

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**



**MAURO RENÉ VILLACRÉS VILLARROEL**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN ESTRUCTURADO DE MANERA  
INDEPENDIENTE COMO REQUISITO PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO AGRÓNOMO**

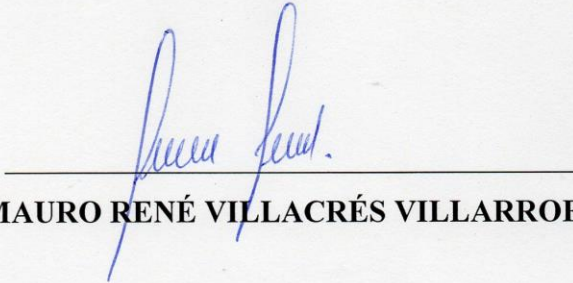
**EVALUACIÓN DE AZOLLA (*Azolla filiculoides*) COMO SUSTRATO EN LA  
PROPAGACIÓN SEXUAL DE DOS VARIEDADES DE AMARANTO:  
AMARANTO BLANCO (*Amaranthus hypocondriacus* L.) Y SANGORACHA  
(*Amaranthus quitensis* L.).**

**CEVALLOS – ECUADOR**

**2016**

## **AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN.**

Yo **MAURO RENÉ VILLACRÉS VILLARROEL**, portador de la cédula de identidad número: 1804663175, en honor a la verdad, declaro que el presente trabajo de investigación titulado, **EVALUACIÓN DE AZOLLA (*Azolla filiculoides*) COMO SUSTRATO EN LA PROPAGACIÓN SEXUAL DE DOS VARIEDADES DE AMARANTO: AMARANTO BLANCO (*Amaranthus hypocondriacus* L.) Y SANGORACHA (*Amaranthus quitensis* L.)**. Es original, auténtica y personal. En tal virtud aclaro y sostengo que el contenido será de mi sola responsabilidad legal académica.



**MAURO RENÉ VILLACRÉS VILLARROEL**

## **DERECHO DE AUTOR**

Al presentar esta tesis como uno de los requisitos previos para la obtención del título de Tercer Nivel en la Universidad Técnica de Ambato, autorizo a la Biblioteca de la Facultad, para que haga de esta tesis un documento disponible para su lectura, según las normas de la Universidad.

Estoy de acuerdo en que se realice cualquier copia de esta tesis dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando ésta reproducción no suponga una ganancia económica potencial.

Sin perjuicio de ejercer mi derecho de autor, autorizo a la Universidad Técnica de Ambato la publicación de esta tesis, o de parte de ella.

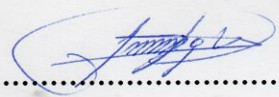


**MAURO RENÉ VILLACRÉS VILLARROEL**

Se Adesajo al  
impresor  
12/08/12  
8

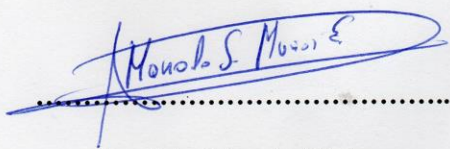
**EVALUACIÓN DE AZOLLA (*Azolla filiculoides*) COMO SUSTRATO EN LA PROPAGACIÓN SEXUAL DE DOS VARIETADES DE AMARANTO: AMARANTO BLANCO (*Amaranthus hypocondriacus* L.) Y SANGORACHA (*Amaranthus quitensis* L.).**

REVISADO POR:



.....  
Ing. Agr. Mg. Giovanni Velástegui E.


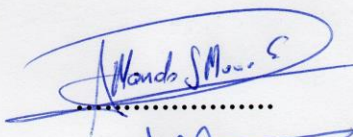

**TUTOR**



.....  
Ing. Mg. Manolo Muñoz

**ASESOR DE BIOMETRÍA**

**APROBADO POR EL TRIBUNAL DE DEFENSA DEL GRADO ORAL**

		Fecha
Presidente: Ing. Mg. Hernán Zurita Vásquez	 .....	11/01/16 .....
Ing. Mg. Manolo Muñoz	 .....	11/01/16 .....
Ing. Agr. Mg. Jorge Dobronski Arcos	 .....	11/01/16 .....

## **DEDICATORIA**

Dedico esta tesis a mi Abba Padre de los cielos, quien cada instante a estado conmigo siendo ÉL el que ha tomado mis manos y las ha levantado cuando me he quedado sin fuerzas, para ti la gloria y honra amado Dios porque solo contigo puedo alcanzar las metas propuestas y es más lo inalcanzable contigo se puede tomar ya que para ti lo imposible lo es posible; a ti te dedico todo esto Dios mi Padre. "Eres mi respirar"

Salmos 91:1

EL que habita al abrigo del Altísimo, Morará bajo la sombra del Omnipotente.

**Mauro René**

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi Padre Celestial Jehová de los ejércitos que en cada paso dado su presencia a estado conmigo.

A mis Padres Geovany Villacrés, Guadalupe Villarroel que como hijos de Dios han tenido la sabiduría para encaminar mi vida bajo el amor y temblor hacia un Dios vivo YHWH

A mi hermana Mónica y mi sobrina Tamara por su apoyo preocupación para con mi vida y los míos.

Y como no agradecer a mi hermosa esposa María José Del Salto y mi preciosa joya y herencia de Jehová Berenice Villacrés que me apoyaron y apoyan en todo tiempo que son mi razón de seguir adelante triunfando como empresario y ahora como profesional; gracias por ser un pilar fundamental para mi vida. Les amo

**Mauro René**

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>CAPÍTULO I .....</b>	<b>1</b>
<b>PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. Contextualización .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2-Análisis Crítico .....</b>	<b>2</b>
<b>1.3. Justificación.....</b>	<b>2</b>
<b>1.4. Objetivos.....</b>	<b>3</b>
1.4.1. Objetivo General.....	3
1.4.2. Objetivos Específicos.....	4
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>5</b>
<b>MARCO TEÓRICO E HIPÓTESIS .....</b>	<b>5</b>
<b>2.1 Antecedentes Investigativos .....</b>	<b>5</b>
<b>2.2 Fundamentación Filosófica .....</b>	<b>6</b>
<b>2.3. Fundamentación Legal.....</b>	<b>6</b>
<b>2.4 Categorías Fundamentales.....</b>	<b>8</b>
2.4.1 Variable independiente: Azolla como sustrato .....	8
2.4.1.1 Fijadores de Nitrógeno.....	8
2.4.1.2 Azolla ( <i>Azolla filiculoides</i> Lam).....	9
2.4.1.3 Anabaena ( <i>Anabaena azollae</i> Strass.).....	10
2.4.1.4 Relación Azolla ( <i>Azolla filiculoides</i> Lam.) con Anabaena ( <i>Anabaena azollae</i> Strass.).....	11
2.4.1.5 Composición química de Azolla.....	13
2.4.1.6 Sustratos .....	13
2.4.1.6.1 Propiedades físicas de los sustratos .....	13
2.4.1.6.1.1 Porosidad.....	14
2.4.1.6.1.2 Capacidad de retención de agua.....	15
2.4.1.6.2 Propiedades químicas de los sustratos .....	15
2.4.1.6.2.1 Acidez .....	16
2.4.1.6.2.2 Capacidad de Intercambio Catiónico Efectiva (CICE).....	16

2.4.1.6.3	Parámetros de calidad de sustratos .....	16
2.4.1.6.4	Tipos de sustratos orgánicos .....	17
2.4.1.6.4.1	Bokachi .....	17
2.4.1.6.4.2	Lombricompuesto .....	18
2.4.1.6.4.3	Turba de musgo (Peat moss).....	19
2.4.1.6.4.4	El suelo como sustrato .....	19
2.4.1.6.5	Movimiento del agua en el suelo .....	19
2.4.1.6.5.1	Infiltración.....	20
2.4.2	Variable dependiente: Propagación vegetal.....	20
2.4.2.1	Propagación vegetal .....	20
2.4.2.2	Propagación sexual .....	20
2.4.2.3	Germinación.....	21
2.4.2.3.1	Tratamiento pre-germinativo .....	21
2.4.2.3.1.1	Estratificación .....	21
2.4.2.3.1.2	Escarificación.....	22
2.4.2.3.1.3	Inmersión en agua caliente o a temperatura ambiente .....	22
2.4.2.3.1.4	Lixiviación .....	22
2.4.2.3.1.5	Estimulantes químicos .....	22
2.4.2.3.2	La siembra.....	23
2.4.2.3.3	Factores que afectan la germinación.....	23
2.4.2.3.4	Propagación en bandejas (piloneras) .....	24
2.4.3	Unidad de análisis: Cultivo de Amaranto .....	24
2.4.3.1	Origen del amaranto.....	24
2.4.3.2	Clasificación taxonómica.....	25
2.4.3.3	Morfología .....	25
2.4.3.3.1	Planta.....	25
2.4.3.3.3	Tallo .....	26
2.4.3.3.4	Hojas .....	26
2.4.3.3.5	Flores.....	26
2.4.3.3.6	Fruto .....	27
2.4.3.3.7	Semilla .....	27
2.4.3.3.8	Variedades.....	27
2.4.3.3.8.1	Amaranto Blanco – Real ( <i>Amaranthus hypocondriacus</i> L.).....	27
2.4.3.3.8.2	Amaranto Morado – Sangoracha ( <i>Amaranthus quitensis</i> L.) .....	28
2.4.3.4	Requerimientos básicos del cultivo .....	29
2.4.3.4.1	Requerimientos de clima.....	29
2.4.3.4.2	Tipo de suelo.....	29
2.4.3.5.2	Siembra .....	30
2.4.3.5.3	Deshierba .....	30
2.4.3.5.4	Raleo .....	31
2.4.3.5.5	Fertilización .....	31



2.4.3.5.6 Cosecha y trilla .....	31
2.4.3.5.7 Plagas y enfermedades .....	32
<b>2.5 Hipótesis .....</b>	<b>33</b>
<b>2.6 Variables de la hipótesis.....</b>	<b>33</b>
2.6.1 Variable independiente .....	33
2.6.2 Variable dependiente .....	34
<b>2.7 Operacionalización de variables.....</b>	<b>34</b>
2.7.1 Variable independiente: Sustratos.....	34
2.7.2 Variable dependiente: Propagación sexual de Amaranto .....	35
<b>CAPÍTULO III .....</b>	<b>36</b>
<b>METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>36</b>
<b>3.1 Enfoque, modalidad y tipo de investigación.....</b>	<b>36</b>
<b>3.2 Ubicación del ensayo .....</b>	<b>36</b>
<b>3.3 Caracterización del lugar.....</b>	<b>36</b>
<b>3.4 Factores de estudio .....</b>	<b>36</b>
3.4.1 Variedades de Amaranto.....	36
3.4.2 Sustratos.....	37
<b>3.5 Diseño experimental .....</b>	<b>37</b>
<b>3.6 Diseño del Análisis de Varianza .....</b>	<b>37</b>
<b>3.7 Tratamientos .....</b>	<b>37</b>
<b>3.8 Diseño de campo .....</b>	<b>38</b>
<b>3.9 Datos a tomarse.....</b>	<b>38</b>
3.9.1. Porcentaje de germinación.....	38
3.9.2. Días a la emergencia .....	38
3.9.3. Días al trasplante.....	39
3.9.4 Altura de plántulas .....	39
3.9.5. Diámetro de la base del tallo.....	39
3.9.6. Volumen radicular .....	39

<b>3.10. Procesamiento de la información</b> .....	<b>39</b>
3.10.1 Análisis crítico y discriminación de información .....	39
3.10.2. Ordenamiento y tabulación de la información.....	40
3.10.3. Análisis estadístico de la información .....	40
<b>3.11. Manejo de la investigación</b> .....	<b>40</b>
3.11.1 Prueba de germinación de semillas.....	40
3.11.2 Adquisición de materiales.....	40
3.11.3 Preparación del lugar de ensayo .....	40
3.11.4 Desinfección de bandejas.....	41
3.11.5 Preparación de sustratos.....	41
3.11.6 Colocación de sustratos en las bandejas .....	41
3.11.7 Siembra de amaranto.....	41
3.11.8 Rotulación .....	42
3.11.9 Toma de datos .....	42
3.11.10 Tabulación de la información .....	42
3.11.11 Elaboración del informe final de investigación .....	42
<b>CAPÍTULO IV</b> .....	<b>43</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	<b>43</b>
<b>4.1. RESULTADOS</b> .....	<b>43</b>
4.1.1. PORCENTAJE DE GERMINACIÓN.....	43
4.1.2. DÍAS A LA EMERGENCIA.....	46
4.1.3 DÍAS AL TRASPLANTE .....	47
4.1.4 ALTURA DE PLÁNTULAS.....	48
4.1.5 DIÁMETRO DE LA BASE DEL TALLO.....	52
4.1.6 VOLUMEN RADICULAR .....	53
<b>4.2. VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS</b> .....	<b>57</b>
<b>CAPÍTULO V</b> .....	<b>61</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	<b>61</b>
<b>5.1. CONCLUSIONES</b> .....	<b>61</b>
<b>5.2 RECOMENDACIONES</b> .....	<b>62</b>

<b>CAPÍTULO VI.....</b>	<b>63</b>
<b>PROPUESTA .....</b>	<b>63</b>
<b>6.1 FUNDAMENTACIÓN.....</b>	<b>64</b>
<b>6.2 OBJETIVO.....</b>	<b>64</b>
<b>6.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA .....</b>	<b>65</b>
<b>6.4 MANEJO TÉCNICO .....</b>	<b>65</b>
6.4.1 Manejo de la investigación .....	65
6.4.1.1 Prueba de germinación de semillas.....	65
6.4.1.2 Adquisición de materiales.....	66
6.4.1.3 Preparación del lugar de propagación.....	66
6.4.1.4 Desinfección de bandejas.....	66
6.4.1.5 Preparación de sustratos.....	66
6.4.1.6 Colocación de sustratos en las bandejas .....	67
6.4.1.7 Siembra de amaranto.....	67
6.4.1.8 Riegos .....	67
6.4.1.9 Deshierbas.....	67
6.4.1.10 Trasplante.....	68
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>69</b>
<b>ANEXOS</b>	

## ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO N° 1	ANÁLISIS DE LA VARIANZA PARA EL PORCENTAJE DE GERMINACIÓN.....	43
CUADRO N° 2	PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN DE TUKEY AL 5% PARA LOS TRATAMIENTOS EN PORCENTAJE DE GERMINACIÓN.....	44
CUADRO N° 3	PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN DE TUKEY AL 5% PARA LA VARIABLE SUSTRATO EN PORCENTAJE DE GERMINACIÓN .....	45
CUADRO N° 4	ANÁLISIS DE VARIANZA PARA DÍAS A LA EMERGENCIA.....	47
CUADRO N° 5	ANÁLISIS DE LA VARIANZA PARA DÍAS AL TRASPLANTE....	48
CUADRO N° 6	ANÁLISIS DE LA VARIANZA PARA ALTURA DE PLÁNTULA.....	49
CUADRO N° 7	PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN DE TUKEY AL 5% PARA LOS TRATAMIENTOS EN ALTURA DE PLÁNTULA .....	49
CUADRO N° 8	PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN DE TUKEY AL 5% PARA VARIEDAD EN ALTURA DE PLÁNTULA .....	50
CUADRO N° 9	PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN DE TUKEY AL 5% PARA LA VARIABLE SUSTRATO EN ALTURA DE PLANTA.....	51
CUADRO N° 10	ANÁLISIS DE LA VARIANZA PARA DIÁMETRO DE LA BASE DEL TALLO	53
CUADRO N° 11	ANÁLISIS DE LA VARIANZA PARA VOLUMEN RADICULAR.....	54
CUADRO N° 12	PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN DE TUKEY AL 5% PARA LOS TRATAMIENTOS EN VOLUMEN RADICULAR .....	54

CUADRO N° 13	PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN DE TUKEY AL 5% PARA LA VARIABLE VARIEDAD EN VOLUMEN RADICULAR .....	55
CUADRO N° 14	PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN DE TUKEY AL 5% PARA LA VARIABLE SUSTRATO EN VOLUMEN RADICULAR.....	56
CUADRO N° 15:	COSTOS TOTALES DEL ENSAYO.....	58
CUADRO N° 16:	COSTOS TOTALES POR TRATAMIENTO.....	59
CUADRO N° 17:	RESUMEN DE COSTOS POR TRATAMIENTOS.....	60

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1: PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN DE TUKEY AL 5% PARA LA VARIABLE SUSTRATO EN PORCENTAJE DE GERMINACIÓN .....	45
GRÁFICO 2: PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN DE TUKEY AL 5% PARA LA VARIABLE SUSTRATO EN PORCENTAJE DE GERMINACIÓN .....	46
GRÁFICO 3: PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN DE TUKEY AL 5% PARA LOS TRATAMIENTOS EN LA VARIABLE ALTURA DE PLÁNTULA.....	50
GRÁFICO 4: PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN DE TUKEY AL 5% PARA VARIEDAD EN LA VARIABLE ALTURA DE PLÁNTULA.....	51
GRÁFICO 5: PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN DE TUKEY AL 5% PARA SUSTRATO EN LA VARIABLE ALTURA DE PLÁNTULA.....	51
GRÁFICO 6: PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN DE TUKEY AL 5% PARA LOS TRATAMIENTOS EN LA VARIABLE VOLUMEN RADICULAR.....	55
GRÁFICO 7: PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN DE TUKEY AL 5% PARA VARIEDAD EN LA VARIABLE VOLUMEN RADICULAR .....	56
GRÁFICO 8: PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN DE TUKEY AL 5% PARA SUSTRATO EN LA VARIABLE VOLUMEN RADICULAR .....	56

# CAPÍTULO I

## PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 1.1. Contextualización

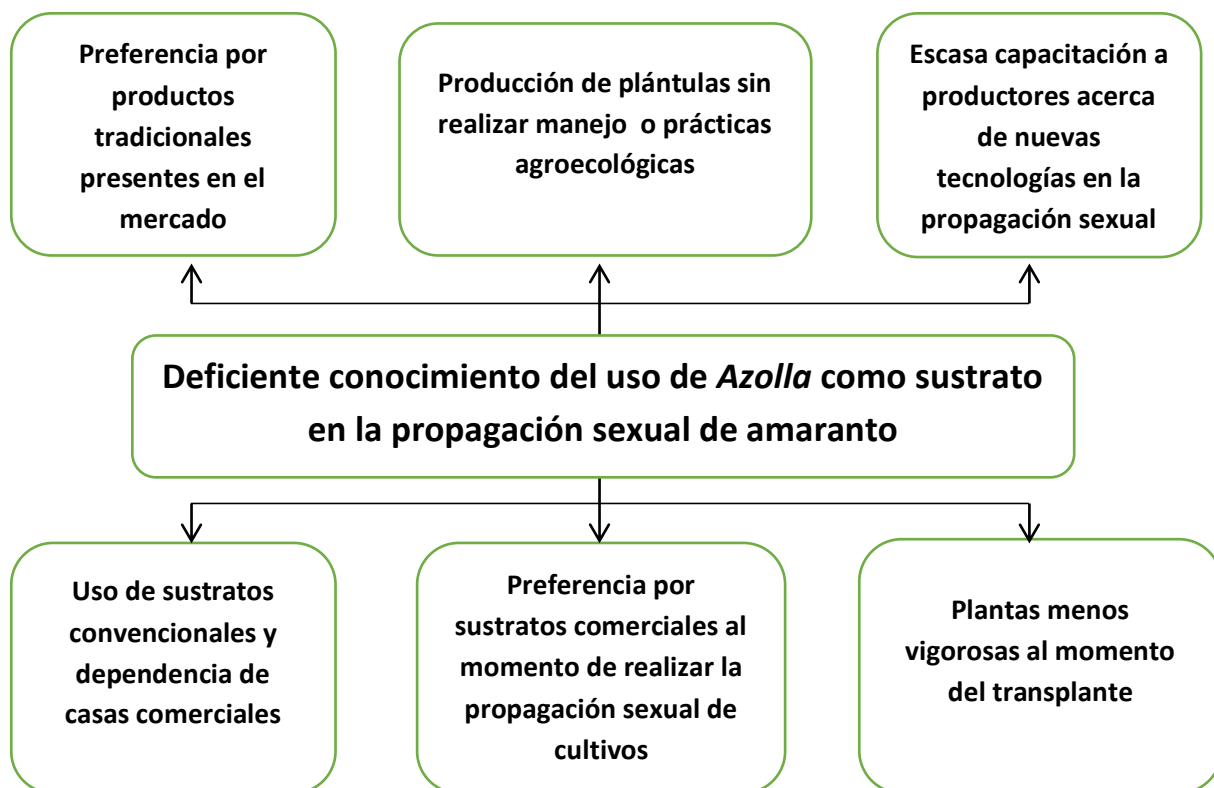
La agroecología se perfila hoy en día como la ciencia fundamental para orientar la conversión de sistemas convencionales de producción (monocultivos dependientes de insumos agroquímicos) a sistemas más diversificados y autosuficientes. Para esto la agroecología utiliza principios ecológicos que favorecen procesos naturales e interacciones biológicas que optimizan sinergias de modo que la agro biodiversidad sea capaz de subsidiar por si misma procesos claves tales como la acumulación de materia orgánica, fertilidad del suelo, mecanismos de regulación biótica de plagas y la productividad de los cultivos (Gliessman, 1998).

