



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Evaluación de bacterias solubilizadoras de fosfato en cultivo
de *Triticum aestivum* L. “Trigo” como una alternativa de
fertilización orgánica**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Ambiental

AUTORES:

De la Cruz Mantilla, Jeffrey Manuel (orcid.org/0000-0002-8013-3123)

Enriquez León, Renzo Martín Carlos (orcid.org/0000-0002-0112-895X)

ASESOR:

MSc. Huerta Chombo, German Luis (orcid.org/0000-0002-6211-4578)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

TRUJILLO - PERÚ

2023

DEDICATORIA

A mis padres, quienes me dieron la fortaleza para poder culminar este trabajo; asimismo, por su apoyo incondicional para cumplir con mis responsabilidades y metas personales.

Jeffrey De la Cruz Mantilla

A mi familia, mi roca y mi motivación constante. Su apoyo incondicional ha sido fundamental en este camino. Agradezco su presencia y aliento en cada paso. Con gratitud eterna, les dedico este logro.

Renzo Enriquez León

AGRADECIMIENTO

Siempre anteponer a Dios, que es el que nos brinda un día más de vida, lo que nos permitió haber concluido la tesis. A nuestro pedagogo, el MSc. Huerta Chombo, German Luis, por guiarnos, exigirnos, darnos su confianza y apoyo a lo largo de esta travesía, asegurándose de lograr nuestro aprendizaje y mejora continua.

A la Dra. Magaly de la Cruz Noriega, por brindarnos los conocimientos necesarios, en base a su experiencia en el área de estudio para abordar los desafíos y complejidades de la investigación.

Al Mglo. Luis Cabanillas Chirinos, por darnos el apoyo en todo momento para desarrollar este proyecto y a sus sugerencias que han mejorado significativamente nuestro proyecto.

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, HUERTA CHOMBO GERMAN LUIS, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, asesor de Tesis titulada: "Evaluación de bacterias solubilizadoras de fosfato en cultivo de *Triticum aestivum* L. "Trigo" como una alternativa de fertilización orgánica", cuyos autores son DE LA CRUZ MANTILLA JEFFREY MANUEL, ENRIQUEZ LEON RENZO MARTIN CARLOS, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 13.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

TRUJILLO, 04 de Julio del 2023

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
HUERTA CHOMBO GERMAN LUIS DNI: 04206862 ORCID: 0000-0002-6211-4578	Firmado electrónicamente por: GEHUERTA el 18-07- 2023 09:24:55

Código documento Trilce: TRI - 0570543



Declaratoria de Originalidad de los Autores

Nosotros, DE LA CRUZ MANTILLA JEFFREY MANUEL, ENRIQUEZ LEON RENZO MARTIN CARLOS estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Evaluación de bacterias solubilizadoras de fosfato en cultivo de *Triticum aestivum* L. Trigo" como una alternativa de fertilización orgánica", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Nombres y Apellidos	Firma
DE LA CRUZ MANTILLA JEFFREY MANUEL DNI: 72486454 ORCID: 0000-0002-8013-3123	Firmado electrónicamente por: JCRUZMA10 el 19-07-2023 18:27:13
ENRIQUEZ LEON RENZO MARTIN CARLOS DNI: 72543096 ORCID: 0000-0002-0112-895X	Firmado electrónicamente por: MENRIQUEZLE el 19-07-2023 18:35:20

Código documento Trilce: INV - 1320814

Índice de contenidos

Carátula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Declaratoria de Autenticidad del Asesor	iv
Declaratoria de Originalidad de los Autores	v
Índice de contenidos	vi
Índice de tablas	vii
Índice de figuras	ix
Resumen	x
Abstract	xi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	5
III. METODOLOGÍA	18
3.1. Tipo y diseño de investigación	18
3.2. Variables y Operacionalización	19
3.3. Población, muestra y muestreo	19
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	20
3.5. Procedimientos	20
3.6. Método de análisis de datos	26
3.7. Aspectos éticos	26
IV. RESULTADOS	27
V. DISCUSIÓN	44
VI. CONCLUSIONES	48
VII. RECOMENDACIONES	49
REFERENCIAS	50
ANEXOS	58

