



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE AGROPECUARIA**

**CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA Y BIOQUÍMICA DE
RIZOBACTERIAS DEL CULTIVO DE *Arachis* sp. AISLADAS DE
MANGLARALTO, PROVINCIA DE SANTA ELENA**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Requisito parcial para la obtención del título de:

INGENIERA AGROPECUARIA

Autor: Kelly Analiz Pin Pilay

LA LIBERTAD, JULIO 2025



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE AGROPECUARIA**

**CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA Y BIOQUÍMICA DE
RIZOBACTERIAS DEL CULTIVO DE *Arachis* sp. AISLADAS DE
MANGLARALTO, PROVINCIA DE SANTA ELENA**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Requisito parcial para la obtención del título de:

INGENIERA AGROPECUARIA

Autora: Kelly Analiz Pin Pilay

Tutor: Blgo. Javier Soto Valenzuela, Ph.D.

LA LIBERTAD, 2025

TRIBUNAL DE GRADO

Trabajo de Integración Curricular presentado por **KELLY ANALIZ PIN PILAY** como requisito parcial para la obtención del grado de Ingeniera Agropecuaria de la Carrera de Agropecuaria.

Trabajo de Integración Curricular **APROBADO** el: 07/07/2025

Ing. Verónica Andrade Yucailla, Ph.D.

**DIRECTORA DE CARRERA
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

Ing. Agr. Daniel Ponce De León
Lima, Ph.D.

**PROFESOR ESPECIALISTA
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Firmado electrónicamente por:
**JAVIER OSWALDO SOTO
VALENZUELA**

Validar únicamente con FirmaEC

Blgo. Javier Soto Valenzuela, Ph.D.
**PROFESOR TUTOR
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

Ing. Agr. Nadia Quevedo Pinos, Ph. D.
**PROFESORA GUÍA DE LA UIC
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

Ing. Com. Washington Perero Vera,
Mgtr.
**ASISTENTE ADMINISTRATIVO
SECRETARIO**

AGRADECIMIENTOS

A Dios, gracias a él por seguir dándome fuerzas y sabiduría en todos estos años de estudios.

Al Blgo. Javier Soto Valenzuela, PhD, tutor de mi trabajo de investigación, por brindarme su conocimiento, apoyo y tiempo para así poder culminar con éxitos este trabajo.

A los Ing. Anthony Perero y Nohelia Gómez por su valiosa ayuda y tiempo que generosamente dedicaron su apoyo en el desarrollo de mi trabajo. Les estoy eternamente agradecida.

A mis padres, Guillermo Pin y Mariela Pilay por ser un pilar fundamental en mi vida. Su guía constante me ha acompañado a seguir logrando esta etapa académica, gracias por la confianza, esfuerzo y apoyo incondicional. A mi hermana Kenlly Pin por motivarme con sus palabras de aliento, por el cariño y compañía siempre.

A mis amig@s Miguel, Richard, Angie y Marilyn por brindarme la motivación y las perspectivas necesarias a superar cada obstáculo. Gracias por convertir estos años de estudio en una experiencia imborrable.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación a Dios por seguir dándome salud y sabiduría para poder llegar a culminar esta etapa muy importante en mi formación profesional. A mis padres Guillermo Pin y Mariela Pilay por el apoyo firme y constante, por saber guiarme y aconsejarme durante este camino académico e inculcarme los valores que me han convertido ser mejor persona. A mi hermana Kenlly Pin por ser mi alma gemela, quien me ha motivado a seguir con mis estudios. A mis sobrinos Amy, Alina y Eithan que son la razón de mi vivir, quienes me motivan a lograr cada meta. A mi bello ángel, María Peñafiel quien me cuida desde el cielo. Su amor incondicional y sus enseñanzas viven en mi corazón. Sé que desde allá arriba me guía y acompaña con su dulce sonrisa.

RESUMEN

La presente investigación se centra en la caracterización morfológica y bioquímica de las rizobacterias asociadas al cultivo de *Arachis* sp. en Manglaralto - UPSE provincia de Santa Elena, para ser recomendadas con caracterización Rizobacterias Promotoras del Crecimiento de las plantas. En este contexto, se destaca el potencial de las PGPR como bacterias de la rizosfera que pueden utilizarse para promover el crecimiento y mitigar las enfermedades en las plantas. Las PGPR están asociadas principalmente a géneros como *Rhizobium* sp, *Bacillus* sp, *Azotobacter* sp, *Pseudomonas* sp y *Enterobacter* sp. El objetivo fue caracterizar rizobacterias aisladas del cultivo de *Arachis* sp., realizada en dos fases; in vitro que incluyó pruebas morfo-bioquímicas como tinción de Gram, catalasa y la capacidad del virar del medio ABT; así como también, en pruebas de crecimiento en niveles de pH, salinidad y antibióticos. La fase vivero incluyó la inoculación en semillas de tres variedades de frijoles, screening biológico en germinación, longitud de la parte aérea y longitud radicular de la plántula, evaluados a los seis días. También se evaluaron variables morfológicas a los quince y treinta días después del trasplante, con resultados significativos en los tratamientos MAP 104R2A, MAP 104R2B, MAP 104R2C, MAP 104R3A, MAP 105R1A y MAP 105R3A a los quince y treinta días. Por último, mediante análisis clúster se sugiere como potenciales PGPR a cuatro de las nueve cepas estudiadas.

Palabras claves: Rizobacterias, bioquímicas, cepas, in vitro, vivero y variables morfológicas.

ABSTRACT

This research focuses on the morphological and biochemical characterization of rhizobacteria associated with *Arachis* sp. cultures in Manglaralto, UPSE, Santa Elena province, to be recommended as Plant Growth Promoting Rhizobacteria. In this context, the potential of PGPRs as rhizosphere bacteria that can be used to promote growth and mitigate plant diseases is highlighted. PGPRs are mainly associated with genera such as *Rhizobium* sp., *Bacillus* sp., *Azotobacter* sp., *Pseudomonas* sp., and *Enterobacter* sp. The objective was to characterize rhizobacteria isolated from *Arachis* sp. cultures, carried out in two phases: in vitro, which included morpho-biochemical tests such as Gram staining, catalase, and the ability to fertilise in ABT medium; as well as growth tests under different pH, salinity, and antibiotic levels. The nursery phase included seed inoculation of three bean varieties, biological screening for germination, shoot length, and root length of the seedling, which were evaluated at six days. Morphological variables were also assessed at fifteen and thirty days after transplanting, with significant results in treatments MAP 104R2A, MAP 104R2B, MAP 104R2C, MAP 104R3A, MAP 105R1A, and MAP 105R3A at fifteen and thirty days. Finally, cluster analysis suggested four of the nine strains studied as potential PGPRs.

Keywords: Rhizobacter, biochemical, strains, in vitro, nursery, and morphological variables.

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

El presente Trabajo de Integración Curricular titulado “**CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA Y BIOQUÍMICA DE RIZOBACTERIAS DEL CULTIVO DE *Arachis* sp. AISLADAS DE MANGLARALTO, PROVINCIA DE SANTA ELENA**” elaborado por **Kelly Analiz Pin Pilay**, declara que la concepción, análisis y resultados son originales y aportan a la actividad científica educativa agropecuaria.

Transferencia de derechos autorales.

"El contenido del presente Trabajo de Graduación es de mi responsabilidad; el patrimonio intelectual del mismo pertenece a la Universidad Estatal Península de Santa Elena".

Firma del estudiante

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
Problema Científico	1
Justificación de la investigación	2
Objetivos	2
Objetivos Específicos.....	2
Hipótesis	2
CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
1.1 Microbiana de la rizosfera en el suelo	3
1.2 Rizobacterias Promotoras del Crecimiento de las Plantas	3
1.3 Rizosfera e interacciones planta-microorganismos	3
1.4 Mecanismos de acción PGPR	3
1.4.1 Mecanismos de acción directos	4
1.4.2 Mecanismos de acción indirectos.....	4
1.5 Principales géneros de rizobacterias – leguminosas	5
1.5.1 Rhizobium	5
1.5.2 Azorhizobium.....	6
1.5.3 Pseudomonas.....	6
1.5.4 Enterobacter	6
1.6 Métodos de aislamiento de rizobacterias	6
1.7 Pruebas morfo-bioquímicas	6
1.7.1 Tinción de Gram	6
1.7.2 Prueba de catalasa	7
1.8 Pruebas fisiológicas	7
1.8.1 pH.....	7
1.8.2 Salinidad.....	7
1.8.3 Antibiogramas	7
1.9 Screening biológico	8
1.10 Leguminosa - <i>Phaseolus vulgaris</i>	8
1.11 Interacción de las PGPR en leguminosas	8
1.12 Efectos de la inoculación de las PGPR en leguminosas	9
CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS	10
2.1 Caracterización del área	10
2.2 Materiales, equipos y reactivos	10
2.2.1 Material biológico	10
2.2.2 Material de laboratorio	10
2.2.3 Material vegetal.....	11
2.2.4 Equipos de laboratorio	11
2.2.5 Reactivos para medios de cultivo.....	11
2.3 Tipo de investigación	12
2.4 Diseño experimental	12
2.5 Manejo del experimento	12
2.5.1 Esterilización de materiales.....	13
2.5.2 Pruebas morfo-bioquímicas.....	13
2.5.3 Pruebas fisiológicas.....	14
2.5.4 Screening biológico.....	14
2.6 Parámetros evaluados	15
2.6.1 Morfo-bioquímicos y fisiológicos de bacterias	15
2.6.1 Screening biológico a los seis días	16

2.6.2	Variables morfológicas a los quince días	17
2.6.3	Variables morfológicas a los treinta días	17
2.7	Análisis estadístico de los resultados	18
CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN		19
3.1	Características de las pruebas morfo-bioquímicas de las cepas aisladas probables PGPR.....	19
3.1.1	Resultados del pH en el crecimiento de las bacterias.....	20
3.1.2	Resultados del crecimiento de las bacterias en tres concentraciones de salinidad	21
3.1.3	Resultados de prueba de antibióticos en bacterias PGPR	22
3.2	Screening biológico en tres variedades de frijoles.....	22
3.2.1	Resultados de las variables morfológicas a los seis días.....	23
3.2.2	Resultado de las variables morfológicas a los quince días.....	24
3.2.3	Resultado de las variables morfológicas a los treinta días	26
3.2.4	Análisis clúster de pruebas fisiológicas y efecto de cepas bacterianas tipo PGPR en cultivos de leguminosas	27
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		29
Conclusiones		29
Recomendaciones		29
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		30
ANEXOS.....		37

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Esquema ANOVA	12
Tabla 2. Descripción de tratamientos a nivel vivero	12
Tabla 3. Rango para evaluar el crecimiento del halo en cuatro niveles de pH.....	16
Tabla 4. Rango para evaluar el halo en niveles de salinidad.....	16
Tabla 5. Rango para medir el halo de inhibición de bacterias en antibiograma.....	16
Tabla 6. Caracterización morfo-bioquímica de posibles bacterias PGPR.	19
Tabla 7. Crecimiento del halo (mm) en niveles de pH	20
Tabla 8. Crecimiento de cepas en concentraciones de NaCl (mm).....	21
Tabla 9. Prueba en antibióticos (mm)	22
Tabla 10. Efecto de la inoculación a los seis días	23
Tabla 11. Efectos de la inoculación a los quince días	25
Tabla 12. Efectos de la inoculación a los treinta días	27

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Capacidad de viraje del medio LMA - ABT	20
Figura 2. Crecimiento de cepas en diferentes niveles de pH	21
Figura 3. Efectos de inoculación de PGPR en semillas de variedades de frijoles.....	24
Figura 4. Análisis clúster en las pruebas fisiológicas de las 9 cepas bacterianas	28
Figura 5. Análisis clúster del efecto de las cepas en tres variedades de frijoles.....	28

ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo 1A.** Reactivación de bacterias
- Anexo 2A.** Purificación de bacterias en LMC
- Anexo 3A.** Tinción de Gram
- Anexo 4A.** Prueba de ABT – LMC
- Anexo 5A.** Prueba de catalasa
- Anexo 6A.** Inoculación en tres variedades de frijoles
- Anexo 7A.** Cultivo de leguminosas inoculadas
- Anexo 8A.** Variables morfológicas
- Anexo 9A.** Porcentaje de germinación a los seis días
- Anexo 10A.** Longitud parte aérea a los seis días
- Anexo 11A.** Longitud radicular a los seis días
- Anexo 12A.** Efectos de la inoculación de PGPR en variables morfológicas: longitud radicular, diámetro del tallo, longitud del tallo, número y ancho de hojas a los quince días
- Anexo 13A.** Efectos de la inoculación de PGPR en variables morfológicas: longitud radicular, diámetro del tallo, longitud del tallo, número y ancho de hojas a los treinta
- Anexo 14A.** Descripción del análisis de la varianza en el cultivo de frijol negro
- Anexo 15A.** Descripción del análisis de la varianza en el cultivo de frijol rojo
- Anexo 16A.** Descripción del análisis de la varianza en el cultivo de frijol panamito

INTRODUCCIÓN

Los microorganismos son esenciales para el funcionamiento y la sostenibilidad de todos los ecosistemas naturales, uno de estos ecosistemas es el suelo, un hábitat complejo y heterogéneo donde existe una gran diversidad de microorganismos. Dentro del sistema suelo podemos distinguir el entorno inmediato de la raíz de la planta, es decir, la rizósfera, la cual es considerada como uno de los puntos más densamente poblados y dinámicos en el suelo (Giler, 2017).

Las rizobacterias que promueven el crecimiento, son beneficiosas para el crecimiento y desarrollo de las plantas; a través del mecanismo indirecto de mejorar la nutrición de las plantas o participar directamente en el metabolismo o activando el metabolismo defensivo, previniendo con éxito la invasión de microorganismos patógenos evitando que la planta obtenga un mejor desarrollo (Moreno *et al.*, 2018).

Los géneros mayormente utilizados en la elaboración de bioinoculantes son *Rhizobium*, *Azotobacter*, *Pseudomonas* y *Enterobacter* debido a su capacidad para fijar nitrógeno de la atmósfera, solubilizar fosfatos y sintetizar hormonas como el ácido-indol-3-acético, se destacan por su potencial como biofertilizantes e inciden grandemente en el rendimiento y en la calidad de los cultivos (Alcarraz *et al.*, 2020). La inoculación con PGPR en leguminosas, actualmente es una práctica común y de gran relevancia, mejoran la absorción de nutrientes, aumentan la nodulación y el rendimiento agrícola (Korir *et al.*, 2017).

El cultivo *Arachis* sp. cuenta con una baja producción de grano debido al manejo inadecuado del cultivo al momento de la fertilización que es un componente importante para poder suplir las necesidades nutricionales del cultivo. Es por eso que se buscan alternativas como el uso de bioestimulantes que permitan desarrollar en las plantas acciones que ayuden a mejorar la nutrición de las plantas cuando toman los nutrientes del suelo, así como incrementar la capacidad de absorción de los nutrientes del cultivo (Morán, 2021).

Problema Científico

¿La caracterización morfoquímica de las rizobacterias asociadas al cultivo de *Arachis* sp. aisladas en el Centro de Apoyo Manglaralto UPSE, contribuirá a la búsqueda de alternativas biológicas para mejorar la productividad y salud de los cultivos?

Justificación de la investigación

La importancia de los microorganismos rizosféricos radica en el desempeño de un papel fundamental en el crecimiento vegetal de las plantas, que pueden influir en la absorción de nutrientes, control de patógenos y la estructura del suelo. Los macroorganismos rizosféricos son una alternativa viable para la agricultura, la cual reemplaza sistemas de fertilización y promueven un sistema biológico en las plantas ya que ayuda al crecimiento y desarrollo.

Por lo anteriormente mencionado, la presente investigación se centra en la caracterización morfo-bioquímica y fisiológicas de las rizobacterias asociadas a cultivos de *Arachis* sp. en Manglaralto - UPSE. Por otra parte, el creciente interés en la agricultura sostenible ha impulsado la búsqueda de alternativas biológicas para mejorar la productividad y salud de los cultivos. Este trabajo contribuirá a ampliar conocimientos sobre la caracterización y función de las comunidades microbianas asociadas a las raíces del cultivo *Arachis* sp. para ser seleccionadas como inóculos con capacidad efectiva e infectiva en cultivos de leguminosas, cuyos resultados permitirán recomendar cepas bacterianas con potencial para ser utilizadas como biofertilizantes.

Objetivos

Objetivo General:

- ❖ Caracterizar mediante pruebas morfológicas y bioquímicas cepas bacterianas aisladas de la rizósfera del cultivo de *Arachis* sp. en el Centro de Apoyo Manglaralto.

Objetivos Específicos:

- Determinar las características de microorganismos mediante pruebas morfológicas y bioquímicas como PGPR.
- Evaluar el efecto de las bacterias caracterizadas como PGPR en tres variedades de frijoles.
- Recomendar las mejores bacterias con características PGPR resultantes de los análisis realizados.

Hipótesis

La búsqueda de alternativas biológicas para mejorar la productividad y salud de los cultivos es posible a partir de la caracterización morfológica y bioquímica de las rizobacterias aisladas de la rizósfera del cultivo de *Arachis* sp.

CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 Microbiana de la rizosfera en el suelo

En el suelo, existen millones de microorganismos, principalmente bacterias y hongos, unidos a las raíces de las plantas que trabajan a la par en una relación simbiótica. Dado que en el suelo se encuentran los ensamblajes más diversos en riqueza y abundancia en la biósfera, se ha considerado como un ambiente complejo en el cual las comunidades microbianas del mismo juegan un papel fundamental en las funciones de los ecosistemas. Por otro lado, allí se desarrolla una zona de interacciones microbianas de la rizosfera la cual hace referencia a la región del suelo que rodea las raíces. Esta zona se encuentra influenciada entre las raíces vivas de la planta con los microorganismos del suelo por lo que, a pesar de tener una menor diversidad, hay una alta actividad microbiana que determina el crecimiento y capacidad de supervivencia de la planta (Ladino, 2021).

1.2 Rizobacterias Promotoras del Crecimiento de las Plantas

La cantidad y el tipo de microorganismos presentes depende de la composición, textura y humedad de cada suelo, actualmente se sabe que existen alrededor de 3000 especies descritas de bacterias y 69000 de hongos (Soria, 2016). Con el tiempo estos microorganismos fueron agrupados en un grupo “microorganismos promotores de crecimiento vegetal”, constituido por varias especies de bacterias que favorecen el crecimiento y productividad en las plantas, dentro de este grupo se encuentran los microorganismos que colonizan la raíz y estimulan significativamente el crecimiento de plantas (Mamarandi y Ojeda, 2019).

1.3 Rizosfera e interacciones planta-microorganismos

Las interacciones entre los microorganismos y la rizosfera pueden ser beneficiosas, perjudiciales o neutras para las plantas. Se ha comprobado que las comunidades bacterianas que se incluyen como PGPR, las plantas están asociadas con nutrientes como el carbono, fósforo, nitrógeno y azufre, así como con la eliminación de toxinas y producción de fitohormonas o antibióticos, etc (Solomon *et al.*, 2024).

