

Efecto de la aplicación de microorganismos fijadores de nitrógeno en el desarrollo del cultivo de maíz (*Zea mays* L.)

Effect of the application of nitrogen-fixing microorganisms on the growth of maize (*Zea mays* L.) crop

Marisol Rivero Herrada¹, Darío Javier Quimi Villanueva¹, Carmen Victoria Marín Cuevas¹, Mayra Carolina Vélez Ruíz¹

¹Universidad Técnica Estatal de Quevedo
Autor de correspondencia: mrivero@uteq.edu.ec

Recibido: 27/08/2023. Aceptado: 15/01/2024
Publicado el 31 de enero de 2024

Resumen

La aplicación de microorganismos fijadores de nitrógeno ha demostrado beneficios en la nutrición de las plantas. Esta investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de la aplicación de microorganismos fijadores de nitrógeno en el crecimiento del cultivo de maíz (*Zea mays* L.). En el experimento se utilizó un diseño de bloques completos al azar (DBCA), con tres repeticiones. Los tratamientos aplicados fueron: T1 - *Paenibacillus polymyxa* 2 L ha⁻¹; T2 - *P. polymyxa* 3 L ha⁻¹; T3 - *P. polymyxa* 4 L ha⁻¹; T4 - *Azotobacter chroococcum* 2 L ha⁻¹; T5 - *A. chroococcum* 3 L ha⁻¹; T6 - *A. chroococcum* 4 L ha⁻¹; T7 - *P. polymyxa* + *A. chroococcum* 2 L ha⁻¹; T8 - *P. polymyxa* + *A. chroococcum* 3 L ha⁻¹; T9 - *P. polymyxa* + *A. chroococcum* 4 L ha⁻¹ y T10 - Control (sin aplicación). Las variables evaluadas fueron: altura de la planta, diámetro del tallo e inserción de la mazorca. Los resultados mostraron que a los 55 días después de la siembra (DDS) del cultivo se obtuvo un buen crecimiento de las plantas de maíz con altura de 182,01 cm y diámetro del tallo de 20,14 mm con la aplicación del tratamiento T9 - *P. polymyxa* + *A. chroococcum*. Además, la inserción de la mazorca también fue a los 120 cm de altura, para este mismo tratamiento.

Palabras clave: microorganismos, crecimiento, nitrógeno, agroecología, mazorca.

Abstract

The application of nitrogen-fixing microorganisms has shown benefits in plant nutrition. This research aimed to evaluate the effect of the application of nitrogen-fixing microorganisms on the growth of corn (*Zea mays* L.) crops. The experiment used a randomized complete block design (RCDB), with three repetitions. The treatments applied were: T1 - *Paenibacillus polymyxa* 2 L ha⁻¹; T2 - *P. polymyxa* 3 L ha⁻¹; T3 - *P. polymyxa* 4 L ha⁻¹; T4 - *Azotobacter chroococcum* 2 L ha⁻¹; T5 - *A. chroococcum* 3 L ha⁻¹; T6 - *A. chroococcum* 4 L ha⁻¹; T7 - *P. polymyxa* + *A. chroococcum* 2 L ha⁻¹; T8 - *P. polymyxa* + *A. chroococcum* 3 L ha⁻¹; T9 - *P. polymyxa* + *A. chroococcum* 4 L ha⁻¹ y T10 - Control (without application). The variables evaluated were: plant height, stem diameter and insertion of the cob. The results showed that at 55 days after sowing (DDS) of the crop, good growth was obtained in the corn plants with a height of 182.01 cm and stem diameter of 20.14 mm with the application of the T9 - *P. polymyxa* + *A. chroococcum*. In addition, the insertion of the cob was also at 120 cm in height, for this same treatment.

Keywords: microorganisms, growth, nitrogen, agroecology, cob.

Introducción

El maíz (*Zea mays* L.) es un cultivo de importancia económica a nivel mundial, debido a su utilidad como alimento para humanos y ganado, además de ser fuente de un gran número de productos industriales (Guamán *et al.*, 2020). El maíz es una planta con capacidad de crecimiento rápido y alta producción que requiere cantidades considerables de nutrientes. La demanda de nitrógeno del cultivo del maíz aumenta conforme la planta se desarrolla; cuando se aproxima el momento de la floración, la absorción de este elemento crece rápidamente, en tal forma que, al aparecer las flores femeninas, la planta ha absorbido más de la mitad del total extraído durante todo el ciclo. Los híbridos de alto rendimiento en grano necesitan unos 30 kg de nitrógeno (N) por cada tonelada de grano producida (Deras, 2011).