Un uso racional de los agroquímicos y un manejo integral del recurso suelo permiten reducir los niveles de contaminación que pueden llegar incluso a inhabilitar permanentemente un área. El uso excesivo de fertilizantes causa toxicidad en las plantas y saliniza el suelo, lo cual impide la absorción de nutrientes por las raíces. La utilización irracional de pesticidas (especialmente aquellos altamente tóxicos) causa un envenenamiento del ambiente natural, la pérdida de microorganismos benéficos e inocuos que controlan las poblaciones de patógenos, los cuales además pueden generar resistencia y proliferar, el aparecimiento de malezas resistentes a herbicidas y la residualidad en productos agrícolas que constituye un serio perjuicio a la salud del consumidor. (Guerra, J. 2009)

Los granos andinos como el amaranto, fueron domesticados por los Incas y cultivados en variados sistemas de producción los mismos que tienen una excelente calidad nutricional, que pueden contribuir a la seguridad y soberanía alimentaria, para mitigar los altos índices de desnutrición de la población. (Villafuerte, L.; Villafuerte, O. 2013).

En Ecuador, el Programa de Cultivos Andinos del INIAP, inició las primeras investigaciones a partir de 1.983 con la recolección y evaluación de germoplasma nativo, complementado con la introducción de germoplasma de otros países, especialmente de la Zona Andina. (Nieto, C. 1.990; Citado por Calero, J.J. y Pachala, A. 2.004).

## 1.2-Análisis crítico



## 1.3. Justificación

El aporte de nutrientes durante el crecimiento de los cultivos y sobre todo en la primera etapa fenológica es crucial. Ciertamente que los primeros nutrientes los contiene la semilla en sus cotiledones, pero una vez iniciado el proceso de la emergencia de la nueva plántula, es importante que esta se encuentre en un medio rico en nutrientes y en las condiciones adecuadas para su exitoso desarrollo vegetativo. El motivo de esta investigación está en proponer una alternativa económica y efectiva para la biofertilización



en la propagación sexual de amaranto, esto es conveniente, ya que el amaranto es un cultivo andino de magníficas propiedades nutricionales que serviría para garantizar la seguridad alimentaria en nuestro país, además que el hecho de manejar tecnologías al alcance del productor, con materiales de bajo costo, hace que la soberanía alimentaria gane terreno como lo exige la Constitución de la República del Ecuador. Este proyecto de investigación utilizó *Azolla*, un organismo natural de la zona, de fácil acceso y de bajo costo, rico en nutrientes, fundamentalmente nitrógeno el cual es indispensable en los primeros estados fenológicos de cualquier cultivo, reduciendo costos de producción y mejorando la calidad de las plántulas al momento del trasplante. El impacto que esta investigación tiene en la sociedad es sin lugar a dudas positivo, ya que mejorarán las alternativas de producción, a su vez que se elevará ampliamente la calidad nutricional de la alimentación de la población.

La utilidad de esta investigación también radica en que al utilizar fuentes orgánicas de fertilización, mejoramos el manejo de recursos naturales como el suelo y el agua, manejándolos de manera sostenible, evitando la contaminación y desgaste de los mismos y evitando la contaminación en el propio cultivo.

Los trabajos de investigación en *Azolla* como sustrato autosustentable para la propagación de amaranto son totalmente novedosos en nuestro medio, ya que no existen investigaciones similares.

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo General**

- Evaluar el *Azolla* como sustrato en la propagación sexual de dos variedades de amaranto: Amaranto Blanco (*Amaranthus hypocondriacus* L.) y Sangoracha (*Amaranthus quitensis* L.)

#### **1.4.2. Objetivos Específicos**

- Establecer un sustrato orgánico para la propagación sexual de amaranto.
- Determinar la variedad de amaranto que muestra mejores resultados frente al sustrato de *Azolla*.
- Establecer la eficiencia económica en los tratamientos utilizados dentro de esta investigación para la producción de plántulas de amaranto.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO E HIPÓTESIS

#### 2.1 Antecedentes investigativos

Castro, (2002) en su investigación titulada “Uso del género *Azolla* como biofertilizante en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.), afirma que este cereal fue influido en forma positiva por el uso de *Azolla* en las variantes utilizadas, lo que permitió incrementar el número de granos por panícula, panícula/m<sup>2</sup> y, por consiguiente, un aumento significativo del rendimiento del cultivo. Al analizar el rendimiento, los resultados mostraron los mayores valores en el tratamiento con *Azolla*, la aplicación de 120 kg de N/ha y la densidad de 102 kg/ha de semilla, seguido, pero con diferencias significativas, el tratamiento que coincide en igual dosis de nitrógeno y *Azolla* asociada pero con la densidad de 68 kg/ha de semilla, superando en 1.41 y 0.53 t/ha más que los tratamientos testigo de igual densidad de siembra.

Se puede apreciar al comparar el tratamiento con *Azolla*, con respecto al tratamiento (testigo) sin *Azolla*, que se obtiene un ahorro de aproximadamente 33% de la dosis de nitrógeno. En el tratamiento testigo se produce 1.41 t/ha menos de arroz que en el tratamiento donde se utiliza igual densidad de siembra y niveles de nitrógeno, pero con *Azolla* asociada. Resultados similares fueron obtenidos en la India, donde los rendimientos del arroz con el uso de *Azolla* intercalada se incrementaron de 6 a 7%; esto puede explicarse por la capacidad de excreción de nitrógeno amoniacal por parte del helecho, lo cual aumenta el índice de nitrógeno en el agua, así como se reduce el efecto negativo del pH sobre la volatilización del nitrógeno en forma amoniacal, efecto que es disminuido por el establecimiento de una capa de *Azolla*.

Montaño, (2009) señala que el estudio de la *Azolla* como biofertilizante en la cuenca del río Guayas se viene realizando desde el año 2000. En primer lugar se probó con resultados positivos que este helecho constituye un fertilizante alternativo del arroz. Por un proceso de intercultivo, los arrozales se convierten en fábricas de abono endógeno,

económico y sostenible para la agricultura del Ecuador. El potencial de fijación biológica de nitrógeno de *Azolla*, puede superar los 200 kg/ha/año, en condiciones óptimas; en esta situación, los excedentes de *Azolla* pueden ser extraídos y aplicados al sistema agropecuario nacional. Los beneficios que el uso de *Azolla* genera en el sistema agropecuario nacional son varios e importantes: abono para la agricultura nacional, alimento para la ganadería, depuración de fuentes de aguas naturales o artificiales, enriquecimiento del suelo, florecimiento de la biota natural, disminución del calentamiento global, entre otros.

## **2.2 Fundamentación Filosófica**

La investigación se ubica en el paradigma crítico - propositivo; ya que se hace un análisis crítico de la situación pasada y actual de los productores de amaranto con la finalidad de establecer la esencia de los problemas que estos enfrentan en la propagación sexual del cultivo de amaranto y su índice de prendimiento al momento del trasplante. Al analizar esta realidad nos enfocamos en una problemática específica, estableciendo variables que nos permitan determinar una investigación con la intención de proponer soluciones definitivas al problema planteado.

## **2.3. Fundamentación Legal**

La República del Ecuador en su Constitución tiene leyes claras y concisas acerca de la producción agrícola y ganadera, amparada en la Ley de Seguridad y Soberanía Alimentaria que indica:

**Art. 9.- Investigación y extensión para la soberanía alimentaria.-** El Estado asegurará y desarrollará la investigación científica y tecnológica en materia agroalimentaria, que tendrá por objeto mejorar la calidad nutricional de los alimentos, la productividad, la sanidad alimentaria, así como proteger y enriquecer la agrobiodiversidad. Además, asegurará la investigación aplicada y participativa y la creación de un sistema de extensión, que transferirá la tecnología generada en la investigación, a fin de proporcionar

una asistencia técnica, sustentada en un diálogo e intercambio de saberes con los pequeños y medianos productores, valorando el conocimiento de mujeres y hombres. El Estado velará por el respeto al derecho de las comunidades, pueblos y nacionalidades de conservar y promover sus prácticas de manejo de biodiversidad y su entorno natural, garantizando las condiciones necesarias para que puedan mantener, proteger y desarrollar sus conocimientos colectivos, ciencias, tecnologías, saberes ancestrales y recursos genéticos que contienen la diversidad biológica y la agrobiodiversidad. Se prohíbe cualquier forma de apropiación del conocimiento colectivo y saberes ancestrales asociados a la biodiversidad nacional.

**Art. 10.- Institucionalidad de la investigación y la extensión.-** La ley que regule el desarrollo agropecuario creará la institucionalidad necesaria encargada de la investigación científica, tecnológica y de extensión, sobre los sistemas alimentarios, para orientar las decisiones y las políticas públicas y alcanzar los objetivos señalados en el artículo anterior; y establecerá la asignación presupuestaria progresiva anual para su financiamiento. El Estado fomentará la participación de las universidades y colegios técnicos agropecuarios en la investigación acorde a las demandas de los sectores campesinos, así como la promoción y difusión de la misma.

**Art. 11.- Programas de investigación y extensión.-** En la instancia de la investigación determinada en el artículo anterior y en el marco del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología y el Plan Nacional de Desarrollo, se creará: a) Un programa de difusión y transferencia de tecnología dirigido al sector agroalimentario, con preferencia en los pequeños y medianos productores que tendrá un enfoque de demanda considerando la heterogeneidad de zonas agrobioclimáticas y patrones culturales de producción; y, b) Un programa para el análisis de los diversos sistemas alimentarios existentes en las diferentes regiones del país, a fin de orientar las políticas de mejoramiento de la soberanía alimentaria.

**Art. 14.- Fomento de la producción agroecológica y orgánica.-** El Estado estimulará la producción agroecológica, orgánica y sustentable, a través de mecanismos de fomento, programas de capacitación, líneas especiales de crédito y mecanismos de comercialización en el mercado interno y externo, entre otros. En sus programas de

compras públicas dará preferencia a las asociaciones de los microempresarios, microempresa o micro, pequeños y medianos productores y a productores agroecológicos.

**Art. 25.- Sanidad animal y vegetal.-** El Estado prevendrá y controlará la introducción y ocurrencia de enfermedades de animales y vegetales; asimismo promoverá prácticas y tecnologías de producción, industrialización, conservación y comercialización que permitan alcanzar y afianzar la inocuidad de los productos. Para lo cual, el Estado mantendrá campañas de erradicación de plagas y enfermedades en animales y cultivos, fomentando el uso de productos veterinarios y fitosanitarios amigables con el medio ambiente. Los animales que se destinen a la alimentación humana serán reproducidos, alimentados, criados, transportados y faenados en condiciones que preserven su bienestar y la sanidad del alimento.

**Art. 27.- Incentivo al consumo de alimentos nutritivos.-** Con el fin de disminuir y erradicar la desnutrición y malnutrición, el Estado incentivará el consumo de alimentos nutritivos preferentemente de origen agroecológico y orgánico, mediante el apoyo a su comercialización, la realización de programas de promoción y educación nutricional para el consumo sano, la identificación y el etiquetado de los contenidos nutricionales de los alimentos, y la coordinación de las políticas públicas.

## **2.4 Categorías Fundamentales**

### **2.4.1 Variable independiente: *Azolla* como sustrato**

#### **2.4.1.1 Fijadores de Nitrógeno**

Los microorganismos fijadores de nitrógeno tienen la capacidad de transformar nitrógeno atmosférico a amonio y suministrarlo a los cultivos mediante varios procesos simbióticos o no simbióticos.

Para Acuña (2012), las simbiosis más conocidas en el medio vegetal son: leguminosas y rhizobium; plantas actinorrizas y frankia.

Y entre las asociaciones no simbióticas más nombradas podemos resaltar las siguientes: líquen y cianobacterias; helecho *Azolla* y *Anabaena*.

#### **2.4.1.2 *Azolla* (*Azolla filiculoides* Lam)**

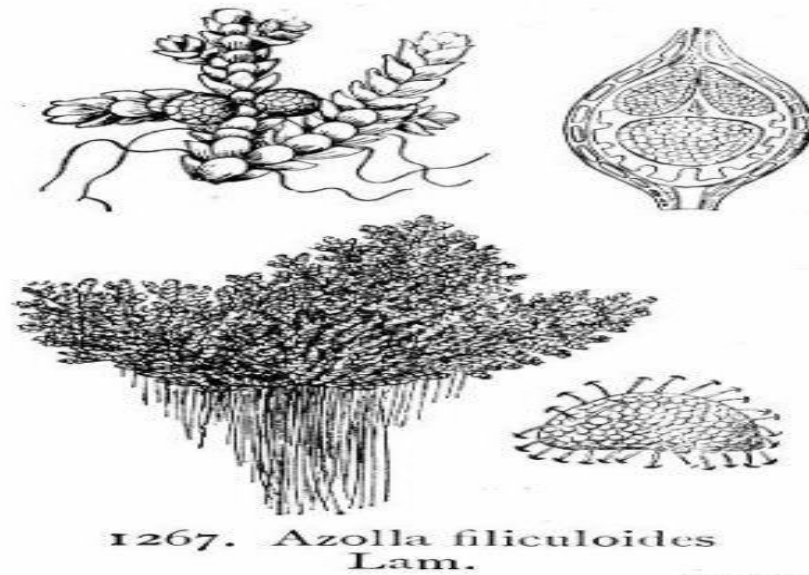
Según Hill (1987), los helechos de agua (Hydropteridinae), así denominados a consecuencia de su habitat acuático, constituyen un pequeño grupo de sólo cuatro géneros que son considerablemente diferentes de los restantes helechos.

Entre estos helechos de agua tenemos al género *Azolla*. Como manifiesta Mosquera (2002), *Azolla filiculoides* Lam. es un pequeño helecho acuático flotante que vive en muchos espejos de agua dulce y en áreas tropicales.

Son plantas acuáticas natátiles con el aspecto de musgo y tallo breve, delicado, muy ramoso, provisto de hojitas alternas, dispuestas en dos series en la parte de arriba, profundamente bífidas, con el parénquima de la lacinia superior muy lagunoso. (Gola, 1985).

Como manifiesta Salvat (1982), en algunos helechos acuáticos, como por ejemplo en los géneros *Azolla* y *Salvinia*, se puede observar una multiplicación por simple fragmentación del cuerpo, de modo análogo a lo que sucede a los Talofitos primitivos.

En la actualidad la *Azolla* se cultiva comercialmente en China y Vietnam, en donde se ha utilizado por centurias como abono verde en sembríos de arroz por inundación. En el Ecuador, algunos trabajos preliminares establecen la presencia de *Azolla* nativa en la costa y sus bondades como abono verde sobre los campos de arroz. (Montaño, 2005)



**Figura 1.** Morfología de la especie *Azolla filiculoides* Lam.

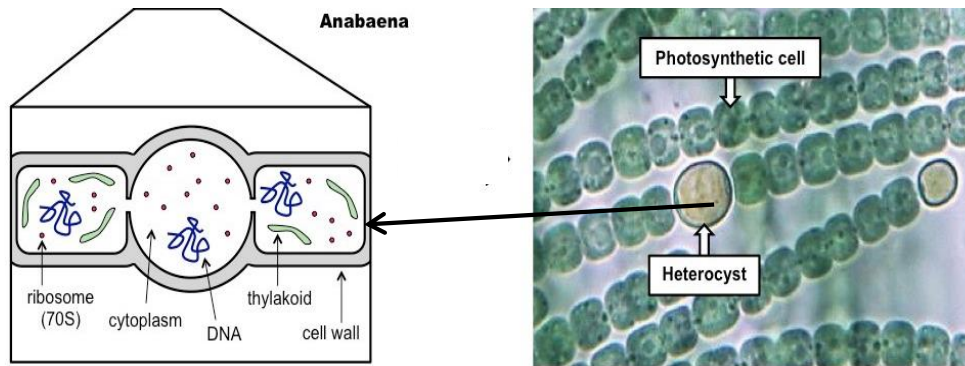
#### 2.4.1.3 *Anabaena* (*Anabaena azollae* Strass.)

Alga verde-azuladas perteneciente al grupo de las Cianofitas, dentro del grupo de algas filamentosas como en los géneros *Nostoc*, *Cylindrospermum* y *Anabaena*. (Hill, 1987).

Conocidas también como Cianobacterias, estas tienen una amplia distribución y ocupan un gran rango de hábitats al igual que las bacterias, que incluyen suelo y agua, tanto en regiones tropicales y templadas como de climas externos. (Herrero *et al.* 2001, citado por Mayz, 2004).

Según Cronquist (1977), *Anabaena* se encuentra principalmente como colonias filamentosas que flotan libremente en lagos, estanques y charcas semipermanentes. Una especie habita las raíces aéreas de algunas cicadáceas donde también existen bacterias fijadoras de nitrógeno.