1.4 Mecanismos de acción PGPR

Los mecanismos de acción de los PGPR en el crecimiento de las plantas son variados y se pueden clasificar, en extracelulares que ocurren en el exterior de la

rizosfera; en los espacios entre células del córtex de la raíz, o intracelulares. Según su acción se dividen principalmente en dos tipos: Directos e indirectos (Muñoz, 2017).

1.4.1 Mecanismos de acción directos

1.4.1.1 Fijación biológica de nitrógeno

Las bacterias rizógenas permiten la reducción de nitrógeno atmosférico (N₂) a amonio (NH₄) formado por proteínas dinitrogenasa y dinitrogenasa reductasa. Los principales grupos de rizobios pertenecen a los géneros *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Sinorhizobium*, *Azorhizobium*, *Mesorhizobium* y *Allorhizobium*. Este medio indica la capacidad de los microorganismos inoculados para crecer en ausencia de nitrógeno mineral y en presencia de ácido málico como única fuente de carbono (Reséndez *et al.*, 2018).

1.4.1.2 Solubilización de fósforo (P)

Los suelos contienen varias formas de P, pero en mayoría no son disponibles para las plantas, sin embargo, pueden absorberlo en sus formas monobásica. La solubilización de P inorgánico es uno de los principales mecanismos de promoción del crecimiento de las plantas por parte de las bacterias (Razaq *et al.*, 2017).

1.4.1.3 Producción de fitohormonas

La fitohormona es un compuesto producido internamente por una planta, que ejerce su función en muy bajas concentraciones y cuyo principal efecto se produce a nivel celular, cambiando los patrones de crecimiento de los vegetales y permitiendo su control. Los reguladores vegetales son compuestos sintetizados químicamente de otros organismos y pueden ser mucho más potentes que los análogos naturales (Alcantara *et al.*, 2019).

1.4.2 Mecanismos de acción indirectos

1.4.2.1 Mecanismos de biocontrol (Antagonismo)

Según Molina *et al.* (2015), se han empleado microorganismos para control biológico de enfermedades en plantas, algunas PGPR eliminan de forma natural a los fitopatógenos ya sean en la producción de algunos metabolitos secundarios que son excretados cerca de la superficie de la planta. Mendoza *et al.* (2022), mencionan los tipos de sustancias inhibitorias producidas por las PGPR que más se han reportado.

- Antibióticos: Los antibióticos abarcan un grupo heterogéneo de compuestos orgánicos de bajo peso molecular que son perjudiciales para el crecimiento o las actividades metabólicas de otros microorganismos (Beneduzi *et al.*, 2012).
- Sideróforos: Las rizobacterias productoras de sideróforos pueden inhibir el crecimiento de microorganismos en la zona radicular. Estas moléculas tienen la capacidad de unirse a los iones Fe, necesarios para el metabolismo celular. Por lo tanto, las bacterias que colonizan las raíces compiten por el Fe disponible en el suelo (Ghosh *et al.*, 2024).

1.4.2.2 *Controladores de estrés, regulación de los niveles de etileno en la planta*

Cuando la planta se enfrenta a altas concentraciones de etileno, esta sufre desfoliación, inhibición de la elongación de las células, senescencia y otros procesos celulares que podría mermar el desarrollo de la planta. Estas bacterias utilizan el 1-aminociclopropano-1-carboxilato (precursor del etileno) y lo metabolizan en alfa-cetobutirato y amoníaco (García, 2018).

1.4.2.3 *Resistencia sistemática inducida (ISR)*

La ISR está mediada por microbios beneficiosos que viven en la rizosfera, como bacterias y hongos. Estos microbios mutualistas están asociados a las raíces, influyen en la nutrición y el crecimiento de las plantas, pueden reforzar aún más sus defensas, considerando resistencia a patógenos y plagas (Romera *et al.*, 2019).

1.4.2.4 *Compuestos orgánicos volátiles (VOCs)*

Las emisiones de COVs son una característica común de una amplia variedad de microorganismos del suelo e incluyen ciclohexano, 2-(benciloxi)etanamina, benceno, metilo, decano, 1-(N-fenilcarbamil)-2-morfolinociclohexeno, dodecano, benceno(1-metilnonadecil), 1-clorooctadecano, tetradecano, 2,6,10-trimetil, dotriacotano y 11-decildocosano (Nagamangala y Malnoy, 2015).

1.5 Principales géneros de rizobacterias – leguminosas

1.5.1 *Rhizobium*

Según Chicaiza *et al.* (2019), son grupos de bacterias simbiotes que permiten que las plantas empleen el nitrógeno atmosférico, son capaces de establecer de simbiosis con algunas leguminosas como la soja y el frijol, estas bacterias se asocian en las raíces formando nódulos, para un buen desarrollo de plantas en el suelo que carecen de nitrógeno; situación que se realiza gracias a la simbiosis, es por ello permite que exista la fijación biológica que es realizada por la bacteria.

1.5.2 *Azorhizobium*

Es una bacteria fijadora de nitrógeno y forma nódulos radiculares en su leguminosa huésped. Las raíces de las plantas liberan compuestos químicos que son detectados por las bacterias, lo que desencadena la quimiotaxis a lo largo de un gradiente de concentración hacia las raíces. Las bacterias móviles desempeñan una ventaja competitiva durante la colonización de la superficie de la raíz (Sun *et al.*, 2021).

1.5.3 *Pseudomonas*

Este es el grupo de bacteria es conocida por ser heterogénea y ecológica. Debido a que los requerimientos nutricionales de este género, se han detectado representantes en todos los hábitats naturales que tienden a ser predominantes a las bacterias asociadas a la rizosfera de las plantas (Mayz y Manzi, 2017).

1.5.4 *Enterobacter*

Las enterobacterias son bacilos ubicuos, se presentan en la mayoría de los suelos y crecen rápidamente en medios de cultivo. La inoculación se relaciona en el crecimiento de germinación, número de pelos absorbentes y raíces laterales (Hernández *et al.*, 2015).

1.6 Métodos de aislamiento de rizobacterias

Los métodos de identificación bacteriana en diferentes campos como la biotecnología, la agricultura, la genética, la ecología, la medicina, entre otros. El proceso de identificación de microorganismos consta de múltiples etapas que combinan tanto la información fenotípica como genotípica, por ello aporta resultados para una identificación y caracterización más precisa de las especies (Carrasco *et al.*, 2020).

1.7 Pruebas morfo-bioquímicas

Las pruebas morfo-bioquímicas radican en la ejecución de pruebas morfológicas y bioquímicas en este caso microorganismos, por medio de observaciones, permiten identificar microbios que han sido aislados en ambientes diversos (Ramírez *et al.*, 2018).

1.7.1 *Tinción de Gram*

Los colorantes de Gram actúan en la composición de la pared celular. Las Gramnegativas contienen un porcentaje más elevado de lípidos en comparación a las Grampositivas. Además, la pared celular de las Gramnegativas es más delgada lo que

evita retener el colorante cuando se le añade la acetona. Esta tinción utiliza cuatro reactivos: Cristal Violeta, Lugol, etanol – acetona y safranina. El cristal violeta, es el colorante que tiñe a los microorganismos, el yodo actúa como mordiente para aumentar la afinidad entre el colorante y la célula. El etanol decolora el microorganismo, la safranina es el colorante para generar contraste (González *et al.*, 2020).

1.7.2 Prueba de catalasa

Según Soto *et al.* (2012), la catalasa es una enzima calificada como oxidorreductasas, que cataliza la desintegración del peróxido de hidrógeno (H₂O₂) en oxígeno y agua. La prueba se emplea para confirmar catalasa, presente en la mayoría de las bacterias aerobias y anaerobias facultativas que poseen el citocromo oxidasa.

1.8 Pruebas fisiológicas

1.8.1 pH

Según Caycedo *et al.* (2021), indican que el pH es una propiedad química, indica la acidez y alcalinidad del suelo, que es de donde las raíces y los microorganismos del suelo toman sus nutrientes. Pero en los medios de cultivo disminuye, otorga una ventaja a otros microorganismos competidores. Algunas bacterias generalmente crecen a pH bajos (3.0) Sin embargo, el rango ideal de pH para las bacterias puede variar de 6.0 hasta 8.5 y sólo pocas prefieren pH de 8.5 o mayor. Según Razmi *et al.* (2023), mencionan la influencia del valor del pH en el crecimiento bacteriano entre ellos *Bacillus* puede variar incluso para diferentes cepas bacterianas.

1.8.2 Salinidad

Según Hasna *et al.* (2024), las bacterias del suelo son menos tolerantes a la salinidad que las bacterias asociadas a las raíces. En la rizosfera, el estrés salino es mayor debido a la absorción de agua por las raíces de las plantas. Por otro lado Shultana *et al.* (2022), las PGPR podrían acelerar el crecimiento vegetal y moderar los niveles de fitohormonas mediante la producción de la enzima ACC deaminasa. Todas estas propiedades ayudan a las bacterias a sobrevivir y estimulan el crecimiento vegetal en condiciones salinas.

1.8.3 Antibiogramas

Según Giono *et al.* (2020), mencionan que la resistencia antimicrobiana se define como la capacidad de un microorganismo para resistir los efectos de

antibióticos; es una característica inherente de la bacteria o puede tener una capacidad adquirida.

El antibiograma define la actividad in vitro de un antibiótico frente a un microorganismo determinado y refleja su capacidad para inhibir (Mohamed *et al.*, 2024). El antibiograma disco-placa consiste, que en la superficie de agar de una placa de Petri esté inoculada con la bacteria, discos de papel secante perforados con los distintos antibióticos. Tan pronto el disco perforado de antibiótico se pone en contacto con la superficie del agar. El antibiótico difunde través del espesor del agar formándose un gradiente de concentración. Transcurridas 24-48 horas de incubación los discos aparecen rodeados por una inhibición (Picazo, 2015).

1.9 Screening biológico

El screening es un método para identificar y evaluar la eficiencia de las cepas bacterianas en plántulas a través de los principales indicadores de crecimiento de la etapa inicial de los cultivos (Pilatuña, 2018).

1.10 Leguminosa - *Phaseolus vulgaris*

El frijol, es una de las variedades más utilizadas, crece en climas variables, dando lugar a la selección y desarrollo de genotipos cultivados. A su vez, es susceptible a enfermedades como virus del mosaico, roya y plagas, que limitan su rendimiento. En aspectos nutricionales, ésta leguminosa, es complemento a los cereales ya que presenta 22%, minerales como el hierro, calcio, potasio y fósforo (Curay, 2019).

Los frijoles también son una buena fuente de vitaminas como tiamina, riboflavina, niacina y ácido fólico. Además, el contenido mineral de los frijoles puede variar dependiendo del material genético (Raya *et al.*, 2014).

1.11 Interacción de las PGPR en leguminosas

Las leguminosas y otras plantas viven de forma simbiótica con bacterias que proliferan en el suelo y son capaces de fijar nitrógeno atmosférico (N₂), elemento vital, para la nutrición de las plantas. Las bacterias del género *Rhizobium* tienen la capacidad de fijar N₂ convirtiendo este a una forma asimilable por las plantas. Estas bacterias son importantes en diferentes ecosistemas donde se presentan adversidades de sequía, baja fertilidad de los suelos cultivables y bajo rendimiento de la producción (Guzmán y Montero, 2021).

1.12 Efectos de la inoculación de las PGPR en leguminosas

Para mejorar la producción sin el uso de fertilizantes de origen sintético, las investigaciones se han orientado hacia el desarrollo de nuevas biotecnologías: provocando que exista un interés creciente en los microorganismos benéficos del suelo ya que éstos pueden promover el crecimiento de las plantas y, en algunos casos, evitar infecciones del tejido vegetal por patógenos (Reséndez *et al.*, 2018).

CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Caracterización del área

Esta investigación se realizó bajo condiciones controladas en los laboratorios del Centro de Investigaciones Biotecnológicas (CEB) de la Facultad de Ciencias Agrarias, perteneciente a la Universidad Estatal Península de Santa Elena ubicada en el cantón La Libertad, provincia de Santa Elena. Su ubicación geográfica es 2°13'55,83" latitud sur y 80°52'33,30" de longitud oeste. Con clima tropical árido que incluye un período cálido y relativamente lluvioso de enero a abril y un período seco y más fresco de junio a noviembre; mientras que, en mayo y diciembre son meses de transición, la temperatura generalmente varía de 17 a 28 °C y rara vez baja a menos de 16 °C o sube a más de 30 °C (García, 2019).

2.2 Materiales, equipos y reactivos

2.2.1 Material biológico

Para realizar este trabajo se emplearon las cepas de la colección (CEB), aisladas de la rizosfera del cultivo de *Arachis* sp. ubicada en el Centro de Apoyo Manglaralto y semillas de variedades de frijoles comerciales.

2.2.2 Material de laboratorio

- Micropipetas de 1000µl, 200µl y 10µl
- Puntas de micropipetas de 1000µl, 200µl y 10µl
- Cajas Petri de vidrio y plástico
- Papel toalla
- Guantes
- Espátula
- Mascarilla
- Cinta Parafilm
- Papel aluminio
- Porta y cubre objetos
- Mechero de alcohol
- Vaso de precipitado
- Luna de reloj
- Tiras indicadoras de pH
- Beakers
- Matraces Erlenmeyer 200mL, 500mL y 1000mL
- Plato agitador calentador

- Marcador CD
- Alcohol
- Reglas
- Bandejas polietileno

2.2.3 *Material vegetal*

- Semillas de leguminosas (frijol rojo, frijol negro y frijol panamito)

2.2.4 *Equipos de laboratorio*

- Balanza
- Autoclave
- Cámara de flujo laminar
- Incubadora
- Refrigeradora
- Agitador
- Microscopio
- Calibrador Vernier

2.2.5 *Reactivos para medios de cultivo*

- Medio extracto de levadura-Manitol-Agar (LMA) y caldo (LMC)
- Reactivos para Tinción de Gram
- Rojo Congo
- Azul de bromotimol
- Cloruro de Sodio
- Hidróxido de sodio (NaOH)
- Peróxido de hidrogeno
- Ácido clorhídrico
- Antibióticos
- Yara Vita SeedLift

2.3 Tipo de investigación

Esta investigación es de tipo experimental-descriptiva

2.4 Diseño experimental

Este trabajo incluyó experimentos en fase in vitro y vivero para la caracterización morfológica y bioquímica de las rizobacterias aisladas del cultivo de *Arachis* sp.

La fase in vitro no tiene diseño experimental, mientras que para la fase vivero se empleó un diseño experimental completamente aleatoria (DCA), se utilizaron nueve cepas bacterianas más dos controles (Agua destilada y Yara Vita) y cuatro repeticiones por tratamiento (Tabla 1). El modelo lineal del diseño experimental es:

$$Y_{ij} = \mu + a_i + \varepsilon_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} : Valor de la variable de respuesta

μ : Media general

a_i : Efecto del i-ésimo tratamiento

ε_{ij} : Error experimental

Tabla 1. Esquema ANOVA

Fuente de variación	Fórmula	Grados de libertad
Tratamientos	$t - 1$	10
Error	$t * (r - 1)$	33
Total	$(t * r) - 1$	43

*t = número de tratamientos (11). *r = número de repeticiones (4)

2.5 Manejo del experimento

Tabla 2. Descripción de tratamientos a nivel vivero

Tratamientos	Aislados	Descripción
T1	MAP103R1A	Inoculación en tres variedades de frijoles (Frijol Negro, Frijol Rojo y Frijol Panamito)
T2	MAP103R3A	
T3	MAP104R2A	
T4	MAP104R2B	
T5	MAP104R2C	
T6	MAP104R3A	
T7	MAP105R1A	
T8	MAP105R3A	
T9	MAP105R3B	
T10	Control Agua destilada	
T11	Control YaraVita	

M: Manglaralto; AP: *Arachis pintoi*

La fase *in vitro* incluyó pruebas morfo-bioquímicas como Tinción de Gram (1), Catalasa (2) y Capacidad de virar el pH del medio de cultivo con azul de bromotimol (ABT) (3); así como también pruebas fisiológicas como crecimiento en diferentes niveles de pH (1), salinidad (2) y prueba antibiograma (3). En todas estas pruebas se consideró como unidad experimental a cada caja Petri con tres repeticiones con su respectivo control.

En la fase vivero se inocularon las nueve cepas bacterianas más dos controles Agua destilada (1) y Yara Vita (2) en tres tipos de semillas de leguminosas. Considerando cuatro repeticiones para la evaluación del porcentaje de germinación, longitud parte aérea y longitud radicular, evaluadas a los seis días. También a los quince y treinta días, para evaluar la longitud radicular, diámetro y longitud de tallo, número y ancho de hojas. Se aplicó la prueba de Tukey para comparación de medias al 0.05% del límite del error.

2.5.1 Esterilización de materiales

Todos los materiales empleados se esterilizaron con el objetivo de evitar contaminación de microorganismos no deseados; se empleó la autoclave a 121 °C a 1 atmosfera por 15 minutos.

2.5.2 Pruebas morfo-bioquímicas

2.5.2.1 Prueba de Tinción de Gram

Realizar el frotis de manera regular de cada bacteria, para luego fijarlo a la flama y cubrir con cristal violeta durante 1 minuto, después lavar ligeramente con agua destilada, para cubrir con Lugol durante 1 minuto, a continuación, lavar con agua, decolorar con alcohol-acetona (1:1) y volver a lavar con agua, cubrir con safranina durante 30 segundos, lavar con agua y luego secar la muestra para observar al microscopio (Quinzo, 2022).

2.5.2.2 Prueba catalasa

Se realizó el frotis sobre un portaobjetos limpio, se añadió entre 1 y 2 gotas de peróxido de hidrógeno al 3 %, se observó la presencia o ausencia de efervescencia para comprobar la existencia de catalasa, las bacterias ácido-lácticas son catalasa negativa (Caizaguano, 2023).

2.5.2.3 Capacidad de virar el pH del medio de cultivo con azul de bromotimol (ABT)

Las bacterias se cultivaron en caldo (LMC) para ser incubadas por 48 horas. Posteriormente, se realizó LMA agregando azul de bromotimol (0,5%), inoculando 20 uL con puntas de micropipetas esterilizadas, se agregó en cada caja Petri, incubando durante 8 días; evaluando cada 2 días el cambio de color del medio, en donde el viraje azul indica alcalinidad, amarillo acidez y sin cambio neutro.

2.5.3 Pruebas fisiológicas

2.5.3.1 Prueba de crecimiento en cuatro niveles de pH

Se inocularon 20 uL de cada bacteria, cultivada en caldo LMC dejando en incubadora por 48 horas por medio de gotas colocando en el LMA, después se añadió ácido clorhídrico e hidróxido de sodio hasta llegar a las siguientes concentraciones de pH: 3, 4,5 y 8; luego se incubaron a 28 °C, se evaluó el crecimiento de cada cepa sembrada durante 8 días, tomando datos cada 2 días.

