



Comparación de dos variedades de amaranto: blanco (*Amaranthus hypocondriacus* L.) y sangoracha (*Amaranthus quitensis* L.), utilizando azolla (*Azolla Filiculoides*) como sustrato en la propagación sexual

Comparison of two varieties of amaranth: white (*Amaranthus hypocondriacus* L.) and sangoracha (*Amaranthus quitensis* L.) using azolla (*Azolla Filiculoides*) as a substrate in sexual propagation

Velástegui-Espín Giovanni Patricio*, Núñez-Torres Oscar Patricio, Pazmiño-Miranda Nelly Del Pilar,
Villacrés-Villarroel Mauro René, Cruz-Tobar Saúl Eduardo

Datos del Artículo

Universidad Técnica de Ambato.
Facultad de Ciencias Agropecuarias.
Cantón Cevallos-Tungurahua-Ecuador.
Casilla postal: 18-01-334.
Telf: (+593) 032580281 032580191

***Dirección de contacto:**

Giovanni Patricio Velástegui-Espín
Universidad Técnica de Ambato.
Facultad de Ciencias Agropecuarias.
Cantón Cevallos-Tungurahua-Ecuador.
Casilla postal: 18-01-334.
Telf: (+593) 032580281 032580191
E-mail: gp.velastegui@uta.edu.ec

Palabras clave:

Azolla,
amaranto,
germinación,
propagación,
pilón,
sustrato.

J Selva Andina Biosph.
2018; 6(1):11-21.

Historial del artículo.

Recibido diciembre, 2017.
Devuelto febrero 2018
Aceptado febrero, 2018.
Disponible en línea, mayo 2018.

Editado por:
**Selva Andina
Research Society**

Resumen

El objeto de estudio fue evaluar la azolla como sustrato en la propagación sexual de dos variedades de amaranto. 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, por 3 repeticiones. Se contabilizó el número total de plantas, con 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. Se tomó en cuenta el número de días transcurridos desde la siembra hasta la emergencia de plántulas. 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. La azolla con pomina no dio resultados aceptables para la germinación de la semilla, la mezcla de ambas estructuras provoca aperturas significativas en el pilón, afectando 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. 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. 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. 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%. 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%. El uso de *azolla* como sustrato de propagación de amaranto.

© 2018. *Journal of the Selva Andina Biosph. Bolivia. Todos los derechos reservados.*

Abstract

The object of the study was to evaluate azolla as a substrate in the sexual propagation of two varieties of amaranth. A randomized complete block design with a factorial arrangement of 2 x 4 was used, using 2 varieties of amaranth and 4 types of substrates, this for 3 repetitions. We counted the total number of plants that are 128 per treatment therefore it is the same amount of alveoli due to a previous thinning to determine the percentage of germination in 36 plants per net plot. The number of days elapsed from sowing to the emergence of seedlings was taken into account. Azolla as a 100% substrate showed excellent results to the emergence, but for the survival of the seedling the results were not very acceptable, since the seedlings spent around 20 days began to lose vigor, because the Azolla acted as a sponge at the moment of absorbing water, which does not give good support to the seedling. The azolla with pomina did not give acceptable results for the germination of the seed, the mixture of both structures causes significant openings in the pylon, affecting the stability of the seed inside the substrate, and that is, with the wide porosity the seed goes towards the background and lose contact with sunlight, essential factor for the emergency. It was defined as the best type of substratum to S₃, that is to say,

Key words:

Azolla,
amaranth,
germination,
propagation,
pylon,
substrate.

the substrate elaborated with Peet moss, since it has well-marked significance ranges, being located in the first range in each of the studied factors. In the variable germination percentage, the treatment V₂S₃ (A. quitensis + Peet moss) obtained significance at 5% with an average of 92.29%, being the best. In terms of seedling height, the best treatment was shown in V₂S₃ (A. quitensis + Peet moss) with an average of 6.41cm, which determined its significance at 5%. The variable root volume was observed as the best treatment at V₂S₃ (A. quitensis + Peet moss) that produced plants with 0.58 mL root volume as mean and with 5% significance. The use of azolla as an amaranth propagation substrate.

