



Efecto de la asociación de ajo (*Allium sativum* L.) y cebolla (*Allium cepa* L.) en la producción de maracuyá (*Passiflora edulis* Sims.) durante la etapa de plántula

Effect of the association of garlic (*Allium sativum* L.) and onion (*Allium cepa* L.) in the production of maracuya (*Passiflora edulis* Sims.) during the seedling stage

Camilo Alexander Mestanza Uquillas^{1*}, Diana Verónica Véliz Zamora¹, Lizbeth Isabel Icaza Franco², Santiago Cristóbal Vásquez Matute⁴

¹Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Facultad de Ciencias Pecuarias, Quevedo, Ecuador.

²Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Facultad de Ciencias Pecuarias, Carrera de Ingeniería Agropecuaria, Quevedo, Ecuador.

³Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Facultad de Ciencias Pecuarias, Carrera de Ingeniería en Alimentos, Quevedo, Ecuador.

⁴Universidad Nacional de Loja, Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, Carrera de Ingeniería Agronómica, Loja, Ecuador.

*Correspondencia: cmestanza@uteq.edu.ec (0000-0001-9299-170X)

Rec.: 08.02.2021 Acept.: 20.10.2021

Publicado el 30 de diciembre de 2021

Resumen

Para una producción adecuada de maracuyá es indispensable el uso de semilla de calidad y la obtención de plántulas libres de plagas y enfermedades, que brinden las condiciones propicias para su crecimiento durante la etapa inicial de desarrollo. Basado en este antecedente, se evaluó el efecto de la asociación de maracuyá (*Passiflora edulis*) + cebolla (*Allium cepa*) + ajo (*Allium sativum*), en dos diferentes sustratos: Sin desinfectar y Desinfectado. Se aplicó un diseño experimental completamente al azar con un arreglo bifactorial (2 tipo de suelo x 2 sistema de cultivo), generando cuatro interacciones: Sin desinfectar-Solo, Sin desinfectar-Asociado, Desinfectado-Solo y Desinfectado-Asociado, dispuestos en cuatro repeticiones. La siembra se realizó en platabandas de 2 m² bajo condiciones de campo. Los resultados para germinación y plantas muertas demostraron diferencias significativas (P<0.05) para los tratamientos de sistemas asociados a los 15 y 50 días después de la siembra. Respecto al comportamiento agronómico las interacciones de sistemas asociados se pudieron evidenciar una respuesta positiva en las variables altura de planta, peso fresco aéreo y radical, biomasa aérea y radical. Los niveles de nitrógeno, fósforo, potasio y azufre se incrementaron hasta llegar a niveles adecuados. La asociación de maracuyá y especies del género *Allium* benefician la producción de plántulas mejorando la sobrevivencia, desarrollo y nutrición de la planta y del suelo.

Palabras claves: vivero, fruta de la pasión, intercalado, agroecología.

Abstract

For an adequate production of passion fruit, it is essential to use quality seed and obtain seedlings free of pests and diseases, which provide the favorable conditions for their growth during the initial stage of development. Based on this antecedent, the effect of the association of passion fruit (*Passiflora edulis*) + onion (*Allium cepa*) + garlic (*Allium sativum*) was evaluated, in two different substrates: Without disinfection and Disinfected. A completely randomized experimental design was applied with a bifactorial arrangement (2 type of soil x 2 cultivation system), generating four interactions: Without disinfection-Only, Without disinfection-Associated, Disinfected-Only and Disinfected-Associated, arranged in four repetitions. Sowing was carried out in 2 m² plantations under field conditions. The results for germination and dead plants showed significant differences (P<0.05) for the treatments of associated systems at 15 and 50 days after sowing. Regarding the agronomic behavior, the interactions of associated systems could show a positive response in the variables of plant height, fresh aerial and radical weight, aerial and radical biomass. Nitrogen, phosphorus, potassium, and sulfur levels were increased to adequate levels. The association of passion fruit and species of the genus *Allium* benefit the production of seedlings by improving the survival, development and nutrition of the plant and the soil.

Keywords: nursery, passion fruit, intercrop, agroecology.