2.5.3.2 Prueba de crecimiento en tres niveles de salinidad

Se inocularon 20 uL de cada cepa, cultivada en caldo LMC por 48 horas, ajustado a las concentraciones de NaCl 1%, 3% y 4% en el medio LMA. Las placas se incubaron por 8 días, evaluando su crecimiento cada 2 días.

2.5.3.3 Prueba de crecimiento en tres tipos de antibióticos

Según Malbrán 2012, se elaboraron discos de sensibilidad y luego impregnados con los antibióticos ciprofloxacina, claritromicina y sulfametoxazol. Con pinzas esterilizadas se colocaron en cada caja Petri con medio LMA, previamente inoculadas con cepas para asegurar su contacto con la superficie del Agar las cuales se incubaron por 4 días, tomando datos cada 2 días (Soto Valenzuela, 2018).

2.5.4 Screening biológico

2.5.4.1 Desinfección de la semilla

Las semillas de frijol fueron adquiridas en un establecimiento comercial, para evitar los rastros de fungicida que podrían obtener, fueron lavadas con agua destilada estéril, posteriormente se desinfectaron sumergiéndolas en hipoclorito de Sodio al 10% y agitándose de forma constante durante 5 min, luego se lavaron 3 veces con abundante agua destilada estéril.

2.5.4.2 *Germinación e inoculación de la semilla*

Se colocaron 3,300 semillas de leguminosas, (25 semillas en cada bandeja de polietileno), colocando papel toalla estéril humedecido, previamente se las impregnó con una solución de 1% de sacarosa, con el objetivo de adherir a las semillas e inoculando 20 uL con cuatro replicas por cepa. Como testigo (300 semillas sin inocular) se adicionó agua destilada estéril, 300 semillas en el tratamiento Yara Vita. Se rotularon las cajas Petri de los diferentes tratamientos y finalmente se colocaron en cámara de germinación a 25 °C por 6 días en completa oscuridad.

2.5.4.3 *Preparación del sustrato*

Se mezcló turba más arena de río (0,063-0,125 mm) en proporción 1:1.

2.5.4.4 *Trasplante*

Después de los días de germinación se realizó el trasplante en macetas esterilizadas escogiendo tres plantas para cada repetición.

2.5.4.5 *Inoculación de cepas*

Se inoculó a los días 7 y 15 con 20 uL a cada planta, con las cepas respectivas.

2.5.4.6 *Riego*

La cantidad de agua esterilizada fue regada acorde a las necesidades del cultivo.

2.6 Parámetros evaluados

2.6.1 *Morfo-bioquímicos y fisiológicos de bacterias*

2.6.1.1 *Tinción de Gram*

Observadas con objetivo 40x para evaluar la distribución del frotis, y luego con el objetivo de 100x con aceite de inmersión (Tripathi *et al.*, 2025).

2.6.1.2 *Catalasa*

Si es positivo (+): se distingue burbujeo inmediato, observando con facilidad, mientras que la formación de O₂, negativo (-); significa la ausencia de burbujas. Cuando el resultado de la prueba dio positiva se evaluó por la cantidad de efervescencia producida conforme a Soto *et al.* (2012).

2.6.1.3 *Capacidad de virar el pH del medio de cultivo (ABT)*

Considerando el cambio de color del medio en donde el color azul indica alcalinidad, amarillo acidez y sin cambio es neutro. Así mismo si presentan cambios se lo evaluó con un rango conforme a Zúñiga (2012).

2.6.1.4 Prueba de crecimiento en cuatro niveles de pH

Con el calibrador Vernier se midió el diámetro del halo formado por cada cepa inoculada, tomando en cuenta los rangos en la Tabla 3.

Tabla 3. Rango para evaluar el crecimiento del halo en cuatros niveles de pH

Significado	Rango (mm)	Símbolo
Poco crecimiento	0-4	(-)
Regular crecimiento	4,1-10	(+)
Buen crecimiento	10,1-15	(++)
Abundante crecimiento	15,1-20,4	(+++)

2.6.1.5 Prueba de crecimiento en tres concentraciones de salinidad

Con el calibrador Vernier se midió el diámetro del halo formado por cada cepa que fueron inoculadas, tomando en cuenta los rangos en la Tabla 4.

Tabla 4. Rango para evaluar el halo en niveles de salinidad

Significado	Rango (mm)	Símbolo
Poco crecimiento	0	(-)
Regular crecimiento	2-10	(+)
Buen crecimiento	10,1-15	(++)
Abundante crecimiento	15,1-17,4	(+++)

2.6.1.6 Prueba de antibiograma

Con el calibrador Vernier se midió el diámetro del halo. Se realizó un análisis clasificando sensible (S), Intermedio (I) y resistente (R) según Malbrán, (2012). Aguilar Arteaga (2023) muestra rangos de evaluación bacteriana a los antibióticos entre ellos, ciprofloxacina y sulfametoxazol.

Tabla 5. Rango para medir el halo de inhibición de bacterias en antibiograma

Significado	Rango (mm)
Resistente	-10
Intermedio	10,1 – 20
Sensible	20,1 - 33,24

2.6.1 Screening biológico a los seis días

2.6.1.1 Porcentaje de germinación

Se consideró como semilla germinada aquella con una radícula de longitud mayor o igual a 2 mm. El porcentaje de germinación (PG) se calculó con la siguiente fórmula según la metodología descrita por Caroca *et al.* (2016):

$$PG = \frac{(N^{\circ} \text{ de semillas germinadas})}{(N^{\circ} \text{ total de semillas})} \times 100$$

2.6.1.2 *Longitud parte aérea de la planta*

Se midió la longitud desde la base del tallo hasta el ápice de la hoja más alta.

2.6.1.3 *Longitud radicular*

Se midió la longitud desde la base del tallo hasta la punta más distal de la raíz principal (Muyudumbay, 2024).

2.6.2 ***Variables morfológicas a los quince días***

2.6.2.1 *Longitud radicular (LR)*

Se midió la longitud desde la base del tallo hasta la punta más distal de la raíz principal.

2.6.2.2 *Diámetro de tallo (DT)*

Se midió el grosor de los tallos debajo de la cabeza de la planta (Santa, 2015).

2.6.2.3 *Longitud de tallo (LT)*

La longitud del tallo de la planta se realizaron medidas desde la base del tallo hasta el último brote de hojas en el ápice del tallo (Vuelta *et al.*, 2017).

2.6.2.4 *Número de hojas (NH)*

Se realizó el conteo del total de número de hojas por planta (Montalvo, 2021).

2.6.2.5 *Ancho de la hoja (AH)*

Se midió una de las dos primeras hojas primarias.

2.6.3 ***Variables morfológicas a los treinta días***

2.6.3.1 *Longitud radicular (LR)*

Se midió la longitud desde la base del tallo hasta la punta más distal de la raíz principal.

2.6.3.2 *Diámetro de tallo (DT)*

Se midió el grosor de los tallos debajo de la cabeza de la planta (Santa, 2015).

2.6.3.3 *Longitud de tallo (LT)*

La longitud del tallo de la planta se realizaron medidas desde la base del tallo hasta el último brote de hojas en el ápice del tallo (Vuelta *et al.*, 2017).

2.6.3.4 *Número de hojas (NH)*

Se realizó el conteo del total de número de hojas por planta (Montalvo, 2021).

2.6.3.5 *Ancho de la hoja (AH)*

Se midió una de las dos primeras hojas primarias.

2.7 Análisis estadístico de los resultados

Los datos de las pruebas morfo-bioquímicas y fisiológicas se procesaron en hojas de cálculo de Excel (Microsoft) para la organización de datos y el software R para la generación de gráficos.

Todas las variables fueron analizadas con el programa Infostat, elaborando un análisis de la varianza (ANOVA), con coeficiente de variación y comparación de medias, aplicando pruebas múltiples de Tukey al 0,05%. Además, para obtener grupos de características compatibles entre las cepas aisladas, se aplicó el análisis de Clúster conglomerado de distancias euclidianas ligado al método de Ward.

CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Características de las pruebas morfo-bioquímicas de las cepas aisladas probables PGPR

La Tabla 6 muestra los resultados de las pruebas morfo-bioquímicas; tinción de Gram, morfología de las bacterias, prueba catalasa, y capacidad de virar el pH del medio de cultivo con azul de bromotimol (ABT) en nueve probables cepas PGPR.

Tabla 6. Caracterización morfo-bioquímica de posibles bacterias PGPR.

<i>Cepas PGPR</i>	Tinción de Gram	<i>Morfología de las bacterias</i>	<i>Prueba de catalasa</i>	<i>Capacidad de virar el medio (LMA –ABT)</i>
MAP 103R1A	(+)	Bacilos	****	Poco viraje
MAP 103R3A	(-)	Bacilos	***	Poco viraje
MAP 104R2A	(-)	Bacilos	***	Medio viraje
MAP 104R2B	(+)	Bacilos	**	Abundante viraje
MAP 104R2C	(+)	Cocobacilos	***	Poco Viraje
MAP 104R3A	(-)	Cocos	**	Poco viraje
MAP105R1A	(-)	Cocos	***	Medio viraje
MAP 105R3A	(+)	Cocos	**	Abundante viraje
MAP105R3B	(+)	Cocos	*	Abundante viraje

M: Manglaralto; AP: *Arachis pintoi*; (+): Positivo; (-): Negativo; Muy Poco: *; Poco: **; Medio: ***; Abundante: ****

Los resultados de Tinción de Gram mostraron el 55,56% Gram positivas, mientras que el 44,44% Gram negativas.

Martínez (2019) evidencia que, la observación microscópica de las bacterias revela su tamaño, morfología y tipos de agrupación, características que ayudan a la identificación y tipificación bacteriana. También, Bata *et al.* (2025) menciona que, las bacterias Gram+, son caracterizadas por una capa gruesa que retiene el cristal violeta-yodo y conservan coloración púrpura; en contraste, las Gram-, poseen una capa más delgada. Existen varios géneros bacilares aislados de leguminosas como *Stenotrophomonas* y *Rhizobium* spp. (Gram-), que es cosmopolita y ubicua, naturalmente asociada con la rizosfera y contribuye al ciclo elemental de S y N, además de promover el crecimiento de las plantas (An y Berg, 2018; Zafar, 2017). Así como también, con crecimiento aerobio/anaerobio, Gram+, con movilidad flagelar y tamaño variable (Villarreal *et al.*, 2018). Acorde a estas descripciones, los aislados caracterizados en este trabajo presentan características muy similares a las bacterias del tipo PGPR.

En la prueba de catalasa las cepas MAP 103R3A, 104R2A, 104R2C, 105R1A obtuvieron 44,45% con una reacción media. Mientras que en la cepa MAP 103R1A con 11,11% presentó abundante reacción catalasa. Pero las cepas MAP 104R2B, 104R3A, 105R3A, mostraron poca reacción con 33%33, esta actividad enzimática en las cepas sugiere mayor eficiencia en la descomposición de peróxidos a excepción en la cepa MAP 105R3B con 11,11% que demostró muy poca reacción, acorde a los resultados publicados por Crespo (2025).

En la capacidad para virar el medio ABT, las cepas MAP 104R2B, 105 R3A y 105R3B presentaron un viraje del color azul a amarillo, lo que demuestra una alta actividad metabólica. Mientras que las cepas MAP 104R2C y 104R3A no mostraron cambios en el color del medio indicando una baja actividad metabólica, resultados acorde a (Soto Valenzuela, 2021) (Figura 1).



Figura 1. Capacidad de viraje del medio LMA - ABT

3.1.1 Resultados del pH en el crecimiento de las bacterias

La Tabla 7 presenta los resultados de cepas en los niveles de pH: 3, 4,5 y 8.

Tabla 7. Crecimiento del halo (mm) en niveles de pH.

TRATAMIENTOS	pH 3	pH 4	pH 5	pH 8
MAP 103R1A	5,26 (+)	8,93 (+)	10,51 (++)	11,36 (++)
MAP 103R3A	6,94 (+)	3,89 (-)	12,72 (++)	9,45 (+)
MAP 104R2A	7,53 (+)	7,37 (+)	7,92 (++)	17,09 (+++)
MAP 104R2B	6,74 (+)	6,77 (+)	19,42 (+++)	18,09 (+++)
MAP 104R2C	8,94 (+)	7,29 (+)	13,73 (++)	13 (++)
MAP 104R3A	4,43 (+)	3,68 (-)	10,96 (++)	12,75 (++)
MAP 105R1A	6,74 (+)	6,42 (+)	13,09 (++)	17,5 (+++)
MAP 105R3A	8,21 (+)	7,07 (+)	12,95 (++)	11,46 (++)
MAP 105R3B	9,38 (+)	3,99 (-)	10,39 (++)	10,44 (++)

M: Manglaralto; AP: *Arachis pintoi*

Por lo tanto, los pH 3 y pH 4 presentaron un crecimiento regular con porcentajes del 100% y 66%, respectivamente. Mientras que, el pH 5 mostró buen

crecimiento con el 88%, y finalmente el pH 8 tuvo abundante crecimiento con el 33%.

Los resultados de la cepa MAP 104R2A muestra valores de crecimiento regular, en pH 3 (7,53 mm) y pH 4 (7,37 mm). Icer *et al.* (2023) mencionan que, las rizobacterias pueden vivir hasta pH 4, mientras las condiciones sean optimas, así como se muestra en la Figura 2. Así mismo, en pH 5 la cepa MAP 104R2B (19,42 mm), logró crecimiento abundante. Jiménez *et al.* (2018) mencionan que cepas de tipo PGPR crecen mejor entre pH 5 y 8. Finalmente, la misma cepa MAP104R2B en pH 8 (18,09 mm), logró el mejor crecimiento. La mayoría de las bacterias son neutrófilas, crecen mejor en pH neutro pero también pueden crecer en valores más ácidos (Caycedo *et al.*, 2021). Esto demuestra que las rizobacterias tienen la capacidad de desarrollar su mayor concentración celular en condiciones de pH ligeramente neutro como indica Macías *et al.*(2024).

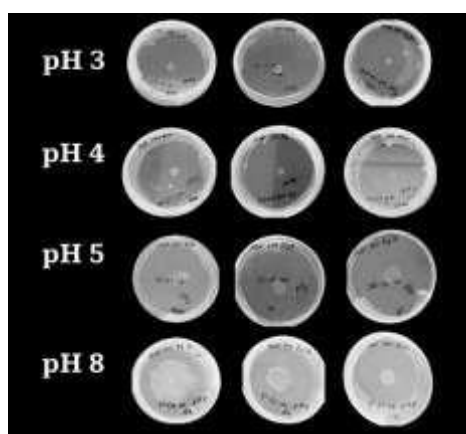


Figura 2. Crecimiento de cepas en diferentes niveles de pH

3.1.2 Resultados del crecimiento de las bacterias en tres concentraciones de salinidad

La Tabla 8 presenta los resultados en niveles de concentración 1%, 3%, 4% de NaCl.

Tabla 8. Crecimiento de cepas en concentraciones de NaCl (mm).

TRATAMIENTOS	NaCl 1%	NaCl 3%	NaCl 4%
MAP 103R1A	11,77 (++)	10,3 (++)	5,93 (+)
MAP 103R3A	12,84 (++)	13,1 (++)	9,99 (+)
MAP 104R2A	14,41(++)	10,43 (++)	11,59 (++)
MAP 104R2B	13,81 (++)	8,01 (+)	8,45 (+)
MAP 104R2C	10,19 (++)	10,3 (++)	9,2 (+)
MAP 104R3A	11,03 (++)	8,28 (+)	8,61 (+)
MAP 105R1A	9,89 (+)	11,15 (++)	9,59 (+)
MAP 105R3A	10,98 (++)	10,04 (++)	12,45 (++)
MAP 105R3B	11,1 (++)	8,2 (+)	9,64 (+)

M: Manglaralto; AP: *Arachis pintoi*

Los resultados presentaron diferentes crecimientos, en NaCl 1% el 88% de las cepas fue muy bueno, y en el nivel NaCl 3% con 66% considerado buen crecimiento; mientras que, en NaCl 4% el 66% presentaron crecimiento regular. Las cepas que presentaron mayores resultados fueron MAP 104R2A (14,41 mm), MAP 103R3A (13,1 mm) y MAP 105R3A (12,45 mm) en 1%, 3% y 4% de NaCl, respectivamente. De acuerdo con Chiluisa *et al.* (2020) quienes en concentraciones parecidas muestran tolerancia y adaptación a la salinidad de varias cepas PGPR.

3.1.3 Resultados de prueba de antibióticos en bacterias PGPR

El 100% de las cepas presentaron sensibilidad al antibiótico ciprofloxacina y el 77% al sulfametoxazol. Mientras que, para claritromicina un 66% mostraron resistencia. En el caso del antibiótico ciprofloxacina todas las cepas demostraron sensibilidad. Mientras que, las cepas MAP 104R2A, 104R2B, 104R2C, 104R3A, 105R1A y 105R3A resultaron ser resistentes a claritromicina.

Finalmente, para el antibiótico sulfametoxazol, las cepas MAP 103R3A, 103R3A, 104R2B, 104R2C, 104R3A, 105R1A y 105R3A presentaron sensibilidad. Acorde a lo publicado por Ajayi *et al.* (2024), en pruebas de resistencia similar en *Rhizobium*,

Tabla 9. Prueba en antibióticos (mm)

Tratamiento	CPX	CLM	SUX
MAP 103R1A	23,3 S	12,44 I	22,7 S
MAP 103R3A	24,57 S	10,59 I	20,1 S
MAP 104R2A	24,17 S	9,65 R	15,5 I
MAP 104R2B	21,85 S	8,53 R	25,96 S
MAP 104R2C	20,01 S	8,15 R	23,57 S
MAP 104R3A	33,24 S	8,92 R	22,63 S
MAP 105R1A	25,84 S	7,94 R	26,11 S
MAP 105R3A	28,41 S	9,05 R	26,64 S
MAP 105R3B	21,85 S	21,34 S	19,45 I

CPX: Ciprofloxacina; CLM: Claritromicina; SUX: Sulfametoxazol; S: Sensible; I: Intermedio; R: Resistente

3.2 Screening biológico en tres variedades de frijoles

Las variables morfológicas evaluadas incluyeron tres variedades de frijoles; Frijol Negro (FN), Frijol Rojo (FR) y Frijol Panamito (FP).

3.2.1 Resultados de las variables morfológicas a los seis días

La Tabla 10 presenta resultados con diferencias significativas en la longitud de la parte aérea y la longitud radicular de la planta entre los tratamientos, mientras que, en el porcentaje de germinación no presentaron diferencia significativa en las tres variedades de frijol.

3.2.1.1 Germinación de la semilla

En las tres variedades de frijoles no presentaron diferencia significativa. Ruiz (2023), pero se destaca el efecto positivo de la inoculación en las leguminosas.

3.2.1.2 Resultados en la longitud de la parte aérea de la planta

En la longitud de la parte aérea de la planta se demostró que, los tratamientos T11 Control Yara Vita para el FN y T1 para el FR presentaron diferencias significativas.