© 2018. Journal of the Selva Andina Biosph. Bolivia. All rights reserved.

Introducción

La agroecología en el presente, se basa en la orientación agrícola para la conversión de sistemas convencionales de producción (monocultivos dependientes de insumos agroquímicos) a sistemas más diversificados y autosuficientes, para este fin utiliza principios ecológicos que favorezcan los procesos naturales e interacciones biológicas que optimizan sinergias de modo que la agro biodiversidad sea capaz de subsidiar por si misma procesos claves, como, acumulación de materia orgánica, fertilidad del suelo, mecanismos de regulación biótica de plagas y la productividad de los cultivos (Gliessman *et al.* 1998).

El uso racional de agroquímicos, manejo integral del recurso suelo, permiten disminuir niveles de contaminación que inclusive llegarían a inhabilitar permanentemente un área, que el uso excesivo de fertilizantes causa toxicidad en las plantas, saliniza el suelo, impidiendo la absorción de nutrientes por raíces.

La calidad de un sustrato, depende de las condiciones inherentes del material, como la capacidad de intercambio catiónico, retención de agua, porosidad, entre otros. Se debe aclarar 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 1983).

El amaranto fue domesticado por los Incas, cultivándose en variados sistemas de producción, pre-

senta excelente calidad nutricional, además contribuye a la seguridad y soberanía alimentaria, que bien pueden mitigar los altos índices de desnutrición en la población. (Villafuerte & Villafuerte 2015).

En Ecuador, el Programa de Cultivos Andinos del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (PCA-INIAP), a partir de 1983 inicio la recolección y evaluación de germoplasma nativo, complementado con la introducción de germoplasma de otros países, especialmente de la Zona Andina. (Nieto 1990). En el año 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, 1 g contiene 2000 semillas y el rango de rendimiento está entre 800 a 1000 kg/ha en parcelas semicomerciales (Nieto 1990).

El amaranto blanco es un cultivo que fue un alimento básico en el México prehispánico, alrededor de 20 mil ton llegaban anualmente como tributo a Tenochtitlan, capital del Imperio Mexicano. Su papel en la dieta fue tan importante como el maíz (*Zea mays*) y frijol (*Phaseolus vulgaris*). En México tradicionalmente se cultiva desde 2500 a 3300 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 hume-

dad, pero en cambio es muy resistente al déficit hídrico y al calor. En condiciones de suelos (neutros o básicos), humedad y temperatura, produce hasta 5000 kg/ha, aunque en promedio se obtienen rendimientos de 1000 a 2500 kg/ha. (Mujica *et al.* 1997). El amaranto representa una proteína natural rica en lisina, muy similar a la referencia que propone la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la agricultura. También alto contenido en vitaminas naturales A, B, C, B₁, B₂, B₃, además de niacina, calcio, hierro, fosforo. Tras estudiar a fondo la semilla, a partir de sus estructuras tridimensionales de sus proteínas, se reportó la complejidad de sus beneficios, entre los más importantes destacan: El alto contenido de triptófano, aminoácido esencial, que ayuda a sintetizar la serotonina, gracias a esta característica, y posteriormente a este procedimiento, y elaborando un ensayo- error, desarrolla una alternativa y la creación de un medicamento (Soriano 2014).

En las investigaciones utilizando la azolla (*Azolla Filiculoides*), un organismo natural de la zona, de fácil acceso, bajo costo, rico en nutrientes, fundamentalmente nitrógeno, indispensable en los primeros estados fenológicos de cualquier cultivo, reduciendo costos de producción y mejorando la calidad de plántulas al momento de trasplante. El impacto que estas investigaciones tiene en la sociedad, un efecto positivo, ya que mejorarán las alternativas de producción, a su vez, eleva ampliamente la calidad nutricional de alimentación poblacional. Investigaciones de esta naturaleza radican en utilizar fuentes orgánicas de fertilización, mejorando el manejo de recursos naturales como el suelo, agua, de manera sostenible, evitando la contaminación y su desgaste, evitando la contaminación del cultivo.