Introducción

Las zonas tropicales y subtropicales del Ecuador presentan las mejores condiciones climáticas para el cultivo de maracuyá (*Passiflora edulis* Sims. f. *Flavicarpa* Deg), por lo que, el país se ha convertido en uno de los principales productores de maracuyá en Sudamérica. Es un cultivo que ha logrado desarrollo y tecnificación, se lo encuentra en zonas con gran potencial agroecológico para la producción de esta fruta. Las características climáticas y edáficas constituyen una ventaja comparativa que incide en la calidad de la fruta (Cañizares y Jaramillo, 2015).

Generalmente, el cultivo de maracuyá es propagado por semillas, que es el método más simple y usado por los productores. Las semillas son extraídas de frutos grandes (peso mayor a 150 gamos) y maduros (preferibles los de forma ovalada, ya que los redondos poseen un 10% menos de jugo). Para la producción de semillas, no se deben escoger de frutos que hayan sido almacenados en las bodegas o estén amontonados en el suelo, aunque tengan buen tamaño y peso, ya que se desconoce el origen y comportamiento de la planta madre (Valarezo *et al.*, 2014).

Las semillas se siembran en bolsas de 1 kg, que se llenan con un sustrato suelto para permitir el buen desarrollo de la raíz y evitar un exceso de humedad. Las bolsas plásticas se colocan en un sitio sombreado; allí se siembran dos semillas por bolsa y luego se selecciona la planta más vigorosa. Las plantas emergen 10 a 15 días después de la siembra y luego están lista para su trasplante a los 30 a 40 días después (Romero y Gonzalez, 2012). La principal enfermedad que afecta al vivero desde la germinación y en todo su ciclo vegetativo es la más común llamada “Sancocho o *Damping Off*”, ocasionado por un complejo de hongos (*Pythium spp.*, *Phytophthora spp.*, *Fusarium sp.* y *Rhizoctonia sp* (P, P, F, R), que causa necrosis a las raíces hasta la muerte de la planta (Alfonso, 2002).

Una de las medidas para evitar la presencia de enfermedades en el vivero, radica en un buen sustrato, mismo que debe presentar características que permitan aireación, para evitar la muerte de las raíces por excesos de agua, y debe ser liviano para facilitar el transporte al campo (García, 2002). Una alternativa de desinfección, es el uso de la solarización, que consiste en hacer una cama con el sustrato elegido, humedecerlo y cubrirlo con plástico entre 30 a 60 días, a fin de matar todo organismo patógeno que afectan a las plantas, debido a las altas temperaturas (> 60 °C) que se generan por los rayos solares (FHIA, 2007).

Otra de las alternativas que permite controlar la aparición de enfermedades es el cultivo intercalado o asociado. Este es un sistema dedicado a la aplicación

de una amplia variedad de productos. La asociación o intercalación de dos o más cultivos tienden a diversificar la producción lo que trae muchas ventajas; uso eficiente del terreno, permite dos o más cultivos crezcan en la misma superficie, ayuda a combatir malezas, al haber mayor cobertura del suelo por los cultivos. Suministra sombra temporal permanente para plantas jóvenes, por ejemplo, sombra temporal para el cacao puede ser por yuca, inversión racional de la mano de obra, mejor utilización del capital, debido a que los costos se pueden distribuir entre los cultivos y reducción de los riegos en los problemas climáticos y entomológicos. Existen enfermedades y plagas que no se transmiten de un cultivo a otro ya que uno sirve de barrera para disminuir la propagación (Zaffaroni y Enriquez, 1979).

El presente trabajo está proyectado en el uso de cultivos intercalados en este caso, maracuyá con ajo y cebolla, dado que, son plantas que producen y segregan de sustancias sulfuradas como: sulfuro de dialilo (DAS) y el disulfuro de dialilo (DADS) en el ajo, y el sulfuro de propilo (DPS) y el disulfuro de dipropilo (DPDS) en la cebolla, que actúan como un repelente de hongos patógenos (Coley-Smith y King, 1969) y ayudan a mejorar la fertilidad de los suelos (Wang *et al.*, 2014).