Una alternativa al uso de los agroquímicos para suministrar el N y otros elementos a las plantas es la fertilización biológica, la cual proporciona a las plantas sus requerimientos nutricionales a través de las diversas funciones que presentan algunos microorganismos como hongos y bacterias. Estos microorganismos han demostrado tener la capacidad de promover de manera directa e indirecta el crecimiento vegetal y la mayoría de ellos forman una asociación simbiótica con las raíces de las plantas (Hodge, 2015).

La bacteria *Azotobacter* tiene la eficiencia de fijar alrededor de 20 kg ha⁻¹ de N por año, puede aplicarse con éxito en la producción de cultivos como alternativa para al menos una parte de los fertilizantes nitrogenados minerales (Esmailpour, 2013). Las especies de *Paenibacillus* pueden influir directamente en el crecimiento de las plantas al producir ácido indol-3-acético (IAA) y otras fitohormonas como las auxinas, solubilizando el fósforo inaccesible en una forma que puede ser absorbida por las raíces de las plantas, y algunas especies también pueden fijar nitrógeno atmosférico. Además, *Paenibacillus* ayuda a controlar los fitopatógenos activando la resistencia sistémica inducida (ISR) y produciendo una variedad de sustancias biosidas (Weselowski *et al.*, 2016).

El nitrógeno es uno de los nutrientes más utilizados por los agricultores ya que mejoran ampliamente los rendimientos, pero este elemento se encuentra deficiente en el suelo, debido al uso excesivo de los fertilizantes químicos. La fertilización del cultivo del maíz en las fincas de los agricultores, en su gran mayoría se basa en la aplicación de los fertilizantes nitrogenados de síntesis química, sin un sustento técnico que garantice una eficiente asimilación de este elemento, provocando que la planta no reciba el nitrógeno de forma adecuada, por lo que se afectan los rendimientos y hay pérdidas económicas por el mal uso de los recursos y contaminación ambiental. Una de las alternativas para resolver este problema es la aplicación de los microorganismos fijadores de N con las bacterias *Paenibacillus polymyxa* y *Azotobacter* que tienen un efecto estimulante en los indicadores de crecimiento y el rendimiento del cultivo de maíz.

El cultivo del maíz en la parroquia San Carlos del cantón Quevedo provincia de Los Ríos presenta problemas de crecimiento y bajos rendimientos, la aplicación de microorganismos fijadores de nitrógeno puede constituir una alternativa biológica que promueva el incremento del crecimiento del cultivo de maíz.

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de la aplicación de microorganismos fijadores de nitrógeno en el crecimiento del cultivo de maíz (*Zea mays* L.).

Materiales y métodos

La investigación se realizó en un suelo franco arcilloso de la finca “El Provenir” de la señora Antonieta Saa, ubicada en la parroquia San Carlos del cantón Quevedo de la provincia de Los Ríos. La localidad donde se realizó la investigación tiene en promedio 24.2 °C de temperatura, 75% de humedad relativa y 2,252.2 mm de precipitación, según registros de la Estación Experimental Pichilingue (INIAP, 2020).

Se utilizó como material genético de siembra el híbrido comercial de maíz Somma, que es un híbrido de maíz amarillo, con ciclo vegetativo de 125 días promedios. Entre sus principales características se destacan el buen potencial de rendimiento con promedio de 8.5 t ha⁻¹ (seco y limpio), tolerancia a las principales enfermedades tropicales de hoja y de mazorca. Además, posee un buen rendimiento en trilla y uniformidad en altura de inserción de mazorca, la misma que es de forma cónica. Tiene entre 55-56 días a floración, altura de la planta promedio es de 207 cm (Syngenta, 2021).