Castro *et al.* (2002), en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.), señala que este cereal fue influido en

forma positiva por la aplicación de azolla en las variantes utilizadas, lo que permitió incrementar el número de granos de panícula/m², por consiguiente, un aumento significativo del rendimiento del cultivo, sus resultados fueron mayores a valores en el tratamiento con azolla, con la aplicación de 120 kg de N/ha, 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 ton/ha más que los tratamientos testigo de igual densidad de siembra.

Montaño-Armijos (2005) señala en un estudio con azolla como biofertilizante en la cuenca del río Guayas que viene realizando desde el año 2000, primero aplico, con resultados positivos, ya 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, así los excedentes de azolla pueden ser extraídos y aplicados al sistema agropecuario nacional, los beneficios de su uso generaría en el sistema agropecuario nacional son varios e importantes: i) abono para la agricultura nacional, ii) alimento para la ganadería, iii) depuración de fuentes de aguas naturales o artificiales, iv) enriquecimiento del suelo, v) florecimiento de la biota natural, vi) disminución del calentamiento global, entre otros. La investigación se ubica en un 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 rendimiento 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. El objeto del ensayo está en proponer una alternativa efectiva para la biofertilización en la propagación sexual de amaranto, utilizando sustrato de azolla (*Azolla Filiculoides*) por lo que conviene, ya que el amaranto es un cultivo andino de magníficas propiedades nutricionales que serviría para garantizar la seguridad alimentaria en nuestro país.

Materiales y métodos

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. El ensayo se realizó bajo invernadero, donde se controla parámetros climáticos como humedad 40 %, temperatura, promedio de 25 a 30 °C con la ayuda de ventilación a través de cortinas, radiación solar entre 6 a 7 horas luz.

Varietades de Amaranto. i) Variedad Real (Blanco), ii) Variedad Morado (Sangoracha)

Sustratos. i) S₁ Sustrato azolla, ii) S₂ Sustrato azolla + Pomina, iii) S₃ Sustrato Peat moss, iv) S₄ Sustrato Peat moss + Pomina.

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar (DBCA) con arreglo factorial de 2x4, utilizando 2 variedades de amaranto y 4 tipos de sustratos, esto por 3 repeticiones. 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. Se realizó un ADEVA de todas las variables evaluadas y la comparación de medias se lo realizó mediante la prueba de Tukey al 5%. Se tomó en cuenta el número de días transcurridos desde la siembra hasta la emergencia de plántulas. También el número de días transcurridos desde la siembra hasta el día del trasplante, utilizando un calibrador Vernier, se midió la altura de 36 plántulas en cm, previo al trasplante. Con la ayuda de un pie de rey, se tomó el diámetro del tallo en la base de cada plántula previo al trasplante.

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 destilada en una probeta, de vidrio de 250 mL de volumen, 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. 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.

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

40 m² de terreno dentro de un invernadero, para contar con las condiciones controladas que se re-

quiere para el manejo de la propagación de plántulas, se procedió a la limpieza, nivelación manual con azadón y rastrillo y la desinfección del área se realizó con terraclor 75%, 250 g en 100 L de agua, luego se construyó la estructura en madera sobre las cuales se colocaron las bandejas necesarias a 1 m del suelo.

Figura 1 Bandeja de trabajo



Previamente las bandejas fueron desinfectarlas en agua a 80 °C para evitar la presencia de agentes patógenos, que puedan complicar la germinación de las plantas. Lexus (1999), Según (Atkins 1983), para preparar los sustratos, fue necesario primeramente extraer la azolla del estanque ubicado en predios de 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

h. (Espinosa & Molina 1999), Utilizando una pala de jardín, se colocó los sustratos preparados y desinfectados en cada bandeja, tomando en cuenta el diseño de este ensayo. 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. Se ubicó rótulos en cada tratamiento, para evitar futuras confusiones al momento de la 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. Se utilizó Infostat para tabular la información obtenida, luego se realizó la discusión en cada factor de estudio para determinar los mejores resultados obtenidos.