**Figura 2.** Estructura celular de *Anabaena*

#### 2.4.1.4 Relación *Azolla* (*Azolla filiculoides* Lam.) con *Anabaena* (*Anabaena azollae* Strass.)

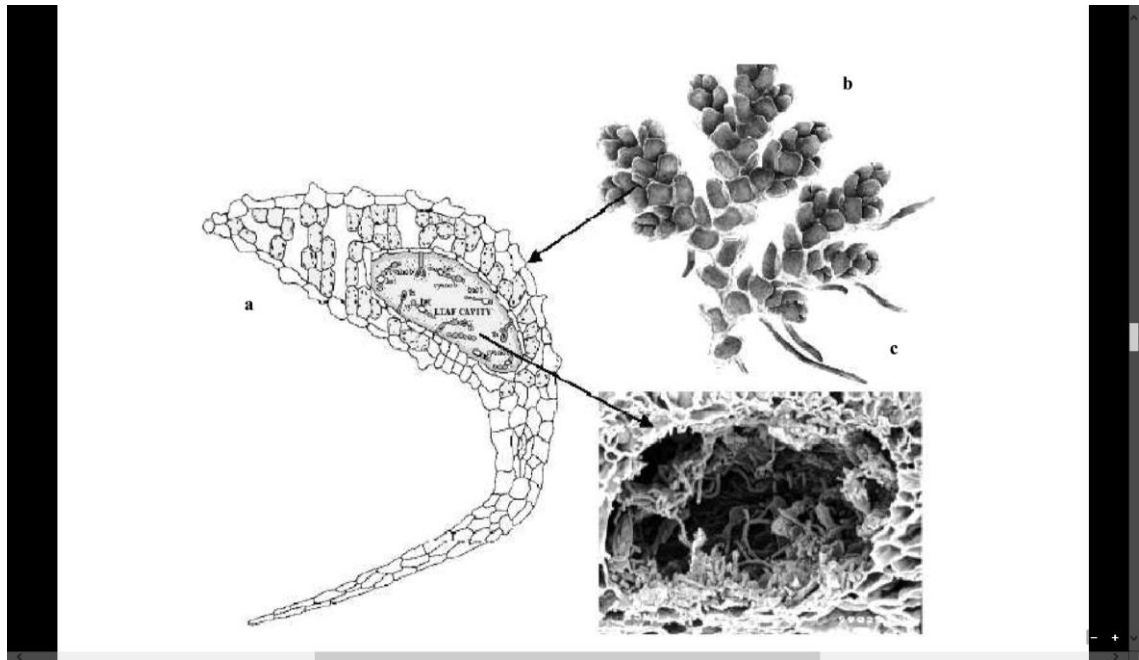
La simbiosis entre cianobacterias y plantas ocurre en un amplio segmento del reino Plantae, incluyendo algunas Briofitas (como *Anthoceros*, *Blasia*, *Cavicularia*), una Pteridofita (*Azolla*), Gimnospermas (9 géneros de *Cycas*, *Zamia*, *Macrozamia*, y *Encefalartos*) y una Angiosperma (*Gunnera* de la familia *Halagoraceae*). (Peters & Calvert, 1983, citado por Mosquera, 2002).

La asociación simbiótica entre *Azolla* y la cianobacteria filamentosa *Anabaena* por su alta capacidad fijadora de nitrógeno ha adquirido en los últimos tiempos mucha importancia para la agricultura. *Azolla* es un helecho acuático que alberga en las cavidades en la base de la fronda una cianobacteria del género *Anabaena*. (Montaño, 2005).

Para Mayz (2004), ésta simbiosis es permanente y hereditaria y cuya relación mutualista es la única conocida en la naturaleza entre una pteridofita y una procariota diazotrófica.

El endosimbionte se aloja en la cavidad del lóbulo dorsal clorofílico de la hoja bilobulada donde además se localizan tricomas que intervienen en el transporte de sustancias. En esta asociación ocurre un intercambio de compuestos desde la

cianobacteria hacia el hospedero (compuestos nitrogenados) y en vía contraria (productos fotosintéticos)



**Figura 3.** Ubicación de *Anabaena azollae* Strass. En *Azolla filiculoides* Lam.

a) Estructura del tejido de *Azolla* donde se observa la cámara simbiótica donde reposa la cianobacteria *Anabaena* (b); c) nódulo de *anabaena* dentro de la cámara simbiótica en *Azolla*.

Según Mosquera (2002), la fijación del nitrógeno se debe a la actividad de la enzima nitrogenasa en la cianobacteria. Esta enzima se encuentra presente en células especializadas denominadas heterocistos, los cuáles convierten el nitrógeno molecular del aire en amoníaco, que posteriormente es incorporado en los compuestos nitrogenados tanto por la planta como por la cianobacteria. El simbiote de la cavidad foliar tiene de 15 a 20 por ciento de heterocistos comparado con las especies de *Anabaena* de vida libre que solo tienen 5 por ciento de ellos. La asociación *Azolla* – *Anabaena* es literalmente una fábrica viva flotante de compuestos nitrogenados, que usa la energía de la fotosíntesis para fijar el nitrógeno atmosférico.

La asociación puede fijar entre 100 a 150 kg de N<sub>2</sub> atmosférico por hectárea por año en aproximadamente 40-60 toneladas de biomasa. La fijación de nitrógeno ocurre tanto de noche como de día, pero la tasa es más baja en la oscuridad. Sobre la base del peso seco contiene aproximadamente 23.8% de proteína cruda, 4.4% de grasas, 6.4% de almidón y 9.5% de fibra. (Becking, 1978, citado por Mosquera, 2002)

#### 2.4.1.5 Composición química de *Azolla*

**Tabla 1.** Composición química de *Azolla*

Nitrógeno	6 - 7%
Fósforo	0.5%
Potasio	1 - 2%
Calcio	0.5%
Magnesio	0.5%
Hierro	0.1%
Humedad	97.34%
Cenizas	8.10%
Proteínas	14 - 16%
Fibra	24.95%

(Pereira, 2010)

#### 2.4.1.6 Sustratos

##### 2.4.1.6.1 Propiedades físicas de los sustratos

Por propiedades físicas se entienden aquéllas que se pueden ver y sentir, tales como: color, capacidad de retención de humedad, textura, densidad, porosidad, etc. Características físicas como la textura, es una propiedad invariable, al contrario de las propiedades químicas, razón por la cual suele darse más importancia a las propiedades físicas en la selección de los sustratos. Una vez seleccionada la mezcla como medio de cultivo, su composición química puede verse alterada mediante el riego y la fertilización. (Hine, 1991)

En suelos y sustratos con texturas finas es necesario adicionar materiales que promuevan un mejor arreglo de los agregados, con el fin de mejorar el movimiento de agua y aire, y al mismo tiempo favorecer la penetración y desarrollo de raíces. La mayoría de los medios de crecimiento poseen dos o tres componentes que cambian adecuadamente las características físicas y químicas deseadas de estos. (Hine, 1991)

#### **2.4.1.6.1.1 Porosidad**

La porosidad o espacio poroso, es la porción del volumen total del suelo que no está ocupado por los sólidos, orgánicos o minerales. Bajo condiciones de campo los espacios porosos están ocupados por aire y agua en proporciones variables. (Tineo, 1993)

La porosidad varía en un amplio rango de valores, desde un 30% en suelos compactados, hasta cifras del orden del 95% en algunas turbas. En términos generales, los buenos suelos de campo con hierba poseen hasta un 50% de poros, mientras que el sustrato de maceta la porosidad puede alcanzar valores de un 95% o superiores. (Ansonera, 1994)

La porosidad y la densidad se ven afectadas por la compactación, pues a medida que aumenta la presión ejercida, el volumen de los poros disminuye, y por 10 lo tanto la porosidad. Al disminuir el volumen total aumenta la densidad aparente del sustrato. (Burés, 1997)

La reducción de los poros que se produce al aumentar la compactación hace que disminuya el espacio ocupado por el aire y aumenta la retención de agua, el aumento de la densidad significa problemas porque aumenta la resistencia del suelo a la penetración de las raíces. Una mezcla con una elevada porosidad, posee ventajas potenciales de buena aireación y retención de agua. Sin embargo, en la práctica estas condiciones dependen de la distribución del tamaño de poros, pues si estos son muy pequeños existe una excesiva retención de agua y, si por lo contrario son muy grandes, la porosidad estará ocupada principalmente por aire. Un desequilibrio en el tamaño de los poros puede significar asfixia de las raíces por la deficiente disponibilidad de aire y por el exceso de agua dentro de la

mezcla de sustrato, si por lo contrario, existe muy poca retención de agua y mucha cantidad de aire dentro del medio, de igual manera, puede representar problemas en la normal actividad fisiológica de la planta. (Ansonera, 1994)

#### **2.4.1.6.1.2 Capacidad de retención de agua**

La capacidad de retención de agua se define como la diferencia entre la cantidad de agua retenida por el sustrato, después que la fuerza de gravedad ha actuado sobre un suelo saturado por 24 horas. (Ansonera, 1994)

La capacidad de retención y almacenamiento de agua son distintas en los diferentes suelos. Un déficit o un exceso del agua en el suelo, por tiempo prolongado, puede ocasionar la muerte de la planta por falta de oxígeno o por marchitamiento; el primer caso es más frecuente en suelos de textura arcillosa y el segundo caso en suelos arenosos. La disponibilidad del agua para las planta, depende de la tensión con la cual esta es retenida por las partículas del suelo. A medida que el contenido de agua en el suelo disminuye, ya sea por evaporación o por la absorción de las plantas, éstas requerirán mayor energía para poder absorber agua. (Tineo 1993)

Aquellos sustratos formados con materiales orgánicos y suelo, poseen una mayor capacidad de retención de agua. Según Atkins (1983), representa un mejor aprovechamiento de los fertilizantes adicionados.

#### **2.4.1.6.2 Propiedades químicas de los sustratos**

La parte química del medio de cultivo es inerte, por lo contrario, interacciona con la solución nutritiva y actúa como reserva de nutrientes. Las propiedades químicas influyen en el suministro de nutrientes a través de la Capacidad de Intercambio Catiónico, la cual depende a su vez, en gran medida de la acidez del sustrato (Ansonera, 1994). Como se dijo anteriormente las características químicas y nutritivas de un sustrato pueden ser modificadas con la adición de fertilizantes y enmiendas.

#### **2.4.1.6.2.1 Acidez**

Los valores de acidez pueden variar de sustrato en sustrato, como por ejemplo las turbas ácidas pueden llegar a tener un pH de 3, mientras que algunos minerales como la perlita o la vermiculita puede llegar a tener pH de 8. El valor de pH varía en función de la dilución, por lo que a la hora de comprar diferentes sustratos se debe de mantener la misma relación entre el sustrato y el agua. (Bure's, 1997)

#### **2.4.1.6.2.2 Capacidad de Intercambio Catiónico Efectiva (CICE)**

La Capacidad de Intercambio Catiónico Efectiva (CICE), es la capacidad de un sustrato de absorber e intercambiar iones positivos. La CICE es la suma de todos los cationes intercambiables y su capacidad de intercambio depende del pH. Dentro de las reacciones de intercambio de iones, los componentes inorgánicos y la materia orgánica cumplen una función importante. En algunos sustratos los componentes inorgánicos son principalmente arcillas. Estas arcillas se caracterizan por tener cargas negativas y positivas, lo que da lugar a reacciones de intercambio de iones; por ello, aunque se considera que muchos sustratos inorgánicos son inertes, realmente no lo son en su totalidad. Algunos de los cationes atraídos por estas cargas negativas son,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{H}_3\text{O}^+$ , y  $\text{Al}^{3+}$ ; mientras que las cargas positivas atraen a los siguientes aniones:  $\text{SiO}_4^{4-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  y  $\text{NO}_3^-$ . (Bures, 1997)

#### **2.4.1.6.3 Parámetros de calidad de sustratos**

La calidad de un sustrato, depende de las condiciones inherentes del material, como la capacidad de intercambio catiónico, retención de agua y porosidad, entre otros. Se debe de acordar de que al existir la posibilidad de manipular las características químicas del medio de cultivo, los ingredientes se seleccionan, principalmente, a partir de las propiedades físicas que presenten. (Atkins, 1993)

#### **2.4.1.6.4 Tipos de sustratos orgánicos**

El abono orgánico es un producto natural resultante de la descomposición de materiales de origen animal, vegetal o mixto, que tienen el objetivo de mejorar tanto las características físicas como químicas del suelo. Algunos de los abonos orgánicos que se pueden utilizar como sustratos para vivero se describen a continuación.

##### **2.4.1.6.4.1 Bokashi**

El bokashi es preparado mediante la fermentación de material orgánico inoculado con microorganismos eficientes (EM). Puede utilizarse tres o catorce días después de la fermentación. El bokashi con EM puede ser utilizado para los cultivos aún sin que la materia orgánica haya sido descompuesta. Cuando es aplicado al suelo la materia orgánica es utilizada como un alimento por los microorganismos eficientes para alimentar al suelo así como para suplir al cultivo de los nutrientes que necesita. (EM technologies, 1996)

El bokashi con EM puede clasificarse de dos maneras según el proceso de preparación; bokashi aeróbico con EM y bokashi anaerobio con EM. El tipo aeróbico tiene la ventaja de producirse a gran escala y el período de fermentación es más corto que el del tipo anaerobio, pero con la desventaja de la pérdida de energía de la materia orgánica si la temperatura durante el período de fermentación es incontrolada. La manera anaerobia tiene la ventaja de mantener la energía (nutrición) de la materia orgánica, condición muy similar al ensilaje, y la desventaja de que si le da un mal manejo causa muchos desperdicios. (EM technologies, 1996)

Para la preparación de bokashi pueden utilizarse varios materiales como salvado de arroz, el salvado de maíz, salvado de trigo, cascarilla de arroz, la cascarilla de frijol, el pasto, la fibra y cascarilla de coco. También, los residuos de cosechas y los desperdicios de una planta procesadora de cualquier cultivo, la harina de pescado, la harina de hueso, el estiércol de animales, los desperdicios de la cocina, las algas y materiales

similares. También, es recomendable combinar materiales orgánicos que tengan una proporción baja y alta de carbono - nitrógeno (C/N), por lo general se utilizan tres capas de materiales orgánicos para incrementar la diversidad microbiana por la variedad en la fuente de alimento desperdicios. (EM technologies, 1996)

#### **2.4.1.6.4.2 Lombricompuesto**

De acuerdo con Edwards y Burrows (1988), citado por Ballesteros (1998), el material excretado por la lombriz, considerado como humus, es una sustancia lignoproteica bastante estable a la descomposición, se presenta como tierra ligera, con excelente estructura, suelta, porosa y suave. Su calidad depende, además de la alimentación empleada, de su granulometría. El humus de lombriz es neutro, inoloro y aunque se aplique en exceso a las plantas jóvenes no las quema. Este producto natural es considerado como uno de los mejores fertilizantes para plantas, debido a que puede preparar las raíces de las plantas de forma tal que permite que los minerales sean mejor absorbidos. También, fortalece a las plantas ayudándolas a crecer más rápido y más fuertes, evitando de esta manera el ataque de nemátodos y enfermedades. El humus de lombriz también mejora la estructura del suelo haciéndolo más granulado y liviano, aumentando de esa forma la absorción de agua (García, sf). Según el mismo autor, el humus de lombriz está constituido por los siguientes compuestos: Ácidos húmicos: incluye aquellas sustancias extraídas normalmente del humus con un agente alcalino o neutro y forma un precipitado amorfo con los ácidos, tienen alrededor de 50 a 62% de carbono. Ácidos fúlvicos: existe en la fracción soluble que queda al tratar el extracto alcalino con ácido. Tienen un 43 y 52% de carbono. Las huminas y ulminas: ambas constituyen la parte no soluble de las sustancias húmicas. Según Ferruzzi (1994), citado por Siles (1997), el humus producido por cualquier lombriz tendrá las mismas características físicas y químicas, con la condición de que todas las lombrices consideradas tengan asignado el mismo tipo de alimentación y sea el mismo tipo de lombriz. En el humus de lombriz existe una relación entre ácidos húmicos y ácidos fúlvicos cercana a 2:1. Entre los compuestos del humus los más determinantes en su acción de fertilización son la micro flora, los ácidos húmicos y los fitoestimuladores.



#### **2.4.1.6.4.3 Turba de musgo (Peat moss)**

Es la forma de materia orgánica más popular para la preparación de sustratos para almácigos, satisface más el criterio para la selección de ingredientes de sustratos que cualquier otra forma de materia orgánica disponible para la industria en invernadero. Está disponible, es baja en sales solubles, fácil de mezclar con otros componentes cuando está húmeda, uniforme en calidad dentro de una marca, y de larga duración en un sustrato. El drenaje y la aireación son muy mejorados, no agrega cantidades apreciables de nutrientes, ni su uso reduce el aporte de nutrientes hacia la planta, la acidez de esta turba varía con su origen, pero en general es bastante ácida, el pH se ajusta fácilmente con encalado. El aspecto más importante es que no ocurren cambios químicos o biológicos en el medio de cultivo, tiene la mayor capacidad de retención de humedad que cualquier otro tipo de materia orgánica y mantiene esta propiedad cuando se remoja después de secada al aire. (Organismo Internacional de Sanidad Agropecuaria, 2002)

#### **2.4.1.6.4.4 El suelo como sustrato**

Según Brady y Weil (1999), el suelo es el medio por excelencia para el crecimiento de las plantas. La masa del suelo provee a las plantas un soporte físico, anclaje del sistema radical, agua y los nutrientes que necesitan para sobrevivir. Foth (1995), afirma igualmente que el suelo debe proporcionar un ambiente en el cual puedan desarrollarse las raíces, ello requiere de espacios porosos para que se extiendan, oxígeno disponible para la respiración, así como la ausencia de factores inhibidores como la concentración tóxica de sales solubles, temperaturas extremas o patógenas.

#### **2.4.1.6.5 Movimiento del agua en el suelo**

La cantidad de agua en la zona de absorción del suelo cambia constantemente. El agua disponible en esta zona puede aumentar o disminuir como resultado de uno o más de los siguientes factores: Precipitación, infiltración, capacidad de retención de agua,

escurrimiento, movimiento capilar, evaporación y absorción de agua por la planta. (Orozco, 1995)

#### **2.4.1.6.5.1 Infiltración**

La infiltración es el flujo de agua de la superficie del suelo hacia abajo, primero en la zona de las raíces, y después en el subsuelo, el agua se filtra en el suelo por los poros, grietas u orificios entre las partículas y los agregados de partículas de tierra. La cantidad de agua que se filtra en el suelo, depende de la velocidad de infiltración y del tiempo disponible para este proceso; la velocidad de infiltración depende principalmente de la porosidad y permeabilidad del suelo. Los suelos con partículas y agregados grandes tienen en general una permeabilidad mayor. Un adecuado contenido de materia orgánica favorece la formación de agregados y, de esta manera, la permeabilidad y velocidad de infiltración. (Orozco, 1995)

### **2.4.2 Variable dependiente: Propagación vegetal**

#### **2.4.2.1 Propagación vegetal**

La propagación vegetal corresponde a un conjunto de procedimientos para incrementar la cantidad de plantas con el objeto de perpetuar individuos o grupos de ellos que tienen cierto valor, las plantas se pueden propagar por distintos métodos, ya sea sexual o de reproducción asexual o de multiplicación. En la propagación sexual la descendencia es variable, pero en la propagación asexual la planta resultante tiene los mismos genes que la planta madre, es decir, es un clon.

#### **2.4.2.2 Propagación sexual**

Es la forma de obtener nuevas plantas mediante el empleo de semillas, la cual ofrece una forma económica para la reproducción de las especies y son el resultado de la fecundación de los óvulos, que a su vez portan el material hereditario de las plantas madre.

La nueva planta se logra mediante la germinación que corresponde al desarrollo del embrión que contiene la semilla, y cuando se completa la plántula aparece gracias a la multiplicación del tejido meristemático comenzando la diferenciación celular.