Mientras que, el T4 y T8 en el FP no presentaron diferencia significativa entre ellos. Lovaisa *et al.* (2018), reportan con el género PGPR *Pseudomonas*, significancia en el crecimiento de plántulas de maíz.

Los resultados obtenidos en este trabajo, son similares a los reportados por Abril *et al.* (2017), quienes en plantas de maíz y leguminosas inoculadas con *Bacillus* también obtuvieron diferencia significativas.

3.2.1.3 Resultados de la longitud radicular

Los resultados de la longitud radicular en las tres variedades de frijoles no presentaron diferencia significativa. Los resultados encontrados indicarían que la inoculación de cepas PGPR en los cultivos influyen en el crecimiento de las raíces. Vejan *et al.* (2016) mencionan que, las PGPR pueden clasificarse como biofertilizantes cuando actúan como fuente de nutrición vegetal y fuente de enriquecimiento o reconstruir el ciclo de nutrientes entre el suelo, las raíces y los microorganismos. Por otro lado, autores como Bacilio y Soriano (2015), destacan que *B. yuanmingense*, estimuló un mayor desarrollo de la raíz.

Tabla 10. Efecto de la inoculación a los seis días

Tratamientos	Frijol Negro	Frijol Rojo	Frijol Panamito
Porcentaje de germinación			
T1 MAP 103R1A	95 a	89 a	91 ab
T8 MAP 105R3A	92 a	91 a	95 ab
T9 MAP 105R3B	95 a	88 a	96 ab

T11 YaraVita	92 a	89 a	100 a
Longitud parte aérea			
T1 MAP 103R1A	66,35 bc	32,48 a	91,29 abc
T4 MAP 104R2B	55,36 bcd	16,76 d	110,19 a
T8 MAP 105R3A	47,41 cd	22,02 bcd	111,83 a
T11 Yara Vita	100,51 a	27,28 abc	75,69 abcd
Longitud radicular			
T1 MAP 103R1A	75,03 a	68,99 a	76,27 a
T7 MAP 105R1A	78,06 a	59,82 ab	85,78 a
T8 MAP 105R3A	69,57 a	73,86 a	84,4 a
T11 Yara Vita	80,94 a	59,87 ab	66,4 ab

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Según el análisis de Tukey con un nivel de significancia de 0.05%, existen diferencias significativas en los tratamientos evaluados las variables de FN, FR, FP (Figura 3).

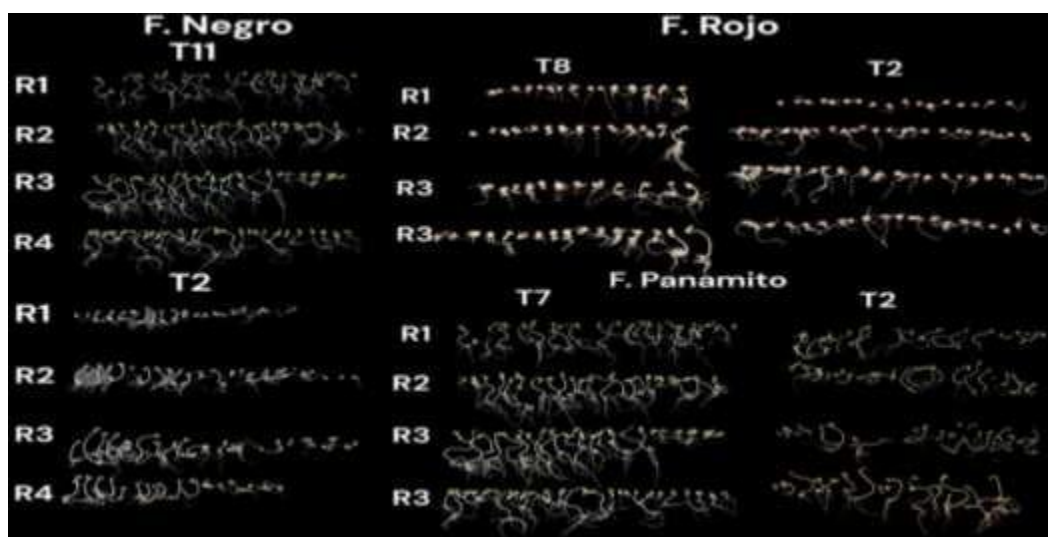


Figura 3. Efecto de inoculación de PGPR en semillas de variedades de frijoles.

3.2.2 Resultado de las variables morfológicas a los quince días

En la Tabla 11 se muestran los tratamientos en las variables: Longitud radicular, diámetro y longitud del tallo, número y ancho de hojas en las tres variedades de Frijol Negro (FN), Frijol Rojo (FR) y Frijol Panamito (FP).

En la longitud radicular los resultados demostraron que en dos variedades de frijoles presentaron diferencias significativas, el T4 y T11 para el FN y T9 para el FP con respecto a cada variedad. Mientras que, los tratamientos T9 y T11 Control Yara Vita para el FR no presentaron diferencia significativa entre ellos. Ponce (2021) menciona que, los tratamientos con aplicaciones químicas y sin inoculante bacteriano presentaron valores inferiores en la longitud radicular.

En el diámetro del tallo las tres variedades de frijoles no presentaron diferencias significativas entre los tratamientos.

En la longitud del tallo, se presentaron diferencias significativas, en el T9 para FN y FP; mientras que, el T8 para el FR no presentó significancia.

En el número de hojas los tratamientos T1 y T3 para el FN no presentaron diferencia significativa entre ellos, mostrando valores similares. Mientras que, el T8 para el FR y el T7 para el FP presentaron diferencias significativas con respecto a los demás tratamientos.

En el ancho de la hoja para el FN el T4 presentó diferencias significativas. Mientras que, el T1 para el FP y el T6 para el FP presentaron diferencias significativas respecto a los demás tratamientos.

Angulo *et al.* (2014) demostraron que, las cepas de varios géneros de rizobacterias promovieron significativamente el crecimiento de las plantas. Esta investigación confirma los resultados obtenidos en los tratamientos inoculados en todas las variables.

Tabla 11. Efectos de la inoculación a los quince días.

Tratamientos	Frijol Negro	Frijol Rojo	Frijol Panamito
Longitud radicular			
T4 MAP 104R2B	12,17 a	11,69 abc	11,14 ab
T7 MAP 105R1A	8,2 cd	9,1 e	12,38 a
T9 MAP 105R3B	8 cd	12,74 a	9,19 d
T11 Yara Vita	10,44 ab	12,74 a	11,57 ab
Diámetro del tallo			
T4 MAP 104R2B	2,5 a	2,86 a	2,41 a
T10 Agua Destilada	2,79 a	2,34 a	2,58 a
T11 Yara Vita	2,79 a	2,42 a	2,36 a
Longitud del tallo			
T8 MAP 105R3A	51,95 e	90,22 a	67,49cde
T9 MAP 105R3B	93,42 a	81,98 abcd	81,19 a
Número de hojas			
T1 MAP 103R1A	11 a	11 bc	8,5 c
T3 MAP 104R2A	11 a	11,75 b	8 c
T7 MAP 105R1A	8,75 b	13 b	11,75 a
T8 MAP 105R3A	9,25ab	17,5 a	8 c
Ancho de la hoja			
T4 MAP 104R2B	3.39 a	3.23 d	3.0 b
T1 MAP 103R1A	3,16 ab	4,83 a	3,58 b
T6 MAP 104R3A	2.64 ab	4,35 ab	4.33 a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

3.2.3 Resultado de las variables morfológicas a los treinta días

En la Tabla 12 se muestran los tratamientos en las variables: Longitud radicular, diámetro y longitud del tallo, número y ancho de hojas en las variedades Frijol Negro (FN), Frijol Rojo (FR) y Frijol Panamito (FP).

En los resultados de la longitud radicular para el FN fue el T1 quien presentó diferencia significativa. Mientras que, en el T9 presentó diferencias significativas en las variedades FR y FP. Estos hallazgos coinciden con García (2022), quien señala que un mayor desarrollo del sistema radicular se ve influenciado principalmente por bacterias de la rizosfera, estas se encargan de la promoción de formar pelos radicales y raíces secundarias.

En el diámetro del tallo, en las variedades FN y FR no presentaron diferencias significativas en ninguna variedad. Mientras que, en el FP los T2 y T9 no presentaron diferencia significativa entre ellos, pero si mejor resultado que los demás tratamientos.

En la longitud del tallo, los tratamientos que tuvieron diferencias significativas fueron T9 para FN y FP, mientras que el T7 presentó diferencia significativa para FR. A diferencia de Chaves *et. al* (2013) que al inocular semillas de maíz con *P. fluorescens*, no observaron respuestas significativas en la altura de las plantas.

En el número de hojas, los tratamientos que presentaron diferencia significativa fueron, el T3 para el FN, el T11 Control Yara Vita para el FR, mientras que los T3, T4 y T9 no presentaron diferencias significativas entre ellos, pero con valores similares. Estos resultados coinciden con Castillo (2016), que mostró un efecto positivo en el número de hojas en frijoles (*var. butter*) utilizando una cepa de *Rhizobium miluonense*.

En el ancho de la hoja, el T7 presentó diferencia significativa para el FN, mientras que los tratamientos T1 y T2 no presentaron diferencias significativas entre ellos; y, el T6 presentó diferencia significativa para el FP.

Estos resultados coinciden con los obtenidos por Cabrera. *et al.* (2017), quienes tampoco obtuvieron diferencias significativas en plantas inoculadas con *Rhizobium*.

Tabla 12. Efectos de la inoculación a los treinta días.

Tratamiento	Frijol Negro	Frijol Rojo	Frijol Panamito
Longitud radicular			
T1 MAP 103R1A	18,87 a	15,41 ab	13,54 abcd
T9 MAP 105R3B	10,45 e	16,97 a	14,98 a
Diámetro del tallo			
T2 MAP 103R3A	3,59 a	2,46 a	3,66 a
T4 MAP 104R2B	3,49 a	2,86 a	3,49 ab
T6 MAP 104R3A	3,72 a	2,42 a	3,2 b
T9 MAP 105R3B	3,39 a	2,86 a	3.65 a
Longitud del tallo			
T7 MAP 105R1A	95,92 de	134,56 a	98 bcd
T9 MAP 105R3B	129,2 a	121,64 cde	107,75 a
Nº de hojas			
T3 MAP 104R2A	19,25 a	21,5 bc	20 a
T4 MAP 104R2B	15 cd	17,75 cd	20,25 a
T9 MAP 105R3B	18,75 ab	20 bcd	20 a
T11 Yara Vita	17,25abcd	27 a	15,75 b
Ancho de hojas			
T1 MAP 103R1A	4,41 b	7,77 a	4,54 bcd
T2 MAP 103R3A	4,32 b	7,69 a	4,46 bcd
T6 MAP 104R3A	4,55 b	7,42 ab	5,49 a
T7 MAP 105R1A	5,29 a	6,53 cd	4,4 cd

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

3.2.4 Análisis clúster de pruebas fisiológicas y efecto de cepas bacterianas tipo PGPR en cultivos de leguminosas

La Figura 4 muestra el clúster con dos grupos de cepas y dos cepas independientes. El grupo uno (cepas MAP 105R1A, 105R3A, 104 R2C) presentó resultados intermedios en las pruebas in vitro. Mientras que, el grupo dos (cepas MAP 105R3B, 104R3A, 103R3A y 103R1A) presentó mejores resultados en la prueba de antibióticos y en el crecimiento a pH 4.

Finalmente, las dos cepas independientes MAP 104R2A con mejores resultados en las pruebas de salinidad (1%) y en pH 8; y la cepa MAP 104R2B en el crecimiento a pH 5 y pH 8.

La Figura 5 muestra el clúster con los resultados del efecto de las cepas en las variables de crecimiento en las tres variedades de leguminosas. Se generaron tres grupos, el grupo uno (T4, T6, T2) destacó en las variables diámetro del tallo y ancho de hoja a los 30 días. El grupo dos (T7, T9) con mejores resultados en la longitud radicular y tallo; y, el T3 destacó en el número de hojas. El grupo tres (T11, T8, T1) destacó en la germinación y crecimiento de plántulas, longitud del tallo, número y ancho de hojas a los 15 y 30 días.

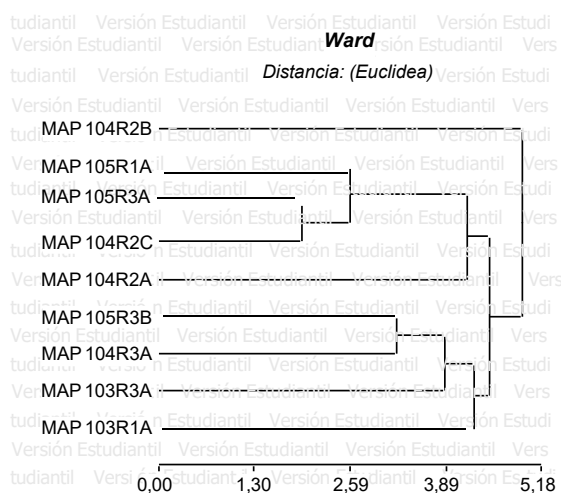


Figura 4. Análisis clúster en las pruebas fisiológicas de las 9 cepas bacterianas.

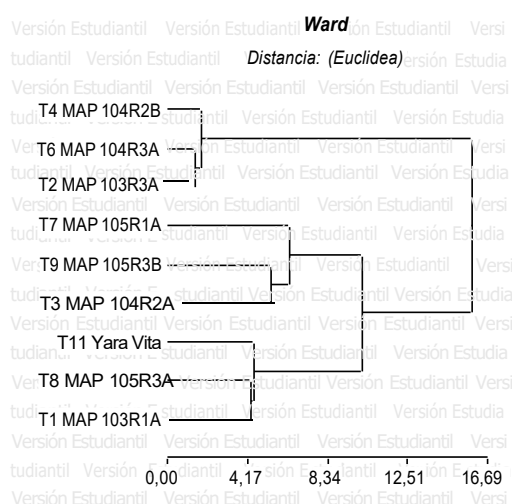


Figura 5. Análisis clúster del efecto de las cepas en tres variedades de frijoles

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- La mayoría de las nueve cepas estudiadas resultaron ser Gram positivas, con morfología entre bacilos y cocos, reacción media a la prueba catalasa y con poco viraje del medio ABT. Adicionalmente las cepas MAP 104R2A, MAP 104R2B, MAP 104R2C, MAP 104R3A, MAP 105R1A y MAP 105R3A son resistentes al antibiótico claritromicina.
- Los resultados de la inoculación de las cepas MAP 104R2B y MAP 105R3B en la fase vivero a los quince y treinta días presentaron efectos positivos en las variables longitud radicular, diámetro y longitud de tallo, mostrando diferencias significativas en las tres variedades de frijol, con respecto a los demás tratamientos.
- Se recomienda a las cepas MAP 103R1A, MAP 104R2B, MAP 105R3A y MAP 105R3B como los mejores tratamientos con respecto a los controles (Agua destilada y Yara Vita) y demás tratamientos.

Recomendaciones

- Se recomienda implementar este estudio en la fase campo, para evaluar la respuesta de las cepas MAP 103R1A, MAP 104R2B, MAP 105R3A y MAP 105R3B que demostraron efectos positivos en crecimiento de plántulas de tres variedades de frijoles. Además, replicar el ensayo en diferentes sitios de la provincia de Santa Elena.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abril, J.L., Roncallo, B. y Bonilla, R. (2017) 'Efecto de la inoculación con bacterias del género *Bacillus* sobre el crecimiento de *Megathyrus maximus* Jacq, en condiciones de estrés hídrico', *Revista agronómica del noroeste argentino*, 37(1), pp. 25–37.

Aguilar-Arteaga, K. (2023) 'Aislamiento e identificación de enterobacterias resistentes a ciprofloxacina y sulfametoxazol de agua residual de uso agrícola', *Acta de Ciencia en Salud* [Preprint], (20). Available at: <https://actadecienciaensalud.cutonala.udg.mx/index.php/ACS/article/view/172> (Accessed: 8 June 2025).

Ajayi, O.O. *et al.* (2024) 'Antibiotic Resistance in Nitrogen-Fixing Rhizobial Strains: Implications for Agriculture', *Applied and Environmental Soil Science*, 2024(1), p. 9774054. Available at: <https://doi.org/10.1155/aess/9774054>.

Alcantara, J.S. *et al.* (2019) 'Principales reguladores hormonales y sus interacciones en el crecimiento vegetal', *Nova*, 17(32), pp. 109–129.

Alcarraz, M.C., Heredia, V.J. y Gonzales, E.M. (2020) 'Azotobacter y Rhizobium como biofertilizantes naturales en semillas y plantas de frijol caupí', *Avances*, 22(2). Available at: <https://www.redalyc.org/journal/6378/637869116006/html/> (Accessed: 23 April 2025).

An, S. y Berg, G. (2018) 'Stenotrophomonas maltophilia', *Trends in Microbiology*, 26(7), pp. 637–638. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.tim.2018.04.006>.

Angulo, V.C. *et al.* (2014) 'Caracterización de rizobacterias promotoras de crecimiento en plántulas de *Eucalyptus nitens*', *Revista Argentina de Microbiología*, 46(4), pp. 338–347. Available at: [https://doi.org/10.1016/S0325-7541\(14\)70093-8](https://doi.org/10.1016/S0325-7541(14)70093-8).

Bacilio, H. y Soriano, B. (2015) 'Efecto de la inoculación mixta de *Rhizobium etli* y *Bradyrhizobium yuanmingense* sobre el crecimiento aéreo y radicular de *Oryza sativa* var. NIR', *Revista REBIOLEST*, 3(1), pp. 52–62.

Barrios, M.R., Silva, A.R. y Romero, M.G. (2024) 'Germinación de semillas de leguminosas inoculadas con diferentes dosis de bioinsumos', *Revista ESPAMCIENCIA*, 15(1), pp. 53–62.

Bata, L.C.C. *et al.* (2025) 'Mariponasa: Transformando las heces de larvas de mariposas en biofertilizante', *CIENCIA Y TECNOLOGÍA AGROPECUARIA*, 10(1), pp. 19–27. Available at: <https://doi.org/10.24054/cyta.v10i1.3648>.

Beneduzi, A., Ambrosini, A. y Passaglia, L.M.P. (2012) 'Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): their potential as antagonists and biocontrol agents', *Genetics and Molecular Biology*, 35, pp. 1044–1051. Available at: <https://doi.org/10.1590/S1415-47572012000600020>.

Cabrera, Y.L., Santana, Y. y Miranda, E. (2017) ‘Efecto de la inoculación de *Rhizobium* sobre el crecimiento de *Phaseolus vulgaris* (frijol) en condiciones semicontroladas’, 19(1), pp. 66–74.

Caizaguano, S.A.D. (2023) ‘Caracterización de microorganismos para uso agroindustrial aislados de un bosque primario en el canton Cumanda’. Available at: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/19454/1/27T00674.pdf>.

