CULTIVOS AGRICOLAS*. AZUAY: PACIFIC CONSULTANTS INTERNATIONAL NAIGAI ENGINEERING CO., LTD.

Sumar. (Junio de 05 de 2008). *Origen y Botánica de la Especie*. Obtenido de <http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/produ/cdrom/contenido/libro01/cap2.htm#Orig>.

- Sumar, K. (1985). *Amaranthus caudatus: El pequeño gigante*. Bolivia: Programa Nacional de Kiwicha.
- Suquilanda. (2008). El deterioro de los suelos en el Ecuador y la producción agrícola. Quito: Universidad Central del Ecuador.
- Suquilanda. (2011). La producción de cultivos andinos retoma importancia. *AGROECUADOR*, 22-23.
- Suquilanda, M. (2011). *La producción de cultivos andinos*. Quito: FAO.
- Tapia, M. (2007). *Guía de campo de los cultivos andinos*. Lima-Peru.
- TETRA Technologies, I. (2004). La importancia del Calcio. *TETRA*, 1.
- Torres, C. (2013). *Evaluación de variedades de amaranto con la utilización de métodos químicos y moleculares para la obtención de productos funcionales en bases a la biomasa*. Moscú-Rusia: Universidad Rusa de la Amistad de los Pueblos. 192p.
- Torres, C. (2013). *Evaluación de variedades de amaranto con la utilización, para la obtención de productos funcionales en base a la biomasa*. Moscú: Universidad Rusa de la Amistad de los Pueblos.
- Vélez, M., Hincapié, J. J., & Matamoros, I. (2009). *Producción de Ganado Lechero en el Trópico*. Honduras: Zamorano Academic Press.
- Villavicencio, A. (1999). Guía técnica de cultivos. INIAP. Ecuador.

16. ANEXOS

HOJA DE VIDA								
								
DATOS PERSONALES								
NACIONALIDAD	CÉDULA	PASAPORTE	AÑOS DE RESIDENCIA	NOMBRES	APELLIDOS	FECHA DE NACIMIENTO	LIBRETA MILITAR	ESTADO CIVIL
ECUATORIANO	0502329238			CARLOS XAVIER	TORRES MIÑO	30/06/1982		Casado
TELÉFONOS		DIRECCIÓN DOMICILIARIA PERMANENTE						
TELÉFONO DOMICILIO	TELÉFONO CELULAR	CALLE PRINCIPAL	CALLE SECUNDARIA	N°	REFERENCIA	PROVINCIA	CANTÓN	PARROQUIA
	0995870044	General Proaño	Pinta		Fideos Ripalda	Cotopaxi	Latacunga	Juan Montalvo
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL				AUTOIDENTIFICACIÓN ÉTNICA				
TELÉFONO DEL TRABAJO	EXTENSIÓN	CORREO ELECTRÓNICO INSTITUCIONAL	CORREO ELECTRÓNICO PERSONAL	AUTOIDENTIFICACIÓN ÉTNICA	ESPECIFIQUE NACIONALIDAD INDÍGENA	ESPECIFIQUE SI SELECCIONÓ OTRA		
		Carlos.torres@utc.edu.ec	carlos.torres@utc.edu.ec		Mestizo			
CONTACTO DE EMERGENCIA				DECLARACIÓN JURAMENTADA DE BIENES				
TELÉFONO DOMICILIO	TELÉFONO CELULAR	NOMBRES	APELLIDOS	No. DE NOTARIA	LUGAR DE NOTARIA	FECHA		
	0995870044	Carlos Xavier	Torres Miño					
FORMACIÓN ACADÉMICA								
NIVEL DE INSTRUCCIÓN	No. DE REGISTRO (SENECYT)	INSTITUCIÓN EDUCATIVA	TÍTULO OBTENIDO	EGRESADO	AREA DE CONOCIMIENTO	PERIODOS APROBADOS	TIPO DE PERIODO	PAIS
TERCER NIVEL		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	ING. AGRONOMO	<input checked="" type="checkbox"/>	AGRICULTURA		SEMESTRES	ECUADOR
CUARTO NIVEL				<input checked="" type="checkbox"/>				
ACTIVIDADES ESCENCIALES								
DOCENTE DE FITOMEJORAMIENTO Y GENETICA VEGETAL								