### **2.4.2.3 Germinación**

#### **2.4.2.3.1 Tratamiento pre-germinativo**

Cada tipo de semilla necesita un tratamiento previo para poder germinar, esto dado cuando las especies poseen algún impedimento para que germinen y pueda deberse a que el medio no es favorable para el crecimiento vegetativo a causa de una escasa disponibilidad de humedad, aireación o por una temperatura inadecuada, o a que las condiciones del medio son adecuadas, pero el organismo tiene una combinación fisiológica que impide su crecimiento (inhibición denominada latencia o dormancia). Para superar estos impedimentos de germinación se realizan tratamientos pre-germinativos a las semillas. (Lexus, 1999)

##### **2.4.2.3.1.1 Estratificación**

Consiste en colocar las semillas en capas o estratos húmedos, esto se utiliza cuando la semilla germina sólo si sufre del frío invernal que requiere para romper la latencia de su embrión. Para esto se mantiene la semilla en estado de imbibición, es decir, hinchada por el agua, lo que se consigue manteniendo la semilla por 2 o 3 días sumergida en agua corriente con un sustrato, por ejemplo arena, otra forma consiste en envolver las semillas en una bolsa y dejarlas en un congelador durante 24 horas. Sólo en este estado la semilla es capaz de aprovechar el frío para que se produzca la germinación del embrión. El período de estratificación varía según la especie y se utiliza para superar latencias provenientes del embrión. (Océano, 2000)

#### **2.4.2.3.1.2 Escarificación**

Es cualquier proceso de romper, rayar, alternar mecánicamente o ablandar las cubiertas de las semillas para hacerlas permeables al agua y a los gases. La alteración mecánica consiste en raspar la cubierta de las semillas con lijas, limas o quebrarlas con un martillo; si es a gran escala se utiliza máquinas especiales como tambores giratorios recubiertos en su interior con papel lija, o combinados con arena gruesa o grava. También se puede realizar un escarificado químico en el cual las semillas secas se colocan en recipientes no metálicos y se cubren con ácido sulfúrico concentrado en proporción de una parte de semilla por dos de ácido, durante el tratamiento las semillas deben agitarse regularmente y el tiempo de tratamiento varía según la especie. Al final del periodo de tratamiento se escurre el ácido y las semillas se lavan con abundante agua para quitarles el restante. (Océano, 2000)

#### **2.4.2.3.1.3 Inmersión en agua caliente o a temperatura ambiente**

Consiste en colocar las semillas en un recipiente en una proporción de 4 a 5 veces su volumen de agua a temperatura ambiente o caliente entre los 77 y 100 °C, de inmediato se retira la fuente de calor y las semillas se dejan remojar durante 12 a 24 horas en el agua que se va enfriando. (Lexus, 1999)

#### **2.4.2.3.1.4 Lixiviación**

Tiene como propósito el remover los inhibidores remojando las semillas en agua corriente o cambiándoles el agua con frecuencia. El tiempo de lixiviación es de 12 a 24 horas. (Lexus, 1999)

#### **2.4.2.3.1.5 Estimulantes químicos**

Existen compuestos que sirven para estimular la germinación, entre los más usados están: nitrato de potasio, tiourea, etileno, ácido giberélico (GA3), citoquininas, entre

otros. Todo este tipo de sustancias se emplean a diferentes concentraciones y tiempos de remojo, dependiendo de la especie de que se trate.

#### **2.4.2.3.2 La siembra**

Consiste en situar las semillas sobre el suelo o subsuelo para que a partir de ellas, se desarrollen las nuevas plantas. La siembra puede realizarse en almácigos, macetas o directamente en el suelo, y para ello primero hay que colocar una hojarasca gruesa de modo que no se escape el suelo; luego se incorporan unos 10 a 15 cm de tierra mezclada con un cuarto (1/4) de arena; a continuación se humedece bien y enseguida se coloca las semillas sobre la tierra y finalmente se cubren bien con tierra de hojas u hojarasca fina, la cual no puede ser ni de pinos ni de eucaliptos porque tienen sustancias que inhiben la germinación. Una vez germinadas, se toman las pequeñas plantitas con mucha delicadeza y se pasan a macetas. Esta práctica se llama “repique”. Recordemos que previamente conviene humedecer bien, tanto el almácigo, como las macetas, porque si regamos luego, corremos el riesgo de dañar la planta con el golpe del chorro de agua. (Océano, 2000)

#### **2.4.2.3.3 Factores que afectan la germinación**

Según Bidwell (1990), los factores que pueden afectar el proceso de germinación son los siguientes:

- Agua: la absorción de agua es fundamental para que se produzca la germinación, pero el riego en exceso y un mal drenaje, reducen la aireación y puede originar enfermedades, principalmente el mal de los almácigos (damping off).
- Temperatura: muchas semillas germinan dentro de un margen de temperatura muy amplio, pero en otros casos no es así, existiendo temperaturas mínimas, máximas y óptimas.
- Luz: la luz puede estimular o inhibir la germinación de las semillas, recientemente se ha demostrado que el efecto estimulante se produce en la región roja del espectro luminoso, mientras que el inhibidor se encuentra en la región infrarroja.

#### **2.4.2.3.4 Propagación en bandejas (piloneras)**

Para Lexus (1999), el método en mención es importante por los siguientes aspectos:

- Sanidad del medio a usarse.
- Sanidad de las plántulas.
- Optimización de semillas.
- Estrés de trasplante se minimiza.
- Permite el trasplante durante todo el día.
- Menos pérdida de plántulas después del trasplante.
- Desarrollo más rápido en el campo definitivo.
- Mejor desarrollo del sistema radicular.
- Menor susceptibilidad a los factores climáticos después del trasplante.

También posee ciertas desventajas tales como:

- Mayor inversión
- Más manejo
- Más conocimiento

En definitiva, la planta que queremos obtener por este método es una planta compacta, tallo robusto, color verde oscuro, con buen sistema radicular, con un pilón que resista el manipuleo, sin plagas o enfermedades y con la edad adecuada para el trasplante.

### **2.4.3 Unidad de análisis: Cultivo de Amarantho**

#### **2.4.3.1 Origen del amaranto**

La variedad INIAP Alegría fue obtenida por selección de la variedad “Alan García”, introducida del Cusco, Perú y seleccionada en la Estación Experimental Santa Catalina entre 1987 y 1988, con la identificación de Alan Garcia.1 E. (Nieto, 1990)

Después de varios años de investigación de la adaptabilidad, manejo agronómico, procesamiento y calidad de grano, fue entregada en 1994 como variedad mejorada, con el nombre de INIAP Alegría. La investigación y promoción de la variedad fue retomada en el año 2001 en el Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos. De esta fecha, hasta el presente, se ha evaluado desde la provincia de Imbabura hasta Cañar. (Peralta, et.al. 2009)

#### **2.4.3.2 Clasificación taxonómica**

Según Villafuerte (2013), manifiesta que la clasificación taxonómica del amaranto es la siguiente:

Reino: Plantae

Subreino: Embriofitas

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Caryophyllidae

Orden: Caryophyllales

Familia: Amaranthaceae

Género: *Amaranthus*

Subgénero: *Acnida* (dioica) *Amaranthus* (monoica)

Especie: *Hypocondriacus* (A. Blanco) *Quitensis* (Sangoracha)

#### **2.4.3.3 Morfología**

##### **2.4.3.3.1 Planta**

El amaranto es una especie que alcanza gran desarrollo en suelos fértiles; en algunos casos supera los 2 metros de altura. Generalmente tiene un solo eje central, aunque también se presentan ramificaciones desde la base y a lo largo del tallo. (Mazón, N. et. al. 2003)

El amaranto es una planta muy eficiente en la fijación de CO<sub>2</sub>, se caracteriza por no presentar foto respiración y un bajo empleo de agua para producir la misma cantidad de follaje que los cereales. (FAO, 1.992 y Nieto, C. 1.990)

#### **2.4.3.3.2 Raíz**

La raíz es pivotante con un buen número de ramificaciones y múltiples raicillas delgadas, que se extienden rápidamente después de que el tallo empieza a ramificarse, facilitando la absorción de agua y nutrientes. (Mujica, A. y Berti, J. 1.997)

#### **2.4.3.3.3 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. (Sumar, 1982)

#### **2.4.3.3.4 Hojas**

Las hojas son pecioladas, sin estípulas de forma oval, elíptica, opuesta o alterna con nervaduras prominentes en el envés, lisas o poco pubescentes de color verde o púrpura cuyo tamaño disminuye de la base al ápice, presentando borde entero, de tamaño variable de 6.5-15 cm. (Mujica, 1997)

#### **2.4.3.3.5 Flores**

Son numerosas, tienen un comportamiento autógeno en alto porcentaje, pero por acción del viento y los insectos presentan fecundación cruzada. Las flores son pistiladas



o estaminadas, las pistiladas presentan estigmas receptivos varios días antes que maduren los estambres. (Peralta, 2010)

#### **2.4.3.3.6 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. (Nieto, 1990)

#### **2.4.3.3.7 Semilla**

La semilla es muy pequeña, mide de 1 a 1,5 mm de diámetro y el número de semillas por gramo oscila entre 1.000 y 3.000. Son de forma circular y de colores variados, así: existen granos blancos, blanco amarillentos, dorados, rosados, rojos y negros. Todas las especies silvestres presentan granos negros y de cubiertas muy duras. (Nieto, C. 1.990)

#### **2.4.3.3.8 Variedades**

##### **2.4.3.3.8.1 Amaranto Blanco - Real (*Amaranthus hypocondriacus* L.)**

El amaranto blanco es un cultivo que fue un alimento básico en el México prehispánico; alrededor de 20 mil toneladas llegaban anualmente como tributo a Tenochtitlan, capital del Imperio Mexica. Su papel en la dieta fue tan importante como el maíz (*Zea mays*) y frijol (*Phaseolus vulgaris*). En México tradicionalmente se cultiva desde 2 500 a 3 300 msnm; sin embargo, se han observado excelentes resultados al nivel del mar y en áreas tropicales. Es susceptible a las bajas temperaturas (8 °C) al exceso de humedad, pero en cambio es muy resistente al déficit hídrico y al calor. En condiciones adecuadas de suelos (neutros o básicos), humedad y temperatura, produce hasta 5 000 kg/ha; aunque en promedio se obtienen rendimientos de 1 000 a 2 500 kg/ha. (Mujica y Berti, 1997)

La superficie cultivada varía de 600 a 3 000 ha; los principales estados productores son Morelos (Huazulco, Amilcingo, Jantetelco y Amayuca) y Puebla (Huaquechula, San Juan Amecac, Tochimilco, Tochimizolco, Santiago Tecla y Tulcingo); con rendimientos de 1 800 a 2 000 kg/ha-1, bajo condiciones de temporal y de 1 000 a 4 000 kg ha-1 en riego dependiendo de las variedades utilizadas (Espitia, 1986). Debido a su alto valor nutritivo, nutracéutico y potencial agronómico, se cree que el amaranto puede convertirse en un cultivo importante; para incrementar la superficie sembrada se deberá desarrollar tecnología para la producción bajo distintos sistemas de siembra, que van desde los convencionales hasta los sistemas modernos que implican la mecanización de algunas labores, como la cosecha. Las variedades, fertilización y densidad de plantas son componentes importantes en el paquete tecnológico para maximizar la producción. (Nieto, 1.990)

#### **2.4.3.3.8.2 Amaranto Morado – Sangoracha (*Amaranthus quitensis* L.)**

A partir del año 1982 se inició la recolección del germoplasma de ataco o sangorache (el nombre común varía de un pueblo a otro), en un recorrido de aproximadamente mil kilómetros a lo largo del callejón interandino. Todo el material genético encontrado fue de grano negro y las características agronómicas y morfológicas llevaron a la conclusión de que se trataba de *Amaranthus quitensis* H.B.K. / *Amaranthus hybridus* L. La colección ecuatoriana de ataco o sangorache en 1985 estaba compuesta de 114 accesiones de grano negro y un duplicado del mismo fue llevado a la Universidad San Antonio Abad del Cusco, Perú por intercambio. Posteriormente este germoplasma fue evaluado, caracterizado morfológica y agronómicamente, documentado y conservado en cámara fría a -15OC. Se priorizó el mejoramiento por selección de las variedades de grano blanco. La investigación en amaranto vuelve a retomarse en el INIAP, a partir del año 2001, en el Programa de Leguminosas y Granos Andinos, refrescando las colecciones. En el año 2002, el grano negro de ataco o sangorache empieza a cobrar importancia por la posibilidad de ser producido con enfoque orgánico y exportado a Europa (gourmet) y los Estados Unidos. En el ciclo agrícola 2002 - 2003, se seleccionó del banco de germoplasma 68 entradas de grano negro en su mayoría originarias de Ecuador (por disponibilidad de

semilla). En los años siguientes se evaluaron 20 líneas de grano negro a 2.720 m s.n.m., en la parte baja de la Estación Experimental Santa Catalina, en un ensayo dispuesto en bloques al azar con tres repeticiones, cada parcela en surcos de 5 m de largo, distanciados a 0.8 m, sembrados con una densidad de 8 kg/ha. Se tomaron datos de las siguientes variables: días al panojamiento, días a la floración, días a la cosecha, altura de planta, diámetro del tallo, longitud de la panoja, diámetro de la panoja, rendimiento por planta y por hectárea. Se realizaron los análisis de la varianza y pruebas de significación estadística para cada una de las variables evaluadas; se seleccionaron 11 líneas que superaron una tonelada (22 qq o 1000 kg) por hectárea. De 2008 a 2013, se selecciona y multiplica semilla de la línea promisorio ECU-17728 por su mayor rango de adaptabilidad y tolerancia a enfermedades. En el 2013 se decide pre lanzar como la primera variedad de ataco o sangorache de grano negro, mejorada por selección. Se caracteriza por presentar la panoja de color rubí, erectas o semi erectas, el color de la hoja va de verde oscuro a rubí a la madurez, promedio de altura de 1,87 m, 58,1 cm de largo de panoja, 8,5 cm de diámetro de panoja. Un gramo contiene 2000 semillas y el rango de rendimiento está entre 800 a 1000 kg/ha en parcelas semicomerciales. (Nieto, C. 1.990)

#### **2.4.3.4 Requerimientos básicos del cultivo**

##### **2.4.3.4.1 Requerimientos de clima**

El rango de adaptación para el amaranto va desde los 2000 hasta los 2800 m de altitud. (Peralta, et. al. 2008); sin embargo, las especies que mejor comportamiento presentan a altitudes superiores a los 1000 m son *A. caudatus* y *A. quitensis*. En general todas las especies crecen mejor cuando la temperatura promedio no es inferior a 15 °C y temperaturas de 18 °C a 24 °C parecen ser óptimas para el cultivo. (Montero, et. al. 1994)

##### **2.4.3.4.2 Tipo de suelo**

En cuanto a suelos, se deben preferir los de textura franca, con un buen contenido de materia orgánica y con pH entre 5,5 a 7. La variedad presenta un mejor

comportamiento en suelos con buen drenaje y por lo general es afectado por suelos arcillosos e inundables. (Nieto, 1990)

#### **2.4.3.5 Técnicas de manejo de cultivo**

##### **2.4.3.5.1 Preparación del suelo**

Este cultivo requiere de una buena preparación de suelo, dado el tamaño tan pequeño de sus semillas, con arada, rastrada y surcada, con maquina o yunta. Al tratarse de una semilla muy pequeña, el suelo debe estar bien preparado, desterronado y mullido. (Peralta, et. al. 2008)

##### **2.4.3.5.2 Siembra**

La siembra se puede realizar en surcos, de aproximadamente 10 cm de profundidad y separados a 60 o 70 cm. Dentro del surco se puede sembrar a chorro continuo o en golpes separados a 20 cm. de suelo suelto. (Nieto, C.1990)

Además el mismo autor menciona que cuando la época es muy lluviosa, es preferible colocar las semillas a un costado del surco para evitar el arrastre de estas o un tapado excesivo por acción de las lluvias. La densidad de siembra varia 2 a 6 kg/ha, cuando es manual.

##### **2.4.3.5.3 Deshierba**

El cultivo presenta un crecimiento lento al comienzo del ciclo, por lo que es necesario realizar una deshierba, sobre todo en sitios con abundantes malezas para evitar la competencia. Luego del primer mes de cultivo crece rápidamente y cubre el suelo, impidiendo el desarrollo de malezas; sin embargo también es aconsejable una labor de aporque, la misma que servirá de una segunda deshierba.

#### **2.4.3.5.4 Raleo**

Es conveniente realizar raleo, para dejar el número adecuado de plantas por unidad de superficie. Se recomienda dejar entre 20 y 30 plantas por m<sup>2</sup>, cuando el cultivo es para cosechar su grano y hasta 80 o 100 plantas por m<sup>2</sup>, cuando es para verdura. Sin embargo, también se puede prescindir del raleo, lo que da lugar a cultivos densos cuyas plantas crecen poco y producen menos, pero el rendimiento es compensado por el número de panojas. (Monteros, C. et. al. 1994)

#### **2.4.3.5.5 Fertilización**

El cultivo responde muy bien a la fertilización química, especialmente de nitrógeno y fosforo y al abonamiento orgánico. (Nieto, 1990)

De acuerdo al resultado de análisis de suelo. Una recomendación de fertilización general es aplicar 100-60-20 kg/ha de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O; o su equivalente de: 200 kg de 10-30-10 a la siembra más 200 kg de urea o nitrato de amonio a la deshierba. (Peralta, et. al. 2008)

La aplicación de fertilizante se debe hacer a chorro continuo y al fondo del surco. Al momento de la siembra aplicar todo el fósforo y potasio, mientras que el nitrógeno se aconseja fraccionar en dos partes: 50% a la siembra y 50% a los 50 días desde la siembra. (Montero, 1994)

#### **2.4.3.5.6 Cosecha y trilla**

La cosecha se realiza cuando las hojas senescen y caen, las panojas cambian de color rojizo o dorado a marrón, toda la planta tiene aspecto de seco color café. La siega se puede hacer con hoz y la trilla con trilladoras estacionarias de cereales, siempre que el cilindro y cóncavo estén acondicionados con el sistema de dientes. En este caso hay que acondicionar las máquinas, con tamices finos y regulares la entrada de aire en los

ventiladores para evitar desperdicios de grano. La trilla es más eficiente si las plantas están completamente secas. (Nieto, 1990)

#### 2.4.3.5.7 Plagas y enfermedades

Según Monteros (1994), por ser un cultivo poco promocionado, no se conoce mucho sobre los problemas de plagas y enfermedades, sin embargo en cuanto a plagas se han identificado a las siguientes:

**Tabla 2.** Plagas de amaranto

<b>ESPECIE</b>	<b>NOMBRE COMÚN</b>	<b>TIPO DE DAÑO</b>
<i>Agrotis spp.</i>	Gusanos trozadores o cortadores	Mastican el tallo hasta trozar la planta. Consumen follaje y brotes tiernos.
<i>Feltia spp.</i>	Gusanos cortadores	Mastican el tallo hasta trozar la planta. Consumen follaje y brotes tiernos.
<i>Diabrotica spp.</i>	Vaquitas o tortuguitas	Mastican hojas y brotes tiernos.
<i>Epitrix spp.</i>	Pulguillas	Perforaciones finas de la hoja
<i>Myzus spp.</i>	Pulgones	Succionan savia
<i>Lygus spp.</i>	Chinches	Perforan y se alimentan de granos tiernos.

Para prevenir la presencia de estas plagas se debe mantener al cultivo limpio de malezas o eliminar malezas de lotes contiguos, pero si la intensidad del ataque de cualquiera de estos insectos es significativa se puede usar insecticidas, de preferencia los fosforados. En cuanto a enfermedades sobresalen las causadas por hongos que producen la enfermedad conocida como mal de semillero (*Pythium*, *Phytophthora* y *Rhizoctonia*) que se hacen presentes en los primeros 30 días del cultivo y sobre todo en suelos con mucha materia orgánica. En estado de planta adulta el problema principal parece ser el ataque que *Sclerotinia sclerotiorum* que afecta a todos los órganos de la planta y en especial a las hojas, produciendo clorosis y muerte y, a los tallos y panojas produciendo pudriciones y posterior secamiento.