Caroca, R., Zapata, N. y Vargas, M. (2016) “Efecto de la temperatura sobre la germinación de cuatro genotipos de maní”, *Chilean journal of agricultural & animal sciences*, 32(2), pp. 94–101. Available at: <https://doi.org/10.4067/S0719-38902016000200002>.

Carrasco, J. *et al.* (2020) ‘Identificación de microorganismos’. Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.14001/67169> (Accessed: 20 September 2024).

Castillo, A.C.Y. (2016) ‘Evaluación de rizobacterias promotoras del crecimineto vegetal en fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) Var. Mantequilla’. Available at: <http://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/14526> (Accessed: 7 June 2025).

Caycedo, L. *et al.* (2021) ‘Las bacterias, su nutrición y crecimiento: una mirada desde la química’, *Nova*, 19(36), pp. 49–94. Available at: <https://doi.org/10.22490/24629448.5293>.

Chaves, D.P., Zucareli, C. y Oliveira Junior, A.D. (2013) ‘Fontes de fósforo associadas à inoculação com *Pseudomonas fluorescens* no desenvolvimento e produtividade do milho’, *Semina: Ciências Agrárias*, 34(1), pp. 57–42. Available at: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2013v34n1p57>.

Chicaiza, J.D. *et al.* (2019) ‘Crecimiento poblacional de la bacteria rhizobium al asimilar diferentes fuentes de carbono’, *MUNDO RECURSIVO*, 2(2), pp. 19–33.

Chiluisa, V., Campaña, M. y Daniel, R. (2020) ‘Determinación microbiológica y molecular mediante PCR en tiempo real de dos bacterias del género *Bacillus* de interés agro biotecnológico’, *Bionatura*, 5(2), pp. 1106–1110. Available at: <https://doi.org/10.21931/RB/2020.05.02.4>.

Crespo, J.A. (2025) ‘Caracterización morfológica y optimización de bio-insumo a base de microorganismos eficientes’, 29(126). Available at: <https://ve.scielo.org/pdf/uct/v29n126/2542-3401-uct-29-126-89.pdf>.

Curay, J.D.P. (2019) *Evaluación agronómica de tres variedades de Fréjol arbustivo (*Phaseolus vulgaris* L.) bajo las condiciones climáticas de la comunidad de Rumichaca del cantón Pelileo*. Universidad Técnica De Ambato Facultad De Ciencias Agropecuarias. Available at: <https://repositorio.uta.edu.ec/server/api/core/bitstreams/016791c1-673e-4085-b9a7-ee9867d1d2ae/content>.

García, E.Z. (2022) *Aislamiento y caracterización de microorganismos asociados a la planta de candelilla (*Euphorbia antisiphilitica* Zucc) y su efecto en la germinación y crecimiento en *Phaseolus vulgaris**. Available at:

<http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/48970/K%2068089%20Garc%20c3%ada%20P%20c3%a9rez%2c%20Elvira%20Zaret.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

García, I.C. (2018) ‘Aislamiento y selección de actinobacterias promotoras del crecimiento vegetal: efecto biofertilizante’. Available at: https://repositorio.ual.es/bitstream/handle/10835/7028/TFM_CANTERO%20GARCIA%2C%20ILUMINADA.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

García, R.B. (2019) ‘Monografía de grado para optar al título de microbióloga’. Available at: <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/4978/1/UPSE-TIA-2019-0015.pdf>.

Ghosh, A. *et al.* (2024) ‘Plant Growth-Promoting Rhizobacteria (PGPR): A Potential Alternative Tool for Sustainable Agriculture’, in M. Gull (ed.) *Updates on Rhizobacteria*. Rijeka: IntechOpen. Available at: <https://doi.org/10.5772/intechopen.1004252>.

Giler, J.E. (2017) ‘Caracterización de las comunidades microbianas en suelos cultivados con banano bajo sistemas de manejo orgánico y convencional.’ Universidad de Cuenca. Available at: <https://rest-dspace.ucuenca.edu.ec/server/api/core/bitstreams/9e31bae9-b256-435e-8839-b9dcd02679ed/content>.

Giono, S. *et al.* (2020) ‘Resistencia antimicrobiana. Importancia y esfuerzos por contenerla’, *Gaceta médica de México*, 156(2), pp. 172–180. Available at: <https://doi.org/10.24875/gmm.20005624>.

González, R. *et al.* (2020) ‘Las tnciones básicas en el Laboratorio de Microbiología: Un enfoque gráfico’. Available at: <https://www.zaragoza.unam.mx/wp-content/Portal2015/publicaciones/libros/cbiologicas/libros/Tinciones.pdf>.

Guzmán, D. y Montero, J. (2021) ‘Interacción de bacterias y plantas en la fijación del nitrógeno’, *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 8(2), pp. 87–101. Available at: <https://doi.org/10.53287/uyxf4027gf99e>.

Hasna, J., Hossain, K. y Mohd, H. (2024) ‘(PDF) Molecular Characterization of Stress Tolerant Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) for Growth Enhancement of Rice’, *ResearchGate* [Preprint]. Available at: <https://doi.org/10.17957/IJAB/15.0094>.

Hernández, F. *et al.* (2015) ‘Efecto de enterobacterias en el desarrollo vegetativo de *Zea mays* en invernadero’.

Icer, M.A. *et al.* (2023) ‘The Impacts of Acidophilic Lactic Acid Bacteria on Food and Human Health: A Review of the Current Knowledge’, *Foods*, 12(15), p. 2965. Available at: <https://doi.org/10.3390/foods12152965>.

Jiménez, R. *et al.* (2018) ‘Efecto del pH y temperatura sobre el crecimiento y actividad antagonica de *Bacillus subtilis* sobre *Rhizoctonia solani*’, *Revista mexicana*

de fitopatología, 36(2), pp. 256–275. Available at: <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.1711-3>.

Korir, H. *et al.* (2017) ‘Co-inoculation Effect of Rhizobia and Plant Growth Promoting Rhizobacteria on Common Bean Growth in a Low Phosphorus Soil’, *Frontiers in Plant Science*, 8. Available at: <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00141>.

Ladino, V.B. (2021) ‘Monografía De Grado Para Optar Al Título De Microbióloga’. Available at: <https://repositorio.uniandes.edu.co/server/api/core/bitstreams/a8f1ca52-baac-48dc-9df1-4099f183eeec/content>.

Lovaisa, N.C. *et al.* (2018) ‘Efecto de la inoculación con bacterias promotoras del crecimiento vegetal en plantas de maíz (*Zea mays* L.)’, *Revista agronómica del noroeste argentino*, 38(1), pp. 33–38.

Macías, C. *et al.* (2024) ‘Efecto de la pendimentalina sobre el crecimiento celular de rizobacterias Promotoras de Crecimiento Vegetal (PGPR)’, *Manglar*, 21(3), pp. 291–298. Available at: <https://doi.org/10.57188/manglar.2024.031>.

Malbrán, C. (2012) *Método de determinación de sensibilidad antimicrobiana por dilucion*. Available At: <Http://Antimicrobianos.Com.Ar/ATB/Wp-Content/Uploads/2012/11/04-Determinacion-De-La-Sensibilidad-Metodo-De-Dilucion-2012.pdf>.

Mamarandi, J.E. y Ojeda, A.G. (2019) *Evaluación de cepas de bacillus spp. como microorganismos promotores del crecimiento vegetal (PGPR) En brócoli (Brassica oleracea) Y LECHUGA (Lactuca sativa)*. Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito. Available at: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/17293/1/UPS-QT13912.pdf>.

Martínez, M.A. (2019) ‘Morfología y estructura bacteriana’. Available at: https://www.u-cursos.cl/medicina/2010/0/MAGVIVO3/1/material_docente/bajar?id_material=272963.

Mayz, J. y Manzi, L. (2017) ‘Bacterias hidrocarburoclásticas del género Pseudomonas en la rizosfera de Samanea saman (Jacq.) Merr.’, *Revista Colombiana de Biotecnología*, XIX(1), pp. 29–37.

Mendoza, L. *et al.* (2022) ‘Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal para el desarrollo de la agricultura en Marte’, *Arnaldoa*, 29(2), pp. 277–290. Available at: <https://doi.org/10.22497/arnaldoa.292.29106>.

Mohamed, A. *et al.* (2024) ‘(PDF) Biosynthesis of Antibiotics by PGPR and Their Roles in Biocontrol of Plant Diseases’, in *ResearchGate*. Available at: https://doi.org/10.1007/978-981-13-6986-5_1.

Molina, D.R. *et al.* (2015) (PDF) *Mecanismos de fitoestimulación por rizobacterias, aislamientos en América y potencial biotecnológico*, *ResearchGate*. Available at: https://www.researchgate.net/publication/293086504_Mecanismos_de_fitoestimula

cion_por_rizobacterias_aislamientos_en_America_y_potencial_bioteecnologico (Accessed: 24 April 2025).

Montalvo, M.E. (2021) “Efecto de fertilizantes compuestos en *Guadua angustifolia* kunt, en la zona de Satipo”. Universidad Nacional Del Centro Del Perú. Available at: https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/7836/T010_42202680_T%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Morán, N.B. (2021) *Comportamiento agronómico del cultivo de mani (Arachis hypogaea L.) con aplicación de microorganismos benéficos (Micorrizas y Rizobacterias)*. Universidad Estatal Del Sur De Manabí. Available at: <https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/2932/1/TESIS%20FINAL%20-MORAN%20%20feb%2025%20del%202021-signed.pdf>.

Moreno, A.R. *et al.* (2018) ‘Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal: una alternativa de biofertilización para la agricultura sustentable’, *Revista Colombiana de Biotecnología*, 20(1), pp. 68–83. Available at: <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v20n1.73707>.

Muñoz, D.B. (2017) ‘Bacterias promotoras del crecimiento vegetal: Mecanismos y aplicaciones’. Available at: <https://idus.us.es/server/api/core/bitstreams/7d1b7a40-7cc4-48f7-b8f4-e5120305afd4/content>.

Muyudumbay, M.A.L. (2024) “Screening de rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal, en el desarrollo del cultivo de maiz (*Zea mays*)”. Available at: <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/12015/1/UPSE-TIA-2024-0031.pdf>.

Nagamangala, C.K. y Malnoy, M. (2015) ‘Chemical diversity of microbial volatiles and their potential for plant growth and productivity’, *Frontiers in Plant Science*, Volume 6-2015. Available at: <https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2015.00151>.

Picazo, J.J. (2015) ‘Procedimientos en Microbiología Clínica’. Available at: <https://seimc.org/contenidos/documentoscientificos/procedimientosmicrobiologia/seimc-procedimientomicrobiologia11.pdf>.

Pilatuña, M.F. (2018) “Aislamiento de bacterias fijadoras de nitrógeno y bioestimuladoras del crecimiento vegetal con potencial en la producción de biofertilizantes”. Available at: <https://repositorio.uta.edu.ec/server/api/core/bitstreams/0b6b874e-a635-4707-bc31-928cd21cbeb0/content>.

Ponce, Q.J.I. (2021) “Aplicación De Rizobacterias Promotoras Del Crecimiento Vegetal (PGPR) en plantas de balsa *Ochroma pyramidale*’. Available at: <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/c9c2f239-210f-4ebf-9170-1842f6bbf386/content>.

Quinzo, B.D.D. (2022) ‘Microorganismos De Uso Agroindustrial Aislados Del Suelo De Un Bosque Primario De La Parroquia Pungala Cantón Riobamba’. Available at: <http://dspace.esepoch.edu.ec/bitstream/123456789/17808/1/27T00553.pdf>.

Ramírez, J.A., Medina, Y.R. y Uscanga, I.G. (2018) *Manual De Laboratorio De Microbiología*. Universidad Veracruzana Facultad de Química Farmacéutica Biológica. Available at: <https://www.uv.mx/qfb/files/2020/09/Guia-de-Microbiologia.pdf>.

Raya, J.C. *et al.* (2014) ‘Caracterización De Proteínas Y Contenido Mineral De Dos Variedades Nativas De Frijol De México1’, *Agronomía Mesoamericana*, 25(1), pp. 1–11.

Razaq, M. *et al.* (2017) ‘Influence of nitrogen and phosphorous on the growth and root morphology of Acer mono’, *PLOS ONE*, 12(2), p. e0171321. Available at: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0171321>.

Razmi, N. *et al.* (2023) ‘Monitoring the effect of pH on the growth of pathogenic bacteria using electrical impedance spectroscopy’, *Results in Engineering*, 20, p. 101425. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2023.101425>.

Reséndez, A. *et al.* (2018) ‘Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal: una alternativa de biofertilización para la agricultura sustentable’, *Revista Colombiana de Biotecnología*, 20(1), pp. 68–83. Available at: <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v20n1.73707>.

Reséndez, A.M. *et al.* (2018) ‘Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal: una alternativa de biofertilización para la agricultura sustentable’, *Revista Colombiana de Biotecnología*, XX(1), pp. 68–83.

Romera, F.J. *et al.* (2019) ‘Induced Systemic Resistance (ISR) and Fe Deficiency Responses in Dicot Plants’, *Frontiers in Plant Science*, 10. Available at: <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00287>.

Ruiz, C.M.J.L. (2023) ‘Inoculación de cepas de rizobacterias en el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) var. Canario Centenario en condición de campo’. Available at: <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/11578>.

Santa, R. (2015) “‘Medicion de fisiologia de planta y fruto’”. Available at: <https://www.cepsar.mx/Transparencia/2015/PR-GRO-144%20MEDICION%20DE%20FISIOLOGIA%20DE%20PLANTA%20Y%20FRUTO%20.pdf>.

Shultana, R. *et al.* (2022) ‘The PGPR Mechanisms of Salt Stress Adaptation and Plant Growth Promotion’, *Agronomy*, 12(10), p. 2266. Available at: <https://doi.org/10.3390/agronomy12102266>.

Solomon, W., Janda, T. y Molnár, Z. (2024) ‘Unveiling the significance of rhizosphere: Implications for plant growth, stress response, and sustainable agriculture’, *Plant Physiology and Biochemistry*, 206, p. 108290. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2023.108290>.

Soria, M.A. (2016) ‘¿Por qué son importantes los microorganismos del suelo para la agricultura?’

Soto, J., Borbor T., G. y Borbor D, V. (2012) ‘Identificación y Caracterización de Cepas Nativas de Rhizobium en la Provincia de Santa Elena.’, *Revista Científica y Tecnológica UPSE*, 1(1). Available at: <https://doi.org/10.26423/rctu.v1i1.8>.

Soto, J.O.V. (2021) “*Taxonomía fenotípica y molecular de bacterias aisladas de nódulos de Clitoria brachystegia Benth., una leguminosa en peligro de extinción*”. Universidad Nacional Agraria La Molina. Available at: <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/soto-valenzuela-javier-oswaldo.pdf>.

Sun, L. *et al.* (2021) ‘The FtcR-Like Protein ActR in Azorhizobium caulinodans ORS571 Is Involved in Bacterial Motility and Symbiosis With the Host Plant’, *Frontiers in Microbiology*, 12, p. 744268. Available at: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.744268>.

Tripathi, N., Zubair, M. y Sapra, A. (2025) ‘Gram Staining’, in *StatPearls*. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK562156/> (Accessed: 12 May 2025).

Vejan, P. *et al.* (2016) *Role of Plant Growth Promoting Rhizobacteria in Agricultural Sustainability—A Review*. Available at: <https://www.mdpi.com/1420-3049/21/5/573> (Accessed: 6 June 2025).

Villarreal, M.F. *et al.* (2018) ‘El género Bacillus como agente de control biológico y sus implicaciones en la bioseguridad agrícola’, *Revista mexicana de fitopatología*, 36(1), pp. 95–130. Available at: <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.1706-5>.

Vuelta, D.R.L. *et al.* (2017) ‘Efecto Del Brasinoesteroide Foliar (biobras 16) Sobre El Crecimiento Y La Producción Del Cultivo De Frijol (phaseolus Vulgaris, L.)’, *Ciencia en su PC*, (3), pp. 1–12.

Zafar, M. (2017) ‘Screening De Rizobacterias Promotoras De Crecimiento Vegetal, En El Desarrollo Del Cultivo De Maiz’, *The Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 54(02), pp. 373–381. Available at: <https://doi.org/10.21162/pakjas/17.5874>.

Zúñiga, D.E. (2012) *Manual de microbiología agrícola: Rhizobium, indicadores e inocuidad*. Primera edición. Lima: Universidad Nacional Agraria la Molina.