Índice de tablas

Tabla 1. Bacterias solubilizadoras de fosfato más empleadas	6
Tabla 2. Composición del agar Nutritivo	21
Tabla 3. Composición del agar Pikovskaya	21
Tabla 4. Composición del medio Osorio y Habte	22
Tabla 5. Fases de desarrollo siguiendo la escala decimal Zadoks	25
Tabla 6. Prueba de Tinción gram para la cepa MT-8	28
Tabla 7. Prueba de Tinción gram para la cepa MT-13	29
Tabla 8. Características microscópicas y macroscópicas de las bacterias aisladas	29
Tabla 9. Información de la identificación bioquímica por VITEK 2.	30
Tabla 10. Altura de la planta (cm) en el día 29	32
Tabla 11. Área foliar (cm ²) en el día 29	32
Tabla 12. Biomasa aérea fresca (g) en el día 29	33
Tabla 13. Biomasa aérea seca (g) en el día 29	33
Tabla 14. Biomasa radical fresca (g) en el día 29	34
Tabla 15. Biomasa radical seca (g) en el día 29	34
Tabla 16. Diámetro del tallo (mm) en el día 29	35
Tabla 17. Altura de la planta (cm) en el día 45	35
Tabla 18. Área foliar (cm ²) en el día 45	36
Tabla 19. Biomasa aérea fresca (g) en el día 45	36
Tabla 20. Biomasa aérea seca (g) en el día 45	37
Tabla 21. Biomasa radical fresca (g) en el día 45	37
Tabla 22. Biomasa radical seca (g) en el día 45	38

Tabla 23. Diámetro del tallo (mm) en el día 45	38
Tabla 24. Correlación de Pearson	40
Tabla 25. Disponibilidad de P en el suelo	41
Tabla 26. Prueba de normalidad de Shapiro-Wilks	42
Tabla 27. Coeficientes de correlación de spearman	42

Índice de figuras

Figura 1: Prueba de solubilización	28
Figura 2: Ph del medio después de las 72 horas de inocular las BSP.	29
Figura 3: Curvas de absorbancia de las cepas MT-8 y MT-13	32

Resumen

El objetivo de esta investigación fue determinar el efecto de las bacterias solubilizadoras de fosfato en cultivo de *Triticum aestivum* L. "Trigo" como alternativa a la fertilización orgánica. La investigación fue de tipo aplicada, teniendo como variables bacterias solubilizadoras de fosfato y disponibilidad de fósforo en el suelo. Se usó un diseño experimental con cuatro grupos de maceteros con 1kg de suelo de cultivo de trigo (sin inóculo, inóculo al 5%, 10% y 15%), con tres repeticiones cada uno a una suspensión de 3×10^8 UFC/ml. Se evaluaron parámetros de desarrollo de las plántulas de trigo en los días 29 y 45, y la disponibilidad de fósforo en el suelo al día 45. La inoculación al 10% mostró resultados superiores en el desarrollo de las plántulas: La altura, biomasa aérea seca y biomasa radical seca, mostrando diferencias altamente significativas ($p < 0.0001$). Con una dosis al 10% de BSP se logró una mejora en la disponibilidad de P en el suelo de 96.68 ppm a 72.77 ppm con respecto al control.

Palabras clave: Bacterias solubilizadoras de fosfato, aislamiento, cultivo de trigo, fósforo disponible, inóculo.

Abstract

The objective of this research was to determine the effect of phosphate solubilizing bacteria on *Triticum aestivum* L. "Wheat" as an alternative to organic fertilization. The research was applied, with phosphate solubilizing bacteria and phosphorus availability in the soil as variables. An experimental design was used with four groups of pots with 1 kg of wheat crop soil (without inoculum, inoculum at 5%, 10% and 15%), with three replicates each at a suspension of 3×10^8 CFU/ml. Wheat seedling development parameters were evaluated at days 29 and 45, and soil phosphorus availability at day 45. The 10% inoculation showed superior results in seedling development: Height, dry aerial biomass and dry root biomass, showing highly significant differences ($p < 0.0001$). With a 10% dose of BSP, an improvement in soil P availability was achieved from 96.68 ppm to 72.77 ppm with respect to the control.