Se utilizó un diseño experimental de Completos al Azar (DBCA), con diez tratamientos en tres repeticiones (Tabla 1). Las variables de respuesta fueron sometidas al análisis de varianza ANOVA, se utilizó la prueba de comparación múltiple de Tukey al 0.05% de probabilidad del error para la comparación de las medias de los tratamientos. La tabulación de los datos obtenidos se la efectuó en Excel 2016, mientras que para el procesamiento estadístico se utilizó el programa estadístico InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2020).

Durante el desarrollo del experimento se realizaron todas las labores y prácticas agrícolas que requiere el cultivo, para su normal crecimiento y desarrollo según lo indicado por (INIAP, 2014).

La bacteria *Paenibacillus polymyxa* se obtuvo del producto comercial “Fijador de Nitrógeno[®]” con una concentración de 7x10¹¹ UFC L⁻¹. La bacteria *Azotobacter chroococcum* cepa BP121, fue obtenida del producto comercial “NITROGEL[®] SC (Suspensión Concentrada). La aplicación se realizó en la siembra, a los 25 y 40 días después de la siembra (DDS). Se procedió a inocular las semillas antes de la siembra con los productos biológicos por un tiempo de dos horas, considerada esta la primera aplicación, a los 25 DDS se hizo la segunda aplicación en el cultivo y la tercera aplicación a los 40 DDS, de forma foliar asperjando sobre las plantas, usando una bomba de mochila, previamente calibrada y para una mejor

eficiencia se utilizó una boquilla de abanico estándar 110°-01 para presión de 1.5-4 kg cm².

Se evaluaron diez plantas al azar por tratamiento dentro de la parcela útil de cada unidad experimental en dos momentos del desarrollo de la planta (45 y 55 DDS), en las que se midió la altura de la planta, diámetro del tallo y altura de inserción de mazorca. La altura de la planta se midió con una cinta métrica (cm), desde la base del tallo hasta la inserción de la

inflorescencia masculina y para la variable diámetro del tallo se utilizó un calibrador (mm), midiendo en la parte media del tallo de la planta. La variable altura de inserción de la mazorca se realizó antes de la cosecha y se determinó por la distancia (cm) comprendida entre el nivel del suelo hasta el punto de inserción de la mazorca principal.

Tabla 1. Tratamientos estudiados

Microorganismos fijadores de nitrógeno		Dosis (L ha ⁻¹)
T1	Paenibacillus polymyxa	2.0 L ha ⁻¹
T2	Paenibacillus polymyxa	3.0 L ha ⁻¹
T3	Paenibacillus polymyxa	4.0 L ha ⁻¹
T4	Azotobacter chroococcum	2.0 L ha ⁻¹
T5	Azotobacter chroococcum	3.0 L ha ⁻¹
T6	Azotobacter chroococcum	4.0 L ha ⁻¹
T7	P. polymyxa + A. chroococcum	1 L ha ⁻¹ + 1 L ha ⁻¹
T8	P. polymyxa + A. chroococcum	1.5 L ha ⁻¹ + 1.5 L ha ⁻¹
T9	P. polymyxa + A. chroococcum	2.0 L ha ⁻¹ + 2.0 L ha ⁻¹
T10	Control (sin aplicación)	

Tabla 2. Altura de la planta de maíz a los 45 y 55 días (AP) después de la siembra en respuesta a la aplicación de los tratamientos en estudio

	Microorganismos fijadores de nitrógeno	Dosis (L ha ⁻¹)	AP45 (cm)	Sig	AP55 (cm)	Sig
T1	Paenibacillus polymyxa	2.0 L ha ⁻¹	145,98	e f	147,94	d
T2	Paenibacillus polymyxa	3.0 L ha ⁻¹	169,28	bc	170,00	b
T3	Paenibacillus polymyxa	4.0 L ha ⁻¹	158,89	cd	160,01	c
T4	Azotobacter chroococcum	2.0 L ha ⁻¹	145,67	f	147,14	d
T5	Azotobacter chroococcum	3.0 L ha ⁻¹	157,08	d	158,8	c
T6	Azotobacter chroococcum	4.0 L ha ⁻¹	174,54	ab	175,09	ab
T7	P. polymyxa + A. chroococcum	1 L ha ⁻¹ + 1 L ha ⁻¹	156,32	d	157,66	c
T8	P. polymyxa + A. chroococcum	1.5 L ha ⁻¹ + 1.5 L ha ⁻¹	168,45	bc	169,06	b
T9	P. polymyxa + A. chroococcum	2 L ha ⁻¹ + 2 L ha ⁻¹	181,42	a	182,01	a
T10	Control (sin aplicación)		138,5	f	144,54	d
	Promedio		159,61		161,22	
	CV (%)		2,10		1,80	
	E. E		10,61		8,73	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes, según la prueba de Tukey (p > 0.05). Sig (Significancia). CV (Coeficiente de variación)