Resultados

En el análisis de varianza (ADEVA) la variable porcentaje de germinación (Tabla 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 en promedio general de la variable de 92.29%.

Realizando la prueba de Tukey al 5% para tratamientos, se observaron varios rangos de significación, sobresaliendo en el rango A el tratamiento V_2S_3 (*A. quitensis* + Peet moss) con un promedio de 96.67%, en el rango AB al tratamiento V_1S_3 (*A. hypocondriacus* + Peet moss) con promedio de 95.28%, en el rango ABC, tratamiento V_1S_2 (*A. hypocondriacus* + azolla/Pomina) con promedio de 93.61%, en el rango BCD el tratamiento V_2S_4 (*A. quitensis* + Peet moss/Pomina) con promedio 92.50%, el tratamiento V_1S_4 (*A. hypocondriacus* + Peet moss/Pomina) se ubica en el rango CD con promedio de 91.67%, en el rango CDE al tratamien-

to V₂S₂ (*A. quitensis* + *Azolla*/Pomina) con promedio de 90.83%, en penúltima posición dentro del rango DE tratamiento V₁S₁ (*A. hypocondriacus* +

Azolla) con promedio de 89.72%, finalmente el tratamiento V₂S₁ (*A. quitensis* + *azolla*) con promedio de 88.06%, (Tabla 2).

Tabla 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 ^{ns}
Tratamientos	170.72	7	24.29	20.14 [*]
Variedad	1.85	1	1.85	1.73 ^{ns}
Sustrato	151.04	3	50.35	47.03 ^{**}
Variedad x Sustrato	17.82	3	5.94	5.55 ^{ns}
Error	16.96	14	1.21	
Total	187.85	23		

Coefficiente de variación: 1.19 %, ns = no significativo, * = diferencias significativas al 5%, ** = diferencias significativas al 1%

Tabla 2 Prueba de significación de Tukey al 5% para los tratamientos en porcentaje de germinación

Tratamientos	Medias (%)	Rangos				
V ₂ S ₃	96.67	A				
V ₁ S ₃	95.28	A	B			
V ₁ S ₂	93.61	A	B	C		
V ₂ S ₄	92.50		B	C	D	
V ₁ S ₄	91.67			C	D	
V ₂ S ₂	90.83			C	D	E
V ₁ S ₁	89.72				D	E
V ₂ S ₄	88.06					E

Tabla 3 Prueba de significación de Tukey al 5% para la variable sustrato en porcentaje de germinación

Tratamientos	Medias (%)	Rangos
S ₃	95.97	A
S ₂	92.22	B
S ₄	92.08	B
S ₁	88.89	C

La prueba de Tukey al 5% (Tabla 3), para la variable sustrato presenta tres rangos de significancia, rango A a S₃ (sustrato Peet moss) con promedio de 95.97%, rango B tenemos a S₂ (*azolla* + *pomina*) y S₄ (*Peet moss* + *Pomina*) con promedios de 92.22% y 92.08% (Tabla 3), respectivamente y rango C tenemos a S₁ (sustrato *azolla*) con promedio de 88.89%. En el análisis de varianza para la variable

días a la emergencia (Tabla 4), se observaron que no existieron diferencias estadísticas significativas. El coeficiente de variación de 5.47% y el promedio general de la variable fue de 16.75.

El análisis de varianza para días al trasplante (Tabla 5) 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 el análisis de varianza para altura de plántulas (Tabla 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 la variable sustrato (Tabla 7) rango A a S₃ (*Peet moss*) con un promedio de 7.66 cm, en el rango AB tenemos a S₄ (*Peet moss* + *Pomina*) con promedio de 6.78 cm, rango BC tenemos a S₁ (*azolla*) con promedio de 6.06 cm y finalmente, rango C tenemos a S₂ (*azolla* + *Pomina*) con promedio de 5.16 cm.

