



Universidad  
Nacional  
de Loja

# Universidad Nacional de Loja

## Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

### Maestría en Agroecología y Desarrollo Sostenible

### Evaluación de microorganismos benéficos en el proceso de germinación de semillas nativas y certificadas en condiciones de laboratorio y almácigo

Trabajo de Titulación previo a la  
obtención del título de Magister en  
Agroecología y Desarrollo Sostenible.

#### **Autora:**

Ing. Yomara Gabriela Fernández Cuenca

#### **Director:**

Ing. Klever Iván Granda Mora, PhD.

Loja – Ecuador

2023

## **Certificación**

Loja, 13 de junio de 2023

Ing. Klever Iván Granda Mora, PhD.

**DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

### **CERTIFICO:**

Que he revisado y orientado todo proceso de la elaboración del Trabajo de Titulación denominado: **Evaluación de microorganismos benéficos en el proceso de germinación de semillas nativas y certificadas en condiciones de laboratorio y almacigo**, de autoría de la estudiante **Yomara Gabriela Fernández Cuenca** previo a la obtención del título de **Magister en Agroecología y Desarrollo Sostenible**, con cédula de identidad **Nro. 1105178642**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto, autorizo la presentación para la respectiva sustentación y defensa.

Ing. Klever Iván Granda Mora, PhD.

**DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

### **Autoría**

Yo, **Yomara Gabriela Fernández Cuenca**, declaro ser autora del presente Trabajo de Titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi Trabajo de Titulación, en el Repositorio Digital Institucional - Biblioteca Virtual.

**Firma:**

**Cédula de Identidad:** 1105178642

**Fecha:** 22 de junio de 2023

**Correo electrónico:** [ygfernandezc@unl.edu.ec](mailto:ygfernandezc@unl.edu.ec)

**Celular:** 0983694227

**Carta de autorización por parte de la autora, para consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica del texto completo, del Trabajo de Titulación.**

Yo, **Yomara Gabriela Fernández Cuenca**, declaro ser autora del Trabajo de Titulación denominado: **Evaluación de microorganismos benéficos en el proceso de germinación de semillas nativas y certificadas en condiciones de laboratorio y almacigo**, como requisito para optar el título de **Magister en Agroecología y Desarrollo Sostenible**, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo de Titulación que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los veintidós días del mes de junio de dos mil veintitrés.

**Firma:**

**Autor:** Yomara Gabriela Fernández Cuenca

**Cédula:** 1105178642

**Dirección:** Zapotillo y Saraguro

**Correo electrónico:** [yomix292@gmail.com](mailto:yomix292@gmail.com)

**Celular:** 0983694227

**DATOS COMPLEMENTARIOS:**

**Director del Trabajo de Titulación:** Ing. Klever Iván Granda Mora, PhD.

## **Dedicatoria**

Dedico este logro a Dios, el ser supremo que ha estado presente en cada paso de mi vida y en este viaje académico.

A mis padres Fanny y Wilson, quienes han sido mi inspiración en mi deseo de superación y con su amor, aliento y sacrificio han sido fundamentales para culminar mi Trabajo de Titulación. Su confianza en mis capacidades ha sido fundamental para que pueda alcanzar este logro académico. Mi éxito es también vuestro éxito.

A mis hermanos Eduardo, Fabricio y Yordi, por su apoyo, comprensión y constante motivación. Sus palabras de aliento han sido un bálsamo para mi espíritu y me han impulsado a seguir adelante en cada etapa de este proceso de investigación.

A mi sobrina Clarisse (+) quien, a través de esta dedicación, puedo mantener viva su memoria y honrar la brevedad de su vida en cada logro que alcance.

A mi querida abuela Laura por sus oraciones diarias, por su amor y enseñanza, ha dejado una marca perdurable en mi desarrollo personal.

***Yomara Gabriela Fernández Cuenca***

## **Agradecimiento**

A la Universidad Nacional de Loja, mi más profundo agradecimiento por su valiosa contribución a mi formación académica.

A la Quinta Experimental Docente La Argelia de la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, al laboratorio de Análisis Químico y al Laboratorio de Microbiología Vegetal del Centro de Biotecnología de la Universidad Nacional de Loja, por su apertura para realizar esta investigación.

A mi director de Trabajo de Titulación Ing. Klever Iván Granda Mora, PhD. le expreso mi gratitud por su orientación y contribución a mi desarrollo académico y profesional.

A los miembros del tribunal, les agradezco sinceramente por su tiempo, su conocimiento y su compromiso para el desarrollo de mi Trabajo de Titulación.

Finalmente, a mis queridos amigos Tania, Viviana y Diego, agradezco de corazón por estar siempre a mi lado, animándome, motivándome y celebrando cada uno de mis logros, sus palabras de aliento me han dado el impulso necesario para seguir adelante en los momentos de estrés y dudas.

***Yomara Gabriela Fernández Cuenca***

## Índice de contenidos

Portada.....	i
Certificación .....	ii
Autoría.....	iii
Carta de autorización.....	iv
Dedicatoria .....	v
Agradecimiento.....	vi
Índice de contenidos .....	vii
Índice de tablas.....	ix
Índice de figuras .....	x
Índice de anexos .....	xii
<b>1.    Título.....</b>	<b>1</b>
<b>2.    Resumen .....</b>	<b>2</b>
2.1. Abstract.....	3
<b>3.    Introducción.....</b>	<b>4</b>
<b>4.    Marco teórico.....</b>	<b>7</b>
4.1.    Microorganismos benéficos nativos.....	7
4.1.1.    Importancia de los microorganismos benéficos en la agricultura .....	7
4.1.2.    Géneros de microorganismos .....	8
4.2.    Taxonomía de <i>Coriandrum sativum</i> L. y <i>Allium fistulosum</i> L.....	9
4.3.    Descripción botánica de <i>Coriandrum sativum</i> L. y <i>Allium fistulosum</i> L. ....	10
4.3.1.    Descripción botánica de <i>C. sativum</i> L.....	10
4.3.2.    Descripción botánica de <i>A. fistulosum</i> L.....	10
4.4.    Fases fenológicas de <i>Coriandrum sativum</i> L. y <i>Allium fistulosum</i> L.....	11
4.4.1.    Fases fenológicas de <i>C. sativum</i> L. ....	11
4.4.2.    Fases fenológicas de <i>A. fistulosum</i> L.....	11
4.5.    Investigaciones realizadas .....	12
<b>5.    Metodología.....</b>	<b>14</b>
5.1.    Localización general del estudio .....	14
5.1.1.    Material vegetal.....	14
5.1.2.    Microorganismos benéficos.....	15

5.1.3.	<i>Control positivo</i> .....	15
5.1.4.	<i>Reactivación de las cepas bacterianas</i> .....	15
5.1.5.	<i>Prueba de viabilidad de semillas hortícolas</i> .....	16
5.1.6.	<i>Desinfección de semillas hortícolas nativas</i> .....	16
5.1.7.	<i>Variables de evaluación</i> .....	16
5.1.8.	<i>Diseño experimental</i> .....	17
5.1.9.	<i>Análisis de datos</i> .....	19
5.2.	Metodología para determinar el efecto de los microorganismos benéficos en el proceso de germinación de semillas nativas y certificadas en dos especies hortícolas en condiciones de laboratorio .....	19
5.3.	Metodología para establecer el efecto de los microorganismos benéficos en el proceso de germinación de semillas nativas y certificadas en dos especies hortícolas en condiciones de almácigo .....	20
<b>6.</b>	<b>Resultados</b> .....	<b>21</b>
6.1.	Efecto de los microorganismos benéficos en la germinación de semillas hortícolas en laboratorio .....	21
6.2.	Efecto de los microorganismos benéficos en la germinación de semillas hortícolas en almácigo.. .....	25
<b>7.</b>	<b>Discusión</b> .....	<b>31</b>
7.1.	Germinación de semillas hortícolas en laboratorio por efecto de los microorganismos nativos.... .....	31
7.2.	Germinación de semillas hortícolas en almácigo por efecto de los microorganismos nativos.... .....	34
<b>8.</b>	<b>Conclusiones</b> .....	<b>37</b>
<b>9.</b>	<b>Recomendaciones</b> .....	<b>38</b>
<b>10.</b>	<b>Bibliografía</b> .....	<b>39</b>
<b>11.</b>	<b>Anexos</b> .....	<b>60</b>



## Índice de tablas:

<b>Tabla 1.</b>	Taxonomía de <i>Coriandrum sativum</i> L. y <i>Allium fistulosum</i> L.....	10
<b>Tabla 2.</b>	Microorganismos benéficos caracterizados por el proyecto denominado Bioproducto mixto con microorganismos benéficos para su aplicación en cultivos hortícolas periodo octubre 2021-abril 2022.....	15
<b>Tabla 3.</b>	Concentración en unidades formadoras de colonias (UFC) de las bacterias nativas.....	16
<b>Tabla 4.</b>	Especificaciones del diseño experimental para evaluar la eficiencia de microorganismos benéficos en el proceso de germinación de semillas en condiciones de laboratorio.....	18
<b>Tabla 5.</b>	Especificaciones del diseño experimental para evaluar la eficiencia de microorganismos benéficos en el proceso de germinación de semillas en almácigo.....	18
<b>Tabla 6.</b>	Descripción de los tratamientos para evaluar la eficiencia de microorganismos benéficos en el proceso de germinación de semillas en condiciones de laboratorio y almácigo.....	18
<b>Tabla 7.</b>	Longitud del sistema radicular de la cebolla blanca ( <i>Allium. fistulosum</i> L.) por efecto del fitoestimulante en laboratorio. ....	24
<b>Tabla 8.</b>	Longitud de la plántula de la cebolla blanca ( <i>Allium fistulosum</i> L.) por efecto del fitoestimulante en laboratorio.....	25
<b>Tabla 9.</b>	Porcentaje de germinación en semillas de cebolla blanca ( <i>Allium fistulosum</i> L.) por interacción entre fitoestimulantes y tipo de semilla en almácigo.....	26
<b>Tabla 10.</b>	Índice de velocidad de germinación en semillas de cilantro ( <i>Coriandrum sativum</i> L.) por interacción entre fitoestimulantes y tipo de semilla en almácigo.....	26
<b>Tabla 11.</b>	Índice de velocidad de germinación en semillas de cebolla blanca ( <i>Allium fistulosum</i> L.) por interacción entre fitoestimulantes y tipo de semilla en almácigo.....	27
<b>Tabla 12.</b>	Longitud de la plántula de cilantro ( <i>Coriandrum sativum</i> L.) por interacción entre fitoestimulantes y tipo de semilla en almácigo.....	29
<b>Tabla 13.</b>	Longitud de la plántula de cebolla blanca ( <i>Allium fistulosum</i> L.) por interacción entre fitoestimulantes y tipo de semilla en almácigo.....	30

## Índice de figuras:

- Figura 1.** Desarrollo fenológico de *Allium fistulosum* L. correspondiente a días después de la siembra..... 12
- Figura 2.** Mapa de ubicación del área de estudio correspondiente al laboratorio de Biotecnología y a la Quinta Experimental Docente La Argelia de la Universidad Nacional de Loja..... 14
- Figura 3.** Porcentaje de germinación de cebolla blanca (*Allium fistulosum* L.) por efecto de los fitoestimulantes en laboratorio. Los valores corresponden a la media  $\pm$  error estándar. Letras distintas indican diferencias significativas, DGC (p-valor  $< 0,05$ )..... 21
- Figura 4.** Porcentaje de germinación de cebolla blanca (*Allium fistulosum* L.) por efecto del tipo de semilla en laboratorio. Los valores corresponden a la media  $\pm$  error estándar. Letras distintas indican diferencias significativas, DGC (p-valor  $< 0,05$ )..... 22
- Figura 5.** Índice de velocidad de germinación de cebolla blanca (*Allium fistulosum* L.) por efecto de los fitoestimulantes en laboratorio. Los valores corresponden a la media  $\pm$  error estándar. Letras distintas indican diferencias significativas, DGC (p-valor  $< 0,05$ )..... 23
- Figura 6.** Índice de velocidad de germinación de cebolla blanca (*Allium fistulosum* L.) por efecto del tipo de semilla en laboratorio. Los valores corresponden a la media  $\pm$  error estándar. Letras distintas indican diferencias significativas, DGC (p-valor  $< 0,05$ )..... 23
- Figura 7.** Longitud del sistema radicular del cilantro (*Coriandrum sativum* L.) por efecto de los fitoestimulantes en almácigo. Los valores corresponden a la media  $\pm$  error estándar. Letras distintas indican diferencias significativas, DGC (p-valor  $< 0,05$ )..... 27
- Figura 8.** Longitud del sistema radicular de cebolla blanca (*Allium fistulosum* L.) por efecto de los fitoestimulantes en almácigo. Los valores corresponden a la media  $\pm$  error estándar. Letras distintas indican diferencias significativas, DGC (p-valor  $< 0,05$ )..... 28

<b>Figura 9.</b> Longitud de la plántula de cebolla blanca ( <i>Allium fistulosum</i> L.) a los cinco días después de la germinación por efecto de los fitoestimulantes en almácigo. Los valores corresponden a la media $\pm$ error estándar. Letras distintas indican diferencias significativas, DGC (p-valor < 0,05). .....	29
<b>Figura 10.</b> Efecto de la bacteria nativa <i>Pseudomona</i> spp. en la germinación de semillas certificadas de cebolla blanca. ....	60
<b>Figura 11.</b> Cinética de crecimiento de la plántula de cilantro- <i>Azotobacter</i> . ....	61
<b>Figura 12.</b> Cinética de crecimiento de la plántula de cilantro- <i>Azospirillum</i> . ....	61
<b>Figura 13.</b> Cinética de crecimiento de la plántula de cilantro- <i>Pseudomona</i> . ....	62
<b>Figura 14.</b> Cinética de crecimiento de la plántula de cilantro-giberelina. ....	62
<b>Figura 15.</b> Cinética de crecimiento de la plántula de cilantro-testigo. ....	63
<b>Figura 16.</b> Cinética de crecimiento de la plántula de cebolla- <i>Azotobacter</i> . ....	63
<b>Figura 17.</b> Cinética de crecimiento de la plántula de cebolla- <i>Azospirillum</i> . ....	64
<b>Figura 18.</b> Cinética de crecimiento de la plántula de cebolla- <i>Pseudomona</i> . ....	64
<b>Figura 19.</b> Cinética de crecimiento de la plántula de cebolla-giberelina. ....	65
<b>Figura 20.</b> Cinética de crecimiento de la plántula de cebolla-testigo. ....	65

## **Índice de anexos:**

<b>Anexo 1.</b> Efecto de los fitoestimulantes en la germinación de semillas certificadas y nativas en laboratorio. ....	60
<b>Anexo 2.</b> Cinética de crecimiento de plántulas de cilantro ( <i>Coriandrum sativum</i> L.) y cebolla blanca ( <i>Allium fistulosum</i> L.) en almácigo. ....	61
<b>Anexo 3.</b> Certificado de traducción.....	66

## **1. Título**

**Evaluación de microorganismos benéficos en el proceso de germinación de semillas nativas y certificadas en condiciones de laboratorio y almácigo**

## 2. Resumen

En la agricultura convencional, por lo general, se desestima el uso de microorganismos nativos para inducir o facilitar la germinación de semillas, siendo los métodos químicos los más utilizados. El objetivo de esta investigación fue evaluar la eficiencia de microorganismos benéficos en el proceso de germinación de semillas nativas y certificadas de dos especies hortícolas bajo condiciones de laboratorio y de almácigo. Se evaluaron tres bacterias benéficas de los géneros *Azotobacter* spp, *Azospirillum* spp y *Pseudomona* spp a una concentración de  $1 \times 10^8$  UFC mL<sup>-1</sup>; y ácido giberélico al 10 % a una concentración de 150 ppm de ingrediente activo, en los cuales se embebieron las semillas certificadas y nativas de cilantro (*Coriandrum sativum* L.) y de cebolla blanca (*Allium fistulosum* L.). La muestra testigo para el laboratorio fue agua destilada estéril más semilla y en el almácigo fue turba estéril más semilla. En laboratorio las semillas se sembraron en cajas Petri estéril con agua destilada estéril y se mantuvieron en incubación a 28 °C y en total oscuridad. En el almácigo se sembró en bandejas de polipropileno con turba estéril con temperatura y humedad relativa de 15,5 °C y 83 % respectivamente. Durante 31 días se midió el porcentaje de germinación, el índice de velocidad de germinación (IVG), longitud del sistema radicular (LSR) y longitud de la plántula (LP). Los resultados en laboratorio para el caso del cilantro no evidenciaron germinación en los tratamientos, mientras que para la cebolla blanca los fitoestimulantes giberelina, testigo, *Pseudomona* spp. y *Azospirillum* spp. influyeron positivamente en las variables evaluadas; en almácigo los resultados demostraron que las bacterias nativas y el biostimulante químico tuvieron similar efecto en la germinación de las dos especies hortícolas. En general, el uso de microorganismos nativos representa una alternativa sostenible para acelerar procesos de germinación con resultados similares a los fitorreguladores químicos.

**Palabras claves:** *Azotobacter*, *Azospirillum* y *Pseudomona*, *Coriandrum sativum* L. y *Allium fistulosum* L.

## 2.1. Abstract

In conventional agriculture, the use of native microorganisms to induce or facilitate seed germination is generally dismissed, with chemical methods being the most widely used. This research aimed to evaluate the efficiency of beneficial microorganisms in the germination process of native and certified seeds of two horticultural species under laboratory and nursery conditions. Three beneficial bacteria of the genera *Azotobacter* spp, *Azospirillum* spp, and *Pseudomonas* spp were evaluated at a concentration of  $1 \times 10^8$  CFU mL<sup>-1</sup>; and 10 % gibberellic acid at a concentration of 150 ppm of the active ingredient, in which the certified and native coriander (*Coriandrum sativum* L.) and white onion (*Allium fistulosum* L.) seeds were embedded. The control sample for the laboratory was sterile distilled water plus seed, and in the nursery, it was sterile peat plus seed. In the laboratory, the seeds were sown in sterile Petri dishes with sterile distilled water and kept incubating at 28 °C and in total darkness. In the nursery, it was sown in polypropylene trays with sterile peat at a temperature and relative humidity of 15,5 °C and 83 % respectively. During 31 days, the germination percentage, the germination speed index (IVG), root system length (LSR) and seedling length (LP) were measured. The laboratory results for the case of cilantro did not evidenced germination in the treatments, while for the white onion, the phytostimulants gibberellin, control, *Pseudomona* spp. and *Azospirillum* spp. positively influenced the evaluated variables; In nursery, the results showed that the native bacteria and the chemical biostimulant had a similar effect on the germination of the two horticultural species. In general, the use of native microorganisms represents a sustainable alternative to accelerate germination processes with similar results to chemical phyto regulators.

**Key words:** *Azotobacter*, *Azospirillum* and *Pseudomona*, *Coriandrum sativum* L. and *Allium fistulosum* L.

### 3. Introducción

Actualmente la población mundial alcanza los ocho mil millones de personas; no obstante, esta cifra se prevé llegue a 10 mil millones en 2058. Por tanto, la producción de alimentos se incrementará para abastecer las necesidades de la población mundial y contribuir a la seguridad alimentaria (Máñez, 2022).

Existen más de 50 000 plantas comestibles en el mundo, pero según la FAO, el 90 % de las necesidades energéticas del mundo se satisfacen con 15 cultivos y alrededor de dos tercios de las calorías provienen del arroz, maíz y trigo (Gruber, 2017).

La agricultura convencional propone la producción masiva de cultivos agrícolas principalmente para monocultivos como maíz, arroz y trigo, con el uso intensivo de: combustibles fósiles, plaguicidas, fertilizantes, semillas híbridas, maquinarias, agua para riego, entre otros (Sarandón y Flores, 2019). Por lo que, en las últimas décadas se han implementado variedades de alto rendimiento, lo cual ha conducido que las cosechas dependan del uso de dichos insumos para asegurar el volumen de alimento necesario (Yadav et al., 2017). Lo cual disminuye el hambre y la pobreza; pero, destruye la diversidad biológica (Shiva, 2020).