Materiales y métodos

El presente trabajo se realizó en la finca “La Virginia” en el Recinto “Rio Chila” perteneciente al cantón Valencia. Provincia de Los Ríos. La zona geográfica referencial 0° 30'40" de latitud Norte y 80° 28'54" de longitud Oeste, ubicada a 100 msnm. El experimento tuvo una duración de 50 días. Se aplicó un Diseño Experimental Completamente al Azar dentro de un arreglo bifactorial (2 x 2), los factores en estudio fueron: Tipo de suelo (Suelo Desinfectado SD; Suelo Sin infectar SS), como segundo factor: Sistema de cultivo (Cultivo solo Cs; Cultivo asociado Ca) con cuatro repeticiones.

Se evaluó el porcentaje de germinación (Fórmula 1) a los 15 y 30 días posteriores a la siembra se contabilizó el número de plántulas germinadas por tratamiento, así como el porcentaje de plantas muertas (Fórmula 2) a los 30 y 50 días posteriores a la siembra.

$$\% G = \frac{\# \text{ Semillas Germinadas}}{\# \text{ total de semillas sembradas}} \times 100 \quad (1)$$

$$\% A = \frac{\# \text{ Plantas muertas}}{\# \text{ Plantas totales}} \times 100 \quad (2)$$

Las variables altura de planta, longitud radical, volumen de raíz, biomasa aérea y radical, se midió en cuatro plantas a los 30 y 50 días. La altura de planta se midió desde el nivel del suelo hasta la guía. Para la medida de la longitud radical y el volumen de raíz, las raíces se lavaron y se dejaron escurrir durante una hora para eliminar la humedad externa y mediante un software libre (Safira), se analizaron las raíces por medio de imágenes, la cual evaluó desde el cuello de la raíz hasta el ápice de las raíces principales. Para la biomasa aérea (hojas, ramas y tronco) y para la biomasa radical (cuello hasta el ápice de las raíces), el tejido vegetal fue secado en una estufa a 130°C durante dos horas, para luego pesarlo en una balanza analítica.

A nivel de suelo se determinó los contenidos de N, P, K y S, para el efecto se tomaron muestras de suelo representativas de los tratamientos; control desde el día cero; a los cincuenta días para las interacciones de cultivo Asociado y de Cultivo solo con el sustrato mencionado anteriormente, en la que se tomó un kilogramo de suelo, para luego determinar las concentraciones de elementos como: nitrógeno, fosforo, potasio y azufre de cada una de las muestras analizadas por el laboratorio de suelos, tejidos vegetales y aguas de la Estación Experimental Tropical

“Pichilingue” del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP).

El experimento se dispuso en un diseño completamente al azar con dos factores y dos niveles. El factor A con los niveles suelo desinfectado (D) y sin desinfectar (I), el factor B con los niveles cultivo asociado (A) y solo (S). Las variables fueron analizadas a través de un análisis de varianza, y además, se empleó la prueba de Tukey (5%) para establecer diferencias entre medias.

Resultados y discusión

El porcentaje de germinación a los 15 días no se encontraron diferencias estadísticas significativas para el factor suelo ($P > 0.05$), mientras que en el factor cultivo las diferencias fueron altamente significativas ($P < 0.05$), siendo el mayor resultado para Asociado 96.38%, mientras que cultivo Solo fue de 72.25%. A los 30 días, el factor suelo no registró diferencias, al contrario del factor cultivo quien sí registró diferencia entre las medias, obteniendo el mayor resultado Asociado con 94.75%, y para cultivo Solo fue 56.63%. La interacción de los tratamientos mostró los mayores promedios en los tratamientos con el cultivo asociado (Cuadro 1).

Cuadro 1. Porcentaje de germinación a los 15 y 30 días, y porcentaje de plantas muertas a los 30 y 50 días, en un sistema de asociación de ajo (*Allium sativum* L.) y cebolla (*Allium cepa* L.) en la producción de maracuyá (*Passiflora edulis* Sims.) durante la etapa de plántula.