Tabla 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 ^{ns}
Tratamientos	6.50	7	0.93	1.11 ^{ns}
Variedad	0.00	1	0.00	0.00 ^{ns}
Sustrato	4.50	3	1.50	2.00 ^{ns}
Variedad x Sustrato	17.82	3	5.94	0.89 ^{ns}
Error	16.96	14	1.21	
Total	187.85	23		

Coeficiente de variación: 5.47 %, ns = no significativo

Tabla 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 ^{ns}
Tratamientos	7.83	7	1.12	1.13 ^{ns}
Variedad	0.17	1	0.17	0.09 ^{ns}
Sustrato	0.83	3	0.28	0.32 ^{ns}
Variedad x Sustrato	6.83	3	2.28	2.60 ^{ns}
Error	13.92	14	0.99	
Total	21.83	23		

Coeficiente de variación: 1.78 %, ns = no significativo

Tabla 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 ^{ns}
Tratamientos	30.27	7	4.32	17.47 [*]
Variedad	4.26	1	4.26	14.05 [*]
Sustrato	20.20	3	6.73	22.22 [*]
Variedad x Sustrato	5.81	3	1.94	6.39 ^{ns}
Error	3.47	14	0.25	
Total	35.12	23		

Coeficiente de variación: 7.76 %, ns = no significativo, * = diferencias significativas al 5%

Tabla 7 Prueba de significación de Tukey al 5% para la variable sustrato en altura de planta

Tratamientos	Medias (cm)	Rangos
S ₃	7.66	A
S ₄	6.78	A B
S ₁	6.06	B C
S ₂	5.16	C

Tabla 8 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 ^{ns}
Tratamientos	6.9E-04	7	9.9E-04	4.68 ^{ns}
Variedad	7.2E-05	1	7.2E-05	1.61 ^{ns}
Sustrato	3.8E-04	3	1.3E-04	2.82 ^{ns}
Variedad x Sustrato	2.4E-04	3	8.1E-05	1.80 ^{ns}
Error	3.0E-04	14	2.1E-05	
Total	1.4E-04	23		

Coeficiente de variación: 6.19 %, ns = no significativo

Tabla 9 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 ^{ns}
Tratamientos	0.61	7	0.09	26.72 ^{**}
Variedad	0.02	1	0.02	5.64 [*]
Sustrato	0.40	3	0.13	32.47 ^{**}
Variedad x Sustrato	0.19	3	0.06	15.29 ^{ns}
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%

Diámetro de la base del tallo. En el análisis de varianza para diámetro de la base del tallo (Tabla 8) 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.

Volumen radicular. En el análisis de varianza del volumen radicular (Tabla 9) se observaron 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, se observaron varios rangos de significación, sobresaliendo en el rango A el tratamiento V₂S₃ (*A. quitensis* + Peet moss) con 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 promedios de 0.70 mL y 0.67 mL, respectivamente, rango B tenemos al tratamiento V₂S₄ (*A. quitensis* + Peet moss/Pomina) con 0.65 mL, rango BC el tratamiento V₁S₃ (*A. hypocondriacus* + *azolla*/Pomina) con 0.61 mL, 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.

Discusión

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* dio un 91% de porcentaje de germinación, en cambio *A. hypocondriacus* llegó a 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).

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 V_2S_3 (*A. quitensis* + Peet moss), individualmente la variedad *A. hypocondriacus* reporta los mejores resultados en altura de planta, debido a que *A. hypocondriacus*, es una variedad ejemplo de un desarrollo temprano e incluso puede desarrollar inflorescencias de forma tempranera, esto no garantiza que a futuro estas sean las plantas más grandes y vigorosas. Con respecto al sustrato, tanto S_3 (Peet moss) como S_4 (Peet moss/Pomina) exponen 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).

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 *et al.* 2008, el amaranto es un cultivo que se siembra directamente en el campo y no es común la propagación por semillero. Con respecto al sustrato, tanto S_3 (Peet moss) como S_4 (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 (Ansorena-Miner 1994).