Keywords: Phosphate solubilizing bacteria, isolation, wheat culture, available phosphorus, inoculum.

I. INTRODUCCIÓN

El incremento poblacional hace que la demanda de alimentos aumente progresivamente, para atender dicha demanda el sector agrícola depende de mayor cantidad de fertilizantes para mayor rendimiento de los cultivos; no obstante, el uso es de forma indiscriminada y excesiva degradando los suelos. Los fertilizantes químicos más usados contienen nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K). El P es el segundo elemento después del N, más requerido para el crecimiento y producción de las plantas, éstas sólo aprovechan una pequeña fracción del fertilizante fosforado que se aplica, el resto no logra utilizarse, porque en el suelo reaccionan con iones de aluminio, hierro y calcio; por lo tanto, no estará de forma disponible para las plantas (Rafi, Krishnaveni y Charyulu, 2018, p.224).

La utilización excesiva y continua de los fertilizantes degrada la microbiota del suelo reduce las comunidades actinomicetos, hongos, algas, bacterias, protozoarios, la cual representa una alteración de los ecosistemas del suelo, ya que interfiere o pierde parte de las funciones del ciclo de nutrientes y se altera la relación simbiótica con las plantas, que tiene efectos negativos en la baja productividad de los cultivos, en tanto se altera la estructura y el ecosistema del suelo (Watson et al. 2022, p. 1). En la actualidad, en América Latina, por ejemplo en México, de acuerdo a Trejo et al. (2021, p. 1) utiliza fertilizantes, que van desde 3 a 5.5 t/ha/ciclo de cultivo, para satisfacer las demandas del mercado de alimentos. El uso excesivo de fertilizantes químicos afecta negativamente al recurso suelo, la productividad de los cultivos, el medio ambiente y la salud humana (Ortiz y Sansinenea, 2022, p. 3), el uso por hectárea en promedio va desde un 23% N, 13% P y 26 % K (ONU 2022, p. 9). Sin embargo, los agricultores sobre dosifican los niveles de fertilización. Estas prácticas afectan las propiedades físicas del suelo, alteran la microbiota del suelo y el equilibrio ecológico del suelo, alterando la calidad del suelo.

Asimismo, los excedentes de la fertilización y el uso excesivo de pesticidas muchas veces se acumulan en el suelo o se lixivian contaminando la capa freática (Sonali, 2021, p.1). La acumulación viene acompañado de elementos tóxicos,

como altas concentraciones de selenio (Se), arsénico (As) (Alori, Glick y Babalola, 2017, p.1), trayendo como consecuencia signos de erosión severa del suelo, pérdida de microbiota del suelo, desequilibrios de nutrientes y los lixiviados la contaminación de aguas subterráneas y superficiales.

Los suelos agrícolas en el Perú se están viendo afectados por el uso indiscriminado de fertilizantes. El Banco Central de Reservas (2022, p. 149), en su reporte menciona que los fertilizantes más usados en el Perú son inorgánicos, tales como: la urea, fosfato diamónico, nitrato de amonio, el sulfato de amonio y sulfato de potasio. La aplicación irracional de fertilizantes químicos causa un desequilibrio de nutrientes del suelo, reduce la diversidad microbiana, altera la calidad del suelo y es una de las principales fuentes de contaminación (Fustamante y Tarazona, 2021, p. 1).

Por otra parte, el cultivo de trigo es uno de los cereales más importantes a nivel mundial y en el Perú en la región sierra; para su producción dependen de fertilizantes inorgánicos (NPK). Según las estimaciones del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos USDA (2023, p. 19) en la temporada 2021/2022, la producción mundial de trigo fue de 789.0 millones de toneladas. En el Perú se producen unas 200 mil toneladas al año (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego 2022, p. 1). Por otro lado, las raíces del trigo albergan diversos microorganismos que presentan características funcionales que promueven el crecimiento del cultivo y brindan protección contra múltiples factores estresantes ambientales, como son los bióticos y abióticos (Shahid et al. 2022, p. 1).