Además se ha reportado la presencia de *oidium*, cuyo agente causal es *Erysiphe spp*, que produce manchas blanquecinas y deformaciones en las hojas. La presencia de *Curvularia spp* y *Alternaria spp* atacando a las hojas han sido reportadas sobre todo en ambientes de clima caliente. Al igual que en el caso de las plantas, no será necesario realizar combates químicos, si la magnitud de la infección de cualquier enfermedad mencionada, no es significativa.

La presencia de nemátodos, principalmente del género *Meloidogyne* se ha encontrado en amaranto, causando daños significativos. Finalmente, uno de los problemas serios de este cultivo es la presencia de un microorganismo que posiblemente sea micoplasma, que produce un alto porcentaje de plantas estériles, cuyos órganos florales se transforman en brácteas de un color verde intenso y con la ausencia total de óvulos y anteras y por ende de granos. La solución para este último problema parece estar en utilizar variedades o líneas tolerantes. (Monteros, et al 1.994)

## **2.5 Hipótesis**

**H<sub>1</sub>:** El sustrato elaborado a base de *Azolla* si influye en la propagación de plántulas de amaranto.

**H<sub>0</sub>:** El sustrato elaborado a base de *Azolla* no influye en la propagación de plántulas de amaranto.

## **2.6 Variables de la hipótesis**

### **2.6.1 Variable independiente**

- Sustratos con *Azolla*

## 2.6.2 Variable dependiente

- Dos variedades de amaranto
- Porcentaje de germinación
- Días a la emergencia
- Días al trasplante
- Longitud de plántula
- Diámetro del tallo basal
- Volumen radicular

## 2.7 Operacionalización de variables

### 2.7.1 Variable Independiente: Sustratos

**Tabla 3.** Operacionalización de la variable independiente

Concepto	Categorías	Indicadores	Índices	Técnicas e instrumentos
Es el medio por el cual se realiza la propagación de plántulas en un lugar específico, para garantizar un mejor desarrollo en el campo definitivo y por ende mejorar el rendimiento del cultivo	Sustrato <i>Azolla</i>	<i>Azolla</i>	1:1	Se preparó la mezcla previo al llenado de bandejas, conforme la formulación propuesta en este ensayo.
		<i>Azolla</i> + Pomina	1:1	
	Sustrato Peat moss	Peat moss	1:1	
		Peat moss + Pomina	1:1	



## 2.7.2 Variable dependiente: Propagación sexual de Amaranto

**Tabla 4.** Operacionalización variable dependiente

Concepto	Categorías	Indicadores	Índices	Técnicas e Instrumentos
Es un método de propagación en donde la semilla de amaranto es germinada en un medio específico y controlado para luego ser trasladada al lugar definitivo de desarrollo	Adaptabilidad de variedades de amaranto Mejoramiento de los índices de prendimiento de las plantas de amaranto. Mejoramiento del desarrollo vegetativo de la plántula de amaranto al momento del trasplante	Dos variedades de amaranto	V. Blanco (Real) Sangoracha	Se sembró de acuerdo a los tratamientos propuestos.
		Porcentaje de germinación	%	Se contabilizó el número de plántulas germinadas.
		Días a la emergencia Días al trasplante	Días	Se considera el N° de días transcurridos desde la siembra a la emergencia y trasplante
		Altura de plántula	cm	Utilizando un Calibrador Bernier se procedió a medir la longitud y el diámetro basal del tallo de cada planta muestra.
		Diámetro basal del tallo	cm	
		Volumen radicular	cm <sup>3</sup>	Se utilizó el Principio de Arquímedes del desplazamiento de volúmenes.

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1 Enfoque, modalidad y tipo de investigación

El enfoque metodológico de este trabajo es cuantitativo, ya que se ha utilizado un modelo estadístico para evaluar el tratamiento más adecuado, en relación a los datos obtenidos en el campo, también se ha probado una hipótesis. Es de tipo inductivo-deductivo, ya que se aplicó parámetros técnicos para determinar los beneficios de la utilización de *Azolla* como sustrato natural de propagación como variable independiente, frente a la propagación de dos variedades de *Amaranto* como variable dependiente.

#### 3.2 Ubicación del ensayo

El ensayo se llevó a cabo en los predios de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato, sector Querochaca, ubicada en el cantón Cevallos de la provincia de Tungurahua, con una latitud 1° 22'08" y una longitud 78° 36'22", con una altitud de 2890 m.s.n.m debido a la existencia de todos los materiales a usarse y lo fundamental el invernadero.

#### 3.3 Caracterización del lugar

Hay que tomar en cuenta que el ensayo se realizó bajo invernadero, donde se controla parámetros climáticos como humedad, temperatura, viento, radiación solar, etc., esto con la finalidad de garantizar el mejor desarrollo de las plántulas de amaranto.

#### 3.4 Factores de estudio

##### 3.4.1 Variedades de Amaranto

- Variedad Real (Blanco)

- Variedad Morado (Sangoracha)

### 3.4.2 Sustratos

- S1 Sustrato *Azolla*
- S2 Sustrato *Azolla* + Pomina
- S3 Sustrato Peat moss
- S4 Sustrato Peat moss + Pomina

### 3.5 Diseño experimental

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con arreglo factorial de 2 x 4, utilizando 2 variedades de amaranto y 4 tipos de sustratos, esto por 3 repeticiones.

### 3.6 Esquema del Análisis de Varianza

**Tabla 5.** Análisis de varianza del ensayo

Fuentes de Variación	GL
BLOQUES	2
TRATAMIENTOS	7
Variedades (V)	1
Sustratos (S)	3
V x S	3
Error Experimental	14
TOTAL	23

### 3.7 Tratamientos

**Tabla 6.** Detalle de tratamientos del ensayo

Nº	TRATAMIENTOS	DESCRIPCIÓN
1	V1S1	Amaranto Real (Blanco) + Sustrato de <i>Azolla</i>
2	V1S2	Amaranto Real (Blanco) + Sustrato de <i>Azolla</i> + Pomina
3	V1S3	Amaranto Real (Blanco) + Sustrato de Peat moss
4	V1S4	Amaranto Real (Blanco) + Sustrato de Peat moss + Pomina
5	V2S1	Amaranto Morado (Sangoracha) + Sustrato de <i>Azolla</i>
6	V2S2	Amaranto Morado (Sangoracha) + Sustrato de <i>Azolla</i> + Pomina
7	V2S3	Amaranto Morado (Sangoracha) + Sustrato de Peat moss
8	V2S4	Amaranto Morado (Sangoracha) + Sustrato de Peat moss + Pomina

### 3.8 Diseño de campo

**Tabla 7.** Diseño de tratamientos

V2S4	V2S3	V1S2
V1S4	V1S1	V1S3
V1S1	V2S1	V2S4
V2S3	V1S3	V2S2
V1S2	V2S2	V1S4
V2S1	V2S4	V2S3
V1S3	V1S2	V2S1
V2S2	V1S4	V1S1

**Tabla 8.** Datos de la unidad de experimentación

<b>Número de tratamientos</b>	<b>8</b>
<b>Número total de tratamientos</b>	24
<b>Largo de bandeja</b>	1.5 m
<b>Ancho de bandeja</b>	1.0 m
<b>Número de alveolos por bandeja</b>	128
<b>Número de plantas por parcela neta</b>	36
<b>Área del ensayo</b>	36 m <sup>2</sup>
<b>Área de caminos</b>	4 m <sup>2</sup>
<b>Área total del ensayo</b>	40 m <sup>2</sup>

### 3.9 Datos a tomarse

#### 3.9.1. Porcentaje de germinación

Se contabilizó el número total de plantas que son 128 por tratamiento por ende es la misma cantidad de alveolos debido a que se realizó un previo raleo para determinar el porcentaje de germinación en 36 plantas por parcela neta.

#### 3.9.2. Días a la emergencia

Se tomó en cuenta el número de días transcurridos desde la siembra hasta la emergencia de plántulas.

### **3.9.3. Días al trasplante**

Se tomó en cuenta el número de días transcurridos desde la siembra hasta el día del trasplante.

### **3.9.4 Altura de plántulas**

Utilizando un calibrador Bernier, se midió la altura de 36 plántulas en cm, previo al trasplante.

### **3.9.5. Diámetro de la base del tallo**

Con la ayuda de un pie de rey, se tomó el diámetro del tallo en la base de cada plántula previo al trasplante.

### **3.9.6. Volumen radicular**

El volumen radicular se midió en base al principio de Arquímedes, el cual consiste en medir el volumen por desplazamiento de agua en el interior de una probeta. Se coloca un volumen determinado de agua en una probeta, luego se sumerge la totalidad de la raíz de la plántula, por consiguiente el volumen dentro de la probeta aumentará. La diferencia del volumen 1 con el volumen 2 es el volumen correspondiente a la raíz de la planta. Este dato se tomó en ml.

## **3.10. Procesamiento de la información**

### **3.10.1 Análisis crítico y discriminación de información**

Una vez recolectada la información, se analizó ordenadamente.

### **3.10.2. Ordenamiento y tabulación de la información**

Una vez que se ha analizado críticamente y discriminado la información, se ordenó los cuadros estadísticos de acuerdo a las características de los datos.

### **3.10.3. Análisis estadístico de la información**

Con los datos tabulados, se realizó el análisis estadístico, el cálculo de varianza, pruebas de comparación de medias de los tratamientos si tienen significancia estadística y establecer la diferencia de los resultados.

## **3.11. Manejo de la investigación**

### **3.11.1 Prueba de germinación de semillas**

Se escogieron 30 semillas de cada variedad, las cuales se ubicarán en tres cajas Petri por variedad con papel filtro humedecido, es decir 10 semillas por caja Petri a manera de repeticiones. Luego de 8 a 12 días se contabilizó el número de semillas germinadas. Posteriormente se sacó un promedio en porcentaje de semillas germinadas por variedad.

### **3.11.2 Adquisición de materiales**

Se realizó la compra de materiales necesarios para la implantación del ensayo, indagando previamente los lugares que ofrecen mejores materiales y con precios razonables.

### **3.11.3 Preparación del lugar de ensayo**

Primeramente se realizó la solicitud de terreno dirigida al señor Decano de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, solicitando 40 m<sup>2</sup> de terreno dentro de un invernadero, para contar con las condiciones controladas que se requiere para el manejo de la

propagación de plántulas. Una vez adquirido el terreno, se procedió a realizar la limpieza, nivelación y desinfección del área, luego se construyó la estructura en madera necesaria para colocar las bandejas a 1 metro del suelo.

#### **3.11.4 Desinfección de bandejas**

Se colocó las bandejas en agua a 80 °C para evitar la presencia de patógenos que puedan complicar la germinación de las plantas.

#### **3.11.5 Preparación de sustratos**

Para preparar los sustratos, fue necesario primeramente extraer la *Azolla* del estanque ubicado en la facultad, para luego ser secado al aire libre por 21 días ya que bibliográficamente indica que ese tiempo es el indicado para un secado óptimo y finalmente molido en la picadora. A continuación se preparó los sustratos, de acuerdo a las condiciones propuestas dentro de este proyecto de investigación. Una vez preparados los sustratos fueron sometidos a desinfección por solarización durante 48 a 72 horas.

#### **3.11.6 Colocación de sustratos en las bandejas**

Utilizando una pala de jardín, se colocó los sustratos preparados y desinfectados en cada bandeja, tomando en cuenta el diseño de este ensayo.

#### **3.11.7 Siembra de amaranto**

Se colocaron 3 semillas por cada alveolo para garantizar la emergencia de cada planta. Una vez emergidas las plantas, se raleó, dejando la plantita más vigorosa para su posterior análisis.

### **3.11.8 Rotulación**

Se ubicó rótulos en cada tratamiento, para evitar futuras confusiones al momento de la toma de datos.

### **3.11.9 Toma de datos**

Se tomaron los datos a los 55 días después de la siembra, de acuerdo a lo establecido en el proyecto de investigación.

### **3.11.10 Tabulación de la información**

Se utilizó Infostat para tabular la información obtenida, luego se realizó la discusión en cada factor de estudio para determinar los mejores resultados obtenidos.

### **3.11.11 Elaboración del informe final de investigación**

Una vez obtenida toda la información necesaria dentro y fuera de campo, se procedió a redactar el informe final para su posterior revisión y aprobación en Consejo Directivo de Facultad.



## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. RESULTADOS

##### 4.1.1. PORCENTAJE DE GERMINACIÓN

En el análisis de varianza (ADEVA) de la variable porcentaje de germinación (Cuadro N° 1) se observaron diferencias estadísticamente significativas en tratamientos y altamente significativas en la variable sustrato. El coeficiente de variación fue de 1,19% que demuestra un excelente manejo experimental y el promedio de general de la variable fue de 92,29%

CUADRO N° 1 ANÁLISIS DE LA VARIANZA PARA EL PORCENTAJE DE GERMINACIÓN

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Valor de F
Repeticiones	0,17	2	0,09	0,07 <sup>ns</sup>
Tratamientos	170,72	7	24,29	20,14 <sup>*</sup>
Variedad	1,85	1	1,85	1,73 <sup>ns</sup>
Sustrato	151,04	3	50,35	47,03 <sup>**</sup>
Variedad x Sustrato	17,82	3	5,94	5,55 <sup>ns</sup>
Error	16,96	14	1,21	
Total	187,85	23		

Coeficiente de variación: 1,19 %

ns = no significativo

\* = diferencias significativas al 5%

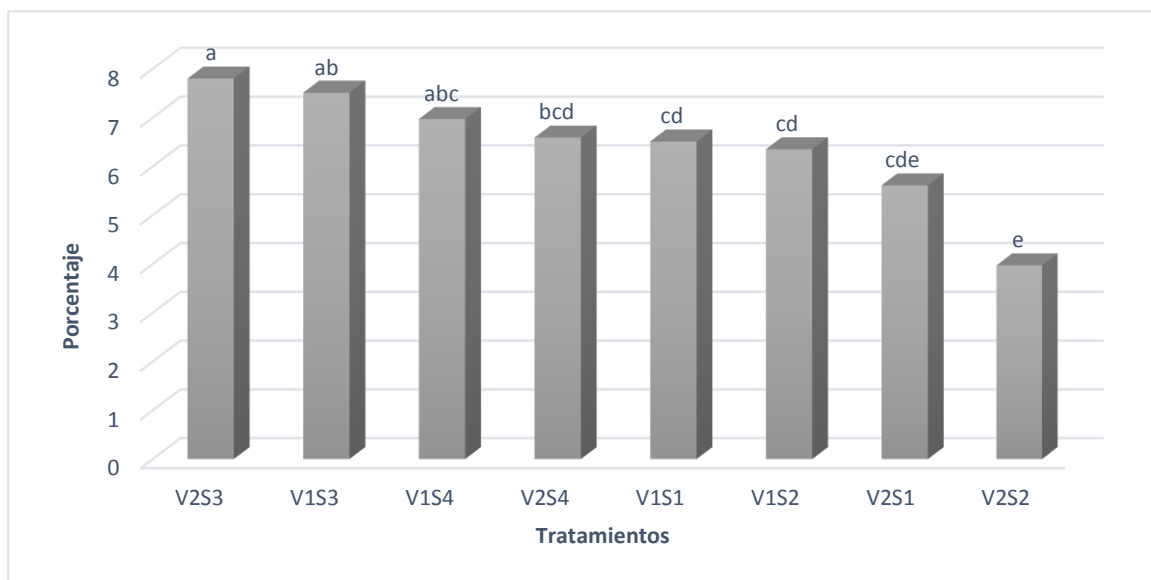
\*\* = diferencias significativas al 1%

Realizando la prueba de Tukey al 5% para tratamientos, se observaron varios rangos de significación, sobresaliendo en el rango A el tratamiento V2S3 (*A. quitensis* + Peet moss) con un promedio de 96,67%; a continuación tenemos en el rango AB al tratamiento V1S3 (*A. hypocondriacus* + Peet moss) con un promedio de 95,28%; en el rango ABC tenemos al tratamiento V1S2 (*A. hypocondriacus* + *Azolla*/Pomina) con un promedio de 93,61%; tenemos a continuación en el rango BCD el tratamiento V2S4 (*A. quitensis* + Peet moss/Pomina) con un promedio de 92,50%; el tratamiento V1S4 (*A. hypocondriacus* + Peet moss/Pomina) se ubica en el rango CD con un promedio de 91,67%; en el rango CDE tenemos al tratamiento V2S2 (*A. quitensis* + *Azolla*/Pomina) con un promedio de 90,83%; en penúltima posición dentro del rango DE tenemos al tratamiento V1S1 (*A. hypocondriacus* + *Azolla*) con un promedio de 89,72% y finalmente tenemos al tratamiento V2S1 (*A. quitensis* + *Azolla*) con un promedio de 88,06%.

CUADRO N° 2 PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN DE TUKEY AL 5% PARA LOS TRATAMIENTOS EN PORCENTAJE DE GERMINACIÓN

Tratamientos	Medias (%)	Rangos
V2S3	96,67	A
V1S3	95,28	A B
V1S2	93,61	A B C
V2S4	92,50	B C D
V1S4	91,67	C D
V2S2	90,83	C D E
V1S1	89,72	D E
V2S1	88,06	E

GRÁFICO N° 1 PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN DE TUKEY AL 5% PARA LA VARIABLE SUSTRATO EN PORCENTAJE DE GERMINACIÓN

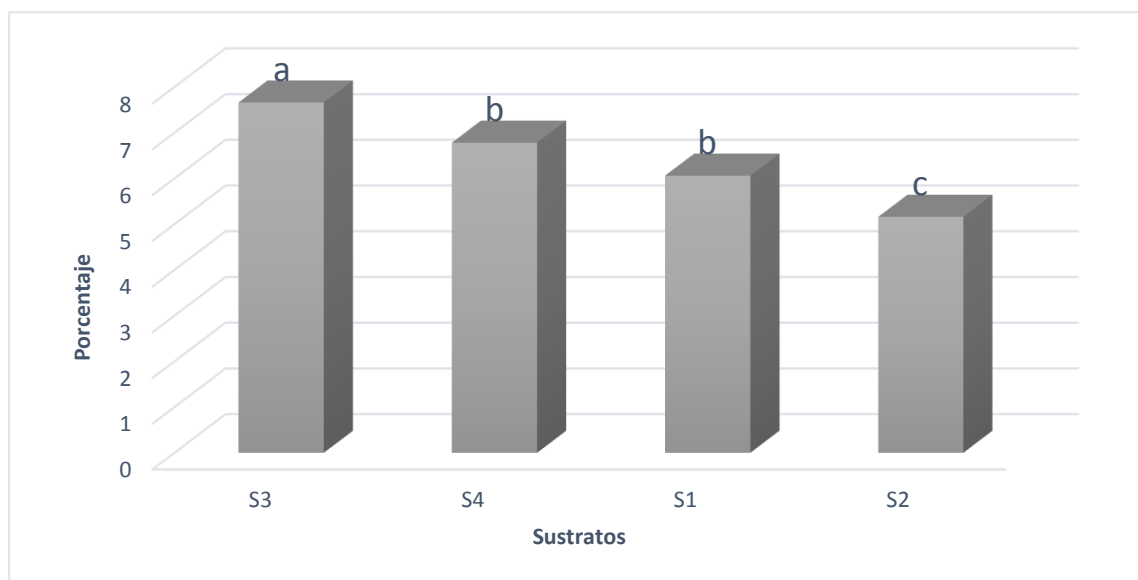


La prueba de Tukey al 5% para la variable sustrato nos muestra tres rangos de significancia, teniendo en primer lugar en el rango A a S3 (sustrato Peet moss) con un promedio de 95,97%, en el rango B tenemos a S2 (*azolla* + pomina) y S4 (Peet moss + Pomina) con promedios de 92,22% y 92,08% respectivamente y finalmente en el rango C tenemos a S1 (sustrato *azolla*) con un promedio de 88,89%.