Para satisfacer la demanda de alimentos se requiere contar con semillas de buena calidad, sean estas nativas o mejoradas; pero, existen algunas variables que intervienen en pro y contra de los agricultores como origen de la semilla, porcentaje de germinación, resistencia a enfermedades, y otros, que en muchas ocasiones el agricultor desconoce. Ruiz y Tejedor (2020) mencionan que la agricultura convencional prioriza el uso de semillas certificadas, dejando de lado las semillas nativas, esto representa pérdida de la riqueza natural, por tanto, sembrar semillas nativas garantiza soberanía, diversidad y seguridad alimentaria. Del mismo modo, Shiva (2020) señala que si no hay diversidad de semillas disminuyen los nutrientes para el consumo humano, no existe resiliencia al cambio climático en momentos de alteraciones e inestabilidad, dado que, las semillas nativas son el resultado de la adaptación a diferentes condiciones ambientales y representan el primer eslabón de la cadena alimentaria.

Adicional a ello, con el modelo convencional no existe el uso de los microorganismos nativos, por el contrario, existe una dependencia de hormonas sintéticas para garantizar la germinación de semillas, ya que, no existen en el mercado bioproductos con



microorganismos benéficos que promuevan el crecimiento vegetal. Sokol et al. (2022) mencionan que los microorganismos son la principal fuente de nutrientes para las plantas. Igualmente, Díaz et al., (2019) indican que son utilizados en la germinación de semillas y en la eliminación de problemas asociados con el uso de fertilizantes químicos y pesticidas.

Ante ello, existe la necesidad urgente de adoptar prácticas amigables con el ambiente, que satisfagan las necesidades de producción y que promuevan un equilibrio en los ecosistemas (Hernández-Reyes et al., 2019).

En ese sentido, el desarrollo de la agricultura sustentable a nivel mundial reducirá la dependencia de agroquímicos que perjudican el medio ambiente y favorecerá el uso de microorganismos benéficos en los sistemas productivos, en donde se contemple el manejo integrado del cultivo (Viera y Jackson, 2020). Del mismo modo, Cruz et al., (2021) señalan que, dicho enfoque involucra soluciones microbiológicas, con nuevos productos de menor o nulo impacto sobre el ambiente. El uso de microorganismos asociados a los cultivos contribuye a la reducción del uso de fertilizantes sintéticos y mitiga la contaminación ambiental causada por éstos (Chávez et al., 2020).

La inoculación de *Azospirillum* en las plantas incrementa el desarrollo radicular, tanto en longitud como en volumen (Bashan et al., 2007).

En el mismo sentido, Sánchez-Mendoza et al., (2018) estudiaron el efecto de los consorcios *Enterobacter* spp. + *Pseudomonas* spp., *Bacillus* spp. + *Pseudomonas* spp., *Acinetobacter* spp. + *Pseudomonas* spp., *Pseudomonas putida* y un control (agua destilada) sobre la emergencia y crecimiento de cuatro especies de *Agave* silvestre: tobalá (*Agave potatorum* Zucc.), cuishe (*Agave* spp.), sierrudo (*Agave* spp.) y coyote (*Agave* spp.). Todos los consorcios inoculados incrementaron el porcentaje, tasa de emergencia y crecimiento en todas las especies evaluadas, mostrando los mejores resultados el consorcio *Acinetobacter* spp. + *Pseudomonas* spp.

En Ecuador y en la Región Sur no se han realizado investigaciones relacionadas con el efecto de microorganismos nativos con capacidad de promover el crecimiento vegetal en el proceso de germinación de semillas nativas y certificadas en condiciones de laboratorio y almacigo. Los estudios se han centrado en la búsqueda de alternativas para incrementar el rendimiento de los cultivos, mediante métodos convencionales, con la aplicación

desmesurada de fertilizantes y reguladores químicos que además de costosos son fuente de contaminación ambiental.

Bajo este contexto, se realizó la presente investigación con el propósito de generar conocimientos para el manejo de agroecosistemas sustentables. El uso de microorganismos eficientes optimiza el proceso de germinación y dan una alternativa agroecológica que limita la dependencia de hormonas sintéticas utilizadas en este proceso, fortaleciendo los procesos ecológicos presente en los agroecosistemas.

La investigación es parte del macroproyecto institucional denominado: Bioproducto mixto con microorganismos benéficos para su aplicación en cultivos hortícolas (BMMB), el mismo que es auspiciado por la Universidad Nacional de Loja y se ejecuta por un equipo de investigadores de la carrera de Ingeniería Agronómica, Dirección de Investigación y Quinta Experimental Docente La Argelia.

Para el cumplimiento de este trabajo de investigación se plantearon los siguientes objetivos:

#### Objetivo general

Evaluar la eficiencia de microorganismos benéficos en el proceso de germinación de semillas nativas y certificadas en condiciones de laboratorio y almácigo.

#### Objetivos específicos

- Determinar el efecto de los microorganismos benéficos en el proceso de germinación de semillas nativas y certificadas en dos especies hortícolas en condiciones de laboratorio.
- Establecer el efecto de los microorganismos benéficos en el proceso de germinación de semillas nativas y certificadas en dos especies hortícolas en condiciones de almácigo.

## 4. Marco teórico

### 4.1. Microorganismos benéficos nativos

Los microorganismos benéficos nativos son aquellos que ya existen naturalmente en el ambiente, mismos que al asociarse con las plantas, permiten liberar nutrientes inorgánicos, garantizando una productividad sostenible. Estos reducen la fertilización de síntesis nitrogenada y fosfórica (Camelo et al., 2017). Los microorganismos nativos se encuentran en los estratos bajos de los bosques menos afectados por la explotación del hombre (Díaz-Solares et al., 2021) y representan una alternativa para el desarrollo de una agricultura limpia y amigable con el ambiente (Viera, 2020).

Por otro lado, los microorganismos eficientes nativos son promotores del crecimiento vegetal, especialmente a nivel de biomasa radicular y su incidencia en la mejora de la absorción de nutrientes, mejorando el rendimiento de los cultivos y aumentando la producción hasta en un 20 % (Viera, 2020).

#### 4.1.1. *Importancia de los microorganismos benéficos en la agricultura*

Los microorganismos benéficos se destacan por sus propiedades funcionales en la agricultura; siendo de importancia para la fijación del nitrógeno atmosférico (García y Gallardo, 2017), la descomposición de residuos orgánicos (Villegas y Laines, 2017), la eliminación de agentes fitopatógenos del suelo (Schlatter et al., 2017), la solubilización de fuentes de nutrientes pocos solubles (Satyaprakash et al., 2017). Además, los microorganismos benéficos tienen efecto sobre la fisiología de las plantas, principalmente sobre; la nutrición y adquisición del agua (Aung et al., 2018), la tolerancia a factores estresantes ambientales (Vacheron et al., 2013) y efectos sobre la fotosíntesis (Olanrewaju et al., 2017).

Así también, los microorganismos benéficos son usados en semilleros, por su efecto hormonal, aumentando la velocidad y porcentaje de germinación de las semillas, crecimiento del tallo y raíces, desde la germinación hasta la emergencia de las plántulas. Además, reducen los tiempos de maduración de abonos orgánicos, incrementan la floración y biomasa, aumentan el crecimiento y desarrollo de los frutos, mejoran la estructura física y química de

los suelos, y disminuyen agentes fitopatógenos causantes de enfermedades (Morocho y Mora, 2019).

#### **4.1.2. Géneros de microorganismos**

Los microorganismos comprenden una gran diversidad microbiana representada por bacterias ácido lácticas, bacterias fotosintéticas, levaduras, actinomicetes y hongos filamentosos con actividad fermentativa (Morocho y Mora, 2019). Los géneros bacterianos con mayor importancia como promotores del crecimiento vegetal son: *Azotobacter*, *Azospirillum*, *Pseudomonas* (Majeed et al., 2018).

##### **➤ *Azospirillum***

El género *Azospirillum* está formada por bacterias mutualistas no específicas, mismas que habitan en la rizosfera de especies vegetales. Promueven el crecimiento de las plantas por una sinergia de mecanismos como la producción de fitohormonas, la fijación de N, la producción de sideróforos y de óxido nítrico (Bashan y Bashan, 2010a; Lana et al., 2012a; Cassán y Diaz, 2016a; Coniglio et al., 2019a). Así también, este género puede metabolizar fuentes de carbono, incluyendo ácidos orgánicos, carbohidratos, polioles, y aminoácidos. Esta versatilidad le permite adaptarse fácilmente a diferentes nichos, incluyendo la rizosfera y el suelo (Pardo et al., 2021).

Por otro lado, *Azospirillum* tiene un alto potencial para su uso como inoculante biológico, son productoras de ácido indolacético y son endófitas, no es exigente nutricionalmente, por lo que, su producción masiva no resulta compleja. Posee un alto potencial promotor, mismo que se ha evidenciado en varios suelos y en distintas condiciones climáticas (Cassán et al., 2020).

##### **➤ *Azotobacter***

El género *Azotobacter* es también productora de hormonas de crecimiento y de mecanismos para la liberación de sideróforos (Ansari et al., 2017). Así también, ayuda a la fijación de nitrógeno; ya que según (Romero et al., 2017) la aplicación de un cultivo mixto de *Azotobacter* podría reducir la necesidad de fertilizantes N hasta un 50 %.

Igualmente, se han registrado respuestas positivas del desarrollo del consorcio bacteriano con *Azotobacter* en varias plantas de cultivo en condiciones de laboratorio, de invernadero y de campo (Wani y Gopalakrishnan, 2019).

Del mismo modo, *Azotobacter* se identifica por tener especies no patógenas y fijadoras de nitrógeno de vida libre; algunos aislamientos también producen ácido indolacético, solubilizan fósforo inorgánico y producen sideróforos. Las especies más usadas en inoculantes son *A. vinelandii* y *A. chroococcum*, debido a su crecimiento rápido y no son exigentes en requerimientos metabólicos, lo que facilita la producción masiva; permitiendo la generación de inoculantes de larga vida de almacenamiento (Pardo et al., 2021).

Finalmente, por la capacidad de fijación de nitrógeno, la solubilización del fosfato, la recuperación de la salud del suelo y la producción de hormonas de crecimiento, *Azotobacter* resulta una alternativa como biofertilizante para una producción ecológicamente sostenible (Kyaw et al., 2019).

#### ➤ *Pseudomonas*

El género *Pseudomonas* promueve el crecimiento vegetal, ya que actúa como agente de biocontrol, protegiendo a los vegetales del ataque de algunos patógenos como *Fusarium oxysporum*, *Pythium ultimum* y *Phytophthora infestans* (Yarzabal et al., 2018).

Del mismo modo, este género actúa como biocontrolador a través de la inducción de resistencia sistémica en las plantas por la liberación de sideróforos y antibióticos (Yuttavanichakul et al., 2012a; Kejela et al., 2017a).

Además, *Pseudomona* es un microorganismo solubilizador de fosfato; capaz de hidrolizar compuestos de fósforo insolubles orgánicos e inorgánicos en forma de fósforo soluble, que las plantas pueden asimilar con facilidad (Kalayu, 2019). Asimismo, permite el aumento del contenido de N y la acumulación de biomasa en tejidos vegetativos y reproductivos, de igual forma ayuda en el crecimiento del sistema radical debido a la producción de fitohormonas

#### **4.2. Taxonomía de *Coriandrum sativum* L. y *Allium fistulosum* L.**

Según Pinzón (2004) y Snafi (2016), la taxonomía de *Coriandrum sativum* L. y *Allium fistulosum* L. es la siguiente (Tabla 1):

Tabla 1. Taxonomía de *Coriandrum sativum* L. y *Allium fistulosum* L.

	<i>Coriandrum sativum</i> L.	<i>Allium fistulosum</i> L.
Reino	Plantae	Plantae
División	Magnoliophyta	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida	Monocotiledoneae
Orden	Apiales	Asparagales
Familia	Apiaceae	Alliaceae
Género	<i>Coriandrum</i>	<i>Allium</i>
Especie	<i>sativum</i>	<i>fistulosum</i>

#### 4.3. Descripción botánica de *Coriandrum sativum* L. y *Allium fistulosum* L.

##### 4.3.1. Descripción botánica de *C. sativum* L.

El *C. sativum* L. es una planta anual herbácea y glabra con una raíz pivotante delgada. El tallo es ramificado y cada rama termina con una inflorescencia. Las hojas basales son lobuladas con margen dentado, las hojas superiores tienen forma pinnada con segmentos lineales. La inflorescencia es una umbela compuesta. Las flores tienen cinco pétalos, mientras que las flores centrales de las umbelas son circulares con pequeños pétalos curvados, las flores periféricas son asimétricas con pétalos exteriores más grandes y bilobulados. Los pétalos son de color rosa pálido o blanco. El fruto es un esquizocarpio, y los mericarpos están unidos, los frutos maduros son de color marrón dorado pálido, de 3 a 4 mm de longitud y subglobosos con crestas longitudinales en la superficie (Diederichsen, 1996a, 1996b; Tuğçe et al., 2022a, 2022b)

##### 4.3.2. Descripción botánica de *A. fistulosum* L.

*A. fistulosum* L. está conformada principalmente por raíz, tallo, pseudotallo y hojas. Además, posee vástagos que nacen de un mismo lugar; el tallo es subterráneo, mismo que forma un disco en la base de la planta y así permanece a menos que ocurra el proceso de floración. Las hojas se forman en sentido alterno y opuesto desde el ápice caulinar, cada hoja consta de un limbo y una vaina. Esta última se curva hasta rodear el punto de crecimiento para luego formar un tubo que encierra a las hojas jóvenes y al ápice caulinar, formando el pseudotallo, constituido tras la unión del limbo con la vaina; las raíces son adventicias y se originan del tallo. Existe una excepción con la raíz primaria, puesto que

emerge de la semilla, y carecen de pelos radicales, menos cuando crecen en un medio de cultivo (Pinzón, 2004a).

Finalmente, la umbela es una estructura que tiene forma de paraguas, conformada por las flores que se desarrollan por medio de pequeños tallos o pedicelos hasta alcanzar una misma altura. Las flores son hermafroditas y las semillas que producen son pequeñas, planas y negras (Huertas et al., 2020).

#### **4.4. Fases fenológicas de *Coriandrum sativum* L. y *Allium fistulosum* L.**

##### **4.4.1. Fases fenológicas de *C. sativum* L.**

En *C. sativum* L. se han descrito, las siguientes etapas o fases del cultivo: siembra-emergencia; diferenciación de las primeras hojas verdaderas; período de “roseta”, con crecimiento de las hojas pegadas al piso; el dimorfismo foliar en el centro de la roseta, y la elongación del tallo, “subida a flor”, para posteriormente iniciar la aparición de los botones florales, el inicio de floración, el cuaje y la maduración de las semillas. Teniendo el ciclo una duración de entre 120 - 180 días (Diederichsen, 1996a; Gil et al., 2006a)

Además, las plantas con pocas hojas basales tienen un periodo juvenil corto, y los tallos se hacen visibles 42 días después de la siembra. Las accesiones que forman grandes rosetas necesitan 33 días más hasta que los tallos se hagan visibles. El efecto del alto grado de ramificación de ciertas plantas es que se forman muchas flores y el periodo de floración se alarga. Las umbelas de orden superior de estas plantas siguen floreciendo cuando la umbela primaria está madura. La expresión de los caracteres fenológicos depende de las influencias ambientales; la cantidad de luz, así como las altas temperaturas, son fundamentales para el éxito de la producción de frutos de *C. sativum* L.

##### **4.4.2. Fases fenológicas de *A. fistulosum* L.**

La reproducción de *A. fistulosum* L. se puede dar vegetativamente, mediante la resiembra de algunos de los tallos cosechados para comenzar un nuevo ciclo de cultivo. Sin embargo, cuando se requiere de semilla sexual, no se cosecha el cultivo, sino que se espera a que la planta desarrolle el tallo floral, hueco y cilíndrico, que termina en la inflorescencia. Las plantas crecen en altura de acuerdo con el desarrollo de las hojas, hasta unos 45 cm. Cada hoja tiene el limbo, una sección tubular verde y la vaina, larga, blanca y de forma

aplanada que, en conjunto con las demás vainas de las hojas, conforman el pseudotallo. También se forman las catáfilas, que son hojas modificadas que sólo desarrollan la vaina para envolver y proteger el pseudotallo. El tallo propiamente es un disco de escaso desarrollo en altura, que se encuentra oculto en la base del pseudotallo, y es de donde emergen las hojas y las raíces. Las raíces son fasciculadas y normalmente no profundizan más allá de los 30 cm en el suelo. La planta puede desarrollar nuevas plantas a partir de un mismo tallo durante su fase de crecimiento vegetativo (Huertas et al., 2020).

Las fases fenológicas de *A. fistulosum* L. se indican en la Figura 1 (Huertas et al., 2020).

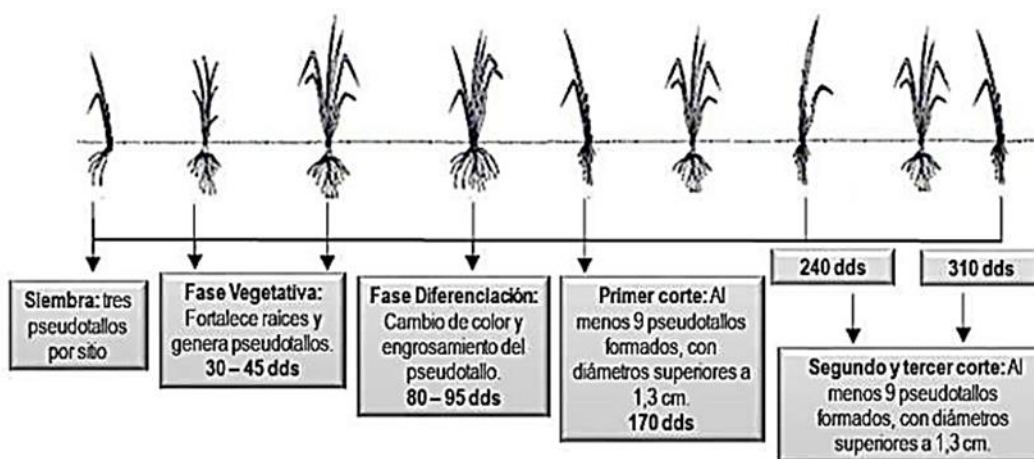


Figura 1. Desarrollo fenológico de *Allium fistulosum* L. correspondiente a días después de la siembra.

#### 4.5. Investigaciones realizadas

Cruz et al., (2016) inocularon plántulas de hortalizas (brócoli, cebolla, lechuga y tomate) con la cepa 7A de *Azospirillum* y la aspersión foliar de miel de abeja. Observaron efectos promotores del crecimiento vegetal. En consecuencia, estos representan una alternativa viable para la producción de plántulas hortícolas.

Marquina et al., (2018) demostraron que la inoculación con *Azospirillum* spp. incrementó entre 13 y 23 % la germinación en plántulas de pimiento

Mientras que Ruiz et al., (2021) en México, realizaron inoculación de biofertilizantes (*Azospirillum brasilenses* y *Glomus intraradices*) a semillas hortícolas (chile chilaca, melón y pepino) y sometidas a diferentes concentraciones de cloruro de potasio (KCl). Utilizaron 10 tratamientos, de los cuales 2 dieron los mejores resultados comparados con el testigo. En



el primero utilizaron semillas inoculadas Az + Gl + 10 dS m<sup>-1</sup> de KCl; y en el segundo semillas inoculadas Az+Gl+15 dS m<sup>-1</sup> de KCl. Demostraron que la combinación de los microorganismos y el cloruro de potasio tienen un efecto positivo en la germinación y vigor en las especies hortícolas. Del mismo modo, Aguilar-Flores et al., (2021) inocularon con *Azospirillum brasiliense* + *Acinetobacter calcoaceticus* (AA), a semillas de *B. oleracea* var. Royal vantage. Presentando el 100 % de emergencia y la tasa de emergencia más alta de 20,5 %, en comparación a *Raoultella terrigena* + *Chromobacterium violaceum* (RC), cuyos valores fueron 95 % y 17,6 % respectivamente.