Asimismo el fósforo que requieren las plantas se encuentra presente en tres tipos de formas en el suelo, los cuales son: P orgánico, P inorgánico soluble y P inorgánico insoluble (Elekhtyar et al., 2022, p. 2). Para una mayor disponibilidad de P inorgánico soluble se requiere la presencia de microorganismos en el suelo, tanto de bacterias, hongos, protozoarios, algas y otros. Las bacterias solubilizadoras de fosfato (BSP) son importantes en la rizósfera porque mejoran la disolución de complejos de fósforo inorgánico insoluble en formas solubles que pueden usarse para la nutrición de las plantas (Amri et al. 2023, p. 2). Por lo tanto,

el uso de BSP es un enfoque ecológico para un sistema de agricultura sostenible (Rawat et al. 2022, p. 752). El uso excesivo de fertilizantes inorgánicos altera la presencia de microorganismos como las bacterias solubilizadoras de fosfato.

Ante esta realidad problemática sobre el uso excesivo de los fertilizantes inorgánicos se planteó el problema general de investigación: ¿Cuál es el efecto de las bacterias solubilizadoras en cultivo de *Triticum aestivum* L. “Trigo” como alternativa de fertilización orgánica? y como problemas específicos se tiene: 1) ¿Cuáles son las bacterias solubilizadoras de fosfato aisladas e identificadas bioquímicamente?, 2) ¿Cuál es el efecto de la aplicación de las bacterias solubilizadoras de fosfato sobre el crecimiento del cultivo de trigo?, y 3) ¿Cuál es la cantidad de fósforo disponible en el suelo a diferentes niveles de aplicación de bacterias solubilizadoras de fosfato?

La justificación, de la investigación se basa con la finalidad de contribuir con la comunidad científica del país, es una alternativa prometedora para mejorar la disponibilidad de fósforo en suelos agrícolas que se encuentran con una sobredosificación con fertilizantes inorgánicos, ya que estos microorganismos ayudan a solubilizar el fosfato inorgánico y así mejorar la fertilidad de los suelos e incrementa el crecimiento de las plantas. En el ámbito medioambiental, el uso de bacterias que disuelven el fosfato reducirá la contaminación del suelo, ya que se limitará el uso de este fertilizante, contribuyendo a una agricultura sostenible, en el sector social, los agricultores se verán beneficiados ya que los microorganismos se repoblarán, y se mejorará la calidad microbiana del suelo, mediante las bacterias solubilizadoras de fosfato, se mejorará la calidad del suelo, lo que redundará en mayores ingresos y producirá un aumento en la productividad de los cultivos.

Se tiene como objetivo general, Determinar el efecto de las bacterias solubilizadoras en cultivo de *Triticum aestivum* L. “Trigo” como alternativa a la fertilización inorgánica, y se plantea como objetivos específicos: 1) Aislar e Identificar bioquímicamente las bacterias solubilizadoras de fosfato de suelos de cultivo de trigo, 2) Evaluar el efecto de la aplicación de las bacterias

solubilizadoras de fosfato sobre el crecimiento del cultivo de trigo, y 3) Determinar la cantidad de fósforo disponible en el suelo a diferentes niveles de aplicación de bacterias solubilizadoras de fosfato.

Finalmente, se tiene como hipótesis general en el trabajo de investigación, las bacterias solubilizadoras de fosfato serán capaces de mejorar el cultivo de *Triticum aestivum* L. "Trigo" como alternativa de fertilización orgánica. y como hipótesis específicas se obtuvieron las siguientes: 1) Se aislaron e identificaron bioquímicamente bacterias solubilizadoras de fosfato, 2) La aplicación de las bacterias solubilizadoras de fosfato tendrá efecto en el crecimiento del cultivo de trigo, y 3) La aplicación de diferentes niveles de bacterias solubilizadoras tendrá efecto en la disponibilidad de fósforo en el suelo

II. MARCO TEÓRICO

El trigo (*Triticum aestivum L.*) corresponde a un cultivo de grano de cereal de la familia *Poaceae*, empleado como fuente principal alimenticia en el mundo. Se le conoce como el rey de los cultivos en cereales, constituyendo un cereal con un alto valor nutricional (Dawar et al., 2022, p. 2). Para su producción se requiere la fertilización y uno de los macronutrientes que se requieren son el fósforo.