Factores			Germinación 15 días (%)	Germinación 30 días (%)	Plantas muertas 30 días (%)	Plantas muertas 50 días (%)
Suelo (A)			G15	G30	Pm30	Pm50
			NS	NS	NS	NS
Desinfectado			85.75	77.38	23.63	29.50
Infectado			82.88	74.00	26.75	35.38
Cultivo (B)			***	***	***	***
Asociado			96.38	94.75	7.00	10.75
Solo			72.25	56.63	43.38	54.13
Interacción						
T	A	B	NS	NS	NS	NS
T4	D	A	98.50	98.50	3.50	7.00
T2	I	A	94.25	91.00	10.50	14.50
T3	D	S	73.00	56.25	43.75	52.00
T1	I	S	71.50	57.00	43.00	56.25
Promedio			84.31	75.69	25.19	32.44
CV (%)			5.44	5.68	18.08	18.66

Factores A (Suelo: D, Desinfectado; I, Sin Desinfectar) y B (Cultivo, A, Asociado; S, Solo). Promedios en cada fila con letras iguales no difieren estadísticamente (Tukey $P \geq 0.05$). NS No significativo, * Significativo $P \leq 0.05$, ** Significativo $P \leq 0.01$, *** Significativo $P \leq 0.0001$. CV: Coeficiente de Variación.

El porcentaje de plantas muertas a los 30 días no se encontraron diferencias estadísticas significativas para el factor suelo ($P>0.05$). El nivel cultivo si mostró que las diferencias fueron altamente significativas ($P<0.05$), siendo el mayor resultado para cultivo Solo 43.38%, mientras que Asociado con 7.00%. A los 50 días, se obtuvo resultados similares a lo anteriormente descrito a los 30 días. El nivel suelo no registró diferencias, el factor cultivo si registró diferencia entre las medias, obteniendo el mayor resultado el cultivo Solo 54.13%, y para Asociado 10.75%. La interacción de los tratamientos no presentó significancia, destacándose los mayores promedios en tratamientos que incluían el cultivo solo (Cuadro 1).

La altura de planta a los 30 días no se encontraron diferencias estadísticas significativas para el factor suelo ($P>0.05$). En el factor cultivo las diferencias si fueron significativas ($P<0.05$), siendo el mayor resultado para asociado 5.23 cm, y el menor en el cultivo solo fue de 2.51 cm. Mientras que, a los 50 días el análisis de varianza no registró significancia estadística para el factor Suelo ($P>0.05$) y el factor cultivo si registró diferencias ($P<0.05$), obteniendo el mayor resultado asociado 23.26 cm, y para cultivo solo fue 7.21 cm. La interacción de los tratamientos mostró

los mayores promedios en los tratamientos con cultivo asociado (Cuadro 2).

La variable longitud radical a los 30 días no se encontraron diferencias estadísticas en el factor suelo ($P>0.05$). El factor cultivo mostró ser altamente significativo ($P<0.05$), resaltando el mayor resultado para asociado 56.25 mm, mientras que cultivo solo con 35.00 mm. A los 50 días se evidenció la misma condición que a los 30 días. El suelo infectado y sin desinfectar sin diferencias estadísticas. El factor cultivo si registró diferencia entre las medias, obteniendo el mayor resultado el asociado 152.50 mm, y para cultivo solo con 87.50 mm. Al examinar la interacción de los tratamientos se observó que los mayores promedios en los tratamientos con cultivo asociado (Cuadro 2).

El volumen de raíz a los 30 días no se encontró significancia estadística para el factor suelo ($P>0.05$), mientras que el factor cultivo demostró ser altamente significativo ($P<0.05$), siendo el mayor resultado para asociado 444.88 mm³, mientras que cultivo solo fue 257.88 mm³. En tanto que, para volumen de raíz a los 50 días el análisis de varianza mostró efectos similares a lo anteriormente descrito. El factor suelo no registró diferencias, el factor cultivo si registró diferencia entre las medias, obteniendo el mayor resultado asociado

Cuadro 2. Altura de planta y longitud radical a los 30 y 50 días, en un sistema de asociación de ajo (*Allium sativum* L.) y cebolla (*Allium cepa* L.) en la producción de maacuyá (*Passiflora edulis* Sims.) durante la etapa de plántula.