.....
Ing. MSc Carlos Torres Miño

C.C.: 050232923-8

HOJA DE VIDA

DATOS PERSONALES								
NACIONALIDAD	CÉDULA	PASAPORTE	AÑOS DE RESIDENCIA	NOMBRES	APELLIDOS	FECHA DE NACIMIENTO	LIBRETA MILITAR	ESTADO CIVIL
ECUATORIANO	050375299-0			ALEX FABRICIO	LARCOS CHÁVEZ	04/04/1995		SOLTERO
TELÉFONOS		DIRECCIÓN DOMICILIARIA PERMANENTE						
TELÉFONO DOMICILIO	TELÉFONO CELULAR	CALLE PRINCIPAL	CALLE SECUNDARIA	N°	REFERENCIA	PROVINCIA	CANTÓN	PARROQUIA
	0995498728	GARCÍA MORENO				COTOPAXI	SALCEDO	SAN MIGUEL
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL				AUTOIDENTIFICACIÓN ÉTNICA				
TELÉFONO DEL TRABAJO	EXTENSIÓN	CORREO ELECTRÓNICO INSTITUCIONAL	CORREO ELECTRÓNICO PERSONAL	AUTOIDENTIFICACIÓN ÉTNICA	ESPECIFIQUE NACIONALIDAD INDÍGENA	ESPECIFIQUE SI SELECCIONÓ OTRA		
		alex.larcos0@utc.edu.ec	alexl.poter@hotmail.com	MESTIZO				
CONTACTO DE EMERGENCIA				DECLARACION JURAMENTADA DE BIENES				
Parentesco	Teléfono	NOMBRES	APELLIDOS	No. DE NOTARIA	LUGAR DE NOTARIA	FECHA		
Mama	0995155951	PAULINA DEL ROCÍO	CHÁVEZ TUTASIG					

.....

Alex Fabricio Larcos Chávez

C.C.: 050375299-0

Anexo 1. Fotografías del ensayo

Distintas Especies de Amaranto en Semilleros.



Fotografía.1.

Plántulas



Fotografía.2.



Fotografía .3



Fotografía.4



Fotografía.5



Fotografía.6

Hidrotermómetro



Fotografía.7



Fotografía.8

Especie Bélgica (*A.cruentus*)



Fotografía.9



Fotografía.10

Especie de México



Fotografía.11



Fotografía.12

Especie de Argentina(*Don Manuel*)



Fotografía.13



Fotografía.14



Fotografía.15

Especie de Mongolia (*A.hybridus*)



Fotografía.16



Fotografía.17



Fotografía.18

Especie de Francia (*A. cruentus*)



Fotografía.19



Fotografía.20

Especie Bélgica (*A. caudatus*)



Fotografía.21



Fotografía.22



Fotografía.23

Especie de Estados Unidos



Fotografía.24



Fotografía.25

Especie de China



Fotografía.26



Fotografía.27

Semilla de Francia (*A. cruentus*)



Fotografía.28

Semilla de Argentina (*Don Manuel*)



Fotografía.29

ería
mica

Semilla de Mexico



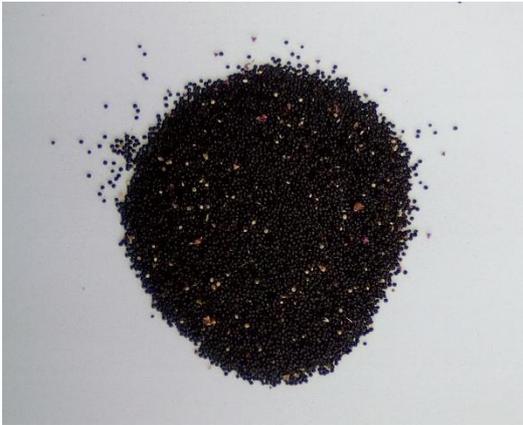
Fotografía.30

Semilla de Mongolia (*A.hybridus*)



Fotografía.31

Semilla de Bélgica (*A.cruentus*)



Fotografía.32

Semilla de China



Fotografía.33

Semilla de Estados Unidos



Fotografía.34

Semilla de Bélgica (*A.caudatus*)



Fotografía.35