En relación con este parámetro, Bidwell (1988) 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 V_1 (*A. hypocondriacus*), ya que esta es una variedad que se caracte-

riza por un sistema radicular fuerte desde las primeras etapas del desarrollo vegetativo de la planta. Con respecto al sustrato, S_3 (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. 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. (Sumar-Kalinowski 1982), manifiesta que 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.

Finalmente, la azolla como sustrato al 100% expuso 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.

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.

Conflictos de intereses

Los autores declaran que no existen conflictos de interés

Agradecimientos

Nuestro reconocimiento a la Universidad Técnica de Amato, Facultad de Ciencias Agropecuarias Carrera de Ingeniería Agronómica, por permitirnos utilizar sus instalaciones para llevar a cabo la investigación.

Literatura citada

- Ansorena Miner J. Sustratos: Propiedades y caracterización. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España; 1994. p. 172.
- Atkins P. For peat's shake, its an excellent medium. Florida digest, (USA) 1983;6(6):13-4.
- Bidwell RGS. Fisiología vegetal. AGT Editor. México DF; 1988. p. 784.
- Castro R, Novo R, Castro RI. Uso del género *azolla* como biofertilizante en el cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.). CulTrop 2002;23(4):5-10.
- Espinosa J, Molina E. Acidez y encalado de los suelos. Quito, Ecuador, International Plan Nutrition Institute; 1999. p. 42.
- Gliessman SR, Rosado-May FJ, Guadarrama-Zugasti C, Jedlicka J, Cohn A, Mendez VE, et al. Agroecología: promoviendo una transición hacia la sostenibilidad. Ecosistemas 2007; 16 (1):13-23.
- Hine D. Efecto de tres niveles de fertilización nitrogenada y dos sustratos de crecimiento sobre la nutrición y producción de Maranta Roja (*Maranta leuconeura*). [Tesis de Licenciatura]. San José, Costa Rica; 1991. p. 38.
- Lexus. Enciclopedia Agropecuaria. Bogota. Colombia; 1999. p. 987.
- Montaño Armijos M. Estudio de la aplicación de *Azolla anabaena* como bioabono en el cultivo de arroz en el Litoral ecuatoriano. Rev Tecnol 2005;18(1):147-51.
- Mujica-Sánchez A, Berti-Díaz M, Izquierdo J. El cultivo de amaranto (*Amaranthus* spp.): producción, mejoramiento genético y utilización. Oficina regional de la FAO para América Latina y el Caribe: FAO; 1997. p. 145.
- Nieto C. Identificación de microcentros de variabilidad en quinua, amaranto y chocho en Ecuador INIAP, EE. Santa Catalina. Publicación Miscelánea N° 52. Quito, Ecuador. Proyecto INIAP/IFAD/IPGRI. s.n.t; 1990. p. 15.
- Peralta E, Villacrés E, Mazón N, Rivera M, Subía C. El Ataco sangorache o amaranto negro (*Amaranthus hybridus* L.) en Ecuador. Publicación miscelánea N° 143. INIAP. Estación Experimental Santa Catalina. Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos. Quito, Ecuador; 2008. p. 63.
- Soriano García M. Boletín UNAM DGCS. 743. 23. Diciembre; 2014.
- Sumar-Kalinowski L. *Amaranthus caudatus* El Pequeño Gigante. (Tercer Congreso Internacional de Cultivos Andinos, La Paz) Universidad Nacional el Cusco, Perú. Centro de Investigaciones de Cultivos Andinos; 1982. p. 7.
- Villafuerte-Herrera LF, Villafuerte-Herrera OO. Evaluación agronómica de la eficiencia del uso de nitrógeno en los cultivos de amaranto INIAP alegría (*Amaranthus Caudatus* L), qui-

nua INIAP tunkahuan (*Chenopodium quinoa* Willd) con cinco niveles de fertilización nitrogenada en la granja Laguacoto II, cantón Guaranda, provincia Bolívar. [Tesis de Licenciatura] 167 p. Universidad Estatal de Bolívar. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Escuela de Ingeniería Agronómica; 2015.