Resultados

Los resultados del análisis de varianza para la variable altura de la planta a los 45 y 55 días después de la siembra (DDS) reflejaron significancia estadística ($p < 0.05$) entre los tratamientos (Tabla 2). La mayor altura de la planta a los 45 días la obtuvo el tratamiento T9 (*P. polymyxa* + *A. chroococcum*, 2.0 L ha⁻¹ + 2.0 L ha⁻¹) con 181.42 cm, siendo significativamente superior al resto de tratamientos, excepto al T6 (*A. chroococcum* 4.0 L ha⁻¹). El valor promedio para esta variable fue de 159.61 cm.

A los 55 DDS, las plantas también alcanzaron la mayor altura con el tratamiento T9 (*P. polymyxa* + *A. chroococcum*), seguido de T6 (*A. chroococcum* 4.0 L ha⁻¹), difiriendo significativamente ($p < 0.05$) con el resto de los tratamientos, incluyendo al control T10 (sin aplicación) que alcanzó la menor altura con un valor de 144.54 cm. Se obtuvo un valor promedio en el crecimiento de la planta en altura a los 55 DDS de 161.22 cm (Tabla 2).

Para la variable diámetro del tallo de la planta de maíz (Tabla 3) a los 45 y 55 DDS en respuesta a la aplicación de los tratamientos en estudio, se pudo apreciar que se

registró significancia estadística ($p < 0.05$) entre estos. El mejor tratamiento a los 45 DDS fue T9 (*P. polymyxa* + *A. chroococcum*, 2 L ha⁻¹ + 2 L ha⁻¹) que obtuvo un diámetro de 20.2 mm, seguido del T6 (*A. chroococcum* 4.0 L ha⁻¹) y T3 (*P. polymyxa* 4.0 L ha⁻¹), que alcanzaron también los mayores valores del diámetro del tallo, con 19.56 y 19.51, respectivamente. Todos los tratamientos difieren estadísticamente con el control (sin aplicación) que registró el menor diámetro de tallo con 15.86 cm. El valor promedio para esta variable fue de 18.43 cm (Tabla 3).

A los 55 días después de la siembra también se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre tratamientos en la variable del diámetro del tallo (Tabla 3). El mayor diámetro de tallo se obtuvo con el tratamiento T9 (*P. polymyxa* + *A. chroococcum*, 2 L ha⁻¹ + 2 L ha⁻¹), con 20.14 mm, seguido del T6 (*A. chroococcum* 4.0 L ha⁻¹), con 19.72 mm y T3 (*P. polymyxa* 4.0 L ha⁻¹), con 19.56 mm. Los tratamientos que tuvieron menores diámetros de tallo fueron T4 (*A. chroococcum* 2.0 L ha⁻¹), con 17.70 mm y T10 control (sin aplicación) con un valor de 16.60 cm, sin diferencias significativas entre ellos.

Tabla 3. Diámetro del tallo a los 45 y 55 días (DT45) después de la siembra en respuesta a la aplicación de los tratamientos en estudio