Lo reportado por Cerna-Yamali et al., (2018) en Perú, destaca que al coinocular plantas de *Lactuca sativa* L. con *Azotobacter chroococcum* y *Bradyrhizobium yuanmingense*, después de 45 días de crecimiento vegetal en condiciones de laboratorio, existió un aumento significativo en la longitud del tallo y raíz, así como en el número de hojas en relación con los testigos.

Por el contrario, estudios realizados por González y Fuentes (2017), en Colombia, demostraron que el efecto de *Azotobacter* spp. en la germinación de lechuga fue negativo, con respecto al testigo sin inocular. Debido a no existir liberación de fitohormonas, inhibiendo la estimulación de la formación de raíces y hojas. Sin embargo, dichos resultados pueden ser consecuencia de la condición ambiental en la que se realizó la investigación, estas fueron de 33 y 35 °C de la ciudad de Valledupar. Mientras que, el rango óptimo para lechuga es de 14 y 16 °C.

## 5. Metodología

### 5.1. Localización general del estudio

La investigación se realizó en dos sectores de la Universidad Nacional de Loja (Figura 2). El primero fue en el laboratorio de Microbiología Vegetal del Centro de Biotecnología de la Dirección de Investigación, y el segundo en el sector Los Molinos de la Quinta Experimental Docente La Argelia de la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables; los sitios se encuentran ubicados en la parroquia Punzara, al sur de la ciudad de Loja, geográficamente se encuentran en las siguientes coordenadas: latitud  $04^{\circ} 08' 00''$  S, longitud  $79^{\circ} 12' 00''$  W y altitud de 2 170 m s.n.m. (Centro de Investigaciones Territoriales, 2022).

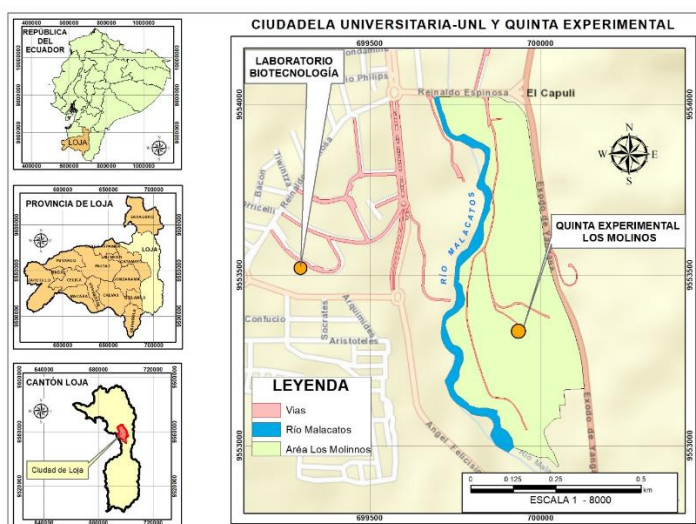


Figura 2. Mapa de ubicación del área de estudio correspondiente al laboratorio de Biotecnología y a la Quinta Experimental Docente La Argelia de la Universidad Nacional de Loja.

#### 5.1.1. Material vegetal

Se utilizó semillas certificadas y nativas de dos especies hortícolas: *Coriandrum sativum* L. y *Allium fistulosum* L. Las semillas certificadas se adquirieron en una casa comercial; mientras que las nativas se obtuvieron de productores de la Red Agroecológica de Loja, en la parroquia Chuquiribamba, en las siguientes coordenadas: latitud  $3^{\circ} 20' 40''$  S; longitud  $79^{\circ} 22' 33''$  W y una altitud de 2 723 m s.n.m. (Municipio de Loja, 2022).

### 5.1.2. *Microorganismos benéficos*

Los microorganismos utilizados fueron los caracterizados en el Centro de Biotecnología, como parte de la ejecución del proyecto de investigación denominado “Bioproducto mixto con microorganismos benéficos para su aplicación en cultivos hortícolas” (Tabla 2).

*Tabla 2. Microorganismos benéficos caracterizados por el proyecto denominado Bioproducto mixto con microorganismos benéficos para su aplicación en cultivos hortícolas periodo octubre 2021-abril 2022.*

<b>Localidad</b>	<b>Cultivo</b>	<b>Código de aislamiento</b>	<b>Identificación</b>
Zapotillo	Cebolla	AZ M1 R2	<i>Azotobacter</i>
Macará	Arroz	AS M3 R1	<i>Azospirillum</i>
Saraguro	Papa	P M8 R1	<i>Pseudomona</i>

### 5.1.3. *Control positivo*

Se usó como control positivo (ingrediente activo): Acido giberélico al 10 % de concentración de ingrediente activo en el producto comercial. La dosis fue una solución a una concentración de 150 ppm de ingrediente activo, por lo que, en cada litro de solución se agregó 1,5 gramos de producto comercial, equivalente a 0,15 g de ingrediente activo, según especificaciones del producto.

### 5.1.4. *Reactivación de las cepas bacterianas*

Se realizó la reactivación de los crioviales de las cepas bacterianas; para ello, los crioviales que contenían las cepas puras conservados a - 80 °C, se colocaron en tubos falcón a - 20 °C y luego a - 4 °C por una hora respectivamente, posteriormente los tubos fueron sometidos a baño de maría a 27 °C por 20 minutos y luego cada cepa se sembró en cajas Petri con agar nutriente y se incubaron a 27 °C durante 48 horas. Consecutivamente, los inóculos de las cepas se sembraron en caldo nutriente (matraz de 125 mL) y luego se incubaron a 27 °C y 150 rpm durante 24 horas. Una vez obtenido el crecimiento de la cepa se realizaron diluciones seriadas desde  $10^{-1}$  a  $10^{-9}$ . En cada una de las diluciones en agar nutriente se sembró por triplicado e incubó a 27 °C durante 48 horas para realizar el conteo de las unidades formadoras de colonias (UFC) (Santillana, 2006), mismas que se indican en la tabla 3.

*Tabla 3. Concentración en unidades formadoras de colonias (UFC) de las bacterias nativas*

<b>Bacteria</b>	<b>Concentración</b>
<i>Azotobacter</i>	1,8 x 10 <sup>8</sup> UFC mL <sup>-1</sup>
<i>Azospirillum</i>	1,9 x 10 <sup>8</sup> UFC mL <sup>-1</sup>
<i>Pseudomona</i>	1,6 x 10 <sup>8</sup> UFC mL <sup>-1</sup>

#### **5.1.5. Prueba de viabilidad de semillas hortícolas**

Para determinar la viabilidad de las semillas hortícolas nativas se usó la prueba con tetrazolio al 1 %; para ello se disolvió 0,5 mL de tetrazolio en 50 mL de agua destilada, posteriormente se sumergieron las semillas por 2 horas en la solución de agua destilada más tetrazolio para seguidamente observar en el estereoscopio la coloración que obtuvieron las semillas, como se menciona en las normas ISTA (ISTA, 2019). Los porcentajes de viabilidad para cilantro y cebolla fueron del 65 % en las semillas nativas. Mientras que, las semillas hortícolas certificadas presentaron un porcentaje de germinación del 85 % para cilantro y 90 % para la cebolla blanca.

#### **5.1.6. Desinfección de semillas hortícolas nativas**

Las semillas nativas se agruparon en conjuntos de 30 unidades para facilitar la manipulación. Luego se colocaron en tul y se depositaron dentro de frascos de vidrio tipo compota. Posteriormente se agregó alcohol etílico al 70 % por un minuto y se realizó un enjuague con agua destilada estéril, después se aplicó la solución desinfectante a base de hipoclorito de sodio al 5 % con una concentración del 25 % más 3 gotas de *Tween*-80, durante 10 minutos de inmersión, manteniendo en agitación los frascos que contenían las semillas en desinfección, finalmente se realizó tres enjuagues con agua destilada estéril (Lima, 2016).

#### **5.1.7. Variables de evaluación**

##### **➤ Porcentaje de plántulas germinadas**

Para determinar el porcentaje de plántulas germinadas se realizó considerando como plántula germinada a la que presentó estadio de látigo: cotiledón con forma de látigo (Estadio principal 0), según codificación BBCH (Enz et al., 1998), y se determinó mediante la fórmula 1 planteada por Balaguera et al., (2008) y se expresó en porcentaje (%).

$$PG = \frac{N}{N_S} * 100 \quad (1)$$

donde:

PG: Porcentaje de germinación

N: Número de semillas germinadas

NS: Número de semillas totales

#### ➤ **Índice de velocidad de germinación (IVG)**

Se determinó contando diariamente el número de plántulas germinadas desde el primer día en que emergió la primera plántula según la fórmula 2, propuesta por Maguire (1962):

$$\frac{\text{Número de plántulas normales}}{\text{Días hasta el primer recuento}} + \dots + \frac{\text{Número de plántulas normales}}{\text{Días hasta el recuento final}} \quad (2)$$

#### ➤ **Longitud del sistema radicular (LSR) y longitud de la plántula (LP)**

Las mediciones de la longitud del sistema radicular se realizaron solo para el caso del almácigo al final de la investigación, mientras que, para la variable longitud de la plántula se realizó cada cinco días después de la germinación y hasta el desarrollo de la primera hoja claramente visible (estadio principal 11), según codificación BBCH (Enz et al., 1998).

Dichas mediciones se ejecutaron desde el cuello hasta el ápice de la raíz y desde el cuello hasta el ápice de la primera hoja respectivamente, se usó una regla graduada en centímetros y los resultados se expresaron en cm de plántula (Vieira et al., 2016).

#### **5.1.8. Diseño experimental**

La presente investigación fue de tipo experimental, por el método científico hipotético deductivo, basándose en observaciones directas en laboratorio y almácigo.

Se utilizó un diseño completamente al azar con estructura bifactorial considerando como factor A los fitoestimulantes (*Azotobacter* spp, *Azospirillum* spp, *Pseudomona* spp, Giberelina y testigo) y factor B el tipo de semillas (certificada y nativa), utilizando como control positivo el ácido giberélico al 10 % y como control negativo el testigo sin ningún fitoestimulante; dando un total de 10 tratamientos, con 4 repeticiones. Se consideró como unidad experimental cinco semillas de cada especie hortícola (Tabla 4 y Tabla 5).

Tabla 4. Especificaciones del diseño experimental para evaluar la eficiencia de microorganismos benéficos en el proceso de germinación de semillas en condiciones de laboratorio.

Tipo de semilla:	2
Unidad experimental:	5 semillas
Número de tratamientos:	10
Número de repeticiones por tratamiento:	4
Número total de cajas Petri por tratamiento:	4
Número total de semillas por caja Petri:	5
Número de semillas por tratamiento:	20
Número total de semillas del ensayo:	200
Número total de cajas Petri:	40

Tabla 5. Especificaciones del diseño experimental para evaluar la eficiencia de microorganismos benéficos en el proceso de germinación de semillas en almácigo.

Tipo de semilla:	2
Unidad experimental:	5 semillas
Número de tratamientos:	10
Número de repeticiones por tratamiento:	4
Número de alvéolos por tratamiento:	20
Número total de semillas por alvéolo:	1
Número de semillas por tratamiento:	20
Número total de semillas del ensayo:	200

Los tratamientos evaluados fueron los que se describen en la Tabla 6.

Tabla 6. Descripción de los tratamientos para evaluar la eficiencia de microorganismos benéficos en el proceso de germinación de semillas en condiciones de laboratorio y almácigo.

Especie	Tratamientos	FACTOR 1	FACTOR 2	CODIFICACIÓN
		Fitoestimulantes	Tipo de semillas	
Cilantro/cebolla	T1	<i>Azotobacter</i>	Certificada	T1 AZT C
	T2	<i>Azotobacter</i>	Nativa	T2 AZT N
	T3	<i>Azospirillum</i>	Certificada	T3 AZS C
	T4	<i>Azospirillum</i>	Nativa	T4 AZS N
	T5	<i>Pseudomona</i>	Certificada	T5 PS C
	T6	<i>Pseudomona</i>	Nativa	T6 PS N
	T7	Giberelina (+)	Certificada	T7 G C
	T8	Giberelina (+)	Nativa	T8 G N
	T9	Testigo (-)	Certificada	T9 T C
	T10	Testigo (-)	Nativa	T10 T N

## Modelo matemático del ensayo

$$Y_{ijk-10}: \mu + F(5) + T(2) + F(5) \times T(2) + E_{ij}$$

donde:

Y<sub>ijk-10</sub>: Tratamientos

μ: Media general

F: Fitoestimulantes (*Azotobacter*, *Azospirillum*, *Pseudomonas*, Giberelina y Testigo)

T: Tipo de semillas (Certificadas y nativas)

E<sub>ijk</sub>: Efecto del error experimental

### 5.1.9. Análisis de datos

Los datos fueron procesados mediante el programa estadístico InfoStat versión 2008 (Di Rienzo et al., 2010), usando pruebas paramétricas a través de un análisis de varianza ANOVA y no paramétricas según sea el caso de análisis de supuestos de normalidad y homogeneidad; se aplicaron modelos lineales generales y mixtos para variables que presentaron inconvenientes en la homogeneidad de varianza. En el caso del ANOVA se establecieron pruebas de comparación de medias a través de la prueba de DGC para las variables que demostraron diferencias estadísticas significativas ( $p\text{-valor} < 0,05$ ).

## 5.2. Metodología para determinar el efecto de los microorganismos benéficos en el proceso de germinación de semillas nativas y certificadas en dos especies hortícolas en condiciones de laboratorio

Se preparó 100 mL de inóculo bacteriano con una concentración de  $1 \times 10^8$  UFC mL<sup>-1</sup>, en la cual se embebieron 200 semillas nativas y 200 certificadas de cada especie hortícola durante 30 minutos (Quispe-Quispe y Salas-Macías, 2022), luego se colocaron cinco semillas sobre dos capas de papel filtro humedecido con agua destilada estéril en cada caja Petri estéril, seguidamente se incubaron a 28 °C durante un mes (Díaz et al., 2019a). Finalmente se realizó las mediciones de las variables antes descritas.

### **5.3. Metodología para establecer el efecto de los microorganismos benéficos en el proceso de germinación de semillas nativas y certificadas en dos especies hortícolas en condiciones de almácigo**

Se preparó 100 mL de inóculo bacteriano con una concentración de  $1 \times 10^8$  UFC mL<sup>-1</sup>, en la cual se embebieron 200 semillas nativas y 200 certificadas de cada especie hortícola durante 30 minutos (Quispe-Quispe y Salas-Macías, 2022), luego se sembró por especie y por tratamiento una semilla por alvéolo en bandejas de polipropileno, previamente rellenas con turba estéril. Se proporcionó un riego diario a partir de la siembra, usando 0,72 litros/m<sup>2</sup> de agua destilada estéril, cuya esterilización se realizó con la autoclave UTKBS-50LV MRC a 120 °C y a una presión de 14 Psi durante 20 minutos.

Para determinar las condiciones ambientales de la zona de estudio se consideró la temperatura y la humedad relativa, en los cuales se obtuvieron promedios de 15,5 °C y 83 % respectivamente, los cuales se mantuvieron relativamente estables, mismos que se registraron mensualmente mediante la estación meteorológica Vantage Pro2 Plus 6162, de la Quinta La Argelia. Finalmente se realizó las mediciones de las variables antes descritas.



## 6. Resultados

### 6.1. Efecto de los microorganismos benéficos en la germinación de semillas hortícolas en laboratorio

El cilantro procedente de semilla certificada y nativa no germinó en laboratorio, por tanto, no hay datos recolectados de las variables propuestas en metodología; es necesario destacar que el porcentaje de germinación del cilantro certificado fue del 85 % y el análisis de viabilidad realizado antes de la siembra en el cilantro nativo fue del 65 %; permitiendo aducir que el factor de temperatura constante sometido en laboratorio limitó esta fase.

A diferencia de la cebolla blanca en la que se constataron resultados en los tratamientos (Anexo 1) mismos que se describen a continuación:

#### ➤ Porcentaje de germinación

Para el porcentaje de germinación se realizó un modelo lineal general y mixto con control de heteroscedasticidad debido a que la prueba de Levene mostró que no existía homogeneidad de varianza, se agrupó el factor tipo de semilla con parámetros de estimación de los siguientes grupos: certificada (grupo 1) con una varianza de 1,00, y nativa (grupo 2) con una varianza de 1,93. Observándose diferencias significativas en el factor fitoestimulante ( $p$ -valor: 0,0064), siendo giberelina, testigo, *Pseudomona* y *Azospirillum* los que alcanzaron los mayores porcentajes de germinación con 85, 78, 75 y 65 % respectivamente (Figura 3).

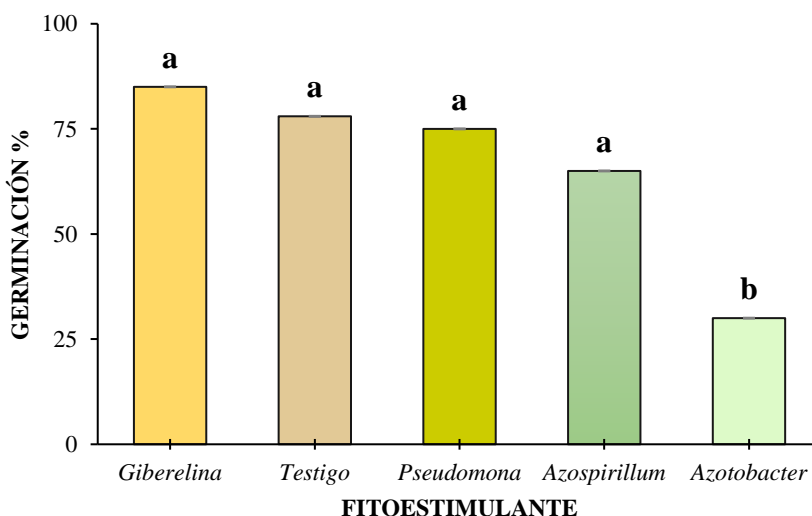


Figura 3. Porcentaje de germinación de cebolla blanca (*Allium fistulosum* L.) por efecto de los fitoestimulantes en laboratorio. Los valores corresponden a la media  $\pm$  error estándar. Letras distintas indican diferencias significativas, DGC ( $p$ -valor  $<$  0,05).

Del mismo modo, se encontró diferencias significativas para el factor tipo de semilla ( $p$ -valor: 0,0064), en donde, las semillas certificadas destacan con el 80 % de germinación (Figura 4).

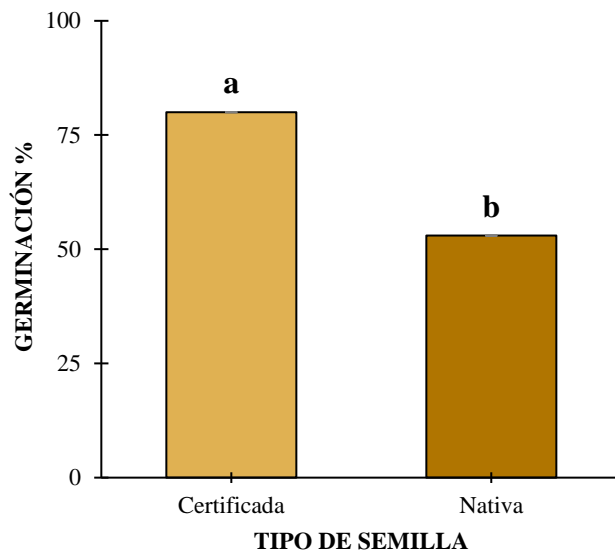


Figura 4. Porcentaje de germinación de cebolla blanca (*Allium fistulosum* L.) por efecto del tipo de semilla en laboratorio. Los valores corresponden a la media  $\pm$  error estándar. Letras distintas indican diferencias significativas, DGC ( $p$ -valor < 0,05).