Factores	Altura de planta - 30 días (cm planta ⁻¹)		Altura de planta - 50 días (cm planta ⁻¹)		Longitud radical - 30 días (mm planta ⁻¹)		Longitud radical - 50 días (mm planta ⁻¹)	
	Ap30		Ap50		Lr30		Lr50	
Suelo (A)	NS		NS		NS		NS	
Desinfectado	4.14		15.08		46.88		122.50	
Infectado	3.60		15.40		44.38		117.50	
Cultivo (B)	***		***		***		***	
Asociado	5.23	a	23.26	a	56.25	a	152.50	a
Solo	2.51	b	7.21	b	35.00	b	87.50	b
Interacción								
T	A	B	NS	NS	NS		NS	
T4	D	A	5.75	23.48	60.00		155.00	
T2	I	A	4.70	23.05	52.50		150.00	
T3	D	S	2.53	7.75	36.25		90.00	
T1	I	S	2.50	6.68	33.75		85.00	
Promedio	3.87		15.24		45.63		120.00	
CV (%)	13.00		23.86		12.85		6.13	

Factores A (Suelo: D, Desinfectado; I, Sin Desinfectar) y B (Cultivo, A, Asociado; S, Solo). Promedios en cada fila con letras iguales no difieren estadísticamente (Tukey $P\geq 0.05$). ^{NS}No significativo, * Significativo $P\leq 0.05$, ** Significativo $P\leq 0.01$, *** Significativo $P\leq 0.0001$. CV: Coeficiente de Variación.

978.50 mm³, y para cultivo Solo fue de 728.63 mm³. La interacción de los tratamientos si presentó diferencias entre medias, obteniendo los mayores promedios los tratamientos con cultivo asociado (Cuadro 3).

La biomasa aérea a los 30 días no registró significancia estadística para el factor suelo (P>0.05). El factor cultivo demostró ser altamente significativo (P<0.05), siendo el mayor resultado para asociado 0.31 g, mientras que cultivo solo con 0.09 g. A los 50 días se mostraron resultados semejantes que a los 30 días. Únicamente el factor cultivo registró diferencias entre medias, obteniendo el mayor resultado Asociado 1.75 g, y para cultivo Solo con 0.28 g. Al comparar la interacción los mayores promedios se registraron con el cultivo asociado (Cuadro 4).

La biomasa radical a los 30 días no registró diferencias estadísticas significativas para el factor suelo (P>0.05); mientras que, el factor Cultivo

demostró ser significativo (P<0.05), siendo el mayor resultado para asociado 0.03 g, mientras que cultivo solo con 0.01 g. La interacción de los de factores no registró significancia estadística (P>0.05). A los 50 días presentó efectos similares que a los 30 días. El factor cultivo si registró diferencias entre medias, obteniendo el mayor resultado Asociado con 0.19 g, y para cultivo Solo con 0.03 g. La interacción de los tratamientos no presentó diferencias estadísticas (Cuadro 4).

Los contenidos de N, P, K y S a nivel del suelo se muestran en la tabla 5, observándose que a los 0 días en el tratamiento control se identificaron deficiencias de todos los nutrientes estudiados, mientras que a los 50 días se evidenció que para los tratamientos de cultivo asociado las concentraciones de los elementos de nitrógeno, fósforo y potasio fueron adecuados. Lo contrario ocurrió para los tratamientos de cultivo solo.

Cuadro 3. Volumen de raíz a los 30 y 50 días, en un sistema de asociación de ajo (*Allium sativum* L.) y cebolla (*Allium cepa* L.) en la producción de maracuyá (*Passiflora edulis* Sims.) durante la etapa de plántula.

Factores	Volumen de raíz 30 días (mm ³ planta ⁻¹)		Volumen de raíz 50 días (mm ³ planta ⁻¹)	
	Vr30		Vr50	
Suelo (A)	NS		NS	
Desinfectado	347.25		869.25	
Infectado	355.50		837.88	
Cultivo (B)	***		***	
Asociado	444.88	a	978.50	a
Solo	257.88	b	728.63	b
Interacción	NS		**	
T	A	B		
T4	D	A	447.75	958.50 a
T2	I	A	442.00	998.50 a
T3	D	S	246.75	780.00 b
T1	I	S	269.00	677.25 b
Promedio	351.38		853.56	
CV (%)	7.37		5.29	

Factores A (Suelo: D, Desinfectado; I, Sin Desinfectar) y B (Cultivo, A, Asociado; S, Solo). Promedios en cada fila con letras iguales no difieren estadísticamente (Tukey P_≥0.05). NS No significativo, * Significativo P_≤0.05, ** Significativo P_≤0.01, *** Significativo P_≤0.0001. CV: Coeficiente de Variación.