CUADRO N° 3 PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN DE TUKEY AL 5% PARA LA VARIABLE SUSTRATO EN PORCENTAJE DE GERMINACIÓN

Tratamientos	Medias (%)	Rangos
S3	95,97	A
S2	92,22	B
S4	92,08	B
S1	88,89	C

GRÁFICO N° 2 PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN DE TUKEY AL 5% PARA LA VARIABLE SUSTRATO EN PORCENTAJE DE GERMINACIÓN



La semilla de la variedad *A. quitensis*, fue obtenida directamente de la planta, realizando un proceso de secado y trillado de las panojas, en cambio *A. hypocondriacus* se obtuvo comprando en un almacén de semillas de la zona. Ambas variedades fueron sometidas a pruebas de germinación en dos ocasiones; en la primera las semillas sufrieron contaminación y se pudrieron antes de poder germinar; pero en la segunda ocasión las semillas se hincharon y germinaron, *A. quitensis* mostró un 91% de porcentaje de germinación, en cambio *A. hypocondriacus* llegó a un 87,3% de porcentaje de germinación. Estos datos pueden respaldar por qué V2 sobresale sobre V1 en esta variable; pero los resultados en variedad no son significativos, lo que hace la diferencia es el sustrato utilizado, ya que S3 (Peet moss) presenta las mejores condiciones para llevar a cabo un mejor porcentaje de germinación en ambas variedades. (Hine, 1991)

#### 4.1.2. DÍAS A LA EMERGENCIA

En el análisis de varianza para la variable días a la emergencia (Cuadro N° 4), se observaron que no existieron diferencias estadísticas significativas. El coeficiente de variación fue de 5,47% y el promedio general de la variable fue de 16,75.

CUADRO N° 4 ANÁLISIS DE VARIANZA PARA DÍAS A LA EMERGENCIA

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	Valor de F
Repeticiones	0,25	2	0,13	0,15 <sup>ns</sup>
Tratamientos	6,50	7	0,93	1,11 <sup>ns</sup>
Variedad	0,00	1	0,00	0,00 <sup>ns</sup>
Sustrato	4,50	3	1,50	2,00 <sup>ns</sup>
Variedad x Sustrato	17,82	3	5,94	0,89 <sup>ns</sup>
Error	16,96	14	1,21	
Total	187,85	23		

Coefficiente de variación: 5,47 %  
 ns = no significativo

Estos datos no son significativos debido a que el amaranto por lo general y bajo condiciones controladas tiene aproximadamente el mismo tiempo de días a la emergencia, lo cual coincide con lo mencionado por Nieto en 1990, que establece un período entre 15 y 18 días.

#### 4.1.3 DÍAS AL TRASPLANTE

El análisis de varianza para días al trasplante (Cuadro N° 5) evidencia que no existieron diferencias estadísticas significativas. El coeficiente de variación fue de 1,78% que indica un excelente manejo experimental de campo y el promedio de general de la variable fue de 55,92.

En la variable días al trasplante los resultados obtenidos no fueron significativos estadísticamente, debido a que el amaranto en general cumple los mismos tiempos en las diferentes etapas. Según Peralta, 2008, el amaranto es un cultivo que se siembra directamente en el campo y no es común la propagación por semillero.

CUADRO N° 5 ANÁLISIS DE LA VARIANZA PARA DÍAS AL TRASPLANTE

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	Valor de F
Repeticiones	0,08	2	0,04	0,04 <sup>ns</sup>
Tratamientos	7,83	7	1,12	1,13 <sup>ns</sup>
Variedad	0,17	1	0,17	0,09 <sup>ns</sup>
Sustrato	0,83	3	0,28	0,32 <sup>ns</sup>
Variedad x Sustrato	6,83	3	2,28	2,60 <sup>ns</sup>
Error	13,92	14	0,99	
Total	21,83	23		

Coefficiente de variación: 1,78 %  
 ns = no significativo

#### 4.1.4 ALTURA DE PLÁNTULAS

En el análisis de varianza para altura de plántulas (Cuadro N° 6) se observaron datos estadísticamente significativos para tratamientos, variedad y sustrato. El coeficiente de variación fue de 7,76% y el promedio de general de la variable fue de 6,41 cm.

Realizando la prueba de Tukey al 5% para tratamientos (Cuadro N°7), se observaron varios rangos de significación, sobresaliendo en el rango A el tratamiento V2S3 (*A. quitensis* + Peet moss) con un promedio de 7,80 cm; a continuación el rango AB para el tratamiento V1S3 (*A. hypocondriacus* + Peet moss) con un promedio de 7,51 cm; el rango ABC para el tratamiento V1S4 (*A. hypocondriacus* + Peet moss/Pomina) con un promedio de 6,97cm, V2S4 (*A. quitensis* + Peet moss/Pomina) con un promedio de 6,59 cm y V1S1 (*A. hypocondriacus* + *Azolla*) con un promedio de 6,51 cm; con el rango BC el tratamiento V2S1 (*A. quitensis* + *Azolla*) con un promedio de 5,61 cm y finalmente el tratamiento V2S2 (*A. quitensis* + *Azolla*/Pomina) con un promedio de 3,97 cm.

CUADRO N° 6 ANÁLISIS DE LA VARIANZA PARA ALTURA DE PLÁNTULA

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Valor de F
Repeticiones	1,38	2	0,69	2,79 <sup>ns</sup>
Tratamientos	30,27	7	4,32	17,47 <sup>*</sup>
Variedad	4,26	1	4,26	14,05 <sup>*</sup>
Sustrato	20,20	3	6,73	22,22 <sup>*</sup>
Variedad x Sustrato	5,81	3	1,94	6.39 <sup>ns</sup>
Error	3,47	14	0,25	
Total	35,12	23		

Coefficiente de variación: 7,76 %

ns = no significativo

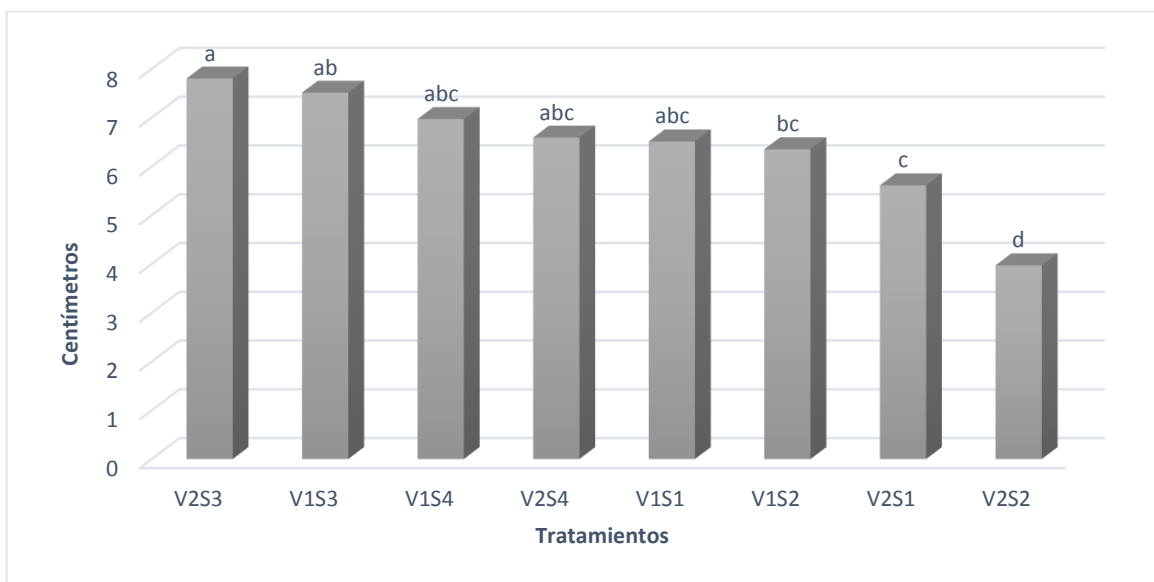
\* = diferencias significativas al 5%

CUADRO N° 7 PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN DE TUKEY AL 5% PARA LOS TRATAMIENTOS EN ALTURA DE PLÁNTULA

Tratamientos	Medias (cm)	Rangos
V2S3	7,80	A
V1S3	7,51	A B
V1S4	6,97	A B C
V2S4	6,59	A B C
V1S1	6,51	A B C
V1S2	6,35	B C
V2S1	5,61	C
V2S2	3,97	D

La prueba de Tukey al 5% para la variable variedad (Cuadro N°8) nos muestra dos rangos de significancia, teniendo en primer lugar en el rango A a V1 (*Amaranthus hypocondriacus*) con un promedio de 6,84 cm y en el rango B tenemos a V2 (*Amaranthus quitensis*) con un promedio de 5,99 cm.

GRÁFICO N° 3 PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN DE TUKEY AL 5% PARA LOS TRATAMIENTOS EN LA VARIABLE ALTURA DE PLÁNTULA



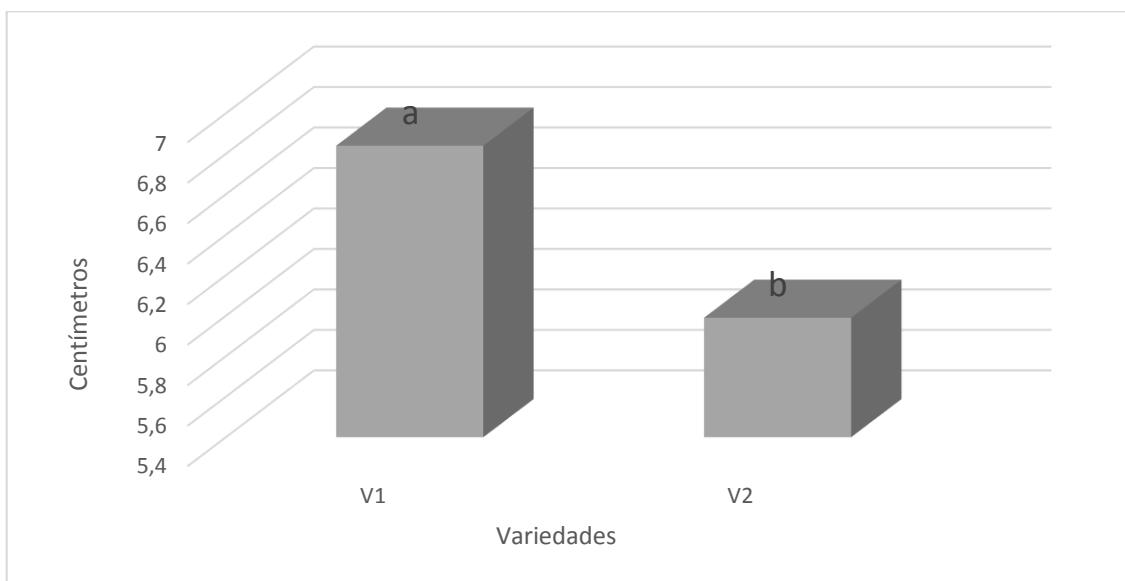
CUADRO N° 8 PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN DE TUKEY AL 5% PARA VARIEDAD EN ALTURA DE PLÁNTULA

Tratamientos	Medias (cm)	Rangos
V1	6,84	A
V2	5,99	B

La prueba de Tukey al 5% para la variable sustrato (Cuadro N° 9) nos muestra cuatro rangos de significancia, teniendo en primer lugar en el rango A a S3 (Peet moss) con un promedio de 7,66 cm; en el rango AB tenemos a S4 (Peet moss + Pomina) con un promedio de 6,78 cm; en el rango BC tenemos a S1 (*Azolla*) con un promedio de 6,06 cm y finalmente, en el rango C tenemos a S2 (*Azolla* + Pomina) con un promedio de 5,16 cm.



**GRÁFICO N° 4 PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN DE TUKEY AL 5% PARA VARIEDAD EN LA VARIABLE ALTURA DE PLÁNTULA**



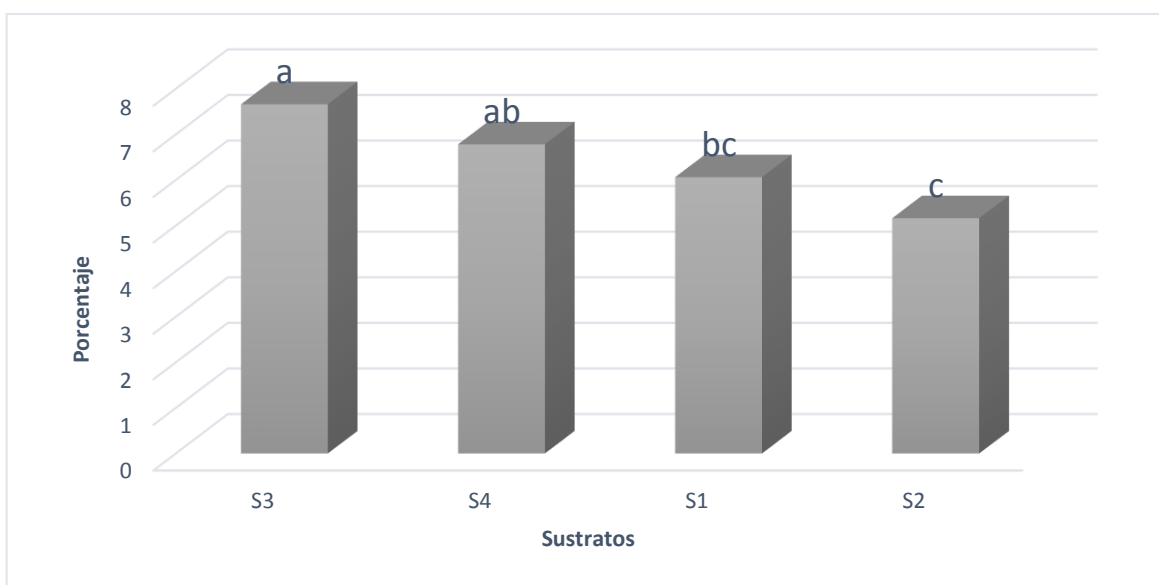
**CUADRO N° 9 PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN DE TUKEY AL 5% PARA LA VARIABLE SUSTRATO EN ALTURA DE PLANTA**

Tratamientos	Medias (cm)	Rangos
S3	7,66	A
S4	6,78	A B
S1	6,06	B C
S2	5,16	C

El uso del Peet moss como sustrato de propagación, modificó significativamente el crecimiento de las plántulas de amaranto en este ensayo, aunque en conjunto el tratamiento que mejor respondió en esta variable fue V2S3 (*A. quitensis* + Peet moss), individualmente la variedad *A. hypocondriacus* muestra los mejores resultados en altura de planta, debido a que *A. hypocondriacus*, es una variedad que muestra un desarrollo temprano e incluso puede desarrollar inflorescencias de forma temprana, esto

no garantiza que a futuro estas sean las plantas más grandes y vigorosas. Con respecto al sustrato, tanto S3 (Peet moss) como S4 (Peet moss/Pomina) muestran los mejores resultados, ya que como se registró anteriormente, la composición química del peet moss favorece el desarrollo de las plántulas, así como también su textura y estructura. (Ansonera, 1994)

GRÁFICO N° 5 PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN DE TUKEY AL 5% PARA SUSTRATO EN LA VARIABLE ALTURA DE PLÁNTULA



#### 4.1.5 DIÁMETRO DE LA BASE DEL TALLO

En el análisis de varianza para diámetro de la base del tallo (Cuadro N° 10) se observaron datos no significativos. El coeficiente de variación fue de 6,19% y el promedio general de la variable fue de 0,074 cm.

Con respecto al diámetro de la base del tallo, esta variable no muestra diferencias estadísticas significativas, esto se debe al limitado espesor de los tallos, al tratarse de plantas demasiado pequeñas. Conforme la planta va creciendo en fase de campo, se puede observar diferencias más marcadas con respecto a esta variable.

CUADRO N° 10 ANÁLISIS DE LA VARIANZA PARA DIÁMETRO DE LA BASE DEL TALLO

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Valor de F
Repeticiones	4,2E-04	2	2,1E-04	9,92 <sup>ns</sup>
Tratamientos	6,9E-04	7	9,9E-04	4,68 <sup>ns</sup>
Variedad	7,2E-05	1	7,2E-05	1,61 <sup>ns</sup>
Sustrato	3,8E-04	3	1,3E-04	2,82 <sup>ns</sup>
Variedad x Sustrato	2,4E-04	3	8,1E-05	1,80 <sup>ns</sup>
Error	3,0E-04	14	2,1E-05	
Total	1,4E-04	23		

Coefficiente de variación: 6,19 %  
 ns = no significativo

#### 4.1.6 VOLUMEN RADICULAR

En el análisis de varianza de la variable volumen radicular (Cuadro N° 11) se obseraron datos significativos para tratamientos, variedad y sustrato. El coeficiente de variación fue de 9,84% y el promedio de general de la variable fue de 0,58 ml.

Realizando la prueba de Tukey al 5% para tratamientos (Cuadro N°12), se observaron varios rangos de significación, sobresaliendo en el rango A el tratamiento V2S3 (*A. quitensis* + Peet moss) con un promedio de 0,81 ml; a continuación tenemos en el rango AB los tratamientos V1S1 (*A. hypocondriacus* + *Azolla*), V1S4 (*A. hypocondriacus* + Peet moss/Pomina) con un promedios de 0,70 ml y 0,67 ml, respectivamente; en el rango B tenemos al tratamiento V2S4 (*A. quitensis* + Peet moss/Pomina) con 0,65 ml; en el rango BC el tratamiento V1S3 (*A. hypocondriacus* + *Azolla*/Pomina) con 0,61 ml; en el rango C tenemos a los tratamientos V1S2 (*A. hypocondriacus* + *Azolla*/pomina) y V2S1 (*A. quitensis* + *Azolla*) con 0,47 ml y 0,45 ml, respectivamente; finalmente tenemos al tratamiento V2S2 (*A. quitensis* + *Azolla*/Pomina) con un promedio de 0,28 ml.