➤ **Índice de velocidad de germinación (IVG)**

Con relación al índice de velocidad de germinación se aplicó una prueba paramétrica con un análisis de varianza ANOVA, en donde, se encontraron diferencias significativas en el factor fitoestimulante ( $p$ -valor: 0,0009); siendo la bacteria nativa *Azotobacter* spp. la que fue más lenta en germinar con 0,46 días en relación con los demás fitoestimulantes (Figura 5).

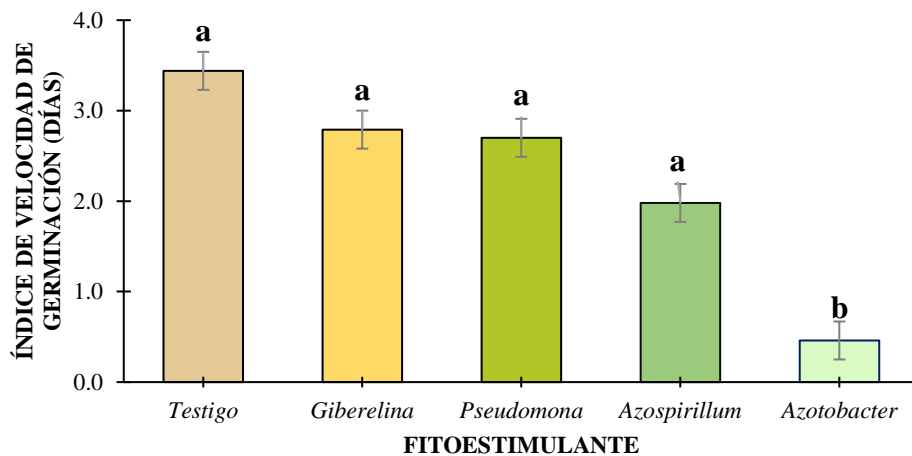


Figura 5. Índice de velocidad de germinación de cebolla blanca (*Allium fistulosum* L.) por efecto de los fitoestimulantes en laboratorio. Los valores corresponden a la media  $\pm$  error estándar. Letras distintas indican diferencias significativas, DGC ( $p$ -valor  $< 0,05$ ).

Así también, se evidenció diferencias significativas para el factor tipo de semilla ( $p$ -valor: 0,0012), en donde, las semillas certificadas alcanzaron el mayor índice de velocidad de germinación, representando una germinación rápida en relación con las semillas nativas con 3,1 días (Figura 6).

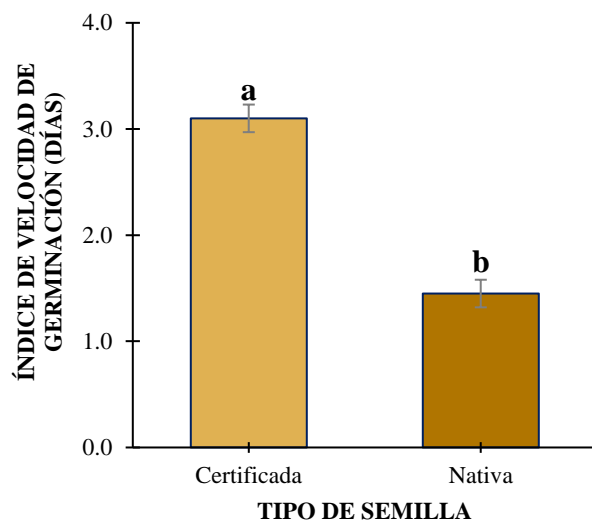


Figura 6. Índice de velocidad de germinación de cebolla blanca (*Allium fistulosum* L.) por efecto del tipo de semilla en laboratorio. Los valores corresponden a la media  $\pm$  error estándar. Letras distintas indican diferencias significativas, DGC ( $p$ -valor  $< 0,05$ ).

➤ **Longitud del sistema radicular (LSR) y longitud de la plántula (LP)**

Con relación a la longitud del sistema radicular de la cebolla blanca para los días 5, 20 y 25 después de la germinación, se aplicó una prueba paramétrica con un análisis de varianza ANOVA. Mientras que para los días 10 y 15 después de la germinación se realizó un modelo lineal general y mixto con control de heteroscedasticidad debido a que no existió homogeneidad de varianza según la prueba de Levene. Se agrupó entre los factores fitoestimulante y tipo de semilla con parámetros de estimación de los siguientes grupos: *Azospirillum*-certificada y testigo-certificada (grupo 1) con una varianza de 0,24, *Azotobacter*-certificada, giberelina-certificada y *Pseudomona*-certificada (grupo 2) con una varianza de 1,00, y *Azotobacter*-nativa, *Azospirillum*-nativa, *Pseudomona*-nativa, giberelina-nativa y testigo-nativa (grupo 3) con una varianza de 1,47.

Por tanto, a los cinco días después de la germinación no se observaron diferencias significativas. Por el contrario, a los 25 días después de la germinación se destacaron los fitoestimulantes (*p*-valor: 0,0001) giberelina y testigo con 3,16 y 2,63 cm respectivamente de longitud radicular (Tabla 7).

Tabla 7. Longitud del sistema radicular de la cebolla blanca (*Allium. fistulosum* L.) por efecto del fitoestimulante en laboratorio.

Fitoestimulante	5 ddg		10 ddg		15 ddg		20 ddg		25 ddg	
	(cm)									
	Medias	EEM	Medias	EEM	Medias	EEM	Medias	EEM	Medias	EEM
Giberelina	0,23 a	0,06	1,15 b	0,15	1,79 a	0,23	2,58 a	0,27	3,16 a	0,30
Testigo	0,31 a	0,06	1,54 a	0,14	2,03 a	0,19	2,28 a	0,27	2,63 a	0,30
<i>Pseudomona</i>	0,34 a	0,06	0,78 b	0,15	1,45 a	0,23	1,69 a	0,27	1,91 b	0,30
<i>Azotobacter</i>	0,15 a	0,06	0,21 c	0,15	0,36 b	0,23	0,36 b	0,27	0,44 c	0,30
<i>Azospirillum</i>	0,15 a	0,06	0,34 c	0,14	0,40 b	0,19	0,49 b	0,27	0,55 c	0,30

Letras diferentes en sentido vertical indican diferencia estadística significativa según prueba DGC (*p*-valor < 0,05). ddg: días después de la germinación. EEM: Error estándar de medida.

Por su parte, la longitud de la plántula de la cebolla blanca se aplicó un modelo lineal general y mixto con control de heteroscedasticidad debido a que no existió homogeneidad de varianza según la prueba de Levene. Se agrupó al factor fitoestimulante para los 10 y 25 días después de la germinación con parámetros de estimación de los siguientes grupos: *Azotobacter* (grupo 1) con una varianza de 1,00, *Azospirillum* y giberelina (grupo 2) con una varianza de 3,20, y, testigo y *Pseudomona* (grupo 3) con una varianza de 4,12. Mientras que para los 15 y 20 días después de la germinación se agrupó entre los factores fitoestimulante y tipo de semilla con parámetros de estimación de los siguientes grupos: *Azospirillum*-

certificada, *Azotobacter*-certificada y testigo-certificada (grupo 1) con una varianza de 1,00, giberelina-certificada y *Pseudomona*-certificada (grupo 2) con una varianza de 0,49, y *Azotobacter*-nativa, *Azospirillum*-nativa, giberelina-nativa, *Pseudomona*-nativa y testigo-nativa (grupo 3) con una varianza de 1,27.

Ante ello, a los 25 días después de la germinación los fitoestimulantes que alcanzaron la mayor longitud de la plántula fueron giberelina, testigo y *Pseudomona* con 4,80; 4,73 y 3,64 cm respectivamente (Tabla 8).

Tabla 8. Longitud de la plántula de la cebolla blanca (*Allium fistulosum* L.) por efecto del fitoestimulante en laboratorio.

Fitoestimulante	10 ddg		15 ddg		20 ddg		25 ddg	
	(cm)							
	Medias	EEM	Medias	EEM	Medias	EEM	Medias	EEM
Giberelina	2,10 a	0,20	3,05 a	0,15	3,88 a	0,16	4,80 a	0,37
Testigo	2,43 a	0,26	3,48 a	0,18	4,00 a	0,19	4,73 a	0,58
<i>Pseudomona</i>	1,33 b	0,26	2,40 a	0,15	2,86 a	0,16	3,64 a	0,58
<i>Azotobacter</i>	0,06 c	0,06	0,13 b	0,18	0,13 b	0,19	0,15 b	0,15
<i>Azospirillum</i>	0,25 c	0,20	0,35 b	0,18	0,44 b	0,19	0,56 b	0,37

Letras diferentes en sentido vertical indican diferencia estadística significativa según prueba DGC ( $p$ -valor < 0,05). ddg: días después de la germinación. EEM: Error estándar de medida.

## 6.2. Efecto de los microorganismos benéficos en la germinación de semillas hortícolas en almácigo

### ➤ Porcentaje de germinación

Para esta variable se aplicó estadística no paramétrica, debido a que por la naturaleza de los datos observados en el porcentaje no fue posible cumplir con el supuesto de distribución normal de los errores. De manera que para la especie de cilantro no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos. Por el contrario, para la especie de cebolla blanca se observaron diferencias significativas entre los factores fitoestimulante y tipo de semilla. Siendo el tratamiento T10 (Testigo-nativa) los que obtuvieron los valores más bajos de germinación en comparación con el resto de los tratamientos (Tabla 9).

Tabla 9. Porcentaje de germinación en semillas de cebolla blanca (*Allium fistulosum* L.) por interacción entre fitoestimulantes y tipo de semilla en almácigo.

	Tratamientos	Rangos	Medias (%)	EEM	Significancia
T7	Giberelina-certificada	24,00	100	0,00	a
T2	<i>Azotobacter</i> -nativa	24,00	100	0,00	a
T1	<i>Azotobacter</i> -certificada	24,00	100	0,00	a
T4	<i>Azospirillum</i> -nativa	24,00	100	0,00	a
T3	<i>Azospirillum</i> -certificada	24,00	100	0,00	a
T8	Giberelina-nativa	24,00	100	0,00	a
T5	<i>Pseudomona</i> -certificada	24,00	100	0,00	a
T6	<i>Pseudomona</i> -nativa	19,50	95	5,00	a
T9	Testigo-certificada	15,00	90	5,77	a b
T10	Testigo-nativa	2,50	35	5,00	b

Letras diferentes en sentido vertical indican diferencia estadística significativa según prueba no paramétrica de Kruskal Wallis ( $p$ -valor < 0,05). EEM: Error estándar de medida.

### ➤ Índice de velocidad de germinación (IVG)

Para el IVG se desarrolló un modelo lineal general y mixto, debido a que la prueba de Levene mostró que no existía homogeneidad de varianza. Observándose para la especie de cilantro diferencias significativas entre los factores fitoestimulante y tipo de semilla. Siendo el tratamiento T8 (Giberelina-nativa) el que obtuvo una germinación más rápida con respecto a los demás tratamientos (Tabla 10).

Tabla 10. Índice de velocidad de germinación en semillas de cilantro (*Coriandrum sativum* L.) por interacción entre fitoestimulantes y tipo de semilla en almácigo.

	Tratamientos	Fitoestimulante	Tipo de semilla	Medias	EEM	Significancia
T8		Giberelina	nativa	1,87	0,20	a
T10		Testigo	nativa	1,38	0,20	b
T6		<i>Pseudomona</i>	nativa	1,31	0,20	b
T2		<i>Azotobacter</i>	nativa	1,20	0,20	b
T3		<i>Azospirillum</i>	certificada	1,19	0,20	b
T1		<i>Azotobacter</i>	certificada	1,12	0,20	b
T5		<i>Pseudomona</i>	certificada	1,04	0,20	b
T4		<i>Azospirillum</i>	nativa	1,04	0,20	b
T7		Giberelina	certificada	0,89	0,20	b
T9		Testigo	certificada	0,79	0,20	b

Letras diferentes en sentido vertical indican diferencia estadística significativa ( $p$ -valor < 0,05). EEM: Error estándar de medida.

Del mismo modo, para la especie de cebolla blanca se observaron diferencias significativas entre los factores fitoestimulante y tipo de semilla; siendo el tratamiento T1 (*Azotobacter*-certificada) el que germinó más rápido con respecto a los demás tratamientos (Tabla 11).

Tabla 11. Índice de velocidad de germinación en semillas de cebolla blanca (*Allium fistulosum* L.) por interacción entre fitoestimulantes y tipo de semilla en almácigo.

Tratamientos	Fitoestimulante	Tipo de semilla	Medias	EEM	Significancia
T1	<i>Azotobacter</i>	certificada	1,99	0,21	a
T8	Giberelina	nativa	1,52	0,21	b
T2	<i>Azotobacter</i>	nativa	1,52	0,21	b
T9	Testigo	certificada	1,50	0,21	b
T4	<i>Azospirillum</i>	nativa	1,47	0,21	b
T3	<i>Azospirillum</i>	certificada	1,40	0,21	b
T5	<i>Pseudomona</i>	certificada	1,14	0,21	b
T6	<i>Pseudomona</i>	nativa	1,09	0,21	b
T7	Giberelina	certificada	1,00	0,21	b
T10	Testigo	nativa	0,21	0,21	c

Letras diferentes en sentido vertical indican diferencia estadística significativa ( $p$ -valor < 0,05). EEM: Error estándar de medida.

### ➤ Longitud del sistema radicular (LSR) y longitud de la plántula (LP)

Para la variable longitud del sistema radicular en la especie de cilantro se empleó un modelo lineal general y mixto con control de heteroscedasticidad debido a que no existió homogeneidad de varianza según la prueba de Levene. Se agrupó al factor tipo de semilla con parámetros de estimación de los siguientes grupos: certificada (grupo 1) con una varianza de 1,00, y nativa (grupo 2) con una varianza de 1,65. Observándose diferencias significativas en el factor fitoestimulante ( $p$ -valor: 0,0001). Siendo la cepa nativa *Pseudomona* spp. la que contribuyó a una mayor longitud del sistema radicular con 5,39 cm (Figura 7).

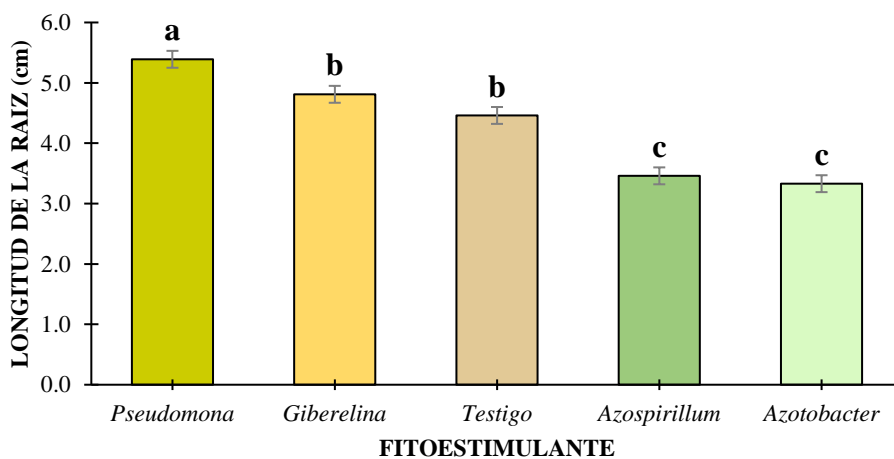


Figura 7. Longitud del sistema radicular del cilantro (*Coriandrum sativum* L.) por efecto de los fitoestimulantes en almácigo. Los valores corresponden a la media  $\pm$  error estándar. Letras distintas indican diferencias significativas, DGC ( $p$ -valor < 0,05).

Del mismo modo, para la especie de cebolla blanca se utilizó un modelo lineal general y mixto. Existiendo diferencias significativas en el factor fitoestimulante ( $p$ -valor: 0,0001), en donde, giberelina, testigo y *Pseudomona* indujeron en las plántulas de cebolla blanca los mayores valores de longitud radicular con 4,45; 4,31 y 4,25 cm respectivamente en comparación con *Azotobacter* y *Azospirillum* (Figura 8).

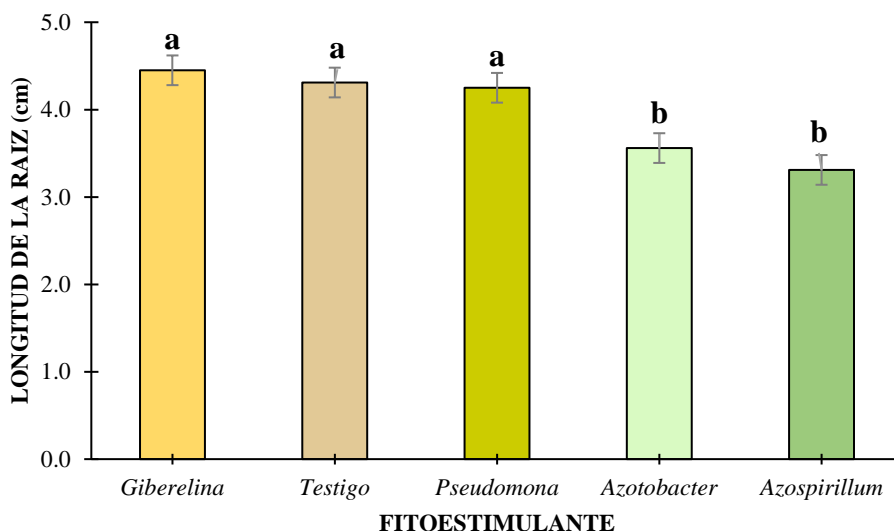


Figura 8. Longitud del sistema radicular de cebolla blanca (*Allium fistulosum* L.) por efecto de los fitoestimulantes en almácigo. Los valores corresponden a la media  $\pm$  error estándar. Letras distintas indican diferencias significativas, DGC ( $p$ -valor < 0,05).

Por otro lado, para la longitud de la plántula (LP) (Anexo 2), se empleó una prueba paramétrica con un análisis de varianza ANOVA para cilantro y cebolla blanca. En la especie de cilantro existieron diferencias significativas entre los factores fitoestimulante y tipo de semilla. De manera que, a los cinco días después de la germinación los tratamientos T4 (*Azospirillum*-nativa), T5 (*Pseudomona*-certificada) y T6 (*Pseudomona*-nativa), T8 (Giberelina-nativa), T9 (Testigo-certificada) y T10 (Testigo-nativa), fueron los que alcanzaron la mayor longitud de la plántula con 0,8; 0,9; 0,8; 0,8; 0,7 y 0,7 cm respectivamente. Mientras que a los 25 días después de la germinación el tratamiento T7 (Giberelina-certificada) logró la mayor longitud de la plántula con 3,3 cm en relación con los demás tratamientos (Tabla 12).



Tabla 12. Longitud de la plántula de cilantro (*Coriandrum sativum* L.) por interacción entre fitoestimulantes y tipo de semilla en almácigo.

Tratamientos	Fitoestimulante	Tipo de semilla	5	10	15	20	25
			ddg	ddg	ddg	ddg	ddg
			(cm)				
T1	<i>Azotobacter</i>	Certificada	0,5 b	1,7 c	2,2 c	2,3 c	2,4 b
T2	<i>Azotobacter</i>	Nativa	0,6 b	1,7 c	2,0 c	2,2 c	2,6 b
T3	<i>Azospirillum</i>	Certificada	0,5 b	1,8 c	2,3 b	2,5 b	2,9 b
T4	<i>Azospirillum</i>	Nativa	0,8 a	1,6 c	2,0 c	2,1 c	2,6 b
T5	<i>Pseudomona</i>	Certificada	0,9 a	2,1 b	2,4 b	2,5 b	2,8 b
T6	<i>Pseudomona</i>	Nativa	0,8 a	1,6 c	2,1 c	2,3 c	2,7 b
T7	Giberelina	Certificada	0,5 b	2,6 a	2,9 a	3,0 a	3,3 a
T8	Giberelina	Nativa	0,8 a	1,5 c	2,0 c	2,3 c	2,6 b
T9	Testigo	Certificada	0,8 a	2,3 b	2,7 a	2,7 b	2,8 b
T10	Testigo	Nativa	0,8 a	1,6 c	2,0 c	2,2 c	2,7 b
EEM:			0,06	0,08	0,10	0,10	0,09

Letras diferentes en sentido vertical indican diferencia estadística significativa según prueba DGC ( $p$ -valor < 0,05). ddg: días después de la germinación. EEM: Error estándar de medida.