	Microorganismos fijadores de nitrógeno	Dosis (L ha ⁻¹)	DT45 (mm)	Sig	DT55 (mm)	Sig
T1	<i>Paenibacillus polymyxa</i>	2.0 L ha ⁻¹	17,65	b	17,77	d e
T2	<i>Paenibacillus polymyxa</i>	3.0 L ha ⁻¹	18,9	a b	18,69	a b c d e
T3	<i>Paenibacillus polymyxa</i>	4.0 L ha ⁻¹	19,51	a	19,56	a b c
T4	<i>Azotobacter chroococcum</i>	2.0 L ha ⁻¹	17,59	b	17,7	e
T5	<i>Azotobacter chroococcum</i>	3.0 L ha ⁻¹	18,44	a b	18,39	b c d e
T6	<i>Azotobacter chroococcum</i>	4.0 L ha ⁻¹	19,56	a	19,72	a b
T7	<i>P. polymyxa</i> + <i>A. chroococcum</i>	1 L ha ⁻¹ + 1 L ha ⁻¹	17,79	b	17,95	c d e
T8	<i>P. polymyxa</i> + <i>A. chroococcum</i>	1.5 L ha ⁻¹ + 1.5 L ha ⁻¹	19,05	a b	19,23	a b c d e
T9	<i>P. polymyxa</i> + <i>A. chroococcum</i>	2 L ha ⁻¹ + 2 L ha ⁻¹	20,02	a	20,14	a
T10	Control (sin aplicación)		15,86	c	16,6	e
	Promedio		18,43		18,57	
	CV (%)		2,00		2,13	
	E. E		0,14		0,16	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes, según la prueba de Tukey ($p > 0.05$). Sig (Significancia). CV (Coeficiente de variación)

Los resultados del análisis estadístico para a variable altura de inserción de la mazorca se presentan en la Figura 1. El tratamiento T9 (*P. polymyxa* + *A. chroococcum*, 2 L ha⁻¹ + 2 L ha⁻¹), obtuvo la mayor altura de inserción de mazorca en la planta de maíz, con un valor de 118.51 cm, difiriendo significativamente ($p < 0.05$) con el resto de los tratamientos estudiados.

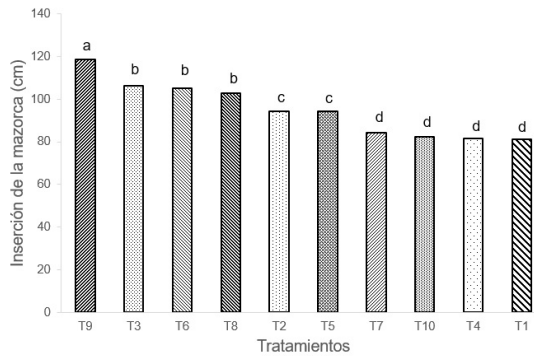


Figura 1. Inserción a la mazorca en respuesta a la aplicación de los tratamientos en estudio

Medias con una letra común no son significativamente diferentes, según la prueba de Tukey ($p > 0.05$). CV=1, 61. E.E = 2.40. Promedio= 95.01 cm. T1 (*Paenibacillus polymyxa* 2.0 L ha⁻¹), T2 (*P. polymyxa* 3.0 L ha⁻¹), T3 (*P. polymyxa* 4.0 L ha⁻¹), T4 (*Azotobacter chroococcum* 2.0 L ha⁻¹), T5 (*A. chroococcum* 3.0 L ha⁻¹), T6 (*A. chroococcum* 4.0 L ha⁻¹), T7 (*P. polymyxa* + *A. chroococcum* 1 L ha⁻¹ + 1 L ha⁻¹), T8 (*P. polymyxa* + *A. chroococcum* 1.5 L ha⁻¹ + 1.5 L ha⁻¹) T9 (*P. polymyxa* + *A. chroococcum* 2 L ha⁻¹ + 2 L ha⁻¹) y T10 (Control - sin aplicación). T10 Control (sin aplicación)

Discusión

Los resultados obtenidos en la presente investigación dan un punto de partida para la mejora de la sustentabilidad agrícola en los sistemas de producción maicero con el uso de productos biológicos a base de bacterias fijadoras de nitrógeno, que pueden incrementar el nitrógeno en la planta y por tanto se pueden obtener al inicio discretos beneficios económicos. En tal sentido al combinarse los microorganismos o bacterias como *P. polymyxa* y *A. chroococcum* se incrementó el crecimiento de la planta del maíz. Este resultado se puede atribuir a un efecto de la combinación de los productos biológicos en un agroecosistema con un manejo convencional (degradado por el uso excesivo de los agroquímicos), donde se aplicaron por primera vez los productos (BFN). Estos microorganismos han demostrado tener la capacidad de promover de manera directa e indirecta el crecimiento vegetal, la mayoría de ellos forman una asociación simbiótica con las raíces de las plantas (Hodge, 2015).