Según Arfan-UI-haq et al. (2021, p. 1) el fósforo (P) representa un macronutriente de suma importancia en el cultivo de trigo, puesto que su presencia es necesaria para transformar la energía durante el proceso de la fotosíntesis, como también, de la respiración. Además de ello, es un elemento constitucional para los materiales genéticos (ADN y ARN). Una reducción de fósforo en el trigo, ocasiona un retraso en su crecimiento y pérdidas en su rendimiento. Para una mayor disponibilidad de P inorgánico soluble se requiere la presencia de microbiota en el suelo, tanto de bacterias, hongos, protozoarios, algas y otros.

La disponibilidad de fósforo es la cantidad y forma en que este elemento químico se encuentra en el suelo y es asimilado por las plantas. Los microorganismos, pueden ayudar a las plantas a mejorar la disponibilidad de P, el cual también se ve afectado por las propiedades químicas del suelo (Jian et al. 2022, p.1; Paz et al. 2022, p.104).

Por su parte, Jokkaew et al. (2022, p. 2) sostienen que las bacterias solubilizadoras de fosfato (BSP), son bacterias con la capacidad de transformar los elementos insolubles en compuestos solubles, con lo cual se logra una mayor disponibilidad de fósforo inorgánico en el suelo y permitiendo la absorción de fósforo en las plantas. De acuerdo con Scattareggia (2016, p.8) las bacterias solubilizadoras de fosfato más empleadas en los cultivos agrícolas, se pueden apreciar en la Tabla 1.

Tabla 1: Bacterias solubilizadoras de fosfato más empleadas en los cultivos agrícolas

Bacterias solubilizadoras de fosfato más empleadas en cultivos agrícolas

- *Achromobacter*
 - *Acinetobacter*
 - *Aereobacter*
 - *Agrobacterium*
 - *Arthrobacter*
 - *Bacillus*
 - *Bradyrhizobium*
 - *Burkholderia*
 - *Chryseobacterium*
 - *Delftia*
 - *Enterobacter*
 - *Erwinia*
 - *Flavobacterium*
 - *Gordonia*
 - *Kitasatospara*
 - *Klebsiella*
 - *Mesorhizobium*
 - *Micrococcus*
 - *Mycobacterium*
 - *Pantoea*
 - *Phyllobacterium*
 - *Pseudomonas*
 - *Rahnella*
 - *Ralstonia*
 - *Rhodobacter*
 - *Rhodococcus*
 - *Serratia*
 - *Sinorhizobium*
 - *Streptomyces*
 - *Streptosporangium*
 - *Thiobacillus*
 - *Yarrowia*
-

Fuente: (Scattareggia, 2016)

El mecanismo que emplean las BSP para solubilizar fosfato, es mediante la producción de ácidos orgánicos. Entre los principales ácidos producidos por las bacterias solubilizadoras de fosfato tenemos: Ácido glicólico, isovalérico, acético, succínico, láctico, oxálico, cítrico, 2- cetoglucónico, fórmico y glucónico. Al producir estos ácidos se genera una reducción del pH del medio. Por otro lado, el P se encuentra de forma insoluble en el suelo unido a iones metálicos de calcio, magnesio, aluminio y hierro. En esta etapa, los ácidos orgánicos quelan estos cationes, haciendo que el P quede en una forma soluble y pueda ser aprovechado por las plantas (Scattareggia, 2016, p.8; Pande, 2017, p.380)