Con respecto a la especie de cebolla blanca, a los cinco días hubo diferencias significativas en el factor fitoestimulante ( $p$ -valor: 0,029), en donde, *Pseudomona*, giberelina y testigo consiguieron la mayor longitud de la plántula con 1,3 cm respectivamente (Figura 9).

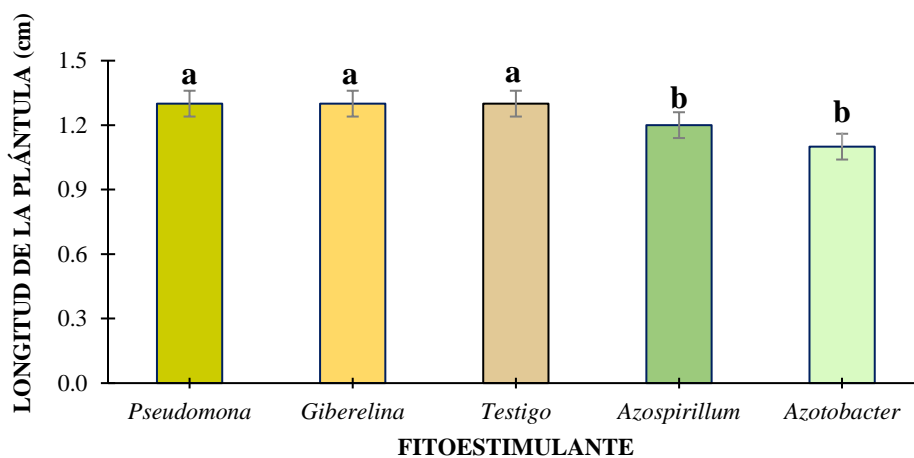


Figura 9. Longitud de la plántula de cebolla blanca (*Allium fistulosum* L.) a los cinco días después de la germinación por efecto de los fitoestimulantes en almácigo. Los valores corresponden a la media  $\pm$  error estándar. Letras distintas indican diferencias significativas, DGC ( $p$ -valor < 0,05).

Por otra parte, a los 25 días después de la germinación hubo diferencias significativas entre los factores fitoestimulante y tipo de semilla, por ende, los tratamientos T1

(*Azotobacter*-certificada), T3 (*Azospirillum*-certificada), T5 (*Pseudomona* certificada), T6 (*Pseudomona*-nativa) y T8 (Giberelina-nativa) lograron la mayor longitud de la plántula con 5,5; 5,3; 5,3; 5,1 y 5,2 cm respectivamente en comparación con el resto de los tratamientos (Tabla 13).

Tabla 13. Longitud de la plántula de cebolla blanca (*Allium fistulosum* L.) por interacción entre fitoestimulantes y tipo de semilla en almácigo.

Tratamientos	Fitoestimulante	Tipo de semilla	5ddg	10 ddg	15 ddg	20 ddg	25 ddg
			(cm)				
T1	<i>Azotobacter</i>	Certificada	1,1 a	3,1 a	4,5 a	5,2 a	5,5 a
T2	<i>Azotobacter</i>	Nativa	1,0 a	2,6 b	3,8 b	4,5 b	4,8 b
T3	<i>Azospirillum</i>	Certificada	1,2 a	3,2 a	4,8 a	5,0 a	5,3 a
T4	<i>Azospirillum</i>	Nativa	1,1 a	2,5 b	3,6 b	4,2 b	4,4 b
T5	<i>Pseudomona</i>	Certificada	1,3 a	3,3 a	4,2 a	4,8 a	5,3 a
T6	<i>Pseudomona</i>	Nativa	1,3 a	3,4 a	4,3 a	4,9 a	5,1 a
T7	Giberelina	Certificada	1,2 a	2,5 b	3,6 b	4,1 b	4,5 b
T8	Giberelina	Nativa	1,3 a	3,1 a	4,3 a	4,9 a	5,2 a
T9	Testigo	Certificada	1,3 a	2,6 b	3,8 b	4,6 b	4,7 b
T10	Testigo	Nativa	1,2 a	3,0 a	3,7 b	4,5 b	5,0 b
EEM:			0,08	0,18	0,15	0,28	0,24

Letras diferentes en sentido vertical indican diferencia estadística significativa según prueba DGC ( $p$ -valor < 0,05). ddg: días después de la germinación. EEM: Error estándar de medida.

## 7. Discusión

### 7.1. Germinación de semillas hortícolas en laboratorio por efecto de los microorganismos nativos

Con respecto a la especie de cilantro no se registró germinación, a pesar que los tratamientos estuvieron a una temperatura de incubación de 28 °C, lo cual se encuentran dentro de los rangos óptimos de temperatura para el desarrollo de las bacterias nativas, entre 20 a 30 °C para *Azotobacter* spp (Arun, 2007), entre 28 y 41 °C para *Azospirillum* spp. (Schultz et al., 2012) y superior a 20 °C para *Pseudomona* spp. (Chakravarty y Gregory, 2015). Del mismo modo, se encuentra en el rango máximo de 23 a 35 °C para la germinación de la familia Apiaceae (Maroto, 1989; Serrano, 1990; Galván, 1994) y de 36 °C para la germinación de la familia Alliaceae (Enciso et al., 2019).

La temperatura influye en el funcionamiento de las enzimas que participan en distintas actividades metabólicas, la mayoría de los estudios indican que la temperatura de  $25 \pm 2$  °C es efectiva para el cultivo del cilantro en condiciones de laboratorio (Ali et al., 2017, 2018; Chen et al., 1995; Kim et al., 1996; Stephan y Jayabalan, 2001; Liu et al., 2002; Murthy et al., 2008; Dias et al., 2010; Mujib et al., 2014; Hassan, 2019). Así mismo, existen diversos informes que recomiendan mantener la temperatura en torno a los  $27 \pm 1$  °C (Zee, 1981; Thapa et al., 2015) y a 20 °C como óptima para el mantenimiento adecuado (Kataeva y Popowich, 1993). Del mismo modo, Allahmoradi et al., (2013) demuestran que el cilantro tiene buenas condiciones para la germinación en un rango de temperatura de 20 a 25 °C.

Por el contrario, en la especie de cebolla blanca se evidenciaron resultados en las variables de estudio:

#### ➤ Porcentaje de germinación

Para la especie de cebolla blanca se obtuvieron los mayores porcentajes de germinación en los siguientes fitoestimulantes: giberelina, testigo, *Pseudomona* y *Azospirillum* con 85, 78, 75 y 65 % respectivamente. Por consiguiente, estudios similares realizados por Sousa et al., (2021) señalan que al usar diversas concentraciones de giberelina se logra un incremento de la germinación y el índice de vigor en semillas de cebolla *Allium fistulosum* L.

Por otro lado, Chin et al., (2022) mencionan que al aplicar *Pseudomona fluorescens* ( $10^2 - 10^8$  células bacterianas/mL) en semillas de hortalizas como pak choy (*Brassica rapa* subsp. *chinensis*) alcanzaron un porcentaje de germinación de 76,00 y 90,67 %, y en semillas de ají (*Capsicum annuum*) lograron entre el 88,00 y el 97,33 % de germinación. Igualmente Suansia y Senapati (2023) realizaron estudios similares, en donde, demostraron que la inoculación de la cepa de *Pseudomonas aeruginosa* en semillas de tomate existe un efecto positivo significativo en la germinación. Del mismo modo, Sharma et al., (2022) señalan que al inocular semillas de okra con *Pseudomonas fluorescens* mostraron tasas de germinación de las semillas del 83,3 y 76,7 %. Así también Silva et al., (2022) indican que, la interacción entre *Azospirillum brasilense* y los cultivares de pepino Aodai Melhorado y Marketmore76 obtuvieron un efecto significativo en la germinación entre el 64 y 89 % y entre el 58 y el 63 %, respectivamente.

Además, se destacaron las semillas certificadas con el mayor porcentaje de germinación. Dadlani y Yadava (2022) señalan que las semillas certificadas de híbridos se obtienen mediante el uso de semillas de base de las líneas parentales, las mismas que garantizan la pureza genética de las semillas de variedades/híbridos. Pedrini et al., (2020) puntualizan que las semillas certificadas mejoran la sincronización de la germinación, el desarrollo de plántulas y la resistencia frente al estrés biótico y abiótico.

#### ➤ **Índice de velocidad de germinación (IVG)**

Para la cebolla blanca el fitoestimulante *Azotobacter* spp. fue el que tardó más en germinar. Los resultados encontrados por Yousefi et al., (2017) indican que al combinar *Azospirillum lipoferum* + *Azotobacter chroococcum* + *Pseudomonas putida* a las semillas de lúpulo en condiciones de estrés salino de 20 y 50 dS m<sup>-1</sup>, indujo reducciones significativas del 75 y 64 % en su tiempo medio de germinación respectivamente en comparación con el control. Lo cual se contrasta con estudios realizados por Muscalu et al., (2019) donde señalan que al tercer día semillas de pepino tratadas con *Azotobacter* (V4) demostraron el porcentaje más alto de velocidad de germinación, alcanzando un 13,77 %. Igualmente, Diaz et al., (2019) señalan que tras 12 días de seguimiento se observó que *Azotobacter* spp. presentó una mayor tasa de germinación en maíz en comparación con el control.

Así también, se observó que las semillas certificadas sobresalen con el mayor índice de velocidad de germinación. Ello podría deberse a que las semillas certificadas surgen de

un manejo en forma tal que su identidad y pureza genética se preservan satisfactoriamente, bajo el proceso de certificación de semillas (INIAF-DNS, 2021).

➤ **Longitud del sistema radicular (LSR) y longitud de la plántula (LP)**

Referente a la longitud del sistema radicular de la cebolla blanca se observó que a los 25 días después de la germinación los fitoestimulantes giberelina y testigo alcanzaron la mayor longitud radicular. Banerjee y Roychoudhury (2019) mencionan que la giberelina (GA) provoca una variedad de respuestas fisiológicas, como la germinación de semillas, el crecimiento y desarrollo de las plantas y la elongación de raíces y tallos. Según Verma et al., (2016) las giberelinas (GA) promueven la división celular en las plantas, regulan la diferenciación del meristemo de la raíz y estimulan la proliferación de los pelos radiculares. Por otra parte, estudios realizados por Shaddad et al., (2013) y Chen et al., (2014) indican que, al aplicar de GA en trigo y soya, tuvieron efectos negativos en la longitud de los brotes y las raíces. La diferencia con los resultados del presente estudio probablemente se deba a las diferencias en las especies de cultivo y los niveles de GA utilizados.

En lo que respecta a la longitud de la plántula de cebolla blanca, a los 25 días después de la germinación se evidenció que los fitoestimulantes giberelina, testigo y *Pseudomona* obtuvieron la mayor longitud de la plántula. Adam et al., (2021) mencionan que la giberelina en niveles de 577,5 y 144,3  $\mu\text{M}$  afecta positivamente la longitud de las plántulas de sorgo en un 53,0 y 32,3 % respectivamente. Así también Singh y Singh (2019) señalan que la aplicación de giberelina a 150 ppm en pimiento alcanzó la mayor altura de la planta. Igualmente Singh et al., (2018) encontraron efecto significativo sobre la altura y número de ramas en plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Además, Mahmoudi et al., (2022) mencionan que el uso del ácido giberélico en la albahaca dulce (*Ocimum basilicum* L.) produjo aumentos significativos ( $P \leq 0,05$ ) en la altura de la planta y el peso seco de las partes aéreas de las plantas.

Por su parte, estudios realizados por Quiroz-Sarmiento et al., (2019) demostraron que al inocular *Pseudomona tolaasii* en chile Poblano (*Capsicum annuum* L.) se observó un aumento del 35 % en el crecimiento de la planta. Del mismo modo, Mercado-Vargas et al., (2022) argumentan que al inocular *Pseudomonas protegens* S4 en jamaica y frejol, se producen cambios estructurales en las plantas, incrementando la longitud de las raíces y de la parte aérea, lo cual favorece a una mayor capacidad de fijación al suelo y mayor superficie

productiva. Igualmente, Li et al., (2022) han observado en el cultivo de manzana var. mains micromalus Makino que *Pseudomona fluorescens* YX2 tiene la capacidad de aumentar el porcentaje de germinación y modificar el tamaño y estructura de la planta incluyendo la parte aérea y las raíces, además de mejorar la capacidad de absorción de nutrientes, lo cual tiene como resultado una mayor tolerancia al estrés hídrico.

## **7.2. Germinación de semillas hortícolas en almácigo por efecto de los microorganismos nativos**

### **➤ Porcentaje de germinación**

Para la especie de cilantro no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos. A diferencia de la cebolla, en donde los tratamientos evaluados presentaron valores estadísticamente significativos ( $p < 0,05$ ); observándose que el tratamiento 10 (testigo nativa), presentó el menor porcentaje de germinación con respecto a los demás tratamientos con 35 %.

Resultados similares encontraron Blanco-Vargas et al., (2020) al investigar el efecto de *Pseudomona* aislada de suelos del Departamento de Boyaca, Colombia en la germinación de *Allium cepa*. Descubrieron que al exponer las semillas al co-cultivo en una concentración de  $1 \times 10^8$  UFC mL<sup>-1</sup>, el porcentaje de germinación superó el 90 % del total de semillas evaluadas. Del mismo modo, estudios realizados por Ruiz et al., (2021) en México, inocularon semillas hortícolas (chile chilaca, melón y pepino) con biofertilizantes (*Azospirillum brasilenses* Az y *Glomus intraradices* Gl) y las sometieron a diferentes concentraciones de cloruro de potasio (KCl). En donde, Az + Gl + 10 dS m<sup>-1</sup> de KCl y Az+Gl+15 dS m<sup>-1</sup> de KCl, dieron los mejores resultados comparados con el testigo. Así también, Aponte et al., (2017) en el cultivo de lechuga encontraron que al asociar *Azospirillum* con *Pseudomonas fluorescens* genera una mayor emergencia de plántulas.

### **➤ Índice de velocidad de germinación (IVG)**

Para la especie de cilantro todos los tratamientos excepto T8 (giberelina-nativa) germinaron más rápido en relación con los demás tratamientos. Mientras que, para la especie de cebolla blanca el tratamiento T10 (testigo-nativo) fue el que germinó más lentamente. Jones y Dangl (2006) señalan que cuando las bacterias entran en una semilla y se produce la interacción entre la planta y el microorganismo, la planta desarrolla un mecanismo de

reconocimiento que retrasa el tiempo de germinación en comparación con las semillas del testigo; este mecanismo de defensa de la planta contra agentes biológicos externos se activa durante la fase inicial de adaptación a la presencia de bacterias y es el resultado de una fase de reconocimiento bioquímico y durante esta fase, ciertos compuestos derivados del microorganismo son reconocidos por los receptores de la membrana plasmática de la planta.

➤ **Longitud del sistema radicular (LSR) y longitud de la plántula (LP)**

Para la longitud del sistema radicular en la especie de cilantro, el género *Pseudomona* alcanzó la mayor longitud del sistema radicular. Mientras que, para la especie de cebolla los mayores valores del sistema radicular los obtuvieron giberelina, testigo y *Pseudomona*. Estudios similares realizados por Singh et al., (2017) demostraron un aumento significativo en la longitud del sistema radicular de berenjena con plantas inoculadas con *Pseudomona* spp en comparación con el testigo. Fox et al., (2016) y Kumar et al., (2018) mencionan que *Pseudomona* ayuda en el crecimiento del sistema radical debido a la producción de fitohormonas. Así también, la investigación desarrollada por Chatterjee et al., (2017) indicaron que las plantas de pimiento rojo inoculadas con la bacteria *Pseudomona frederiksbergensis* OS261, desarrollaron raíces más largas en comparación con los controles no inoculados.

Según Egamberdieva et al., (2017) y Singh et al., (2019) las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal secretan varias fitohormonas que incluyen auxina, citoquinina, etileno y giberelinas (GA). En este sentido, los resultados realizados por Ahmed y Hasnain (2014) y Fasciglione et al., (2015) indicaron que las bacterias que promueven el crecimiento vegetal, a través de la síntesis de auxinas, tienen la capacidad de asistir a las plantas en la formación de raíces para que puedan obtener más agua y nutrientes, lo que se traduce en un aumento en la producción de pigmentos y una mayor transferencia de materiales fotosintéticos en la planta.

Con respecto a la giberelina, Azcón y Talón (2008) señalan que, el uso de giberelinas tiene como resultado un aumento en el tamaño de la zona meristemática. Esto se logra al incrementar la cantidad de células que entran en división celular, lo que a su vez contribuye al crecimiento de las raíces.

Por otro lado, la longitud de las plántulas de cilantro a los 25 días después de la germinación, el tratamiento T7 (Giberelina-certificada) alcanzó la mayor longitud de la

plántula con 3,3 cm en comparación con los demás tratamientos. En cambio, la cebolla a los 25 días después de la germinación, los tratamientos T1 (*Azotobacter*-certificada), T3 (*Azospirillum*-certificada), T5 (*Pseudomonas* certificada), T6 (*Pseudomonas*-nativa), y T8 (Giberelina-nativa) obtuvieron la mayor longitud de la plántula en relación con el testigo. Resultados similares fueron encontrados por Subedi et al., (2019) quienes trabajaron con dosis de NPK junto con *Azotobacter* en coliflor (*Brassica oleracea* L. Var. *Botrytis*). En donde, la altura mínima se observó en el control, mejorando la altura de las plantas con la aplicación de biofertilizantes, lo cual podría atribuirse a la secreción de sustancias reguladoras del crecimiento vegetal. Por su parte, El-Beltagi et al., (2022) señalan que, *Azospirillum* aumenta el crecimiento de las plantas debido a la producción de sustancias químicas que promueven el crecimiento, por ejemplo, vitamina B 12 y auxina.

Del mismo modo, Qessaoui et al., (2019) observaron el efecto de aislados de *Pseudomonas* en los parámetros de crecimiento de la planta de tomate. En donde, los resultados indicaron que todas las bacterias promueven significativamente ( $p < 0,01$ ) el crecimiento de la planta, la longitud de la planta y el diámetro del cuello. Por otro lado, Azcón y Talón (2008) y Taiz y Zeiger (2003) mencionan que la promoción del crecimiento del tallo, las hojas y las raíces es una de las funciones clave de las giberelinas. Esto se debe en gran parte a que estas hormonas inducen la división celular, lo que acorta la interfase del ciclo celular y estimula la síntesis de ácido desoxirribonucleico en las células.



## 8. Conclusiones

- A pesar de observar viabilidad en las semillas hortícolas certificadas y nativas no se evidenció germinación en la especie de cilantro en laboratorio
- Para la cebolla blanca el tipo de semilla certificada y los fitoestimulantes giberelina, testigo, *Pseudomonas* spp. y *Azospirillum* spp. afectaron positivamente en el porcentaje de germinación en laboratorio. Mientras que, el IVG para la cebolla blanca en laboratorio, el fitoestimulante *Azotobacter* spp. fue el que tardó más en germinar.
- A los 25 días después de la germinación en laboratorio la LSR de la cebolla blanca fue mayor en la giberelina y el testigo. Mientras que para LP en laboratorio fue mayor en la giberelina, el testigo y *Pseudomonas* spp.
- Se demostró que para la cebolla blanca los tratamientos con *Azotobacter* spp (certificada y nativa), *Azospirillum* spp (certificada y nativa), *Pseudomonas* spp (certificada y nativa) y giberelina (certificada y nativa), tienen efecto positivo en el porcentaje de germinación en almácigo. El IVG para cilantro y para la cebolla blanca fue lenta en almácigo. .
- La LSR del cilantro en almácigo, sobresalió el tratamiento con *Pseudomonas* spp. mientras que, para la cebolla blanca se destacaron los tratamientos con giberelina, testigo y *Pseudomonas* spp, Por otro lado, la LP en almácigo al final del ensayo para el cilantro sobresalió el tratamiento con Giberelina-certificada y para la cebolla blanca los tratamientos con *Azotobacter*-certificada, *Azospirillum*-certificada, *Pseudomonas*-certificada, *Pseudomonas*-nativa y Giberelina-nativa.