CUADRO N° 11 ANÁLISIS DE LA VARIANZA PARA VOLUMEN RADICULAR

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Valor de F
Repeticiones	0,02	2	0,01	3,04 <sup>ns</sup>
Tratamientos	0,61	7	0,09	26,72 <sup>**</sup>
Variedad	0,02	1	0,02	5,64 <sup>*</sup>
Sustrato	0,40	3	0,13	32,47 <sup>**</sup>
Variedad x Sustrato	0,19	3	0,06	15,29 <sup>ns</sup>
Error	0,05	14	3,2E-03	
Total	0,67	23		

Coefficiente de variación: 9,84 %

ns = no significativo

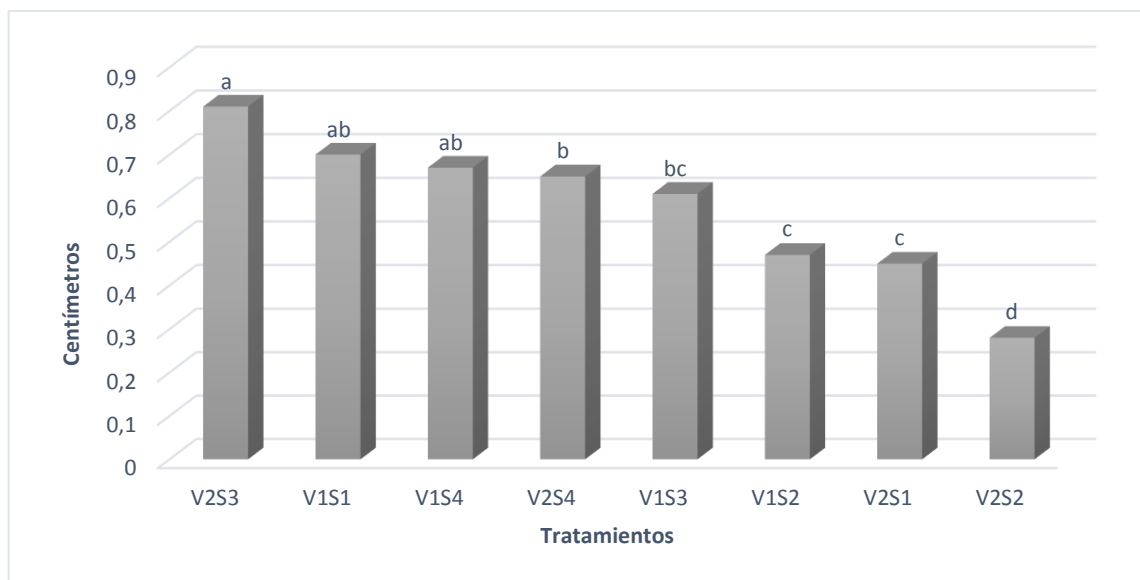
\* = diferencias significativas al 5%

\*\* = diferencias significativas al 1%

CUADRO N° 12 PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN DE TUKEY AL 5% PARA LOS TRATAMIENTOS EN VOLUMEN RADICULAR

Tratamientos	Medias (ml)	Rangos
V2S3	0,81	A
V1S1	0,70	A B
V1S4	0,67	A B
V2S4	0,65	B
V1S3	0,61	B C
V1S2	0,47	C
V2S1	0,45	C
V2S2	0,28	D

GRÁFICO N° 6 PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN DE TUKEY AL 5% PARA LOS TRATAMIENTOS EN LA VARIABLE VOLUMEN RADICULAR



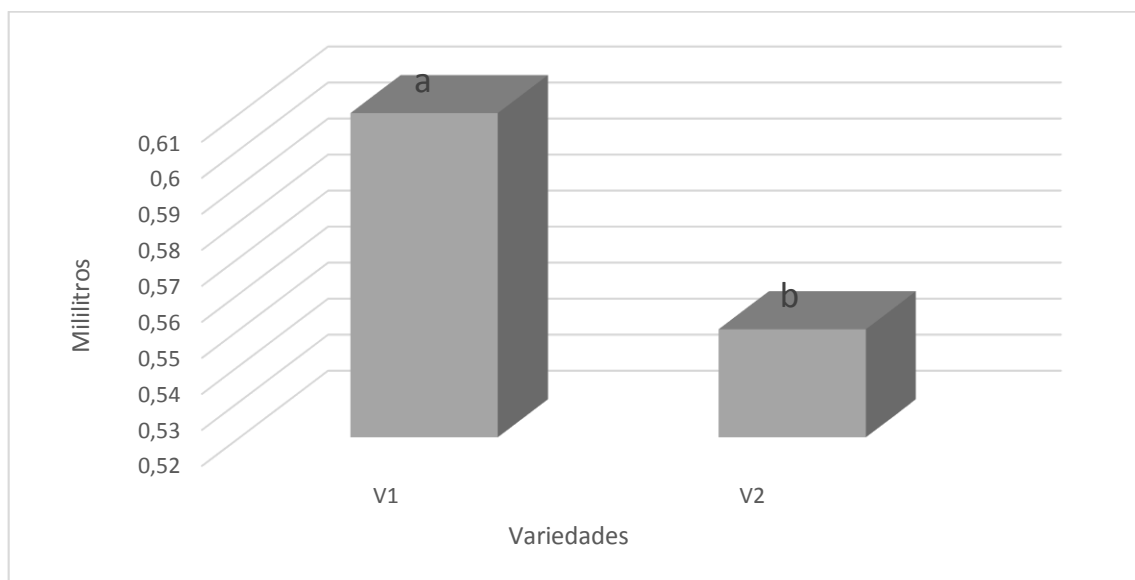
La prueba de Tukey al 5% para la variable variedad (Cuadro N° 13), nos muestra dos rangos de significancia, teniendo en primer lugar en el rango A a V1 (*Amaranthus hypocondriacus*) con un promedio de 0,61 ml y en el rango B tenemos a V2 (*Amaranthus quitensis*) con un promedio de 0,55 ml.

CUADRO N° 13 PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN DE TUKEY AL 5% PARA LA VARIABLE VARIEDAD EN VOLUMEN RADICULAR

Tratamientos	Medias (ml)	Rangos
V1	0,61	A
V2	0,55	B

La prueba de Tukey al 5% para la variable sustrato (Cuadro N° 14) nos muestra cuatro rangos de significancia, teniendo en primer lugar en el rango A a S3 (Peet moss) con un promedio de 0,71 ml; en el rango AB tenemos a S4 (Peet moss + Pomina) con 0,66 ml; en el rango B tenemos a S1 (Azolla) con 0,58 ml y finalmente, en el rango C tenemos a S2 (Azolla + Pomina) con un promedio de 0,37 ml.

GRÁFICO N° 7 PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN DE TUKEY AL 5% PARA VARIEDAD EN LA VARIABLE VOLUMEN RADICULAR



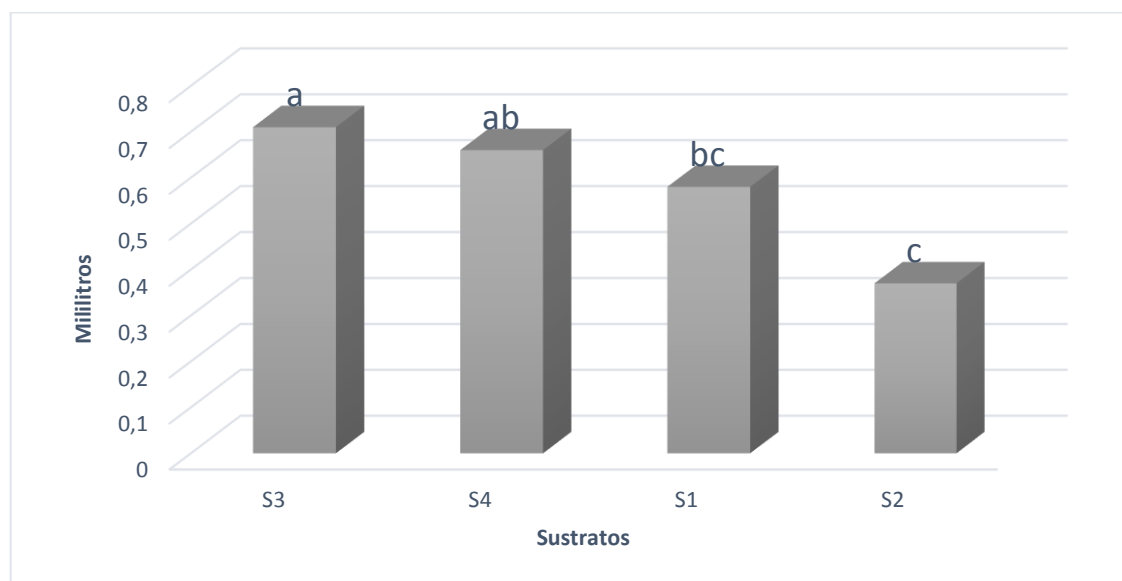
CUADRO N° 14 PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN DE TUKEY AL 5% PARA LA VARIABLE SUSTRATO EN VOLUMEN RADICULAR

Tratamientos	Medias (ml)	Rangos
S3	0,71	A
S4	0,66	A B
S1	0,58	B
S2	0,37	C

En relación con este parámetro, Bidwell (1979) indica que los nutrientes se mueven hacia el sitio de demanda o a lugares en los que existe carencia de metabolitos a causa de la gran actividad metabólica. Al someter a estas plantas a una propagación controlada, con sustratos especiales, esto provoca que desarrolle un sistema radicular abundante que busca aprovechar lo mejor posible la presencia de nutrientes de cada sustrato, sobre todo en V1 (*A. hypocondriacus*), ya que esta es una variedad que se

caracteriza por un sistema radicular fuerte desde las primeras etapas del desarrollo vegetativo de la planta. Con respecto al sustrato, S3 (Peet moss) al tener gran cantidad de metabolitos asimilables para las plantas, estimula un mejor desarrollo radicular, tal como se pudo observar en este ensayo.

GRÁFICO N° 8 PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN DE TUKEY AL 5% PARA SUSTRATO EN LA VARIABLE VOLUMEN RADICULAR



#### 4.2. VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS

De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, el uso de *azolla* como sustrato de propagación de amaranto, permite aceptar la hipótesis nula, por cuanto, los tratamientos con la aplicación de *azolla* no influyeron en la propagación de las plántulas de amaranto. Como se pudo observar a lo largo del ensayo, los tratamientos que sobresalieron con resultados positivos son aquellos en los que se trabajó con Peet moss, quedando en segundo plano los utilizados con *azolla*.

### 4.3 EFICIENCIA ECONÓMICA DE TRATAMIENTOS

A continuación observamos las diferentes tablas en las que se detalla los costos totales del ensayo, así como también, los costos por tratamiento, esto con la finalidad de determinar las diferencias que se dan entre los tratamientos con respecto a lo invertido, y se esto se justifica en relación a los resultados obtenidos en esta investigación.

COSTO TOTAL					
MATERIALES				TOTAL	
BANDEJAS	24 UNIDADES	\$ 2 c/u		\$ 48,000	
SUSTRATOS	AZOLLA	20kg		\$ 12,000	
	POMINA	15kg		\$ 10,000	
	PEETMOSS	20kg		\$ 18,000	
SEMILLA	AMARANTO BLANCO		1/2LIBRA	\$ 3,000	
	AMARANTO SANGORACHA		1/2LIBRA	\$ 3,000	
INSUMOS QUÍMICOS	VITAVAX 300	1 SOBRE		\$ 3,000	
BOMBA DE MOCHILA			ALQUILADO	\$ 4,000	
AGUA DE RIEGO			DOS MESES	\$ 2,000	
ALQUILER DE INVERNADERO			DOS MESES	\$ 20,000	
SARAN	30 mts			\$ 40,000	
ENVASES PLASTICOS			5 UNIDADES	0,20c/u	\$ 1,000
				\$ 164,000	

CUADRO 15: COSTOS TOTALES DEL ENSAYO

El costo total del ensayo alcanza los \$ 164.00 USD, tomando en cuenta todos los materiales e insumos utilizados durante la etapa de ensayo. Cabe recalcar que la azolla se la obtuvo de los predios de la Granja Experimental de Querochaca, pero de igual forma se calculó un valor, tomando en cuenta que pasó por un proceso de preparación antes de utilizarla como sustrato.



COSTO DE CADA TRATAMIENTO							
V1S1		V1S2		V1S3		V1S4	
BANDEJA	\$ 2	BANDEJA	\$ 2	BANDEJA	\$ 2	BANDEJA	\$ 2
SUSTRATO	\$ 3	SUSTRATO	\$ 2,75	SUSTRATO	\$ 4,50	SUSTRATO	\$ 3,50
SEMILLA	\$ 0,75	SEMILLA	\$ 0,75	SEMILLA	\$ 0,75	SEMILLA	\$ 0,75
INS.QUIM	\$ 0,38	INS.QUIM	\$ 0,38	INS.QUIM	\$ 0,38	INS.QUIM	\$ 0,38
BOMBA M.	\$ 0,50	BOMBA M.	\$ 0,50	BOMBA M.	\$ 0,50	BOMBA M.	\$ 0,50
AGUA DE RIEGO	\$ 0,25	AGUA DE RIEGO	\$ 0,25	AGUA DE RIEGO	\$ 0,25	AGUA DE RIEGO	\$ 0,25
ALQUILER INVER.	\$ 2,50	ALQUILER INVER.	\$ 2,50	ALQUILER INVER.	\$ 2,50	ALQUILER INVER.	\$ 2,50
SARÁN	\$ 5	SARÁN	\$ 5	SARÁN	\$ 5	SARÁN	\$ 5
ENV.PLASTICOS	\$ 0,13	ENV.PLASTICOS	\$ 0,13	ENV.PLASTICOS	\$ 0,13	ENV.PLASTICOS	\$ 0,13
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 14,51</b>	<b>TOTAL</b>	<b>14,26</b>	<b>TOTAL</b>	<b>16,01</b>	<b>TOTAL</b>	<b>15,01</b>
V2S1		V2S2		V2S3		V2S4	
BANDEJA	\$ 2	BANDEJA	\$ 2	BANDEJA	\$ 2	BANDEJA	\$ 2
SUSTRATO	\$ 3	SUSTRATO	\$ 2,75	SUSTRATO	\$ 4,50	SUSTRATO	\$ 3,50
SEMILLA	\$ 0,75	SEMILLA	\$ 0,75	SEMILLA	\$ 0,75	SEMILLA	\$ 0,75
INS.QUIM	\$ 0,38	INS.QUIM	\$ 0,38	INS.QUIM	\$ 0,38	INS.QUIM	\$ 0,38
BOMBA M.	\$ 0,50	BOMBA M.	\$ 0,50	BOMBA M.	\$ 0,50	BOMBA M.	\$ 0,50
AGUA DE RIEGO	\$ 0,25	AGUA DE RIEGO	\$ 0,25	AGUA DE RIEGO	\$ 0,25	AGUA DE RIEGO	\$ 0,25
ALQUILER INVER.	\$ 2,50	ALQUILER INVER.	\$ 2,50	ALQUILER INVER.	\$ 2,50	ALQUILER INVER.	\$ 2,50
SARÁN	\$ 5	SARÁN	\$ 5	SARÁN	\$ 5	SARÁN	\$ 5
ENV.PLASTICOS	\$ 0,13	ENV.PLASTICOS	\$ 0,13	ENV.PLASTICOS	\$ 0,13	ENV.PLASTICOS	\$ 0,13
<b>TOTAL</b>	<b>14,51</b>	<b>TOTAL</b>	<b>14,26</b>	<b>TOTAL</b>	<b>16,01</b>	<b>TOTAL</b>	<b>15,01</b>

#### CUADRO 16: COSTOS TOTALES POR TRATAMIENTO

Haciendo un análisis económico por tratamiento, podemos observar que los tratamientos que utilizaron solo peet moss en ambas variedades dio un costo total de \$ 16,01 USD en ambas variedades. Por otro lado los tratamientos donde se utilizó solo azolla muestran los valores más bajos con respecto a tratamientos, \$ 14,51 USD de igual manera, en ambas variedades. Por consiguiente en el tratamiento de azolla más pomina me da un costo de \$ 14,26 USD debido a su mezcla de 50% de cada sustrato. Y finalmente tenemos al tratamiento peet moss mas pomina el cual tuvo un costo de \$ 15,01 USD de igual forma por las mezclas dadas.

TRATAMIENTO	COSTO	SUSTRATO
V1S1	\$ 14,51	AZOLLA
V1S2	\$ 14,26	AZOLLA-POMINA
V1S3	\$ 16,01	PEAT MOSS
V1S4	\$ 15,01	PEAT MOSS-POMINA
V2S1	\$ 14,51	AZOLLA
V2S2	\$ 14,26	AZOLLA-POMINA
V2S3	\$ 16,01	PEAT MOSS
V2S4	\$ 15,01	PEAT MOSS-POMINA

CUADRO 17: RESUMEN DE COSTOS POR TRATAMIENTOS

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. CONCLUSIONES

Al finalizar la investigación “Evaluación de *azolla* (*Azolla filiculoides*) como sustrato en la propagación sexual de dos variedades de amaranto: amaranto blanco (*Amaranthus hypocondriacus* L.) y sangoracha (*Amaranthus quitensis* L.)”, se puede llegar a las siguientes conclusiones:

- a. La azolla como sustrato al 100% mostró excelentes resultados a la emergencia, pero para la sobrevivencia de la plántula los resultados fueron poco aceptables, ya que las plántulas pasados alrededor de 20 días empezaron a perder vigor, debido a que la azolla actuó como una esponja al momento de absorber agua, lo que no le da un buen soporte a la plántula.
- b. La azolla con pomina no dio resultados aceptables para la germinación de la semilla, ya que la mezcla de ambas estructuras provoca aperturas significativas en el pilón, lo que afecta la estabilidad de la semilla dentro del sustrato, es decir, con la amplia porosidad la semilla se va hacia el fondo y pierde contacto con la luz solar, factor esencial para la emergencia.
- c. Se definió como el mejor tipo de sustrato a S3 es decir el sustrato elaborado con Peet moss, ya que presenta rangos de significación bien marcados, ubicándose en el primer rango en cada uno de los factores estudiados.
- d. En la variable porcentaje de germinación, el tratamiento V2S3 (*A. quitensis* + Peet moss) obtuvo significancia al 5% con una media de 92,29%, resultando ser el mejor.
- e. En cuanto a altura de plántula, el mejor tratamiento se manifestó en V2S3 (*A. quitensis* + Peet moss) con una media de 6,41cm, lo que determinó su significancia al 5%.

- f. En la variable volumen radicular se observó como mejor tratamiento a V2S3 (*A. quitensis* + Peet moss) que produjo plantas con 0,58 ml de volumen de raíz como media y con significancia al 5%.

## 5.2 RECOMENDACIONES

Analizados los datos y lo visualizado a través del ensayo en la fase de campo, se hacen las siguientes recomendaciones:

- a. Identificar una fuente de sustrato para mejorar la condición de *azolla* en la conformación de un sustrato para germinación de semillas.
- b. Aplicar al sustrato de azolla tierra negra, humus o a su vez arcilla en porciones de 1:1
- c. Aplicar la propuesta adjunta.

## **CAPÍTULO VI**

### **PROPUESTA**

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**“PROPAGACIÓN SEXUAL DE DOS VARIEDADES DE AMARANTO USANDO  
AZOLLA CON PEET MOSS COMO SUSTRATO EN PROPORCIONES DE 1:1”**

**MAURO RENE VILLACRÉS VILLARROEL**

**CEVALLOS – ECUADOR**

**2016**

## **6.1 FUNDAMENTACIÓN**

El amaranto es uno de los cultivos ancestrales menos comunes dentro de la producción agrícola nacional, debido a que no se conoce a profundidad las ventajas nutricionales que esta planta posee. Es uno de los alimentos más completos de la naturaleza, a tal punto que es tomado en cuenta como alimento dentro de los programas espaciales de la NASA.

La labor del ingeniero agrónomo está en buscar nuevas alternativas de alimentación, de acuerdo con el Régimen de desarrollo y Buen Vivir que marca en la Constitución de la República del Ecuador.

Actualmente la fase de semillero es una de las más importantes, ya que de aquí depende el desarrollo de la plántula en el campo. Como sabemos una semilla de calidad y un manejo de semillero en condiciones de saneamiento proporciona y asegura el desarrollo ideal para el trasplante al campo.

De esta manera buscamos nuevas alternativas de producción para poder alternar con cultivos tradicionales, no solamente obteniendo productos primarios, sino, también productos elaborados organizando cadenas agroproductivas, de esta forma se desarrolla la economía local y regional.

## **6.2 OBJETIVO**

Obtener plantas de amaranto a partir de la propagación sexual por semillero para mejorar el rendimiento en el campo, utilizando sustratos alternativos.