La primera aplicación de los tratamientos se hizo con la inoculación de la semilla con las BFN, para la siembra

del maíz y se observó un beneficio en el crecimiento de las plantas (AP45, DT45, AP55 y DT55) tratadas en relación con el testigo sin aplicación. Al respecto Tanya (2019) considera que desde el punto de vista agrícola los microorganismos eficientes (ME) promueven la germinación de semillas, favorecen, el crecimiento y desarrollo de los frutos y permiten una reproducción más exitosa en las plantas. Adicionalmente se ha demostrado que mejoran la estructura física de los suelos, incrementan la fertilidad química de los mismos y suprimen a varios agentes patógenos causantes de enfermedades en numerosos cultivos. Desde el punto de vista sociológico se ha determinado que los ME incrementan la capacidad fotosintética de los cultivos, así como su capacidad para absorber agua y nutrientes. Además, mejoran la calidad y reducen los tiempos de maduración de abonos orgánicos, en particular, el composteo.

El tratamiento T6 (*A. chroococcum* 4.0 L ha⁻¹) también tuvo efecto sobre los indicadores de crecimiento de la planta de maíz, al parecer la inoculación directa de las semillas con la bacteria generó el efecto de simbiosis que se establece entre las raíces de las plantas y el suelo, logrando mejor fijación de N. Las bacterias *Azotobacter* son capaces de fijar el nitrógeno atmosférico en el suelo, fijan aproximadamente 20 mg N/g de azúcar en el cultivo o puro en un medio libre de nitrógeno siendo una fuente para obtener un biofertilizante. Así mismo los microorganismos de alta biotecnología, aumentan la capacidad de intercambio catiónico, mejoran la estructura del suelo, aportan bacterias fijadoras de nitrógeno al suelo, también disminuyen las incidencias de plagas y enfermedades en los cultivos, se reduce la aplicación de pesticidas, disminuye la aplicación de abono químico, la aplicación edáfica y foliar en pre y post-siembra, floración y fructificación (Andrade, 2019).

Tanto las variables de crecimiento estudiadas mostraron un incremento moderado con respecto a las aplicaciones de los dos tipos de microorganismos, en el caso del *P. polymyxa* parece ser que su combinación con el *A. chroococcum*, donde se mezclaron 2.0 L de cada producto, se reforzaron los efectos y la influencia fue mejor, tal y como lo considera Weselowski *et al.* (2016) las especies de *Paenibacillus* asociadas a plantas pueden influir directamente en el crecimiento de las plantas al producir ácido indol-3-acético (IAA) y otras fitohormonas auxinas, solubilizando el fósforo inaccesible en una forma que puede ser absorbida por las raíces de las plantas, y algunas especies también pueden fijar nitrógeno atmosférico. Además, *Paenibacillus* ayuda a controlar los fitopatógenos activando la resistencia sistémica inducida (ISR) y/o produciendo una variedad de sustancias biosidas.

Los microorganismos de importancia agrícola representan una estrategia ecológica clave hacia el desarrollo integrado de prácticas tales como manejo de nutrientes, enfermedades y plagas, con miras a reducir el uso de productos químicos en la agricultura, así como para mejorar el rendimiento de los cultivos (Bhattacharyya *et al.*, 2016).

Paramanandham *et al.* (2017) refieren que el uso de

los microorganismos en los sistemas agrícolas, conllevan a un aumento y desarrollo de las plantas y suprimen las enfermedades. Las influencias beneficiosas incluyen la fijación de nitrógeno, la absorción de los nutrientes principales, la promoción del crecimiento de ramas y raíces, el control o la supresión de enfermedades y la mejora de la estructura del suelo (Vadakattu, 2012). Lo anterior tributa a los resultados obtenidos en esta investigación, partiendo del hecho que fue la primera práctica agrícola orgánica con productos biológicos que recibió este sistema y que se partió de un problema de degradación y contaminación por el uso inadecuado de los productos químicos y a pesar de tratarse de un Híbrido Somma importante por tener rendimientos promedios de 8.5 Mg ha⁻¹, se obtuvo un crecimiento óptimo del cultivo con la aplicación de la mayor dosis de microorganismos fijadores de nitrógeno.