## **9. Recomendaciones**

- Evaluar el efecto de las bacterias nativas en la germinación de especies hortícolas en diferentes temperaturas de incubación en laboratorio.
- Realizar estudios similares prolongando el tiempo de evaluación para determinar su potencial en campo.
- Investigar el efecto de los microorganismos benéficos, considerando otras especies hortícolas de interés comercial.
- Considerar otras concentraciones de las bacterias nativas para evaluar el efecto en la germinación de especies hortícolas.
- Estos resultados podrían ser de interés y aplicados por los pequeños y grandes agricultores para mejorar el porcentaje y crecimiento de especies hortícolas con un enfoque agroecológico disminuyendo la dependencia de hormonas sintéticas.

## 10. Bibliografía

- Adam, A., Hussien, M., Zhou, G., Ahmed, N., Ibrahim, A., Jiao, X., Zhu, G., Ibrahim, E., Eltyeb, M., y Mustafa, S. (2021). Gibberellic acid and nitrogen efficiently protect early seedlings growth stage from salt stress damage in Sorghum. *Scientific reports*, 11,6672. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-84713-9>
- Aguilar-Flores, I. M., Espinosa-Victoria, D., Carcaño-Montiel, M, y Rodríguez-Mendoza, M. de las N. (2021). Desarrollo y producción de la col (*Brassica oleracea* var. Royal vantage) bajo diferentes presiones osmóticas y biofertilizada con consorcios bacterianos. *REVISTA TERRA LATINOAMERICANA*, 39. <https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.841>
- Ahmed, A. y Hasnain, S. (2014). Auxins as One of the Factors of Plant Growth Improvement by plant growth promoting Rhizobacteria. *Polish Journal of Microbiology*, 63(3), 261-266. <https://doi.org/10.33073/pjm-2014-035>
- Ali, M., Mujib, A., Tonk, D. y Zafar, N. (2017). Plant regeneration through somatic embryogenesis and genome size analysis of *Coriandrum sativum* L. *Protoplasma* 254:343–352.
- Ali, M., Mujib, A., Zafar, N. y Tonk, D. (2018). Protoplast isolation and plant regeneration in two cultivated coriander varieties, Co-1 and RS. *Biotechnologia* 99:345–355.
- Allahmoradi, P., Ghobadi, M. y Taherabadi, S. (2013). Assessing Cardinal Temperature for Germination in Coriander (*Coriandrum sativum*), Sainfoin (*Onobrychis vicifolia*) and Bitter Vetch (*Vicia ervilia*). *Annual Review & Research in Biology*, 3(4), 881-887.

- Ansari, R., Rizvi, R., Sumbul, A. y Mahmood, I. (2017). PGPR: Current Vogue in Sustainable Crop Production. *Probiotics and Plant Health Springer*, 455-472. <https://doi.org/10.1007/978-981-10-3473-2>
- Aponte, A., Castillo, O., Cabrera, G., Pernia, M. y Hernandez, Y. (2017). Rhizobacteria *Pseudomonas fluorescens* and *Azospirillum* sp. Association enhances growth of *Lactuca sativa* L. under tropical conditions. *Journal of Central European Agriculture*, 18(2), 424-440. <https://doi.org/10.5513/JCEA01/18.2.1916>
- Arun, K. (2007). Bio-fertilizers for sustainable agriculture, 6th edn. *Agribios Publishers, Jodhpur*, 76-77.
- Aung, K., Jiang, Y. y Yang, S. (2018). The role of water in plant–microbe interactions. *The Plant Journal*, 93(4), 771-780. <https://doi.org/10.1111/tpj.13795>
- Azcón, J. y Talón, M. (2008). *Fisiología y bioquímica vegetal*. cGraw Hill Interamericana.
- Balaguera, H., Álvarez, J. y Rodríguez, J. (2008). Efecto del déficit de agua en el trasplante de plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Agronomía Colombiana*, 26(2), 246-255.
- Banerjee, A., y Roychoudhury, A. (2019). The Regulatory Signaling of Gibberellin Metabolism and Its Crosstalk With Phytohormones in Response to Plant Abiotic Stresses. En *Plant Signaling Molecules* (pp. 333-339). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816451-8.00020-4>
- Bashan, L., Holguin, G., Glick, B. y Bashan, Y. (2007). Bacterias promotoras de crecimiento en plantas para propósitos agrícolas y ambientales. En *Microbiología Agrícola: Hongos, bacterias, micro y macrofauna, control biologico, planta-microorganismo* (Ferrera-Cerrato, R., and Alarcon, A. Chapter 8., pp. 170-224). Trillas.

- Bashan, Y. y Bashan, L. (2010a). *How the Plant Growth-Promoting Bacterium Azospirillum Promotes Plant Growth—A Critical Assessment* (1.<sup>a</sup> ed.). Elsevier Inc. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(10\)08002-8](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(10)08002-8)
- Bashan, Y. y Bashan, L. (2010b). How the Plant Growth-Promoting Bacterium Azospirillum Promotes Plant Growth—A Critical Assessment. En *Advances in Agronomy* (Vol. 108, Número 10). Elsevier Inc. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(10\)08002-8](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(10)08002-8)
- Blanco-Vargas, A., Rodríguez-Gacha, L., Sánchez-Castro, N., Garzón-Jaramillo, R., Pedroza-Camacho, L., Poutou-Piñales, R., Rivera-Hoyos, C., Díaz-Ariza, L. y Pedroza-Rodríguez, A. (2020). *Phosphate-solubilizing Pseudomonas sp., and Serratia sp., co-culture for Allium cepa L. growth promotion*. 6. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05218>
- Camelo, M., Moreno, A., Romero, F. y Bonilla, R. (2017). Development of a liquid fermentation system and encystment for a nitrogen-fixing bacterium strain having biofertilizer potential. *Revista Argentina de Microbiología*, 49(3), 289-296. <https://doi.org/10.1016/j.ram.2016.06.005>
- Cassán, F., Coniglio, A., López, G., Molina, R., Nievas, S., Le, C., Carlan, N. D., Donadio, F., Torres, D., Rosas, S., Pedrosa, F. O., Souza, E. D., Zorita, M. D. y Mora, V. (2020). Everything you must know about Azospirillum and its impact on agriculture and beyond. *Biology and Fertility of Soils*. <https://doi.org/10.1007/s00374-020-01463-y%0AREVIEW>
- Cassán, F. y Diaz, M. (2016a). *Azospirillum* sp. In current agriculture: From the laboratory to the field. *Soil Biology & Biochemistry*, 103(117–130). <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2016.08.020>

- Cassán, F. y Diaz, M. (2016b). *Azospirillum* sp. In current agriculture: From the laboratory to the field. *Soil Biology & Biochemistry*, 103(117–130).  
<https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2016.08.020>
- Centro de Investigaciones Territoriales. (2022). *CIT*. Universidad Nacional de Loja.
- CEPAL. (2022). *Población y desarrollo*. Naciones Unidas; CEPAL.  
<https://www.cepal.org/es/noticias/mundo-alcanza-8-mil-millones-habitantes-cuales-662-millones-viven-america-latina-caribe>
- Cerna-Yamali, T., Salinas-Aranda, E. y Soriano-Bernilla, B. (2018). Sinergismo entre *Azotobacter chroococcum* y *Bradyrhizobium yuanmingense* en el crecimiento de *Lactuca sativa* “lechuga”. *Scientia Agropecuaria*, 9(4), Article 4.  
<https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.04.07>
- Chakravarty, S. y Gregory, G. (2015). The genus *Pseudomonas*. En *Practical Handbook of Microbiology* (eds E. Goldman y LH Green, pp. 321-344).
- Chatterjee, P., Samaddar, S., Anandham, R., Kang, Y., Kim, K., Selvakumar, G. y Sa, T. (2017). Beneficial Soil Bacterium *Pseudomonas frederiksbergensis* OS261 Augments Salt Tolerance and Promotes Red Pepper Plant Growth. *Frontiers in Plant Science*, 8. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2017.00705>
- Chávez, I. F., Zelaya Molina, L. X., Cruz Cárdenas, C. I., Rojas Anaya, E., Ruíz Ramírez, S. y De los Santos Villalobos, S. (2020). Consideraciones sobre el uso de biofertilizantes como alternativa agro- biotecnológica sostenible para la seguridad alimentaria en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(6), 1423-1436.  
<https://doi.org/10.29312/remexca.v11i6.2492>

- Chen, L., Hao, L., Condon, A. G. y Hu, Y.-G. (2014). Exogenous GA3 Application Can Compensate the Morphogenetic Effects of the GA-Responsive Dwarfing Gene Rht12 in Bread Wheat. *PLoS ONE*, 9(1). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0086431>
- Chen, R., Zhang, J., Li, B., Guo, S., Hao, J. y Zhou, X. (1995). *Somatic embryogenesis and artificial seed in coriander (Coriandrum sativum L.)*. In: *Somatic Embryogenesis and Synthetic Seed II*. Springer Berlin Heidelberg. 334-342.
- Chin, J. M., Lim, Y. Y. y Ting, A. S. Y. (2022). Biopriming *Pseudomonas fluorescens* to vegetable seeds with biopolymers to promote coating efficacy, seed germination and disease suppression. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 21(8), 493-505. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2022.02.002>
- Coniglio, A., Mora, V., Puente, M. y Cassán, F. (2019a). *Azospirillum* as biofertilizer for sustainable agriculture: *Azospirillum brasilense* AZ39 as a Model of PGPR and Field Traceability. *Microbial Probiotics for Agricultural Systems*, 45-70. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-17597-9>
- Coniglio, A., Mora, V., Puente, M. y Cassán, F. (2019b). *Azospirillum* as biofertilizer for sustainable agriculture: *Azospirillum brasilense* AZ39 as a Model of PGPR and Field Traceability. *Microbial Probiotics for Agricultural Systems*, 45-70. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-17597-9>
- Cruz, C. I., Zelaya Molina, L. X., Sandoval Cancino, G., De los Santos Villalobos, S., Rojas Anaya, E., Chávez Díaz, I. F. y Ramirez, S. R. (2021). Utilización de microorganismos para una agricultura sostenible en México: Consideraciones y retos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 12(5), 899-913. <https://doi.org/10.29312/remexca.v12i5.2905>

- Cruz, W., Barrios, J., Rodríguez, M. de las N., Espinoza, D. y Tirado, J. (2016). Producción de plántulas de hortalizas con *Azospirillum* sp. Y aspersión foliar de miel de abeja. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 7(1), 59-70.
- Dadlani, M. y Yadava, D. (2022). *Seed Science and Technology*. Biology, Production, Quality.
- Di Rienzo, J., Balzarini, M., Gonzalez, L., Casanoves, F., Tablada, M. y Walter Robledo, C. (2010). *Infostat: Software para análisis estadístico*. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/10346>
- Dias, M., Cardoso, S., Martins, A. y Sousa, M. (2010). *In Vitro Culture of Coriandrum sativum L. In: XXVIII International Horticultural Congress on Science and Horticulture for People (IHC2010): A new look at medicinal and aromatic plants Seminar 925:271–274*.
- Diaz, C. E., Daza, D. y Arámbula, C. I. (2019). *Biofertilizing potential of a fertilizer based on cienego and native microorganisms in corn seeds*. *Journal of Physics: Conference Series*. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1386/1/012058>
- Díaz, M., Martín, G., Miranda, T., Fonte, L., López, L., Montejo, I., Contino, Y., Ojeda, F., Medina, R., Ramírez, W., Lezcano, J., Pentón, G., Schmith, H., Amaro, O., Catalá, R. y Milera, M. (2021). Obtención y utilización de microorganismos nativos: El bioproducto IHPLUS®. *ResearchGate, March*. <https://www.researchgate.net/publication/339916260%0AObtención>
- Díaz, M., Pérez, Y., González, J., Castro, I., Fuentes, L., Matos, M. y Sosa, M. (2019a). *Efecto del IHPLUS® sobre el proceso de germinación de Sorghum bicolor L.*



(Moench) effect of IHPLUS® on the germination process of *Sorghum bicolor* L. (Moench). 42(1).

Díaz, M., Pérez, Y., González, J., Castro, I., Fuentes, L., Matos, M. y Sosa, M. (2019b). Effect of IHPLUS ® on the germination process of *Sorghum bicolor* L. (Moench). *Pastos y Forrajes*, 42(1), 30-38.

Díaz-Solares, M., Martín-Martín, G., Miranda-Tortoló, T., Fonte-Carballo, L., Lamela-López, L., Montejo-Sierra, I., Contino-Esquiñerosa, Y., Ojeda- García, F., Medina-Salas, R., Ramírez-Suárez, W., Lezcano-Fleires, J., Pentón-Fernández, G., Peter-Schmith, H., Alonso-Amaro, O., Catalá-Barranco, R. y Milera-Rodríguez, M. (2021). Obtención y utilización de microorganismos nativos: El bioproducto IHPLUS ®. *ResearchGate*, *March*.  
<https://www.researchgate.net/publication/339916260%0AObtención>

Diederichsen, A. (1996a). Coriander (*Coriandrum sativum* L.). Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 3. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben/ International Plant Genetic Resources Institute, Rome. En *Zeitschrift für Phytotherapie* (pp. 43-46). <https://doi.org/10.1055/s-0031-1286039>

Diederichsen, A. (1996b). Coriander (*Coriandrum sativum* L.). Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 3. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben/ International Plant Genetic Resources Institute, Rome. En *Zeitschrift für Phytotherapie* (Vol. 33, pp. 43-46). <https://doi.org/10.1055/s-0031-1286039>

Egamberdieva, D., Wirth, S. J., Alqarawi, A. A., Abd\_Allah, E. F. y Hashem, A. (2017). Phytohormones and Beneficial Microbes: Essential Components for Plants to

Balance Stress and Fitness. *Frontiers in Microbiology*, 8.

<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmicb.2017.02104>

- El-Beltagi, H. S., Ahmad, I., Basit, A., Abd El-Lateef, H. M., Yasir, M., Tanveer Shah, S., Ullah, I., Elsayed Mohamed Mohamed, M., Ali, I., Ali, F., Ali, S., Aziz, I., Kandeel, M. y Zohaib Ikram, M. (2022). Effect of *Azospirillum* and *Azotobacter* Species on the Performance of Cherry Tomato under Different Salinity Levels. *Gesunde Pflanzen*, 74(2), 487-499. <https://doi.org/10.1007/s10343-022-00625-2>
- Enciso, C., Vera, P., Santacruz, A. y González, J. (2019). *Guía técnica del cultivo de cebolla*. Proyecto de paquetes tecnológicos.
- Enz, N., Dachler, C. y Novartis. (1998). Compendio para la identificación de los estadios fenológicos de especies mono- y dicotiledóneas cultivadas. Escala BBCH extendida. *En compendio para la identificación de los estadios fenológicos de especies mono- y dicotiledóneas cultivadas escala BBCH extendida*.
- Fasciglione, G., Casanovas, E. M., Quillehauquy, V., Yommi, A. K., Goñi, M. G., Roura, S. I. y Barassi, C. A. (2015). *Azospirillum* inoculation effects on growth, product quality and storage life of lettuce plants grown under salt stress. *Scientia Horticulturae*, 195, 154-162. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.015>
- Fox, A., Soto, G., Valverde, C., Russo, D., Lagares, A., Zorreguieta, Á., Alleva, K., Pascuan, C., Frare, R., Blanco, J., Dixon, R. y Ayub, N. (2016). Major cereal crops benefit from biological nitrogen fixation when inoculated with the nitrogen-fixing bacterium *Pseudomonas protegens* Pf-5 X940. *Environmental Microbiology*, 18(10), 1-27. <https://doi.org/10.1111/1462-2920>.

- Galván, P. B. (1994). *Influencia de la temperatura sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas hortícolas. Los conceptos de unidades calor y métodos de cálculo. INIFAP. Sonora. Notas sin publicar.*
- García, L. y Gallardo, A. (2017). El ciclo global del nitrógeno. Una visión para el ecólogo terrestre. *Ecosistemas, Revista Científica de Ecología y Medio Ambiente*, 26(1), 4-6.
- Gil, A., Fuente, E., Lenardis, A. y Cerdeiras, G. (2006a). Coriandro. Cultivos industriales. *Buenos Aires. Universidad de Buenos Aires. Capítulo 4.2.*, 459-508.
- Gil, A., Fuente, E., Lenardis, A. y Cerdeiras, G. (2006b). Coriandro. Cultivos industriales. *Buenos Aires. Universidad de Buenos Aires. Capítulo 4.2.*, 459-508.
- González, H. y Fuentes, N. (2017). Mecanismo de acción de cinco microorganismos promotores de crecimiento vegetal. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 34(1), 17-31.  
<https://doi.org/10.22267/rcia.173401.61>
- Gruber, K. (2017). Agrobiodiversity: The living library. *Nature*, 544(7651), S8-S10.  
<https://doi.org/10.1038/544S8a>
- Hassan, S. (2019). Shoots regeneration in callus tissue of coriander plant (*Coriandrum sativum* L.) in vitro. *Plant Arch* 19:1203–1205.
- Hernández-Reyes, B. M., Rodríguez-Palacio, M. C., Castilla-Hernández, P., Sánchez-Robles, J., Vela-Correa, G. y Schettino-Bermúdez, B. (2019). *Uso potencial de cianobacterias como biofertilizante para el cultivo de maíz azul en la Ciudad de México*. 10(1), 13-27.
- Huertas, B., Martínez, E., Clímaco, J., Galindo, J., Pérez, M., Vargas, R. y Polo, S. (2020). Cebolla de rama (*Allium fistulosum* L.). Manual de recomendaciones técnicas para su

cultivo en el departamento de Cundinamarca. *Corredor Tecnológico Agroindustrial, CTA*, 82. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/13371>

INIAF-DNS. (2021). *NORMA GENERAL SOBRE SEMILLAS DE ESPECIES AGRICOLAS*.

La Paz: Editora Presencia SRL.

ISTA. (2019). *International Rules for Seed Testing*. The International Seed Testing Association.

Kalayu, G. (2019). Phosphate Solubilizing Microorganisms: Promising Approach as Biofertilizers. *International Journal of Agronomy*.  
<https://doi.org/10.1155/2019/4917256>

Kataeva, N. y Popowich, E. (1993). Maturation and rejuvenation of *Coriandrum sativum* shoot clones during micropropagation. *Plant Cell Tiss Organ Cult* 34:141–148.

Kejela, T., Thakkar, V. y Ravi, R. (2017a). A novel strain of *Pseudomonas* inhibits *Colletotrichum gloeosporioides* and *Fusarium oxysporum* infections and promotes germination of Coffee. *Rhizosphere*, 4, 9-15.  
<https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2017.05.002>

Kejela, T., Thakkar, V., y Ravi, R. (2017b). A novel strain of *Pseudomonas* inhibits *Colletotrichum gloeosporioides* and *Fusarium oxysporum* infections and promotes germination of Coffee. *Rhizosphere*, 4, 9-15.  
<https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2017.05.002>

Kim, S., Park, M., Bae, K., Rhee, M. y Liu, J. (1996). Production of petroselinic acid from cell suspension cultures of *Coriandrum sativum*. *Phytochem* 42:, 1581-1582.