## **6.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA**

La propagación de amaranto en semillero utilizando azolla está debidamente justificada, por los siguientes motivos:

- a. La azolla como sustrato tiene una textura optima que le permite drenar el agua de riego y mantener la humedad del sustrato, pero para evitar el exceso de porosidad se recomienda mezclar la azolla con peet moss, ya que en este mismo ensayo se pudo observar que el peet moss, al contrario que la azolla, se apelmaza y no brinda un buen drenaje.
- b. Desde el punto de vista económico el sustrato de azolla tiene costos más bajos que los sustratos preparados con peet moss, pero, aparte de ser más económico podemos darle mayor rentabilidad al mezclar ambos sustratos
- c. El uso de azolla permite que la plántula forme un sistema radicular más desarrollado gracias a la soltura del sustrato por la presencia de una moderada porosidad.
- d. Por otro lado el peet moss le da mayor soporte a la plántula para desarrollarse, aprovechando las ventajas que da la azolla en la etapa de emergencia de las plántulas, como se observó en el ensayo.

## **6.4 MANEJO TÉCNICO**

### **6.4.1 Manejo de la Investigación**

#### **6.4.1.1 Prueba de germinación de semillas**

Se escogerá 30 semillas de cada variedad, las cuales se ubicarán en tres cajas Petri por variedad con papel filtro humedecido, es decir 10 semillas por caja Petri a manera de repeticiones. Luego de 8 a 12 días se contabiliza el número de semillas germinadas. Posteriormente se saca un promedio en porcentaje de semillas germinadas por variedad.

#### **6.4.1.2 Adquisición de materiales**

Se realizará la compra de materiales necesarios para la implantación del ensayo, indagando previamente los lugares que ofrecen mejores materiales y con precios razonables. La azolla se puede propagar fácilmente en fuentes de agua como reservorios, para cosecharla frecuentemente y obtener sustratos de forma sencilla.

#### **6.4.1.3 Preparación del lugar de propagación**

Se procederá a realizar la limpieza, nivelación y desinfección del área. Luego se construirá la estructura en madera necesaria para colocar las bandejas a 1 metro del suelo. Es necesario realizar una cubierta utilizando sarán al 50% para tapar completamente las bandejas, esto para evitar el ataque de pájaros.

#### **6.4.1.4 Desinfección de bandejas**

Se coloca las bandejas en agua a 80 °C para evitar la presencia de patógenos que puedan complicar la germinación de las plantas.

#### **6.4.1.5 Preparación de sustratos**

Se realiza una desinfección de la azolla y Peet moss, utilizando Vitavax 300, con una dosis de 1 a 2 gr/lit de agua, para esta acción se utilizará una bomba de fumigar de 20 litros, se mezcla rigurosamente y se deja reposar de 36 a 48 horas.



#### **6.4.1.6 Colocación de sustratos en las bandejas**

Utilizando una pala de jardín, se colocará el sustrato de azolla y peat moss debidamente mezclado, preparado y desinfectado en cada bandeja, llenando adecuadamente cada alveolo para que la semilla tenga las condiciones adecuadas para su propagación.

#### **6.4.1.7 Siembra de amaranto**

Se colocará 3 a 5 semillas por cada alveolo para garantizar la emergencia de cada planta. Una vez emergidas las plantas, se raleará, dejando la plantita más vigorosa para garantizar un mejor desarrollo del amaranto

#### **6.4.1.8 Riegos**

Se utiliza vasos plásticos como herramienta de riego, esto de forma artesanal, ya que las regaderas, por más finas que estas sean, provocan ruptura del sustrato en los alveolos. Para una producción más tecnificada, se recomienda aplicar riegos automatizados a base de nebulizadores.

#### **6.4.1.9 Deshierbas**

Las deshierbas se realizan a mano y con mucho cuidado de no estropear las plantas que son parte del cultivo.

#### **6.4.1.10 Trasplante**

Después de 55 días de la germinación se realiza el trasplante de las plántulas al lugar definitivo del cultivo. Para lo cual se utiliza pequeñas palas de jardín para profundizar y aflojar el terreno alrededor de las plántulas ubicadas en cada hilera. Se remueven con cuidado las plántulas procurando extraerlas integra del semillero. Se las ubica en papel previamente humedecido para evitar marchitez de las mismas hasta ubicarlas en el lugar definitivo de desarrollo.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Acuña, O. 2011. El Uso de biofertilizantes en la agricultura. Trillas. México D.F. 125 p.
2. Ansonera, J. 1994. Sustratos: Propiedades y caracterización. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, ES. 172 p.
3. Atkins, P. 1983. For peat's shake, its an excellent medium. Florida digest, (usa) 6 (6): 13- 14. Citado por: HINE, D. 1991. Efecto de tres niveles de fertilización nitrogenada y dos sustratos de crecimiento sobre la nutrición y producción de Maranta Roja (*Maranta leuconeura*). Tesis Ing. Agr. San José, CR. 38 p.
4. Brady, N; Weil, R. 1999. The nature and properties of soil. 12 th ed. New Jersey, U.S.A. 879 p.
5. Bidwell, R. G. S. 1990. Fisiología vegetal. AGT Editor. Mexico D.F. 784 p.
6. Burés, S. 1997. Sustratos. Madrid, España. Ediciones Agrotécnicas S. L. 342 p.
7. Carrapico, F. 2006. Is the Azolla-Anabaena symbiosis a co-evaluation case? Materials of the International Conference, dedicated to 200<sup>th</sup> anniversary of the Kazan Botanical School. Kazan University. Russia. Pp. 193-195

8. Castro, R. 2002. Uso del género *Azolla* como biofertilizante en el cultivo del arroz. *Cultivos Tropicales*. Vol 23. N°4. Pp. 5-10
9. Edwards, C; Burrows, I. 1988. The potential of earth worm compost as a plant growth media. Eds. Clive Edwards y Edwards Newhouses. The Netherlands. 211 - 219 p.
10. Citado por: BALLESTERO, J. 1999. Efecto de sustratos en el desarrollo del chile picante (*Capsicum frutescens*) bajo invernadero en el trópico húmedo. Tesis Ing. Agr. Guácimo, Costa Rica. EARTH. 63 p.
11. EM TECHNOLOGIES, INC. 1996. The APNAN users manual EM nature farming guide. Kyusei nature farming with effective microorganism (EM technology). Ed. By John M. Phillips and Susan R. Phillips. Arizona USA. EM technologies, Inc. 40 p.
12. Foth, H. 1985. *Fundamentos de las Ciencias del Suelo*. Trad. Por Antonio Marino Ambriso, Ph.D. México, D.F. Continental. 433 p.
13. Hine, D. 1991. Efecto de tres niveles de fertilización nitrogenada y dos sustratos de crecimiento sobre la nutrición y producción de Maranta Roja (*Maranta leuconeura*). Tesis Ing. Agr. San José, CR. 38 p.
14. INIAP. 2002. Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos: Informe Anual 2001 – Actividades en Amaranto.

15. Lardizabal, R. 2007. Producción de Plántulas en Bandejas. Entrenamiento y Desarrollo de Agricultores. Editorial MCA. Tegucigalpa. HON. 23p.
16. Lexus. 1999. Enciclopedia Agropecuaria. Bogota. CO. 987 p.
17. Mazón, N. et al. 2003. Catálogo del Banco de germoplasma de amaranto (*Amaranthus ssp.*). INIAP. Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos. Departamento Nacional de Recursos Filogenéticos y Biotecnología.
18. Montaña, M. 2005. Estudio de la aplicación de Azolla Anabaena como bioabono en el cultivo de arroz en el Litoral ecuatoriano. Revista tecnológica ESPOL. Vol 18, N°1. Pp 147 – 151.
19. Monteros, C., Nieto, C. Caicedo, C. Rivera, M. Vimos, C. 1994. INIAP – ALEGRIA; Primera Variedad Mejorada de Amaranto para la Sierra Ecuatoriana. Boletín divulgativo N° 246. 24 p.
20. Montero et al. 1994. Alimentos Nutraceuticos. Citado en: [http://www.fao.org/Regional/LAmerica/prior/segalim/prodalim/m/contenido/libro07/Cap3\\_4.htm](http://www.fao.org/Regional/LAmerica/prior/segalim/prodalim/m/contenido/libro07/Cap3_4.htm) /prodveg/cdr
21. Mujica, A. y Berti, J. 1997. El cultivo de Amaranto, producción, mejoramiento genético y utilización. Departamento de Agricultura, División de producción y protección vegetal. Roma. ITA. 97 p.

22. Nieto, C. 1990. Identificación de microcentros de variabilidad de quinua, amaranto y chocho en Ecuador. INIAP. EE. Santa Catalina. Publicación Miscelánea N°52. Quito – Ecuador. 15p.
23. Oceano. 2000. Enciclopedia de la Agricultura y Ganadería. Oceano. Mexico, D.F. 878 p.
24. Organismo Internacional de Sanidad Agropecuaria, 2002. Producción de sustratos para viveros. Proyecto Regional de Fortalecimiento de la Vigilancia Fitosanitaria en cultivos de Exportación no Tradicionales. VIFINEX. San José CR. 47 p.
25. Orozco, M. 1995. Riego y drenaje. Segunda Reimpresión. Editorial Trillas, S.A. México, D.F. 100 p.
26. Peralta, E. 1985. El Amaranto y su potencial: Situación del Amaranto en el Ecuador. Boletín N° 2. Oficina Editorial de Archivos Latinoamericanos de Nutrición. Washington, USA.
27. Ramírez, M. 2004. Desarrollo de un Método alternativo de producción de almácigos de tomate con bacterias fijadoras de nitrógeno. Tesis de Ingeniería en Biotecnología. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Escuela Biología. Carrera de Ingeniería en Biotecnología. Catálogo. Pp. 66
28. Rodríguez, F. 1992. Fertilizantes, nutrición vegetal. Editorial AGT. México D.F. Pp. 53-56.

29. Sumar Kalinowski, L. 1982. *Amaranthus caudatus* El Pequeño Gigante. (Tercer Congreso Internacional de Cultivos Andinos, La Paz) Universidad Nacional del Cusco, Perú Centro de Investigaciones de Cultivos Andinos, 7 p.
  
30. Suquilanda, M. 2006. *Agricultura Orgánica*. 3ª edición. Quito, EC. Pp. 95-126
  
31. Tineo, A. 1993. *Física de suelos. Algunos elementos teórico prácticos*. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. UNSCH. 53 p.
  
32. Villafuerte, L; Villafuerte, O. 2013. *Evaluación agronómica de la eficiencia del uso de nitrógeno en los cultivos de amaranto INIAP Alegría con cinco niveles de fertilización nitrogenada en la granja Laguacoto II, Cantón Guaranda, provincia de Bolívar*. Tesis Ingeniería Agronómica. 167 p.

## ANEXOS

### Datos de campo porcentaje de germinación %

TRATAMIENTOS	REPETICIONES		
	I	II	III
V1S1	94,53	92,19	93,75
V1S2	93,33	94,16	93,33
V1S3	95,83	95,00	95,00
V1S4	91,67	90,00	93,33
V2S1	88,33	89,16	86,66
V2S2	90,00	91,66	90,83
V2S3	96,66	97,50	95,83
V2S4	92,50	91,67	93,33

### Datos de campo días a la emergencia

TRATAMIENTOS	REPETICIONES		
	I	II	III
V1S1	16,00	17,00	16,00
V1S2	17,00	17,00	15,00
V1S3	18,00	17,00	16,00
V1S4	17,00	17,00	18,00
V2S1	17,00	16,00	17,00
V2S2	16,00	16,00	18,00
V2S3	17,00	15,00	16,00
V2S4	17,00	18,00	18,00



### Datos de campo días al trasplante

TRATAMIENTOS	REPETICIONES		
	I	II	III
V1S1	57,00	56,00	55,00
V1S2	55,00	55,00	57,00
V1S3	56,00	57,00	56,00
V1S4	55,00	56,00	54,00
V2S1	56,00	56,00	57,00
V2S2	57,00	57,00	56,00
V2S3	54,00	55,00	55,00
V2S4	57,00	55,00	58,00

### Datos de campo altura de planta

TRATAMIENTOS	REPETICIONES		
	I	II	III
V1S1	7,19	6,72	6,65
V1S2	5,49	5,70	5,52
V1S3	7,58	7,21	7,37
V1S4	7,35	6,82	6,73
V2S1	5,68	5,70	5,44
V2S2	3,99	3,94	3,99
V2S3	7,84	7,82	7,79
V2S4	6,56	6,80	6,41

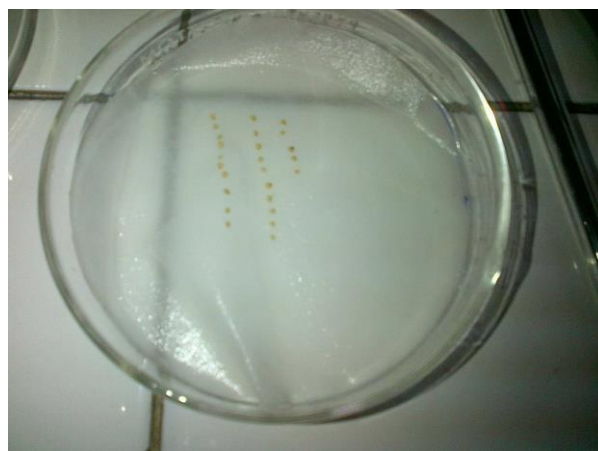
### Datos de campo diámetro del tallo

TRATAMIENTOS	REPETICIONES		
	I	II	III
V1S1	0,08	0,07	0,07
V1S2	0,08	0,07	0,08
V1S3	0,09	0,07	0,08
V1S4	0,08	0,07	0,06
V2S1	0,08	0,07	0,06
V2S2	0,07	0,06	0,06
V2S3	0,09	0,08	0,08
V2S4	0,08	0,07	0,07

### Datos de campo volumen de raíz

TRATAMIENTOS	REPETICIONES		
	I	II	III
V1S1	0,67	0,73	0,71
V1S2	0,65	0,36	0,39
V1S3	0,62	0,61	0,59
V1S4	0,72	0,63	0,65
V2S1	0,50	0,43	0,43
V2S2	0,27	0,29	0,28
V2S3	0,84	0,81	0,79
V2S4	0,68	0,65	0,61

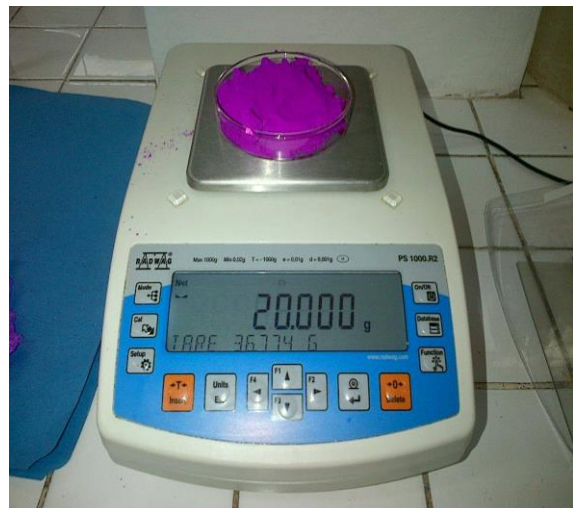
Prueba de germinación amaranthus quitensis vs amaranthus hipocondriacus



### Trituración de la *azolla filiculoides*



### Peso de vitavax en gramos para la desinfección de bandejas, sustratos y materiales a usar

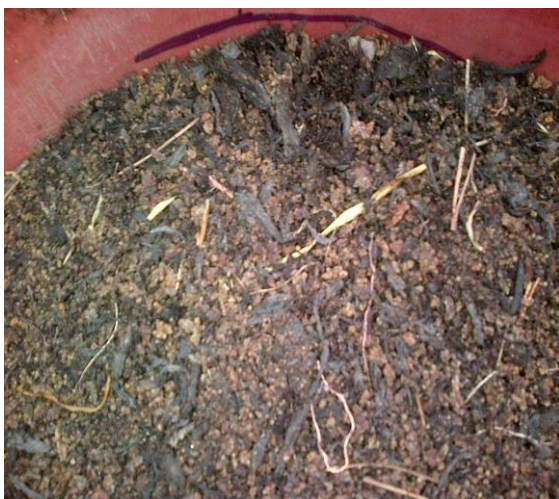




## Instalación de los materiales para la elaboración de una mesa soporte para el proyecto



En un balde de 10 lts de acuerdo a los requerimientos de sustratos se aplicó un 100% de sustrato y en otros 50% de un sustrato y 50% del otro hasta llegar al max de 10lts lo cuál indica sustratos puros y sustratos mezclados.





Colocando tres semillas por alveolo



Humedeciendo el sustrato para la germinación del amaranto

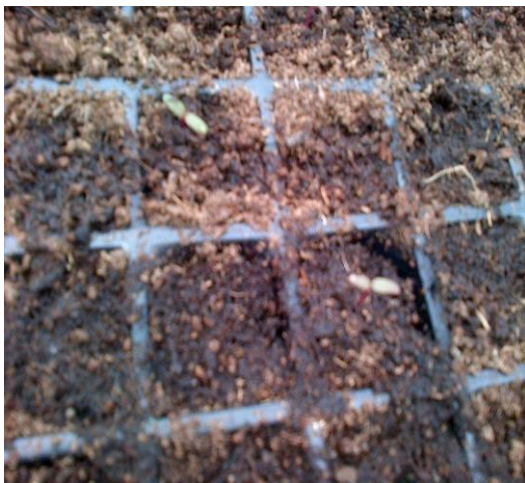




Cubierta de sarán



Germinación de las semillas en las bandejas







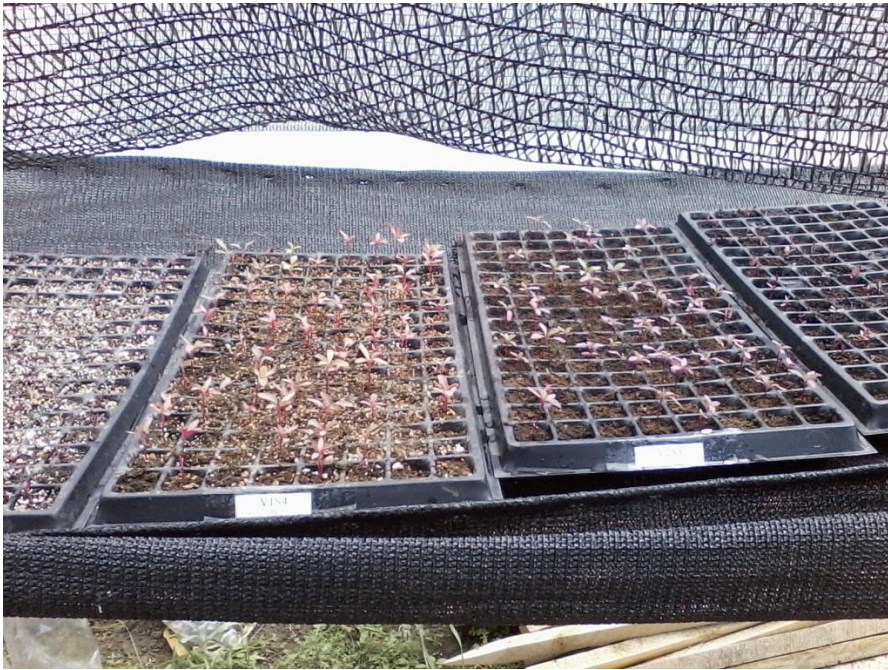
Raleo de las plantas para dejar solo una por alveolo



Acción de esponja la *azolla filiculoides* absorbe el agua pero tiende a disminuir el líquido y expulsa a la planta



Plantas listas para el transplante y toma de datos finales



### Toma de datos del tamaño de plántula



### Toma de datos del tamaño del tallo y volumen de raíz