Cuadro 4. Biomasa aérea y radical a los 30 y 50 días, en un sistema de asociación de ajo (*Allium sativum* L.) y cebolla (*Allium cepa* L.) en la producción de maracuyá (*Passiflora edulis* Sims.) durante la etapa de plántula.

Factores	Biomasa aérea - 30 días (g planta ⁻¹)		Biomasa aérea - 50 días (g planta ⁻¹)		Biomasa Radical - 30 días (g planta ⁻¹)		Biomasa Radical - 50 días (g planta ⁻¹)	
	Ba30		Ba50		Br30		Br50	
Suelo (A)	NS		NS		NS		NS	
Desinfectado	0.22		1.03		0.02		0.11	
Infectado	0.18		1.00		0.02		0.11	
Cultivo (B)	***		***		**		***	
Asociado	0.31	a	1.75	a	0.03	a	0.19	a
Solo	0.09	b	0.28	b	0.01	b	0.03	b
Interacción								
T	A	B	NS		NS		NS	
T4	D	A	0.35		1.78		0.03	0.20
T2	I	A	0.26		1.71		0.03	0.18
T3	D	S	0.09		0.34		0.01	0.03
T1	I	S	0.10		0.22		0.01	0.04
Promedio	0.20		1.01		0.02		0.11	
CV (%)	27.54		43.13		46.07		30.24	

Factores A (Suelo: D, Desinfectado; I, Sin Desinfectar) y B (Cultivo, A, Asociado; S, Solo). Promedios en cada fila con letras iguales no difieren estadísticamente (Tukey $P \geq 0.05$). ^{NS} No significativo, * Significativo $P \leq 0.05$, ** Significativo $P \leq 0.01$, *** Significativo $P \leq 0.0001$. CV: Coeficiente de Variación.

Cuadro 5. Concentraciones totales de nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K) y azufre (S) en muestras de suelo a los 0 días (control) y a los 50 días (Cultivo solo y asociado), en un sistema de asociación de ajo (*Allium sativum* L.) y cebolla (*Allium cepa* L.) en la producción de maracuyá (*Passiflora edulis* Sims.) durante la etapa de plántula.

Muestra	mg/kg			
	N	P	K	S
Control (0 días)	13	9	117	4
Cultivo solo (50 días)	15	7	261	5
Cultivo asociado (50 días)	39	18	433	17

Discusión

Los resultados obtenidos en esta investigación muestran mayoritariamente que solo existe efecto significativo en el factor de estudio Cultivo. Es decir, la mayor o menor incidencia sobre los resultados radica en, si las plantas de maracuyá se siembran asociada o no con las especies *Allium*, mas no si el suelo es desinfectado o no. El resultado de plantas muertas, que es la variable más asociada a la presencia o ausencia de los patógenos, muestra que los patógenos se encuentra presente en los dos sustratos. Esto puede deberse a que durante la técnica de solarización ésta nunca haya alcanzado el valor crítico de 49 °C, necesario para

eliminar los patógenos (FHIA, 2007). Al no encontrar efecto entre los sustratos también podría deberse a que los patógenos, no están directamente asociados al suelo, sino que conviven en la semilla y que durante la germinación, humedad adecuada y temperaturas óptimas comienza su proliferación (Valarezo, 2014).

En este sentido, se puede manifestar que esta asociación con especies del género *Allium* es una alternativa que controla principalmente problemas fitopatógenos, mediante la utilización de los compuestos naturales que son exudados de las raíces, mismos que contienen compuestos abundantemente sulfóxidos (Coley-Smith y King, 1969). Entre estos compuestos se destacan el sulfuro de dialilo (DAS) y

el disulfuro de dialilo (DADS), en el ajo; y el sulfuro de propilo (DPS) y el disulfuro de dipropilo (DPDS) en la cebolla (Moreiras *et al.*, 2016). Razón por la cual el menor porcentaje de plantas muertas se observa en los tratamientos de cultivo Asociado (10.75%), mientras que en los no asociados superó el 50%.

De esta misma manera, se ha descrito que los compuestos volátiles antifúngicos liberados de cebollino chino (*Allium tuberosum* Rottler) ayudó a controlar la enfermedad de Panamá (*Fusarium Wilt*) en plátano (*Musa* spp.), demostrando que los cultivos intercalados de plátano con este tipo de *Allium* pueden controlar la enfermedad y aumentar la biodiversidad de cultivos (Zhang *et al.*, 2013). Así mismo, se ha demostrado que la rotación de cultivos empleando ajo, puede optimizar las poblaciones de microorganismos benéficos (Liu *et al.*, 2014).