Kumar, A., Singh, V. K., Tripathi, V., Singh, P. P. y Singh, A. K. (2018a). Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): Perspective in agriculture under biotic and abiotic

- stress. En *Crop Improvement Through Microbial Biotechnology* (pp. 333-342). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63987-5.00016-5>
- Kumar, A., Singh, V., Tripathi, V., Singh, P. y Singh, A. (2018b). Plant Growth-Promoting Rhizobacteria (PGPR): Perspective in Agriculture Under Biotic and Abiotic Stress. En *New and Future Developments in Microbial Biotechnology and Bioengineering: Crop Improvement through Microbial Biotechnology*. Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63987-5.00016-5>
- Kumar, A., Singh, V., Tripathi, V., Singh, P. y Singh, A. (2018c). *Plant Growth-Promoting Rhizobacteria (PGPR): Perspective in Agriculture Under Biotic and Abiotic Stress*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63987-5.00016-5>
- Kyaw, P., Soe, M., Yu, S., Latt, Z. y Lynn, T. (2019). Study on Plant growth promoting activities of *azotobacter* isolates for sustainable agriculture in Myanmar. *Biotech Biores*, 1(5), 1-6.
- Lana, M., Dartora, J., Marini, D. y Hann, E. (2012a). Inoculation with *Azospirillum*, associated with nitrogen fertilization in maize. *Ceres*, 59(3), 399-405.
- Lana, M., Dartora, J., Marini, D. y Hann, E. (2012b). Inoculation with *Azospirillum*, associated with nitrogen fertilization in maize. *Ceres*, 59(3), 399-405.
- Li, B., Zhang, C., Qi, M., Zheng, X., Mustafad, N. S., Ahmed, N., Anees, M., Ahanger, M. A. y Lixin, Z. (2022). Effects of plant growth-promoting rhizobacteria on uptake and utilization of phosphorus and root architecture in apple seedlings under water limited regimes. *International Journal of Applied and Experimental Biology*, 1(1), Article 1. <https://doi.org/10.56612/ijaeb.v1i1.4>

- Lima, N. (2016). Procesos biotecnológicos para la propagación in vitro de *Cinchona officinalis* L. a partir de diferentes fuentes de material vegetal. En *Universidad Nacional de Loja*.
- Liu, J., Kim, S. y Oh, S. (2002). *In vitro* culture and the production of secondary metabolites in *Coriandrum sativum* L. (Coriander). In: *Medicinal and Aromatic Plants XII*. Springer, Berlin, Heidelberg. 13-22.
- Maguire, J. ames. (1962). Speed of germination: Aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*, 2(1), 176-177.
- Mahmoudi, D., Shekari, F., Afsahi, K. y Maleki, A. (2022). Evaluation of the responses of basil to the application of salicylic acid and gibberellic acid. *Zemdirbyste*, 109, 131-138. <https://doi.org/10.13080/z-a.2022.109.017>
- Majeed, A., Muhammad, Z. y Ahmad, H. (2018). Plant growth promoting bacteria: Role in soil improvement, abiotic and biotic stress management of crops. *Plant Cell Reports*, 37(12), 1599-1609. <https://doi.org/10.1007/s00299-018-2341-2>
- Máñez, J. (2022). *Los alimentos en 3D: Seguridad alimentaria y comportamiento del consumidor*. <https://riunet.upv.es/handle/10251/182641>
- Maroto, J. V. (1989). *Horticultura herbácea especial, 3ª edición* (Ediciones Mundi Prensa).
- Marquina, M. E., Ramírez, Y. y Castro, Y. (2018). *Efecto de bacterias rizosféricas en la germinación y crecimiento del pimentón*. 30(1), 3-16.
- Mercado-Vargas, T. de J., Chávez-Díaz, I. F., Zelaya-Molina, L. X., Aragón-Magadán, M. A., Ceballos-Alvarez, A. y Reséndiz-Venado, Z. (2022). Potencial agrobiotecnológico de *Pseudomonas protegens* en diferentes cultivos mexicanos. *Ciencia y Tecnol. Agrop. México*, 10(1), 29-35.

- Morocho, M. y Mora, M. (2019). Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas. *Centro Agrícola*, 46(2), 93-103.
- Mujib, A., Tonk, D. y Ali, M. (2014). *Plant regeneration from protoplasts in Indian local Coriandrum sativum L.: Scanning electron microscopy and histological evidences for somatic embryogenesis. Plant Cell Tiss Organ Cult 117:323–334.*
- Municipio de Loja. (2022). *Chuquiribamba | Municipio de Loja.*  
<https://www.loja.gob.ec/contenido/chuquiribamba>
- Murthy, H., Hahn, E. y Paek, K. (2008). *Recurrent somatic embryogenesis and plant regeneration in Coriandrum sativum L. Sci Horti 118:168–171.*
- Muscalu, S.-P., Munteanu, N., Brezeanu, P. y Iosob, G.-A. (2019). *The study of the influence of some organic products on the germination of cucumber seeds. 28(1), 34-37.*
- Naciones Unidas. (2022). *Población y desarrollo.* [https://www.cepal.org/es/noticias/mundo-alcanza-8-mil-millones-habitantes-cuales-662-millones-viven-america-latina-caribe#:~:text=png,10%20mil%20millones%20en%202058.](https://www.cepal.org/es/noticias/mundo-alcanza-8-mil-millones-habitantes-cuales-662-millones-viven-america-latina-caribe#:~:text=png,10%20mil%20millones%20en%202058)
- Olanrewaju, O., Glick, B. y Babalola, O. (2017). Mechanisms of action of plant growth promoting bacteria. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 33(11), 1-16.  
<https://doi.org/10.1007/s11274-017-2364-9>
- Pardo, S., Mazo, D. y Rojas, D. (2021). Bacterias promotoras de crecimiento vegetal: Filogenia, microbioma, y perspectivas. En *Bacterias promotoras de crecimiento vegetal en sistemas de agricultura sostenible* (pp. 46-73).  
<https://doi.org/10.21930/agrosavia.analisis.7405019>

- Pedrini, S., Balestrazzi, A., Madsen, M. D., Bhalsing, K., Hardegree, S. P., Dixon, K. W. y Kildisheva, O. A. (2020). Seed enhancement: Getting seeds restoration-ready. *Restoration Ecology*, 28(S3), S266-S275. <https://doi.org/10.1111/rec.13184>
- Pinzón, H. (2004a). *La cebolla de rama (Allium fistulosum) y su cultivo*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica) y Asociación Hortifrutícola de Colombia (Asohofrucol).
- Pinzón, H. (2004b). *La cebolla de rama (Allium fistulosum) y su cultivo*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica) y Asociación Hortifrutícola de Colombia (Asohofrucol).
- Qessaoui, R., Bouharroud, R., Furze, J., Aalaoui, M., Akroud, H., Amarraque, A., Vaerenbergh, J., Tahzima, R., Mayad, E. y Chebli, B. (2019). *Applications of new Rhizobacteria Pseudomonas isolates in Agroecology via fundamental processes complementing plant Growth*. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-49216-8>
- Quiroz-Sarmiento, V. F., Almaraz-Suarez, J. J., Sánchez-Viveros, G., Argumedo-Delira, R., González-Mancilla, A., Quiroz-Sarmiento, V. F., Almaraz-Suarez, J. J., Sánchez-Viveros, G., Argumedo-Delira, R. y González-Mancilla, A. (2019). Biofertilizantes de rizobacterias en el crecimiento de plántulas de chile Poblano. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 10(8), 1733-1745. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i8.1548>
- Quispe-Quispe, E. y Salas-Macías, C. (2022). La imbibición de semillas en solución con microorganismos eficientes mejora el desarrollo de plántulas de *Daucus carota* L. *Manglar*, 19(3), 279-284. <https://doi.org/10.17268/manglar.2022.035>
- Romero, F., Abril, J., Camelo, M., Moreno, A., Pastrana, I., Rojas, D. y Bonilla, R. (2017). *Azotobacter chroococcum* as a potentially useful bacterial biofertilizer for cotton



- (*Gossypium hirsutum*): Effect in reducing N fertilization. *Revista Argentina de Microbiología*, 49(4), 377-383. <https://doi.org/10.1016/j.ram.2017.04.006>
- Ruiz, C. y Tejedor, E. (2020). Nuestra herencia de maíz: Semillas nativas vs. Semillas transgénicas , una aproximación desde la cultura y los derechos humanos. *Revista Derecho y Realidad*, 18(35), 39-51.
- Ruiz-Ramirez, S. R., Sánchez-Lucio, R., Zelaya-Molina, L., Chávez-Díaz, I. F., Cruz-Cárdenas, C. I. y Valdivia-Bernal, R. (2021). Germinación y vigor de semillas de especies hortícolas inoculadas con biofertilizantes y soluciones salinas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 12(7), 1199-1208. <https://doi.org/10.29312/remexca.v12i7.2539>
- Sánchez-Mendoza, S. S., Bautista-Cruz, A. y Martínez-Gallegos, V. (2018). Fosfobacterias promueven la emergencia y el crecimiento de agaves silvestres. *Entreciencias: Diálogos en la Sociedad del Conocimiento*, 6(17). <https://www.redalyc.org/journal/4576/457655955008/html/>
- Santillana, N. (2006). Producción de biofertilizantes utilizando *Pseudomonas* sp. *Ecología Aplicada*, 5(1-2), 87. <https://doi.org/10.21704/rea.v5i1-2.322>
- Sarandón, S. J. y Flores, C. C. (Eds.). (2019). La Insustentabilidad del modelo de agricultura actual. En *Agroecología: Bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables* (1a ed., pp. 13-41). Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (EDULP). <https://doi.org/10.35537/10915/37280>
- Satyaprakash, M., Nikitha, T., Reddi, E., Sadhana, B. y Vani, S. (2017). Phosphorous and phosphate solubilising bacteria and their role in plant nutrition. *International Journal*

- of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(4), 2133-2144.  
<https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.604.251>
- Schlatter, D., Kinkel, L., Thomashow, L., Weller, D. y Paulitz, T. (2017). Disease suppressive soils: New Insights from the Soil Microbiome. *Phytopathology*, 107(11), 1284-1297. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-03-17-0111-RVW>
- Schultz, N., Morais, R. F. D., Silva, J. A. D., Baptista, R. B., Oliveira, R. P., Leite, J. M., Pereira, W., Carneiro Júnior, J. D. B., Alves, B. J. R., Baldani, J. I., Boddey, R. M., Urquiaga, S. y Reis, V. M. (2012). Avaliação agronômica de variedades de cana-de-açúcar inoculadas com bactérias diazotróficas e adubadas com nitrogênio. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 47(2), 261-268. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2012000200015>
- Serrano, C. Z. (1990). *Producción en invernaderos*. Editorial Mundi Prensa.
- Shaddad, M., Abd, S. y Mostafa, D. (2013). *Role of gibberellic acid (GA3) in improving salt stress tolerance of two wheat cultivars*. 5(4), 50-57.  
<https://doi.org/10.5897/IJPPB11.055>
- Sharma, H., Haq, M. A., Koshariya, A. K., Kumar, A., Rout, S. y Kaliyaperumal, K. (2022). “Pseudomonas fluorescens” as an Antagonist to Control Okra Root Rotting Fungi Disease in Plants. *Journal of Food Quality*, 2022, 1-8.  
<https://doi.org/10.1155/2022/5608543>
- Shiva, V. (2020). *¿Quién alimenta realmente al mundo?: El fracaso de la agricultura industrial y la promesa de la agroecología*. Capitán Swing Libros.
- Silva, D., Steiner, F., Zuffo, A., Oliveira, A. y González, J. (2022). *Application rates of Azospirillum brasilense in cucumber seeds*. 28(5), 837-844.

- Singh, M., Singh, D., Gupta, A., Pandey, K., Singh, P. y Kumar, A. (2019). *Plant growth promoting rhizobacteria: Application in biofertilizers and biocontrol of phytopathogens. PGPR amelioration in sustainable agriculture.* 41-66.
- Singh, S., Dutta, U., Bhat, A., Gupta, S., Gupta, V. y Jamwal, S. (2017). *Morpho-cultural and biochemical identification of Pseudomonas sp. Isolated from the rhizosphere of different vegetable crops and study its efficacy on Solanum melongena (Brinjal).* 6(2), 22-28.
- Singh, S., Kumar, A., Beer, K., Singh, V. y Patel, S. (2018). Effect of Naphthalene Acetic Acid (NAA) and Gibberellic Acid (GA3) on Growth and Fruit Quality of Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 7, 306-311. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.703.036>
- Singh, S. y Singh, T. (2019). Effect of gibberellic acid on growth, yield and quality parameters of chilli (*Capsicum annum* L.). *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 8(2).
- Snafi, A. (2016a). A review on chemical constituents and pharmacological activities of *Coriandrum sativum*. *Journal of Pharmacy*, 06(07), 17-42. <https://doi.org/10.9790/3013-067031742>
- Snafi, A. (2016b). A review on chemical constituents and pharmacological activities of *Coriandrum sativum*. *Journal of Pharmacy*, 06(07), 17-42. <https://doi.org/10.9790/3013-067031742>
- Sokol, N. W., Slessarev, E., Marschmann, G. L., Nicolas, A., Blazewicz, S. J., Brodie, E. L., Firestone, M. K., Foley, M. M., Hestrin, R., Hungate, B. A., Koch, B. J., Stone, B. W., Sullivan, M. B., Zablocki, O., LLNL Soil microbiome consortium, Trubel, G.,

- McFarlane, K., Stuart, R., Nuccio, E., Pett-Ridge, J. (2022). Life and death in the soil microbiome: How ecological processes influence biogeochemistry. *Nature Reviews Microbiology*, 20(7), 415-430. <https://doi.org/10.1038/s41579-022-00695-z>
- Sousa, L. V. de, Silva, T. I. da, Lopes, M. de F. de Q., Leal, M. P. da S., Basilio, A. G. S., Filho, J. S. de M., Leal, Y. H. y Dias, T. J. (2021). Salinity stress and plant growth regulator in basil: Effects on plant and soil. *DYNA*, 88(217), 75-83.
- Stephan, R. y Jayabalan, N. (2001). Propagation of *Coriandrum sativum* L. through somatic embryogenesis. *Indian J Exp Biol* 39:387–389.
- Suansia, A. y Senapati, A. K. (2023). Plant growth-promoting activity of *Pseudomonas aeruginosa* OD13 in tomato plant. *International Journal of Environment and Climate Change*, 214-224. <https://doi.org/10.9734/ijecc/2023/v13i11866>
- Subedi, R., Khanal, A., Aryal, K., Chhetri, L. B. y Prasad kandel, B. (2019). Response of azotobacter in cauliflower (*Brassica oleracea l. var. botrytis*) production at lamjung, nepal. *Acta Scientifica Malaysia*, 3(1), 17-20. <https://doi.org/10.26480/asm.01.2019.17.20>
- Swing, C. (Ed.). (2020). *Bacterias promotoras de crecimiento en plantas para propositos agricolas y ambientales*. [https://books.google.es/books?id=Ar\\_9DwAAQBAJ&hl=es](https://books.google.es/books?id=Ar_9DwAAQBAJ&hl=es)
- Taiz, L. y Zeiger, E. (2003). *Plant physiology* (3.<sup>a</sup> ed., Vol. 91). <https://academic.oup.com/aob/article-lookup/doi/10.1093/aob/mcg079>
- Thapa, A., Rathore, S., Sharma, L., Agrawa, D. y Saxena, S. (2015). Plant regeneration in coriander (*Coriandrum sativum* L.). *Int J Seed Spices* 5:63–66.

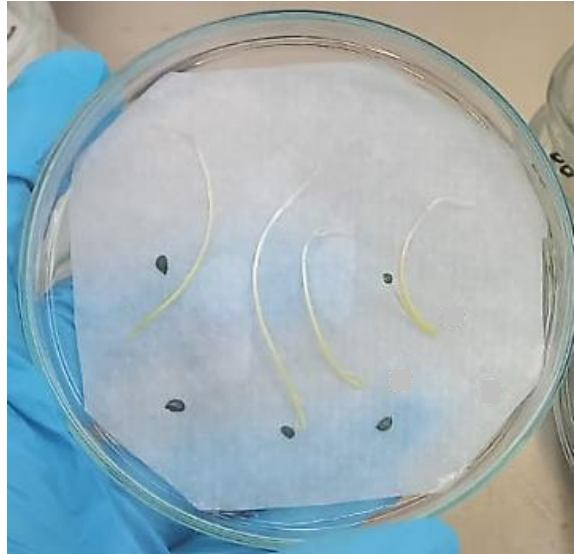
- Tuğçe, F., Ilhan, M. y Belwal, T. (2022a). Novel drug targets with traditional herbal medicines: Scientific and clinical evidence. *Scientific and Clinical Evidence*, 151-172.
- Tuğçe, F., Ilhan, M. y Belwal, T. (2022b). Novel drug targets with traditional herbal medicines: Scientific and clinical evidence. *Scientific and Clinical Evidence*, 151-172.
- Vacheron, J., Desbrosses, G., Bouffaud, M., Touraine, B., Loccoz, Y., Muller, D., Legendre, L., Dyé, F. y Combaret, C. (2013). Plant growth-promoting rhizobacteria and root system functioning. *Frontiers in Plant Science*, 4(SEP), 1-19. <https://doi.org/10.3389/fpls.2013.00356>
- Verma, V., Ravindran, P. y Kumar, P. P. (2016). Plant hormone-mediated regulation of stress responses. *BMC Plant Biology*, 16(1), 86. <https://doi.org/10.1186/s12870-016-0771-y>
- Vieira, A., Veras, A. y Diniz, M. (2016). Potencial alelopático de espécies arbóreas da caatinga sobre a emergência e o desenvolvimento inicial de *Allium fistulosum* L. *Enciclopedia Biosfera*, 13(23), 975. <https://doi.org/10.18677/Enciclopedia>
- Viera, W. (2020). Rol de los microorganismos benéficos en la Agricultura Sustentable. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 8(2), 67-68. <https://doi.org/10.36610/j.jsab.2020.080200067>
- Viera, W. y Jackson, T. (2020). *Ecuador demonstrates a sustainable way forward for small farmer producers*. 60(September), 19-21.

- Villegas, V. y Laines, J. (2017). Vermicompostaje: I avances y estrategias en el tratamiento de residuos sólidos orgánicos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(2), 393-406.
- Wani, S. y Gopalakrishnan, S. (2019). Plant growth-promoting microbes for sustainable agriculture. *Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR): Prospects for sustainable agriculture*. <https://doi.org/10.1007/978-981-13-6790-8>
- Yadav, A. N., Verma, P., Singh, B., Singh, V., Suman, A. y Kumar, A. (2017). Plant growth promoting bacteria: biodiversity and multifunctional attributes for sustainable agriculture. *Advances in Biotechnology & Microbiology*, 5(5). <https://doi.org/10.19080/AIBM.2017.05.555671>
- Yarzabal, L., Monserrate, L., Buela, L. y Chica, E. (2018). Antarctic *Pseudomonas* spp. Promote wheat germination and growth at low temperatures. *Polar Biology*. <https://doi.org/10.1007/s00300-018-2374-6>
- Yousefi, S., Kartoolinejad, D., Bahmani, M. y Naghdi, R. (2017). *Salinity tolerance of Dodonaea viscosa L. inoculated with plant growthpromoting rhizobacteria: Assessed based on seed germination and seedling growth characteristics*. 44(1), FOLIA OECOLOGICA.
- Yuttavanichakul, W., Lawongsa, P., Wongkaew, S., Teaumroong, N., Boonkerd, N., Nomura, N. y Tittabutr, P. (2012a). Improvement of peanut rhizobial inoculant by incorporation of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) as biocontrol against the seed borne fungus, *Aspergillus niger*. *Biological Control*, 63(2), 87-97. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2012.06.008>

- Yuttavanichakul, W., Lawongsa, P., Wongkaew, S., Teaumroong, N., Boonkerd, N., Nomura, N. y Tittabutr, P. (2012b). Improvement of peanut rhizobial inoculant by incorporation of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) as biocontrol against the seed borne fungus, *Aspergillus niger*. *Biological Control*, 63(2), 87-97. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2012.06.008>
- Zee, S. (1981). Studies on adventive embryo formation in the petiole explants of coriander (*Coriandrum sativum*). *Protoplasma* 107:21–26.