Con los aportes científicos de esta investigación se puede destacar la importancia de implementar el uso de las bacterias fijadoras de Nitrógeno como fuentes de suministro de este importante elemento para el crecimiento y desarrollo de la planta, a la vez se reconoce la necesidad de seguir investigando la combinación de esta técnica con la otras alternativas ecológicas que permitan llegara a establecer tecnologías de los sistemas de producción en el cultivo del maíz hacia la sostenibilidad agrícola, para promover el rendimiento y productividad de este cultivo de considerable importancia económica para el país.

Conclusiones

A los 55 días después de la siembra (DDS) del cultivo se obtuvo un buen crecimiento de las plantas de maíz con altura de 182.01 cm, y diámetro del tallo de 20.14 mm con la aplicación del tratamiento T9 (*P. polymyxa* + *A. chroococcum* 2 L ha⁻¹ + 2 L ha⁻¹). Además, la inserción de la mazorca también fue a los 120 cm de altura de la planta, para este mismo tratamiento.

Referencias bibliográficas

- Andrade, J. (2019). Efecto de la inoculación con *Azotobacter* sp. en el crecimiento de plantas injertadas de cacao (*Theobroma cacao* L.), genotipo nacional, en la provincia de Esmeraldas. Escuela Politécnica Nacional, Quito. [Tesis de Grado, Escuela Politécnica Nacional]
- Bhattacharyya, P., Goswami, M. y Bhattacharyya, L. (2016). Perspective of beneficial microbes in agriculture under changing climatic scenario: A review. *Journal of Phytology*, 8, 26-41. doi:doi: 10.19071/jp.2016.v8.3022
- Deras Flores, H. (2011). El cultivo del maíz. Guía Técnica. San Salvador: IICA. Instituto Latinoamericano de Cooperación para la Agricultura. Recuperado el septiembre de 15 de 2021, de <https://repositorio.iica.int/handle/11324/11893>.
- Di Rienzo, J., Casanoves, F., Balzarini, M., Gonzalez, L., Tablada, M. y Robledo, C. (2020). InfoStat versión 2019. Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba-Argentina, Obtenido de <http://www.infostat.com.ar>.
- Esmailpour, A. H. (2013). Impact of Livestock Manure, Nitrogen and Biofertilizer (*Azotobacter*) on Yield and Yield Components Wheat (*Triticum aestivum* L.). *Cercetari Agronomice in Moldova*, 46(2).
- Guamán Guamán, R. N., Desiderio Vera, T. X., Villavicencio Abril, Á. F., Ulloa Cortázar, S. M. y Romero S. E. J. (2020). Evaluación del desarrollo y rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) utilizando cuatro híbridos. *Siembra*, 7(2), 47-56.
- Hodge, A. (2015). Arbuscular mycorrhiza and nitrogen: implications for individual plants through to ecosystems. *Plant Soil* 386, 1-19. doi:<https://doi.org/10.1007/s11104-014-2162-1>
- INIAP.(2014). Maíz duro. Obtenido de INIAP: <http://tecnologia.iniap.gob.ec/index.php/explore-2/mcereal/rmaizd>
- INIAP. 2020. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Estación Experimental Tropical Pichilingue, Mocache, Ecuador.
- Paramanandham, P., Rajkumari, J., Pattnaik, S. y Busi, S. (2017). Biocontrol Potential Against *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* and *Alternaria solani* and Tomato Plant Growth Due to Plant Growth-Promoting Rhizobacteria. *International Journal of Vegetable Science*, 23(4), 294-303.
- Syngenta.(2021). Ecuador. <https://www.syngenta.com.ec/somma>
- Tanya Morocho, M. (2019). Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas. *Centro Agrícola*, 46(2), 93-103.
- Vadakattu, G. (2012). Beneficial microorganisms for sustainable agriculture. *Official Journal of the Australian Society for Microbiology INC*, 33(3), 113-115.
- Weselowski, B. N.-C. (2016). Isolation, identification and characterization of *Paenibacillus polymyxa* CR1 with potentials for biopesticide, biofertilization, biomass degradation and biofuel production. *BMC Microbiology*, 16(1), 1-10.