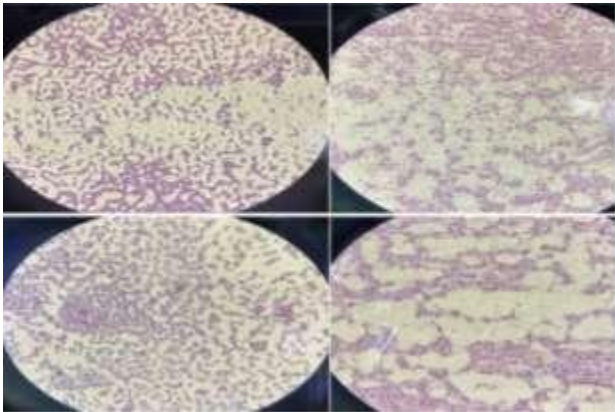
ANEXOS



Anexo 1A. Reactivación de bacterias



Anexo 2A. Purificación de bacterias en LMC



Anexo 3A. Tinción de Gram



Anexo 4A. Prueba de ABT – LMC



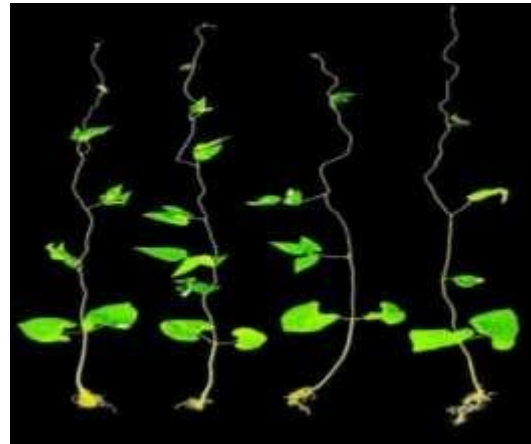
Anexo 5A. Prueba de catalasa



Anexo 6A. Inoculación en tres variedades de frijoles



Anexo 7A. Cultivo de leguminosas inoculadas



Anexo 8A. Variables morfológicas

Tratamiento	Frijol Negro	Frijol Rojo	Frijol Panamito
T1 MAP 103R1A	95 a	89 a	91 ab
T2 MAP 103R3A	89 a	89 a	89 ab
T3 MAP 104R2A	89 a	88 a	92 ab
T4 MAP 104R2B	88 a	77 ab	92 ab
T5 MAP 104R2C	88 a	84 a	93 ab
T6 MAP 104R3A	90 a	85 a	93 ab
T7 MAP 105R1A	93 a	80 a	96 ab
T8 MAP 105R3A	92 a	91 a	95 ab
T9 MAP 105R3B	95 a	88 a	96 ab
T10 Agua Destilada	92 a	57 b	82 b
T11 Yara Vita	92 a	89 a	100 a

Anexo 9A. Porcentaje de germinación a los seis días

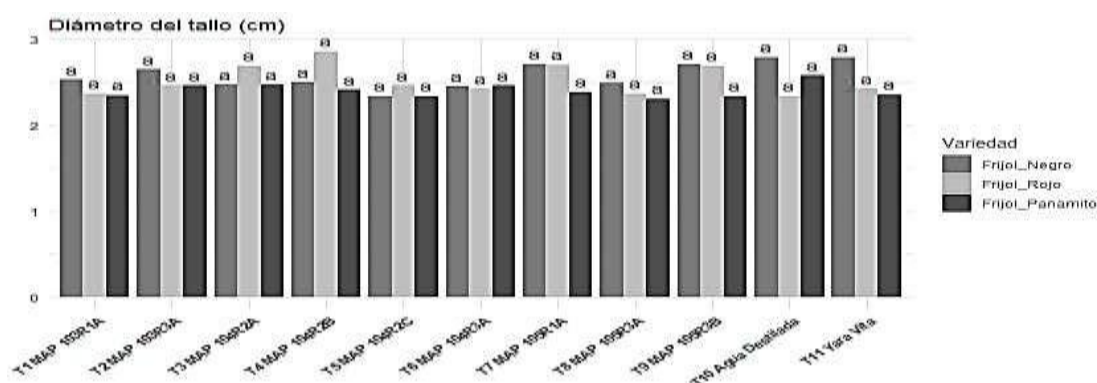
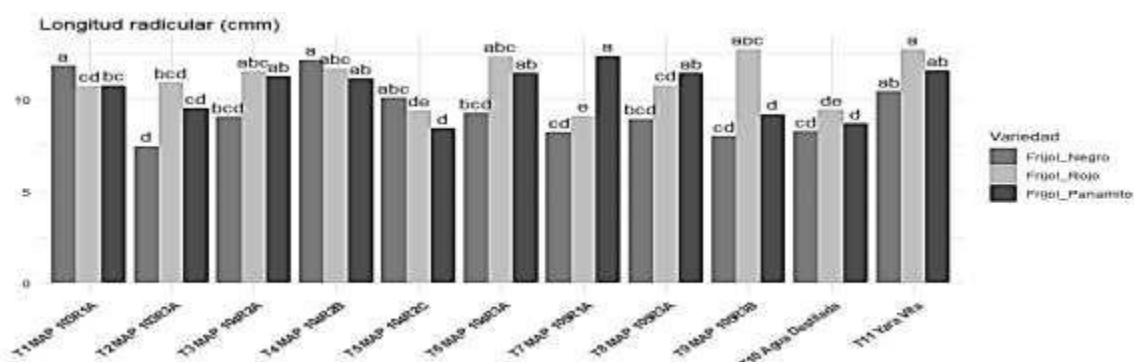
Tratamiento	Frijol Negro	Frijol Rojo	Frijol Panamito
T1 MAP 103R1A	66,35 bc	32,48 a	91,29 abc
T2 MAP 103R3A	36,13 d	15,13 d	56,3 cd
T3 MAP 104R2A	78,64 ab	19,19 cd	84,01 abcd
T4 MAP 104R2B	55,36 bcd	16,76 d	110,19 a
T5 MAP 104R2C	65,01 bc	20,49 bcd	101,38 ab
T6 MAP 104R3A	81,79 ab	15,56 d	97,59 ab
T7 MAP 105R1A	65,06 bc	21,03 bcd	86,99 abcd
T8 MAP 105R3A	47,41 cd	22,02 bcd	111,83 a
T9 MAP 105R3B	46,96 cd	22,2 bcd	48,61 d
T10 Agua Destilada	67,66 bc	29,89 ab	68,63 bcd
T11 Yara Vita	100,51 a	27,28 abc	75,69 abcd

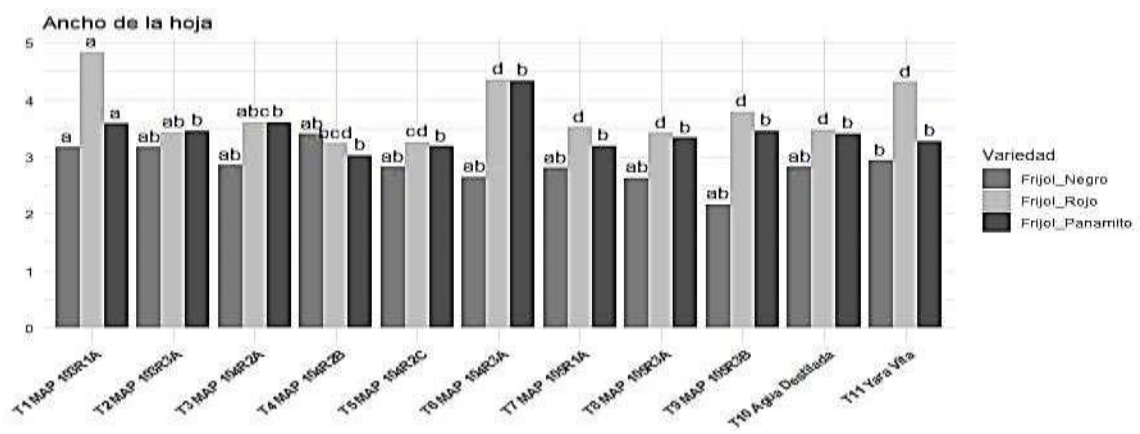
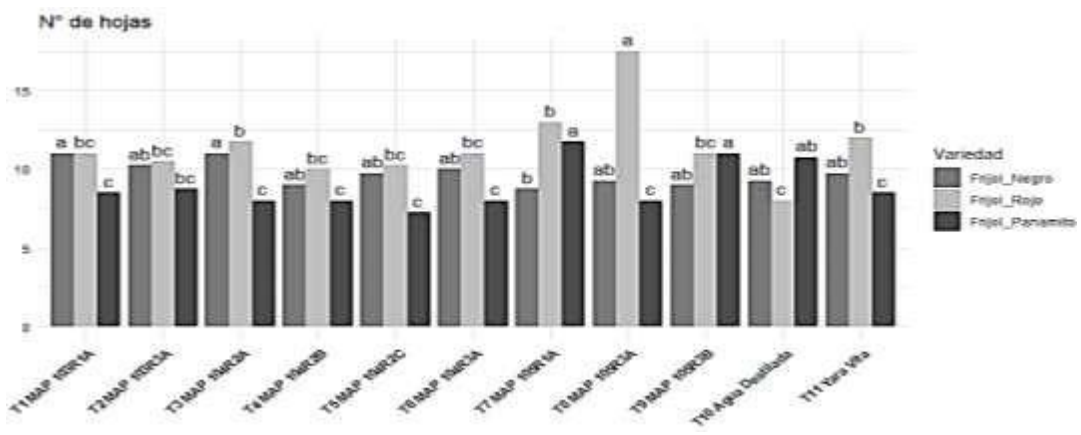
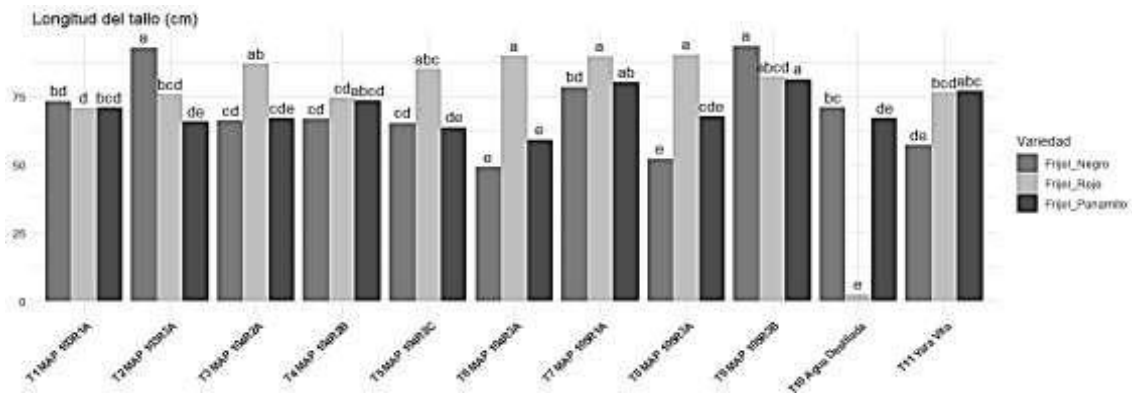
Anexo 10A. Longitud parte aérea a los seis días

Tratamiento	Frijol Negro	Frijol Rojo	Frijol Panamito
T1 MAP 103R1A	75,03 a	68,99 a	76,27 a
T2 MAP 103R3A	34,27 b	34,3 b	37,95b
T3 MAP 104R2A	79 a	64,32 ab	60,94 ab
T4 MAP 104R2B	60,96 a	66,52 ab	70,56 ab
T5 MAP 104R2C	74,55 a	65,12 ab	67,46 ab
T6 MAP 104R3A	71,77 a	58,15ab	77,99 a
T7 MAP 105R1A	78,06 a	59,82 ab	85,78 a
T8 MAP 105R3A	69,57 a	73,86 a	84,4 a
T9 MAP 105R3B	62,18 a	64,4 ab	55,05 ab
T10 Agua Destilada	80,17 a	66,68 ab	74,37 a
T11 Yara Vita	80,94 a	59,87 ab	66,4 ab

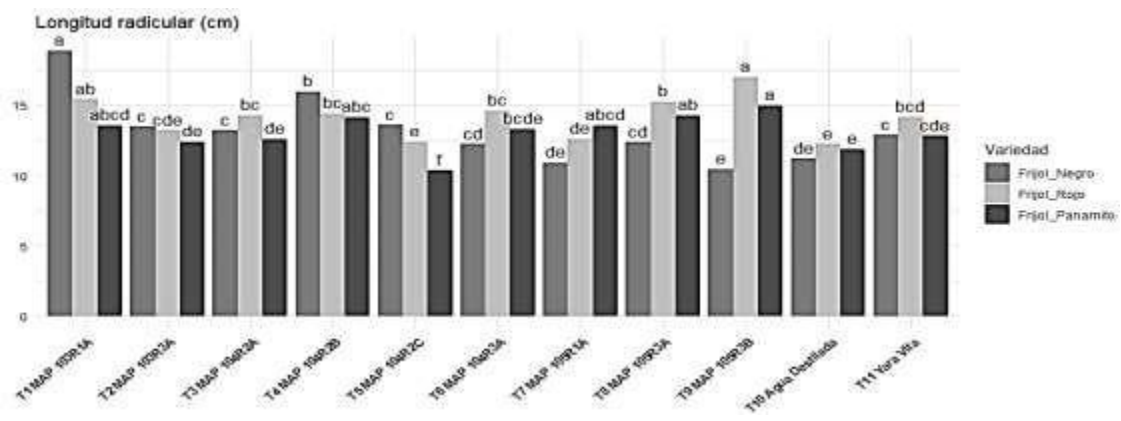
Anexo 11A. Longitud radicular a los seis días

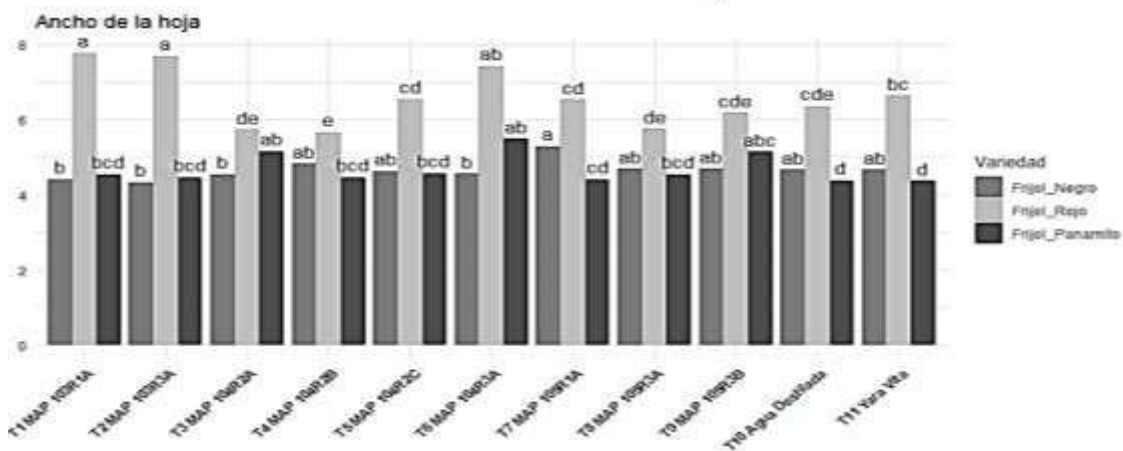
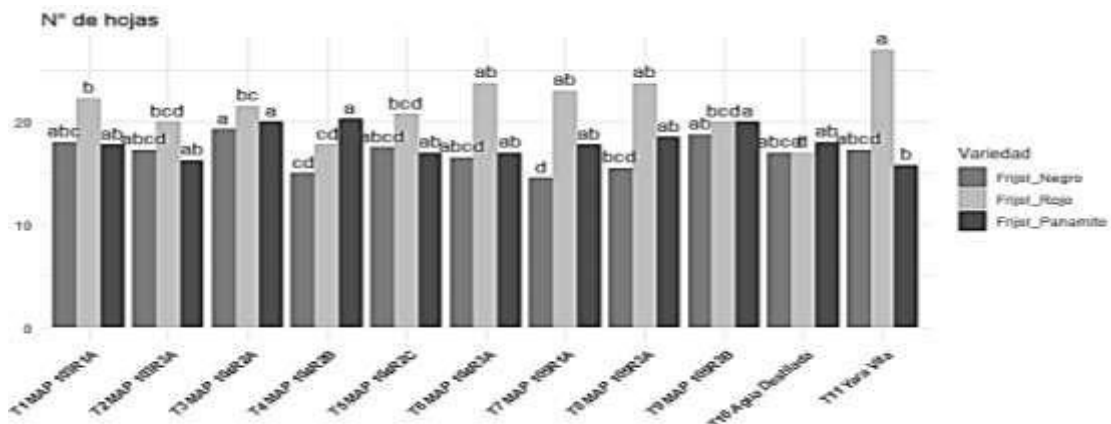
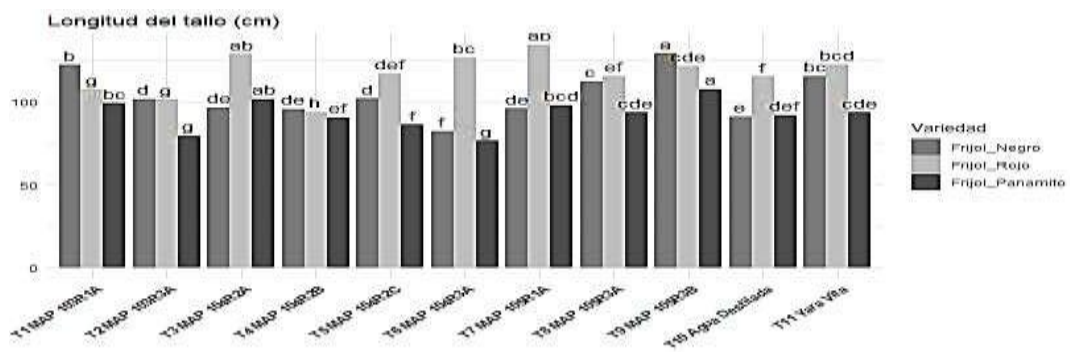
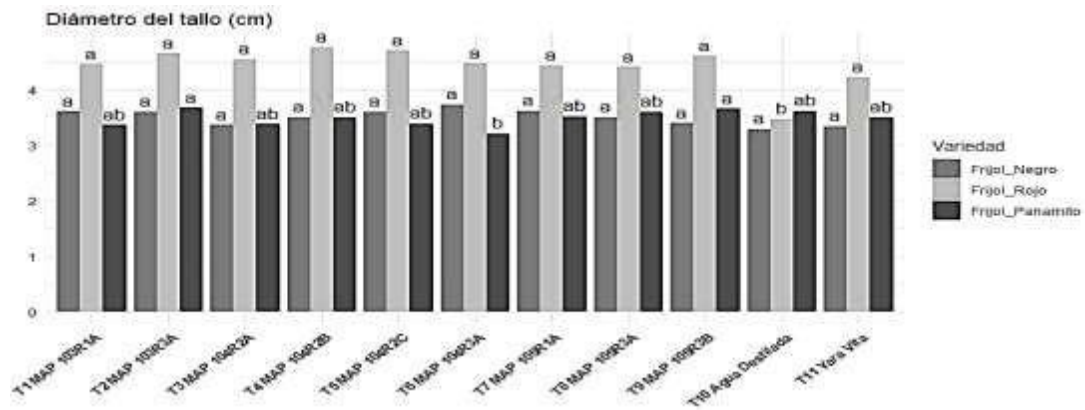
Anexo 12A. Efectos de la inoculación de PGPR en variables morfológicas: longitud radicular, diámetro del tallo, longitud del tallo, número y ancho de hojas a los quince días





Anexo 13A. Efectos de la inoculación de PGPR en variables morfológicas: longitud radicular, diámetro del tallo, longitud del tallo, número y ancho de hojas a los treinta





Anexo 14A. Descripción del análisis de la varianza en el cultivo de frijol negro

Análisis de la varianza

Porcentaje de germinación

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
% Frijol Negro	44	0,27	0,05	5,11

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	262,55	10	26,25	1,21	0,3205
TRATAMIENTO	262,55	10	26,25	1,21	0,3205
Error	716,00	33	21,70		
Total	978,55	43			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=11,37229

Error: 21,6970 gl: 33

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
T9 MAP 105R3B	95,00	4	2,33	A
T1 MAP 103R1A	95,00	4	2,33	A
T7 MAP 105R1A	93,00	4	2,33	A
T10 Agua Destilada	92,00	4	2,33	A
T8 MAP 105R3A	92,00	4	2,33	A
T11 Yara Vita	92,00	4	2,33	A
T6 MAP 104R3A	90,00	4	2,33	A
T3 MAP 104R2A	89,00	4	2,33	A
T2 MAP 103R3A	89,00	4	2,33	A
T5 MAP 104R2C	88,00	4	2,33	A
T4 MAP 104R2B	88,00	4	2,33	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Longitud de la parte aérea de la planta 6 días

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
P.A Frijol Negro	44	0,74	0,66	18,21

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	13190,31	10	1319,03	9,53	<0,0001
TRATAMIENTO	13190,31	10	1319,03	9,53	<0,0001
Error	4569,65	33	138,47		
Total	17759,96	43			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=28,72984