## 11. Anexos

*Anexo 1. Efecto de los fitoestimulantes en la germinación de semillas certificadas y nativas en laboratorio.*



*Figura 10. Efecto de la bacteria nativa Pseudomona spp. en la germinación de semillas certificadas de cebolla blanca.*



Anexo 2. Cinética de crecimiento de plántulas de cilantro (*Coriandrum sativum* L.) y cebolla blanca (*Allium fistulosum* L.) en almacigo.

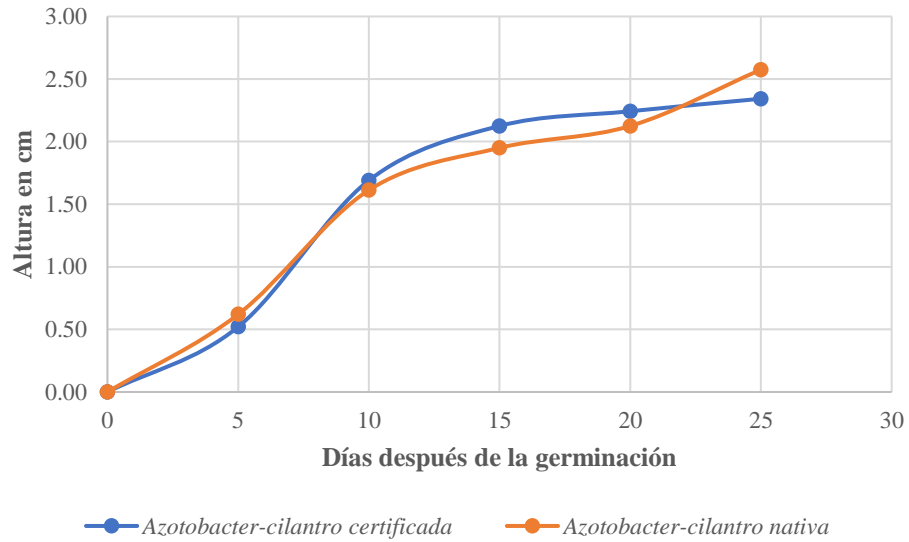


Figura 11. Cinética de crecimiento de la plántula de cilantro-Azotobacter.

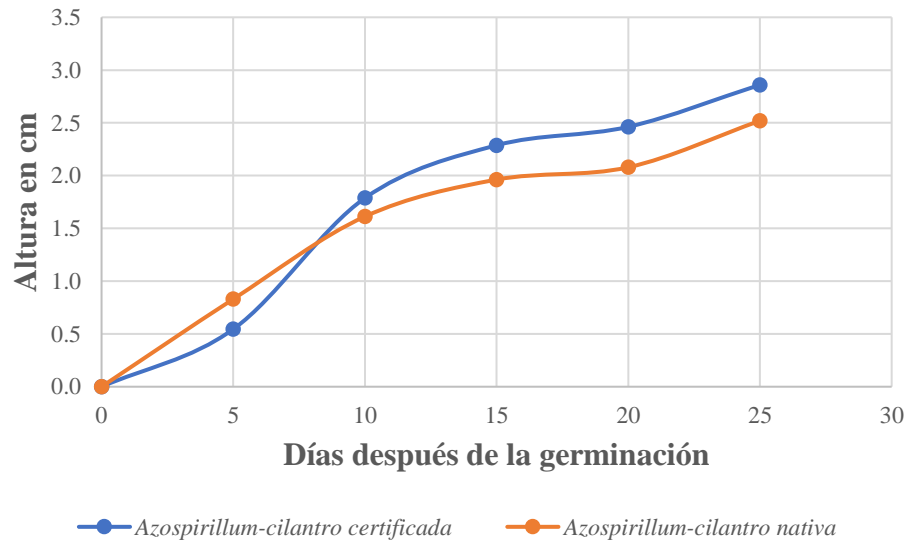


Figura 12. Cinética de crecimiento de la plántula de cilantro-Azospirillum.

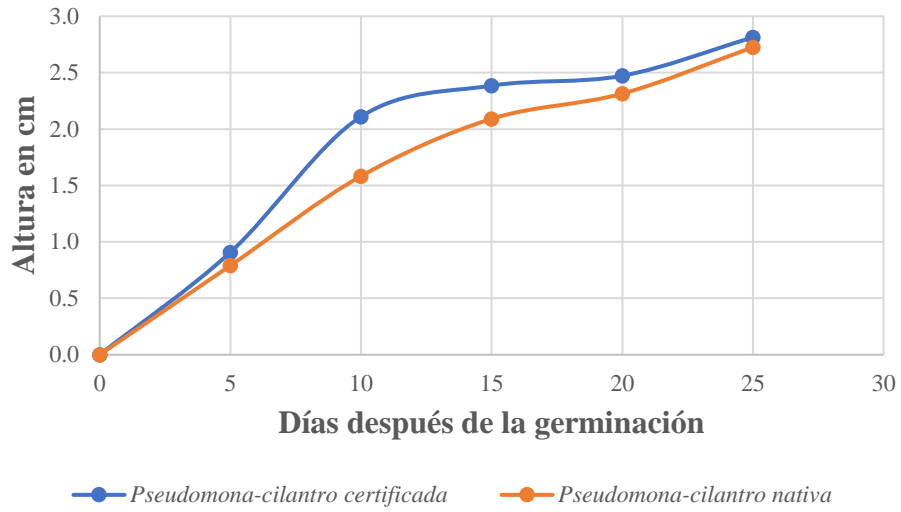


Figura 13. Cinética de crecimiento de la plántula de cilantro-Pseudomona.

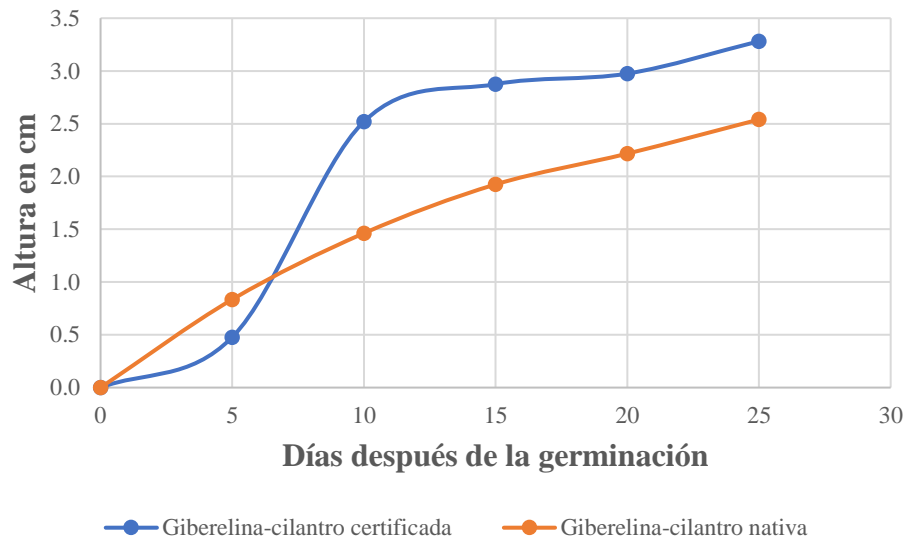


Figura 14. Cinética de crecimiento de la plántula de cilantro-giberelina.

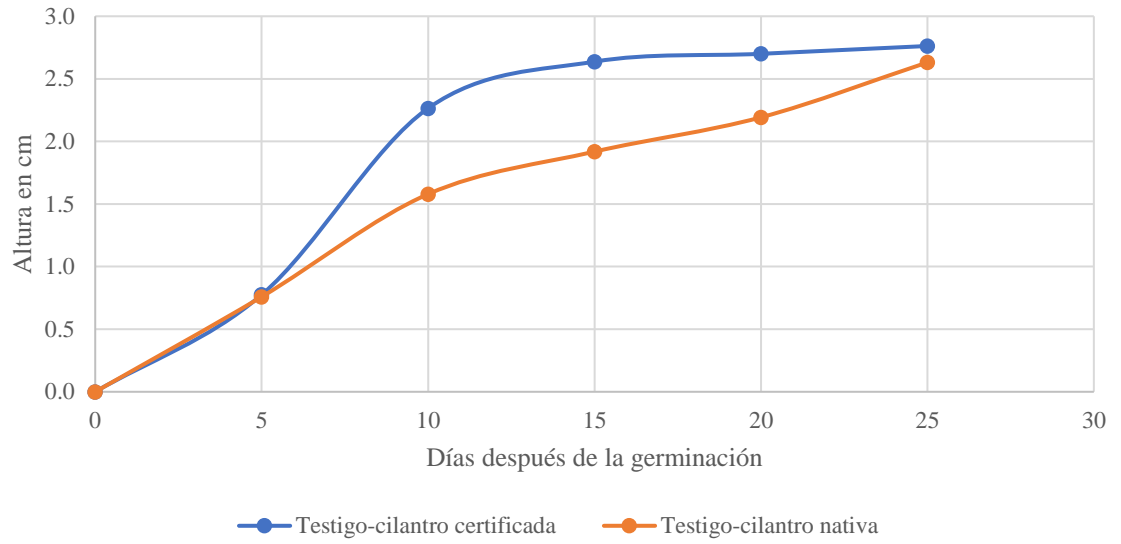


Figura 15. Cinética de crecimiento de la plántula de cilantro-testigo.

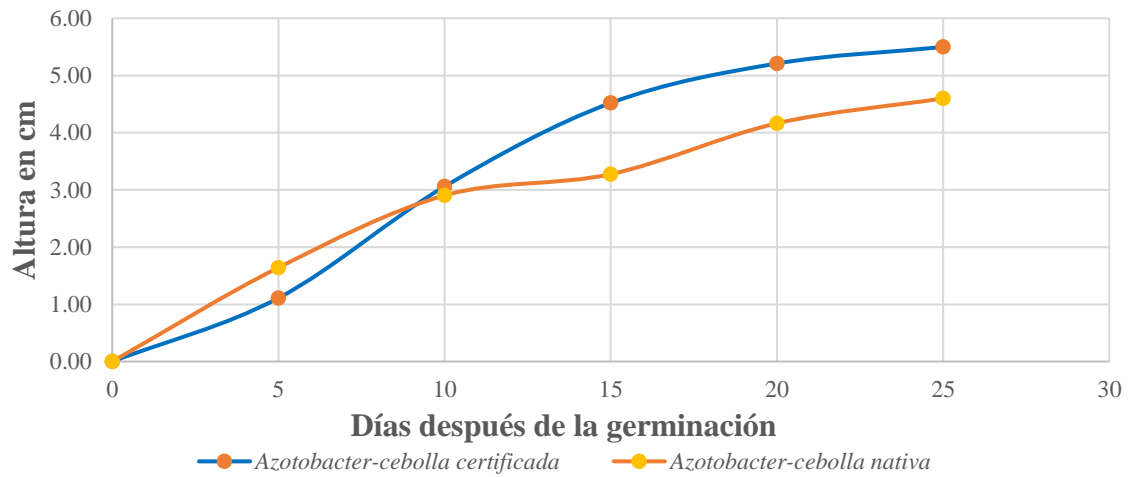


Figura 16. Cinética de crecimiento de la plántula de cebolla-Azotobacter.

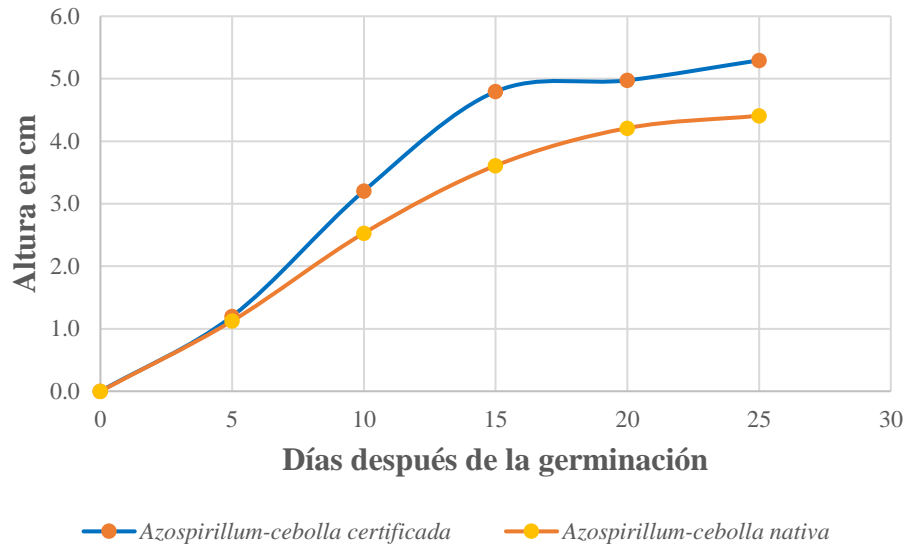


Figura 17. Cinética de crecimiento de la plántula de cebolla-Azospirillum.

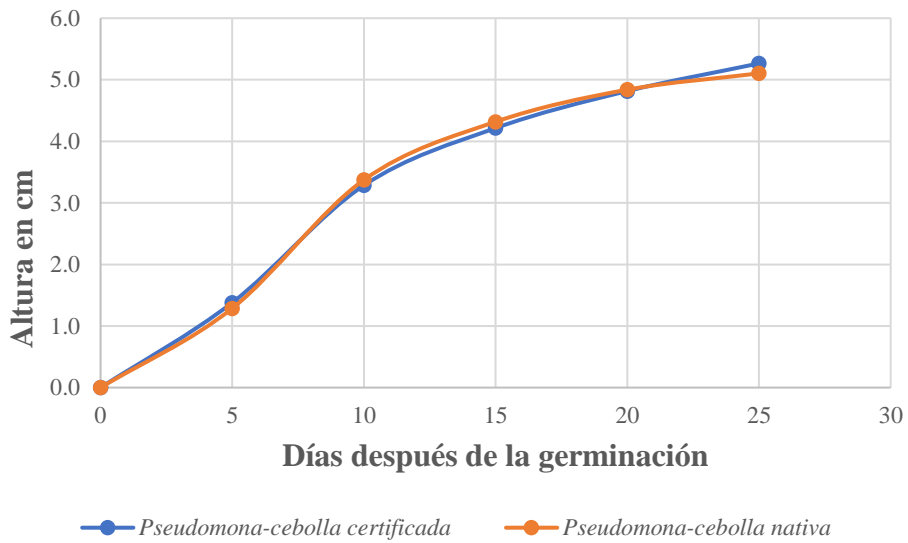


Figura 18. Cinética de crecimiento de la plántula de cebolla-Pseudomonas.

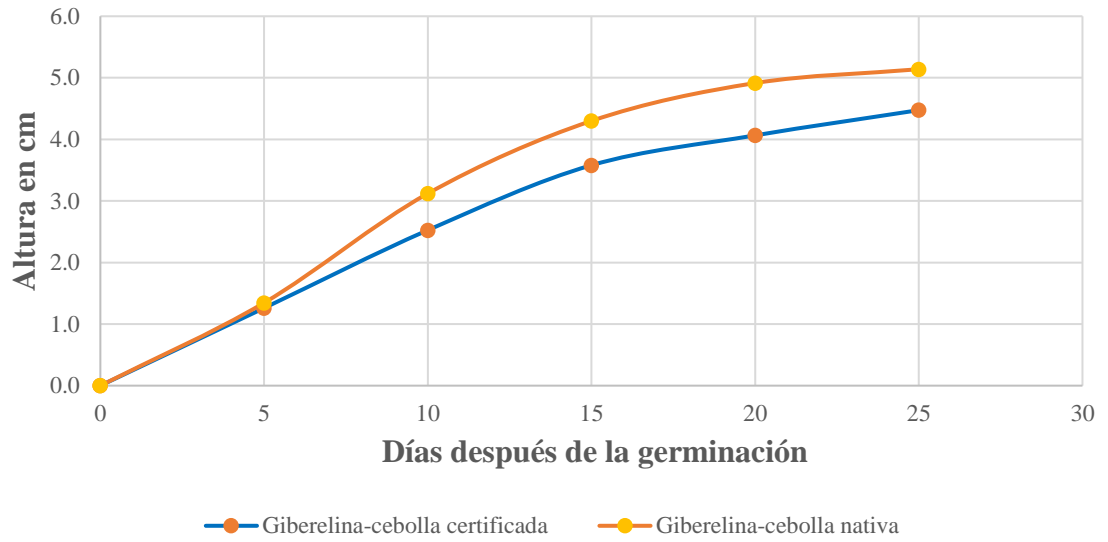


Figura 19. Cinética de crecimiento de la plántula de cebolla-giberelina.

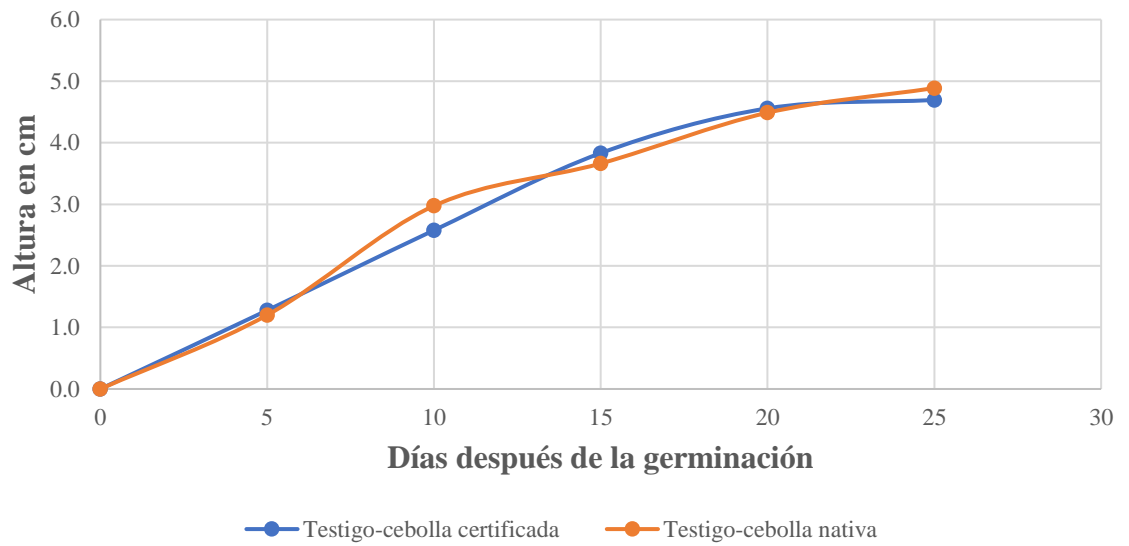


Figura 20. Cinética de crecimiento de la plántula de cebolla-testigo.

Loja, 19 de Junio de 2023

CERTIF. Nº. 041-JP-2023

El suscrito, Lic. Juan Pablo Quezada Rosales, con cédula de identidad 1104039621 **DOCENTE DE INGLÉS DE EDUCACION SUPERIOR** ", a petición de la parte interesada y en forma legal,

## CERTIFICA

Que el numeral 2.1 **ABSTRACT**, del Trabajo de investigación, titulado Evaluación de microorganismos benéficos en el proceso de germinación de semillas nativas y certificadas en condiciones de laboratorio y almácigo, de autoría de la Ing **YOMARA GABRIELA FERNÁNDEZ CUENCA** con C.I. 1105178642, estudiante de la maestría en Agroecología y Desarrollo Sostenible de la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, está correctamente traducido del idioma español al idioma inglés, para lo cual se autoriza la impresión y presentación para los fines pertinentes.

Facultando a la interesada hacer uso del presente documento en lo que estime conveniente

*English is the doorway to the future!*

Checked by:  
Juan Pablo Quezada R.  
E.F.L. Teacher



Escaneo autorizado mediante QR  
JUAN PABLO  
QUEZADA  
ROSALES

Lic. Juan Pablo Quezada Rosales  
**ENGLISH TEACHER OF SUPERIOR EDUCATION**