En la presente investigación, se observó un desempeño importante en el crecimiento de plántulas al asociarla con los dos géneros *Allium*, existiendo un efecto significativo en los órganos vegetativos. Estudios han demostrado que los compuestos sulfóxidos ejercen un papel muy importante en el desarrollo, que desde el punto de vista fisiológico aumentan el crecimiento volviéndolas más fuertes y con mayor rendimiento (Wang *et al.*, 2015). Además, incrementan el contenido de clorofila y número de hojas, frutos; acidez titulable, vitamina C y un incremento de biomasa (Xiao *et al.*, 2013). Este aumento de biomasa podría deberse que al intercalar ajo y cebolla se obtuvo mayores resultados en las variables relacionadas con raíces. Por un lado, el aumento de raíces se podría atribuir a que los compuestos sulfóxidos generan una mejor asimilación de las actividades de enzimas tales como: invertasa, fosfatasa alcalina, ureasa, y nutrientes esenciales como; nitrógeno, potasio disponible y aumento del pH del suelo (Wang *et al.*, 2014, Ahmad *et al.*, 2013). Además, se ha demostrado que inducen un incremento en los niveles de fitohormonas y perfil de expresión de genes de biosíntesis de auxinas y expansinas, debido a la presencia de disulfuro de dialilo, lo que genera un incremento en el crecimiento de raíces y en la actividad mitótica de las células meristemáticas en las puntas de las mismas (Cheng *et al.*, 2016a). Las raíces de ajo (*Allium sativum* L), contienen mayoritariamente DADS, que promueve al crecimiento de la longitud de raíces, por la asimilación de sulfatos y en el metabolismo del glutatión (Cheng *et al.*, 2016b), que pueden albergar poblaciones de microorganismos como; bacterias y actinomicetos doblando la materia orgánica transformándolos en nutrientes disponibles para la planta (Ahmad *et al.*, 2013).

Los contenidos totales de NPK y S obtenidos de suelos con sustrato desinfectado e infectado se pudo

constatar que a los 50 días los rangos más óptimos de nutrientes, se obtuvieron mediante el sistema asociado con los géneros *Allium*, mientras que el sistema de cultivo solo el potasio fue adecuado; comparados con el Control (0 días), donde todos los elementos examinados evidenciaron deficiencias. Otros resultados han demostrado que el intercalar *Allium* mejora la fertilidad del suelo (Wang *et al.*, 2014), relacionándolo a la aceleración de actividades enzimáticas como la ureasa, poli fenol oxidasa y catalasa; manteniendo una estable comunidad bacteriana del suelo, misma que se conserva en un segundo y tercer ciclo de cultivo (Zhou *et al.*, 2011). Respecto al incremento de la fertilidad de suelo, un sistema de cultivo intercalado podría estar vinculado con un aumento de elementos nutricionales como; nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), hierro (Fe) y manganeso (Mn), y materia orgánica, capaces de mejorar las actividades enzimáticas, el estado nutricional del suelo y de las plantas (Xiao *et al.*, 2013).

Conclusiones

La intercalación de especies del género *Allium* tiene efectos positivos en el desarrollo vegetativo de plántulas de maracuyá, existe una mayor estimulación en el crecimiento; las plántulas son vigorosas, fuertes y garantizan altos porcentajes de sobrevivencia; puede aumentar las poblaciones de microorganismos benéficos, mejora los contenidos de macronutrientes como: el nitrógeno fósforo potasio y azufre, macronutrientes esenciales para su desarrollo.

Agradecimientos

Agradecimiento a la Carrera de Ingeniería Agropecuaria de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, así como también a los Ingenieros Erick Eguez y Víctor Navia, quienes colaboraron con la ejecución de este trabajo.