Error: 138,4743 gl: 33

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.				
T11 Yara Vita	100,51	4	5,88	A			
T6 MAP 104R3A	81,79	4	5,88	A	B		
T3 MAP 104R2A	78,64	4	5,88	A	B		
T10 Agua Destilada	67,66	4	5,88		B	C	
T1 MAP 103R1A	66,35	4	5,88		B	C	
T7 MAP 105R1A	65,06	4	5,88		B	C	
T5 MAP 104R2C	65,01	4	5,88		B	C	
T4 MAP 104R2B	55,36	4	5,88		B	C	D
T8 MAP 105R3A	47,41	4	5,88			C	D
T9 MAP 105R3B	46,96	4	5,88			C	D
T2 MAP 103R3A	36,13	4	5,88				D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Longitud radicular 6 días

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
L.R Frijol Negro	44	0,66	0,55	15,50

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	7346,53	10	734,65	6,30	<0,0001
TRATAMIENTO	7346,53	10	734,65	6,30	<0,0001
Error	3849,27	33	116,64		
Total	11195,79	43			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=26,36820

Error: 116,6444 gl: 33

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
T11 Yara Vita	80,94	4	5,40	A
T10 Agua Destilada	80,17	4	5,40	A
T3 MAP 104R2A	79,00	4	5,40	A
T7 MAP 105R1A	78,06	4	5,40	A
T1 MAP 103R1A	75,03	4	5,40	A
T5 MAP 104R2C	74,55	4	5,40	A
T6 MAP 104R3A	71,77	4	5,40	A
T8 MAP 105R3A	69,57	4	5,40	A
T9 MAP 105R3B	62,18	4	5,40	A
T4 MAP 104R2B	60,96	4	5,40	A
T2 MAP 103R3A	34,27	4	5,40	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Longitud radicular 15 días

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
F.N LR	44	0,79	0,73	9,25

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	96,52	10	9,65	12,70	<0,0001
TRATAMIENTO	96,52	10	9,65	12,70	<0,0001
Error	25,08	33	0,76		
Total	121,60	43			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=2,12854

Error: 0,7601 gl: 33

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
T4 MAP 104R2B	12,17	4	0,44	A
T1 MAP 103R1A	11,85	4	0,44	A
T11 Yara Vita	10,44	4	0,44	A B
T5 MAP 104R2C	10,09	4	0,44	A B C
T6 MAP 104R3A	9,26	4	0,44	B C D
T3 MAP 104R2A	9,03	4	0,44	B C D
T8 MAP 105R3A	8,94	4	0,44	B C D
T10 Agua Destilada	8,26	4	0,44	C D
T7 MAP 105R1A	8,20	4	0,44	C D
T9 MAP 105R3B	8,00	4	0,44	C D
T2 MAP 103R3A	7,44	4	0,44	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Longitud radicular 30 días

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
F.N LR	44	0,94	0,92	5,13

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	234,14	10	23,41	51,26	<0,0001
TRATAMIENTO	234,14	10	23,41	51,26	<0,0001
Error	15,07	33	0,46		
Total	249,21	43			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=1,65010

Error: 0,4568 gl: 33

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.		
T1 MAP 103R1A	18,87	4	0,34	A	
T4 MAP 104R2B	15,94	4	0,34	B	
T5 MAP 104R2C	13,59	4	0,34		C
T2 MAP 103R3A	13,45	4	0,34		C
T3 MAP 104R2A	13,21	4	0,34		C
T11 Yara Vita	12,86	4	0,34		C
T8 MAP 105R3A	12,34	4	0,34		C D
T6 MAP 104R3A	12,23	4	0,34		C D
T10 Agua Destilada	11,19	4	0,34		D E
T7 MAP 105R1A	10,90	4	0,34		D E
T9 MAP 105R3B	10,45	4	0,34		E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)**Diámetro del tallo 15 días**

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
F.N DT	44	0,25	0,02	11,23

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,92	10	0,09	1,09	0,3947
TRATAMIENTO	0,92	10	0,09	1,09	0,3947
Error	2,78	33	0,08		
Total	3,70	43			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,70846

Error: 0,0842 gl: 33

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
T11 Yara Vita	2,79	4	0,15	A
T10 Agua Destilada	2,79	4	0,15	A
T9 MAP 105R3B	2,71	4	0,15	A
T7 MAP 105R1A	2,71	4	0,15	A
T2 MAP 103R3A	2,65	4	0,15	A
T1 MAP 103R1A	2,53	4	0,15	A
T4 MAP 104R2B	2,50	4	0,15	A
T8 MAP 105R3A	2,49	4	0,15	A
T3 MAP 104R2A	2,47	4	0,15	A
T6 MAP 104R3A	2,45	4	0,15	A
T5 MAP 104R2C	2,34	4	0,15	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)**Diámetro del tallo 30 días**

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
F.N DT	44	0,28	0,06	7,15

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,78	10	0,08	1,26	0,2942

TRATAMIENTO	0,78	10	0,08	1,26	0,2942
Error	2,06	33	0,06		
Total	2,85	43			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,61012

Error: 0,0625 gl: 33

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
T6 MAP 104R3A	3,72	4	0,12	A
T7 MAP 105R1A	3,61	4	0,12	A
T1 MAP 103R1A	3,60	4	0,12	A
T2 MAP 103R3A	3,59	4	0,12	A
T5 MAP 104R2C	3,59	4	0,12	A
T4 MAP 104R2B	3,49	4	0,12	A
T8 MAP 105R3A	3,49	4	0,12	A
T9 MAP 105R3B	3,39	4	0,12	A
T3 MAP 104R2A	3,35	4	0,12	A
T11 Yara Vita	3,33	4	0,12	A
T10 Agua Destilada	3,28	4	0,12	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Longitud del tallo 15 días

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
F.N LT	44	0,92	0,89	6,95

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	8544,58	10	854,46	36,64	<0,0001
TRATAMIENTO	8544,58	10	854,46	36,64	<0,0001
Error	769,57	33	23,32		
Total	9314,16	43			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=11,79008

Error: 23,3204 gl: 33

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
T9 MAP 105R3B	93,42	4	2,41	A
T2 MAP 103R3A	92,80	4	2,41	A
T7 MAP 105R1A	78,36	4	2,41	B
T1 MAP 103R1A	73,20	4	2,41	B C
T10 Agua Destilada	70,79	4	2,41	B C
T4 MAP 104R2B	66,54	4	2,41	C D
T3 MAP 104R2A	65,96	4	2,41	C D
T5 MAP 104R2C	65,16	4	2,41	C D
T11 Yara Vita	56,95	4	2,41	D E
T8 MAP 105R3A	51,95	4	2,41	E
T6 MAP 104R3A	48,97	4	2,41	E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Longitud del tallo 30 días

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
F.N LT	44	0,97	0,96	2,68

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	8020,02	10	802,00	103,42	<0,0001
TRATAMIENTO	8020,02	10	802,00	103,42	<0,0001
Error	255,90	33	7,75		
Total	8275,92	43			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=6,79876

Error: 7,7546 gl: 33

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
T9 MAP 105R3B	129,20	4	1,39	A
T1 MAP 103R1A	122,20	4	1,39	B
T11 Yara Vita	115,68	4	1,39	B C
T8 MAP 105R3A	112,29	4	1,39	C
T5 MAP 104R2C	101,85	4	1,39	D
T2 MAP 103R3A	101,65	4	1,39	D
T3 MAP 104R2A	96,53	4	1,39	D E
T7 MAP 105R1A	95,92	4	1,39	D E
T4 MAP 104R2B	95,79	4	1,39	D E
T10 Agua Destilada	91,01	4	1,39	E
T6 MAP 104R3A	82,40	4	1,39	F

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)**N°HOJAS 15 días**

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
F.N N°HOJAS	44	0,52	0,37	8,49

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	24,23	10	2,42	3,55	0,0028
TRATAMIENTO	24,23	10	2,42	3,55	0,0028
Error	22,50	33	0,68		
Total	46,73	43			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=2,01596

Error: 0,6818 gl: 33

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
T3 MAP 104R2A	11,00	4	0,41	A
T1 MAP 103R1A	11,00	4	0,41	A
T2 MAP 103R3A	10,25	4	0,41	A B
T6 MAP 104R3A	10,00	4	0,41	A B
T11 Yara Vita	9,75	4	0,41	A B
T5 MAP 104R2C	9,75	4	0,41	A B
T8 MAP 105R3A	9,25	4	0,41	A B
T10 Agua Destilada	9,25	4	0,41	A B
T9 MAP 105R3B	9,00	4	0,41	A B
T4 MAP 104R2B	9,00	4	0,41	A B
T7 MAP 105R1A	8,75	4	0,41	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)**N°HOJAS 30 días**

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
F.N N°HOJAS	44	0,59	0,46	8,15

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	88,91	10	8,89	4,66	0,0004
TRATAMIENTO	88,91	10	8,89	4,66	0,0004
Error	63,00	33	1,91		
Total	151,91	43			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=3,37335

Error: 1,9091 gl: 33

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
T3 MAP 104R2A	19,25	4	0,69	A

T9 MAP 105R3B	18,75	4	0,69	A	B
T1 MAP 103R1A	18,00	4	0,69	A	B C
T5 MAP 104R2C	17,50	4	0,69	A	B C D
T11 Yara Vita	17,25	4	0,69	A	B C D
T2 MAP 103R3A	17,25	4	0,69	A	B C D
T10 Agua Destilada	17,00	4	0,69	A	B C D
T6 MAP 104R3A	16,50	4	0,69	A	B C D
T8 MAP 105R3A	15,50	4	0,69		B C D
T4 MAP 104R2B	15,00	4	0,69		C D
T7 MAP 105R1A	14,50	4	0,69		D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Ancho de la hoja 15 días

Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
F.N AH	44	0,41	0,23	15,26	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4,28	10	0,43	2,26	0,0381
TRATAMIENTO	4,28	10	0,43	2,26	0,0381
Error	6,23	33	0,19		
Total	10,51	43			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=1,06102

Error: 0,1889 gl: 33

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
T4 MAP 104R2B	3,39	4	0,22	A
T2 MAP 103R3A	3,16	4	0,22	A B
T1 MAP 103R1A	3,16	4	0,22	A B
T11 Yara Vita	2,93	4	0,22	A B
T3 MAP 104R2A	2,85	4	0,22	A B
T10 Agua Destilada	2,81	4	0,22	A B
T5 MAP 104R2C	2,81	4	0,22	A B
T7 MAP 105R1A	2,80	4	0,22	A B
T6 MAP 104R3A	2,64	4	0,22	A B
T8 MAP 105R3A	2,62	4	0,22	A B
T9 MAP 105R3B	2,16	4	0,22	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Ancho de la hoja 30 días

Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
F.N AH	44	0,49	0,33	6,09	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2,52	10	0,25	3,14	0,0064
TRATAMIENTO	2,52	10	0,25	3,14	0,0064
Error	2,65	33	0,08		
Total	5,17	43			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,69187

Error: 0,0803 gl: 33

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
T7 MAP 105R1A	5,29	4	0,14	A
T4 MAP 104R2B	4,82	4	0,14	A B
T9 MAP 105R3B	4,68	4	0,14	A B
T8 MAP 105R3A	4,68	4	0,14	A B
T11 Yara Vita	4,66	4	0,14	A B

T10 Agua Destilada	4,66	4	0,14	A	B
T5 MAP 104R2C	4,62	4	0,14	A	B
T6 MAP 104R3A	4,55	4	0,14		B
T3 MAP 104R2A	4,54	4	0,14		B
T1 MAP 103R1A	4,41	4	0,14		B
T2 MAP 103R3A	4,32	4	0,14		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo 15A. Descripción del análisis de la varianza en el cultivo de frijol rojo

Análisis de la varianza

Porcentaje de germinación

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
% Frijol Rojo	44	0,58	0,45	10,93

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3786,18	10	378,62	4,56	0,0004
TRATAMIENTO	3786,18	10	378,62	4,56	0,0004
Error	2740,00	33	83,03		
Total	6526,18	43			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=22,24677

Error: 83,0303 gl: 33

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.		
T8 MAP 105R3A	91,00	4	4,56	A	
T2 MAP 103R3A	89,00	4	4,56	A	
T11 Yara Vita	89,00	4	4,56	A	
T1 MAP 103R1A	89,00	4	4,56	A	
T3 MAP 104R2A	88,00	4	4,56	A	
T9 MAP 105R3B	88,00	4	4,56	A	
T6 MAP 104R3A	85,00	4	4,56	A	
T5 MAP 104R2C	84,00	4	4,56	A	
T7 MAP 105R1A	80,00	4	4,56	A	
T4 MAP 104R2B	77,00	4	4,56	A	B
T10 Agua Destilada	57,00	4	4,56		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Longitud de la parte aérea de la planta 6 días

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
P. AFrijol Rojo	44	0,72	0,63	17,95

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1309,31	10	130,93	8,39	<0,0001
TRATAMIENTO	1309,31	10	130,93	8,39	<0,0001
Error	514,87	33	15,60		
Total	1824,17	43			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=9,64358

Error: 15,6020 gl: 33

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.				
T1 MAP 103R1A	32,48	4	1,97	A			
T10 Agua Destilada	29,89	4	1,97	A	B		
T11 Yara Vita	27,28	4	1,97	A	B	C	
T9 MAP 105R3B	22,20	4	1,97		B	C	D

T8 MAP 105R3A	22,02	4	1,97	B	C	D
T7 MAP 105R1A	21,03	4	1,97	B	C	D
T5 MAP 104R2C	20,49	4	1,97	B	C	D
T3 MAP 104R2A	19,19	4	1,97		C	D
T4 MAP 104R2B	16,76	4	1,97			D
T6 MAP 104R3A	15,56	4	1,97			D
T2 MAP 103R3A	15,13	4	1,97			D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Longitud radicular 6 días

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
L.R Frijol Rojo	44	0,41	0,24	21,63

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4176,54	10	417,65	2,32	0,0337
TRATAMIENTO	4176,54	10	417,65	2,32	0,0337
Error	5934,74	33	179,84		
Total	10111,28	43			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=32,74104

Error: 179,8407 gl: 33

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.		
T8 MAP 105R3A	73,86	4	6,71	A	
T1 MAP 103R1A	68,99	4	6,71	A	
T10 Agua Destilada	66,68	4	6,71	A	B
T4 MAP 104R2B	66,52	4	6,71	A	B
T5 MAP 104R2C	65,12	4	6,71	A	B
T9 MAP 105R3B	64,40	4	6,71	A	B
T3 MAP 104R2A	64,32	4	6,71	A	B
T11 Yara Vita	59,87	4	6,71	A	B
T7 MAP 105R1A	59,82	4	6,71	A	B
T6 MAP 104R3A	58,15	4	6,71	A	B
T2 MAP 103R3A	34,30	4	6,71		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Longitud radicular 15 días

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
F.R LR	44	0,84	0,80	5,64

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	69,67	10	6,97	17,98	<0,0001
TRATAMIENTO	69,67	10	6,97	17,98	<0,0001
Error	12,79	33	0,39		
Total	82,45	43			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,51967

Error: 0,3874 gl: 33

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.			
T9 MAP 105R3B	12,74	4	0,31	A		
T11 Yara Vita	12,74	4	0,31	A		
T6 MAP 104R3A	12,35	4	0,31	A	B	
T4 MAP 104R2B	11,69	4	0,31	A	B	C
T3 MAP 104R2A	11,53	4	0,31	A	B	C
T2 MAP 103R3A	10,91	4	0,31		B	C D
T8 MAP 105R3A	10,77	4	0,31			C D
T1 MAP 103R1A	10,72	4	0,31			C D

T10 Agua Destilada	9,43	4	0,31	D	E
T5 MAP 104R2C	9,40	4	0,31	D	E
T7 MAP 105R1A	9,10	4	0,31		E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Longitud radicular 30 días

Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
F.R LR	44	0,86	0,81	4,64	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	84,47	10	8,45	19,63	<0,0001
TRATAMIENTO	84,47	10	8,45	19,63	<0,0001
Error	14,20	33	0,43		
Total	98,67	43			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=1,60134

Error: 0,4302 gl: 33

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.				
T9 MAP 105R3B	16,97	4	0,33	A			
T1 MAP 103R1A	15,41	4	0,33	A	B		
T8 MAP 105R3A	15,24	4	0,33		B		
T6 MAP 104R3A	14,59	4	0,33		B	C	
T4 MAP 104R2B	14,38	4	0,33		B	C	
T3 MAP 104R2A	14,26	4	0,33		B	C	
T11 Yara Vita	14,15	4	0,33		B	C	D
T2 MAP 103R3A	13,21	4	0,33			C	D E
T7 MAP 105R1A	12,59	4	0,33				D E
T5 MAP 104R2C	12,39	4	0,33				E
T10 Agua Destilada	12,22	4	0,33				E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Diámetro del tallo 15 días

Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
F.R DT	44	0,25	0,02	13,37	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1,24	10	0,12	1,09	0,3990
TRATAMIENTO	1,24	10	0,12	1,09	0,3990
Error	3,76	33	0,11		
Total	4,99	43			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,82371

Error: 0,1138 gl: 33

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
T4 MAP 104R2B	2,86	4	0,17	A
T7 MAP 105R1A	2,70	4	0,17	A
T3 MAP 104R2A	2,69	4	0,17	A
T9 MAP 105R3B	2,69	4	0,17	A
T5 MAP 104R2C	2,46	4	0,17	A
T2 MAP 103R3A	2,46	4	0,17	A
T11 Yara Vita	2,42	4	0,17	A
T6 MAP 104R3A	2,42	4	0,17	A
T1 MAP 103R1A	2,37	4	0,17	A
T8 MAP 105R3A	2,37	4	0,17	A
T10 Agua Destilada	2,34	4	0,17	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Diámetro del tallo 30 días

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
F.R DT	44	0,25	0,02	13,37

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1,24	10	0,12	1,09	0,3990
TRATAMIENTO	1,24	10	0,12	1,09	0,3990
Error	3,76	33	0,11		
Total	4,99	43			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,82371

Error: 0,1138 gl: 33

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
T4 MAP 104R2B	2,86	4	0,17 A
T7 MAP 105R1A	2,70	4	0,17 A
T3 MAP 104R2A	2,69	4	0,17 A
T9 MAP 105R3B	2,69	4	0,17 A
T5 MAP 104R2C	2,46	4	0,17 A
T2 MAP 103R3A	2,46	4	0,17 A
T11 Yara Vita	2,42	4	0,17 A
T6 MAP 104R3A	2,42	4	0,17 A
T1 MAP 103R1A	2,37	4	0,17 A
T8 MAP 105R3A	2,37	4	0,17 A
T10 Agua Destilada	2,34	4	0,17 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Longitud del tallo 15 días

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
F.R LT	44	0,97	0,96	6,68

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	25000,50	10	2500,05	100,36	<0,0001
TRATAMIENTO	25000,50	10	2500,05	100,36	<0,0001
Error	822,04	33	24,91		
Total	25822,54	43			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=12,18537

Error: 24,9104 gl: 33

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
T8 MAP 105R3A	90,22	4	2,50 A
T6 MAP 104R3A	89,71	4	2,50 A
T7 MAP 105R1A	89,60	4	2,50 A
T3 MAP 104R2A	86,84	4	2,50 A B
T5 MAP 104R2C	84,96	4	2,50 A B C
T9 MAP 105R3B	81,98	4	2,50 A B C D
T11 Yara Vita	76,26	4	2,50 B C D
T2 MAP 103R3A	75,51	4	2,50 B C D
T4 MAP 104R2B	74,28	4	2,50 C D
T1 MAP 103R1A	70,62	4	2,50 D
T10 Agua Destilada	2,33	4	2,50 E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Longitud del tallo 30 días

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
----------	---	----------------	-------------------	----

F.R LT 44 0,96 0,95 2,24

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5865,35	10	586,53	85,73	<0,0001
TRATAMIENTO	5865,35	10	586,53	85,73	<0,0001
Error	225,77	33	6,84		
Total	6091,12	43			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=6,38590

Error: 6,8414 gl: 33

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.						
T7 MAP 105R1A	134,56	4	1,31	A					
T3 MAP 104R2A	128,74	4	1,31	A	B				
T6 MAP 104R3A	126,57	4	1,31		B	C			
T11 Yara Vita	122,53	4	1,31		B	C	D		
T9 MAP 105R3B	121,64	4	1,31			C	D	E	
T5 MAP 104R2C	116,98	4	1,31				D	E	F
T8 MAP 105R3A	115,66	4	1,31					E	F
T10 Agua Destilada	115,24	4	1,31						F
T1 MAP 103R1A	107,50	4	1,31						G
T2 MAP 103R3A	101,44	4	1,31						G
T4 MAP 104R2B	93,77	4	1,31						H

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

N°HOJAS 15 días

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
F.R N°HOJAS	44	0,76	0,69	12,67

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	225,41	10	22,54	10,70	<0,0001
TRATAMIENTO	225,41	10	22,54	10,70	<0,0001
Error	69,50	33	2,11		
Total	294,91	43			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=3,54310

Error: 2,1061 gl: 33

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.				
T8 MAP 105R3A	17,50	4	0,73	A			
T7 MAP 105R1A	13,00	4	0,73		B		
T11 Yara Vita	12,00	4	0,73		B		
T3 MAP 104R2A	11,75	4	0,73		B		
T6 MAP 104R3A	11,00	4	0,73		B	C	
T1 MAP 103R1A	11,00	4	0,73		B	C	
T9 MAP 105R3B	11,00	4	0,73		B	C	
T2 MAP 103R3A	10,50	4	0,73		B	C	
T5 MAP 104R2C	10,25	4	0,73		B	C	
T4 MAP 104R2B	10,00	4	0,73		B	C	
T10 Agua Destilada	8,00	4	0,73				C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

N°HOJAS 30 días

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
F.R N°HOJAS	44	0,78	0,72	7,70

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	330,23	10	33,02	12,01	<0,0001

TRATAMIENTO	330,23	10	33,02	12,01	<0,0001
Error	90,75	33	2,75		
Total	420,98	43			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=4,04869

Error: 2,7500 gl: 33

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.			
T11 Yara Vita	27,00	4	0,83	A		
T6 MAP 104R3A	23,75	4	0,83	A	B	
T8 MAP 105R3A	23,75	4	0,83	A	B	
T7 MAP 105R1A	23,00	4	0,83	A	B	
T1 MAP 103R1A	22,25	4	0,83	B		
T3 MAP 104R2A	21,50	4	0,83	B	C	
T5 MAP 104R2C	20,75	4	0,83	B	C	D
T2 MAP 103R3A	20,00	4	0,83	B	C	D
T9 MAP 105R3B	20,00	4	0,83	B	C	D
T4 MAP 104R2B	17,75	4	0,83	C	D	
T10 Agua Destilada	17,00	4	0,83	D		

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Ancho de la hoja 15 días

Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
F.R AH	44	0,79	0,73	7,88	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	10,93	10	1,09	12,59	<0,0001
TRATAMIENTO	10,93	10	1,09	12,59	<0,0001
Error	2,87	33	0,09		
Total	13,80	43			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,71947

Error: 0,0868 gl: 33

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.			
T1 MAP 103R1A	4,83	4	0,15	A		
T6 MAP 104R3A	4,35	4	0,15	A	B	
T11 Yara Vita	4,31	4	0,15	A	B	C
T9 MAP 105R3B	3,78	4	0,15	B	C	D
T3 MAP 104R2A	3,60	4	0,15	C	D	
T7 MAP 105R1A	3,51	4	0,15			D
T10 Agua Destilada	3,47	4	0,15			D
T2 MAP 103R3A	3,42	4	0,15			D
T8 MAP 105R3A	3,41	4	0,15			D
T5 MAP 104R2C	3,25	4	0,15			D
T4 MAP 104R2B	3,23	4	0,15			D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Ancho de la hoja 30 días

Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
F.R AH	44	0,86	0,82	5,19	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	23,36	10	2,34	20,07	<0,0001
TRATAMIENTO	23,36	10	2,34	20,07	<0,0001
Error	3,84	33	0,12		
Total	27,20	43			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,83280

Error: 0,1164 gl: 33

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.		
T1 MAP 103R1A	7,77	4	0,17	A	
T2 MAP 103R3A	7,69	4	0,17	A	
T6 MAP 104R3A	7,42	4	0,17	A	B
T11 Yara Vita	6,63	4	0,17	B	C
T5 MAP 104R2C	6,54	4	0,17	C	D
T7 MAP 105R1A	6,53	4	0,17	C	D
T10 Agua Destilada	6,36	4	0,17	C	D E
T9 MAP 105R3B	6,18	4	0,17	C	D E
T8 MAP 105R3A	5,75	4	0,17	D	E
T3 MAP 104R2A	5,73	4	0,17	D	E
T4 MAP 104R2B	5,66	4	0,17		E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo 16A. Descripción del análisis de la varianza en el cultivo de frijol panamito

Análisis de la varianza

Porcentaje de germinación

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
% Frijol Panamito	44	0,33	0,13	7,77

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	850,18	10	85,02	1,64	0,1377
TRATAMIENTO	850,18	10	85,02	1,64	0,1377
Error	1708,00	33	51,76		
Total	2558,18	43			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=17,56449

Error: 51,7576 gl: 33

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.		
T11 Yara Vita	100,00	4	3,60	A	
T7 MAP 105R1A	96,00	4	3,60	A	B
T9 MAP 105R3B	96,00	4	3,60	A	B
T8 MAP 105R3A	95,00	4	3,60	A	B
T5 MAP 104R2C	93,00	4	3,60	A	B
T6 MAP 104R3A	93,00	4	3,60	A	B
T3 MAP 104R2A	92,00	4	3,60	A	B
T4 MAP 104R2B	92,00	4	3,60	A	B
T1 MAP 103R1A	91,00	4	3,60	A	B
T2 MAP 103R3A	89,00	4	3,60	A	B
T10 Agua Destilada	82,00	4	3,60		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Longitud parte aérea del planta 6 días

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
P.A Frijol Panamito	44	0,66	0,55	19,61

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	17311,91	10	1731,19	6,27	<0,0001
TRATAMIENTO	17311,91	10	1731,19	6,27	<0,0001
Error	9115,75	33	276,23		
Total	26427,66	43			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=40,57773

Error: 276,2348 gl: 33

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.				
T8 MAP 105R3A	111,83	4	8,31	A			
T4 MAP 104R2B	110,19	4	8,31	A			
T5 MAP 104R2C	101,38	4	8,31	A	B		
T6 MAP 104R3A	97,59	4	8,31	A	B		
T1 MAP 103R1A	91,29	4	8,31	A	B	C	
T7 MAP 105R1A	86,99	4	8,31	A	B	C	D
T3 MAP 104R2A	84,01	4	8,31	A	B	C	D
T11 Yara Vita	75,69	4	8,31	A	B	C	D
T10 Agua Destilada	68,63	4	8,31		B	C	D
T2 MAP 103R3A	56,30	4	8,31			C	D
T9 MAP 105R3B	48,61	4	8,31				D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Longitud radicular 6 días

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
L.R Frijol Panamito	44	0,53	0,39	20,89

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	7665,21	10	766,52	3,71	0,0021
TRATAMIENTO	7665,21	10	766,52	3,71	0,0021
Error	6821,24	33	206,70		
Total	14486,46	43			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=35,10131

Error: 206,7043 gl: 33

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.			
T7 MAP 105R1A	85,78	4	7,19	A		
T8 MAP 105R3A	84,40	4	7,19	A		
T6 MAP 104R3A	77,99	4	7,19	A		
T1 MAP 103R1A	76,27	4	7,19	A		
T10 Agua Destilada	74,37	4	7,19	A		
T4 MAP 104R2B	70,56	4	7,19	A	B	
T5 MAP 104R2C	67,46	4	7,19	A	B	
T11 Yara Vita	66,40	4	7,19	A	B	
T3 MAP 104R2A	60,94	4	7,19	A	B	
T9 MAP 105R3B	55,05	4	7,19	A	B	
T2 MAP 103R3A	37,95	4	7,19		B	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Longitud radicular 15 días

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
F.P LR	44	0,85	0,81	5,81

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	71,05	10	7,11	19,01	<0,0001
TRATAMIENTO	71,05	10	7,11	19,01	<0,0001
Error	12,33	33	0,37		
Total	83,39	43			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=1,49246

Error: 0,3737 gl: 33

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
T7 MAP 105R1A	12,38	4	0,31

T11 Yara Vita	11,57	4	0,31	A	B
T8 MAP 105R3A	11,45	4	0,31	A	B
T6 MAP 104R3A	11,44	4	0,31	A	B
T3 MAP 104R2A	11,27	4	0,31	A	B
T4 MAP 104R2B	11,14	4	0,31	A	B
T1 MAP 103R1A	10,77	4	0,31	B	C
T2 MAP 103R3A	9,53	4	0,31	C	D
T9 MAP 105R3B	9,19	4	0,31		D
T10 Agua Destilada	8,68	4	0,31		D
T5 MAP 104R2C	8,42	4	0,31		D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Longitud radicular 30 días

Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
F.P LR	44	0,85	0,81	4,52	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	65,73	10	6,57	18,81	<0,0001
TRATAMIENTO	65,73	10	6,57	18,81	<0,0001
Error	11,53	33	0,35		
Total	77,26	43			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=1,44340

Error: 0,3495 gl: 33

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.					
T9 MAP 105R3B	14,98	4	0,30	A				
T8 MAP 105R3A	14,26	4	0,30	A	B			
T4 MAP 104R2B	14,14	4	0,30	A	B	C		
T7 MAP 105R1A	13,56	4	0,30	A	B	C	D	
T1 MAP 103R1A	13,54	4	0,30	A	B	C	D	
T6 MAP 104R3A	13,30	4	0,30		B	C	D	E
T11 Yara Vita	12,79	4	0,30			C	D	E
T3 MAP 104R2A	12,58	4	0,30				D	E
T2 MAP 103R3A	12,40	4	0,30				D	E
T10 Agua Destilada	11,86	4	0,30					E
T5 MAP 104R2C	10,34	4	0,30					F

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Diámetro del tallo 15 días

Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
F.P DT	44	0,10	0,00	10,86	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,26	10	0,03	0,38	0,9468
TRATAMIENTO	0,26	10	0,03	0,38	0,9468
Error	2,25	33	0,07		
Total	2,51	43			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,63777

Error: 0,0682 gl: 33

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
T10 Agua Destilada	2,58	4	0,13	A
T3 MAP 104R2A	2,47	4	0,13	A
T6 MAP 104R3A	2,46	4	0,13	A
T2 MAP 103R3A	2,46	4	0,13	A
T4 MAP 104R2B	2,41	4	0,13	A

T7 MAP 105R1A	2,39	4	0,13	A
T11 Yara Vita	2,36	4	0,13	A
T1 MAP 103R1A	2,35	4	0,13	A
T9 MAP 105R3B	2,34	4	0,13	A
T5 MAP 104R2C	2,34	4	0,13	A
T8 MAP 105R3A	2,31	4	0,13	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Diámetro del tallo 30 días

Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
F.P DT	44	0,44	0,27	5,15	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,84	10	0,08	2,61	0,0184
TRATAMIENTO	0,84	10	0,08	2,61	0,0184
Error	1,06	33	0,03		
Total	1,90	43			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,43709

Error: 0,0321 gl: 33

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
T2 MAP 103R3A	3,66	4	0,09	A
T9 MAP 105R3B	3,65	4	0,09	A
T10 Agua Destilada	3,61	4	0,09	A B
T8 MAP 105R3A	3,59	4	0,09	A B
T7 MAP 105R1A	3,51	4	0,09	A B
T11 Yara Vita	3,49	4	0,09	A B
T4 MAP 104R2B	3,49	4	0,09	A B
T5 MAP 104R2C	3,38	4	0,09	A B
T3 MAP 104R2A	3,37	4	0,09	A B
T1 MAP 103R1A	3,35	4	0,09	A B
T6 MAP 104R3A	3,20	4	0,09	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Longitud del tallo 15 días

Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
F.P LT	44	0,78	0,72	5,83	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1973,92	10	197,39	11,82	<0,0001
TRATAMIENTO	1973,92	10	197,39	11,82	<0,0001
Error	551,13	33	16,70		
Total	2525,05	43			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=9,97743

Error: 16,7009 gl: 33

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
T9 MAP 105R3B	81,19	4	2,04	A
T7 MAP 105R1A	80,13	4	2,04	A B
T11 Yara Vita	76,87	4	2,04	A B C
T4 MAP 104R2B	73,30	4	2,04	A B C D
T1 MAP 103R1A	70,74	4	2,04	B C D
T8 MAP 105R3A	67,49	4	2,04	C D E
T3 MAP 104R2A	66,94	4	2,04	C D E
T10 Agua Destilada	66,85	4	2,04	D E
T2 MAP 103R3A	65,67	4	2,04	D E

T5 MAP 104R2C	63,50	4	2,04	D	E
T6 MAP 104R3A	59,01	4	2,04		E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Longitud del tallo 30 días

Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
F.P LT	44	0,93	0,91	2,93	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3441,83	10	344,18	46,62	<0,0001
TRATAMIENTO	3441,83	10	344,18	46,62	<0,0001
Error	243,63	33	7,38		
Total	3685,46	43			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=6,63374

Error: 7,3828 gl: 33

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.						
T9 MAP 105R3B	107,75	4	1,36	A					
T3 MAP 104R2A	101,63	4	1,36	A	B				
T1 MAP 103R1A	99,17	4	1,36		B	C			
T7 MAP 105R1A	98,00	4	1,36		B	C	D		
T11 Yara Vita	93,61	4	1,36			C	D	E	
T8 MAP 105R3A	93,53	4	1,36			C	D	E	
T10 Agua Destilada	91,90	4	1,36				D	E	F
T4 MAP 104R2B	90,64	4	1,36					E	F
T5 MAP 104R2C	86,23	4	1,36						F
T2 MAP 103R3A	79,47	4	1,36						G
T6 MAP 104R3A	76,54	4	1,36						G

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

N°HOJAS 15 días

Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
F.P N°HOJAS	44	0,79	0,73	9,32	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	88,91	10	8,89	12,76	<0,0001
TRATAMIENTO	88,91	10	8,89	12,76	<0,0001
Error	23,00	33	0,70		
Total	111,91	43			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=2,03824

Error: 0,6970 gl: 33

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.						
T7 MAP 105R1A	11,75	4	0,42	A					
T9 MAP 105R3B	11,00	4	0,42	A					
T10 Agua Destilada	10,75	4	0,42	A	B				
T2 MAP 103R3A	8,75	4	0,42		B	C			
T11 Yara Vita	8,50	4	0,42			C			
T1 MAP 103R1A	8,50	4	0,42			C			
T8 MAP 105R3A	8,00	4	0,42			C			
T6 MAP 104R3A	8,00	4	0,42			C			
T3 MAP 104R2A	8,00	4	0,42			C			
T4 MAP 104R2B	8,00	4	0,42			C			
T5 MAP 104R2C	7,25	4	0,42			C			

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

N°HOJAS 30 días

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
F.P N°HOJAS	44	0,49	0,34	9,50

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	94,23	10	9,42	3,21	0,0055
TRATAMIENTO	94,23	10	9,42	3,21	0,0055
Error	96,75	33	2,93		
Total	190,98	43			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=4,18039

Error: 2,9318 gl: 33

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
T4 MAP 104R2B	20,25	4	0,86	A
T3 MAP 104R2A	20,00	4	0,86	A
T9 MAP 105R3B	20,00	4	0,86	A
T8 MAP 105R3A	18,50	4	0,86	A B
T10 Agua Destilada	18,00	4	0,86	A B
T7 MAP 105R1A	17,75	4	0,86	A B
T1 MAP 103R1A	17,75	4	0,86	A B
T5 MAP 104R2C	17,00	4	0,86	A B
T6 MAP 104R3A	17,00	4	0,86	A B
T2 MAP 103R3A	16,25	4	0,86	A B
T11 Yara Vita	15,75	4	0,86	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Ancho de la hoja 15 días

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
F.P AH	44	0,62	0,51	8,59

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4,75	10	0,48	5,46	0,0001
TRATAMIENTO	4,75	10	0,48	5,46	0,0001
Error	2,87	33	0,09		
Total	7,62	43			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,72017

Error: 0,0870 gl: 33

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
T6 MAP 104R3A	4,33	4	0,15	A
T3 MAP 104R2A	3,60	4	0,15	B
T1 MAP 103R1A	3,58	4	0,15	B
T2 MAP 103R3A	3,45	4	0,15	B
T9 MAP 105R3B	3,45	4	0,15	B
T10 Agua Destilada	3,40	4	0,15	B
T8 MAP 105R3A	3,33	4	0,15	B
T11 Yara Vita	3,27	4	0,15	B
T7 MAP 105R1A	3,19	4	0,15	B
T5 MAP 104R2C	3,18	4	0,15	B
T4 MAP 104R2B	3,02	4	0,15	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Ancho de la hoja 30 días

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
----------	---	----------------	-------------------	----

F.P AH 44 0,66 0,56 6,57

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	6,06	10	0,61	6,41	<0,0001
TRATAMIENTO	6,06	10	0,61	6,41	<0,0001
Error	3,12	33	0,09		
Total	9,18	43			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,75089

Error: 0,0946 gl: 33

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.				
T6 MAP 104R3A	5,49	4	0,15	A			
T3 MAP 104R2A	5,15	4	0,15	A	B		
T9 MAP 105R3B	5,14	4	0,15	A	B	C	
T5 MAP 104R2C	4,57	4	0,15		B	C	D
T1 MAP 103R1A	4,54	4	0,15		B	C	D
T8 MAP 105R3A	4,54	4	0,15		B	C	D
T4 MAP 104R2B	4,46	4	0,15		B	C	D
T2 MAP 103R3A	4,46	4	0,15		B	C	D
T7 MAP 105R1A	4,40	4	0,15			C	D
T10 Agua Destilada	4,38	4	0,15				D
T11 Yara Vita	4,36	4	0,15				D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)