Literatura citada

- Ahmad, I., Cheng, Z., Meng, H., Liu, T., Wang, M., Ejaz, M. y Wasila, H. 2013. Effect of pepper-garlic intercropping system on soil microbial and biochemical properties. *Pak. J. Bot.* 45 (2): 695-702.
- Alfonso, J. A. 2002. Guía para la producción de maracuyá. Fundación Hondureña de Investigación Agrícola. La Lima, Cortés, Honduras, 35 p.
- Cañizares, A. E. y Jaramillo, E. E. 2015. El Cultivo de la Maracuyá en Ecuador. Universidad Técnica de Machala, Ediciones UTMACH, Machala,

- Ecuador, p.84.
- Cheng, F., Cheng, Z., H. y Meng, H. 2016 b. Transcriptomic insights into the allelopathic effects of the garlic allelochemical diallyl disulfide on tomato roots. *Scientific Reports*. 6:38902.
- Cheng, F., Cheng, Z., Meng, H. y Tang, X. 2016 a. The garlic allelochemical diallyl disulfide affects tomato root growth by influencing cell division, phytohormone balance and expansin gene expression. *Frontiers in Plant Science*. 9 (7): 1199.
- Coley-Smith, J. R. y King, J. E. 1969. The production by species of *Allium* of alkyl sulphides and their effects on the germination of sclerotia of *Sclerotium cepivorum* Berk. *Annals of Applied Biology*. 64 (2).
- FHIA, Fundación Hondureña de Investigación Agrícola. 2007. Efecto de la solarización para el control de enfermedades del suelo en semilleros artesanales en el valle de Comayagua. Comayagua, Honduras. 4 p.
- García, M. 2002. Cultivo del maracuyá amarillo. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal. San Salvador, El Salvador, 31 p.
- Liu, T., Cheng, Z., Meng, H., Ahmad, I. y Zhao, H. 2014. Growth, yield and quality of spring tomato and physicochemical properties of medium in a tomato/garlic intercropping system under plastic tunnel organic medium cultivation. *Scientia Horticulturae*. 170: 159-168.
- Moreiras, O., Carbajal, A., Cabrera, L. y Cuadrado, C. 2016. Tablas de composición de alimentos. Guía de prácticas. Ediciones Pirámide (Grupo Anaya, SA). 18ª edición revisada y ampliada. ISBN: 978-84-368-3623-3.
- Romero, A. y Gonzalez, A. 2012. Cultivo de Maracuyá (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) establecido con Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) en el Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT. Centro Internacional de Agricultura Tropical International. Cali, Colombia, 49 p.
- Valarezo, C. A., Valarezo, C. O., Mendoza, A., Álvarez, P. H. y Vásquez, C. W. 2014. El cultivo de maracuyá: Manual técnico para su manejo en el Litoral ecuatoriano. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Estación Experimental Portoviejo, Programa Nacional de Fruticultura, Portoviejo, Manabí, p 74.
- Wang, M., Wu, C., Cheng, Z. y Meng, H. 2015. Growth and physiological changes in continuously cropped eggplant (*Solanum melongena* L.) upon relay intercropping with garlic (*Allium sativum* L.). *Frontiers in Plant Science*. 6: 262.
- Wang, M., Wu, C., Cheng, Z., Meng, H., Zhang, M., *et al.* 2014. Soil Chemical Property Changes in Eggplant/Garlic Relay Intercropping Systems under Continuous Cropping. *PLoS ONE*, 9 (10): e111040.
- Xiao, X., Cheng, Z., Meng, H., Liu, L., Li, H. y Dong, Y. 2013. Intercropping of green garlic (*Allium sativum* L.) induces nutrient concentration changes in the soil and plants in continuously cropped cucumber (*Cucumis sativus* L.) in a plastic tunnel. *PLoS ONE*. 8 (4): e62173.
- Zaffaroni, E. y Enriquez, G. 1979. Asociación de cultivos perennes. Una alternativa de diversificación en áreas tropicales para pequeños agricultores. Turrialba; 1979.
- Zhang, H., Mallik, A. y Zeng, R. 2013. Control of Panama Disease of Banana by Rotating and Intercropping with Chinese Chive (*Allium Tuberosum* Rottler): Role of Plant Volatiles. *Journal of Chemical Ecology*. 39 (2): 243-52.
- Zhou, X., Yu, G. y Wu, F. 2011. Effects of intercropping cucumber with onion or garlic on soil enzyme activities, microbial communities and cucumber yield. *European Journal of Soil Biology*. 47 (5): 279-287.