La procedencia de las bacterias se puede recolectar, aislar, reproducir y reincorporar al suelo agrícola de aquellas bacterias que muestran un mayor potencial de solubilizar los fosfatos. Las muestras de suelo en su mayoría son recolectadas del suelo rizosférico, puesto que hay una mayor concentración de BSP

en esa zona. En proceso de aislamiento y reproducción, estas bacterias se aíslan en un medio de crecimiento de fosfato en placas Petri, las cuales se giran lentamente, para que la muestra de suelo se distribuya de manera uniforme en la placa. Estas placas se mantienen durante 7 días a 28 ± 2 °C para su incubación. Diferentes morfotipos se rayan de manera repetida para obtener colonias puras y son colocadas en una placa Petri para la medición del índice de solubilización. Las bacterias que resultan más eficientes en cuanto al índice de solubilización, se aplican en campo para evaluar su desempeño (Rasul et al. 2019, p. 2).

La metodología convencional para aislar bacterias solubilizadoras de fosfato es emplear fuentes de fosfato tanto orgánicas como inorgánicas, bajamente solubles como fitatos y fosfato tricálcico en medios sólidos o líquidos. No obstante, se conoce que no existe una correlación entre el potencial del BSP que es aislado en medios suplementados con fuentes de fosfato inorgánicas u orgánicas y su suficiencia para administrar fósforo a la planta. Es decir, las bacterias que no tuvieron resultados esperados en la solubilización de fosfatos insolubles, también contribuyeron en suministrar P a la planta, por medio de otros mecanismos (Parastesh, Alikhani y Etesami, 2019, p.28).

Actualmente, el uso de bacterias solubilizadoras de fosfato como alternativa a la fertilización viene siendo investigado cada vez más por la comunidad científica. Como antecedente internacional, Yasmin et al. (2020, p. 01-24) investigaron el potencial antagonista y promotor del crecimiento vegetal de *Pseudomonas putida* codificada como (MT604992) y *Bacillus clausii* como (MT604989) contra la incidencia de la pudrición carbónica en soja. Entre veinte bacterias aisladas de muestras de suelo y agua de dos manantiales termales diferentes de Gilgit-Baltistán, Pakistán, el 80% eran sideróforos positivos; el 65% eran cianuro de hidrógeno (HCN) positivos; 55%, 30% y 75% fueron solubilizantes de fosfato, potasio y zinc, respectivamente. Sobre la base de las actividades antagónicas más altas y los rasgos que promueven el crecimiento de las plantas, se realizó la selección de cinco cepas para el cribado in vitro. Resultando que las bacterias *Pseudomonas putida* y *Bacillus clausii*, en un cultivo de soja, obtuvieron un incremento en la longitud de los brotes en un 200 %, la longitud de la raíz en un 244 % y el área foliar en un 360 %. Se concluye que las cepas recién aisladas de *P.*

putida y *B. clausii* producidas inducen tolerancia sistémica frente a *M. phaseolina* por activación de varios mecanismos de defensa en plantas de soja.

Como antecedente nacional tenemos a Soto y Alcarraz (2022, p. 11-15). El objetivo de su trabajo fue evaluar y seleccionar microorganismos que sean capaces de solubilizar fosfato de las raíces en plantas de café para lograr tener un banco de microorganismos para ser usados como fertilizantes biológicos. Se realizó un cribado de estas bacterias aisladas, 15 bacterias fueron codificadas de la raíz de cultivos *Coffea americana*, en medios Pikovskaya, NBRIP Y SMRS1 para evaluar mediante análisis su potencial como solubilizadores de fosfatos, en los cuales se tuvo como componente principal al fosfato monocálcico y fosfato tricálcico, se obtuvo valores correspondientes al índice de solubilización (IS) que varían de 0.1 a 1.33. Seguidamente, se empleó un kit para detectar ortofosfatos, consiguiendo valores que llegaron hasta los 2.867 mg/L. Concluyendo que los suelos de café en la región de Rioja contienen microorganismos que tienen la capacidad de solubilizar fosfato, en donde la cepa solubilizadora de fosfato más eficiente fue la WH'B (no fue identificada) consiguiendo un IS de 1,70, 0.60 y 7.0 en los medios NBRIP, Pikovskaya, SMRS1 respectivamente.

Como antecedente local, podemos encontrar el proyecto elaborado por Bazan y Garboza (2019, p. 06-59). En dicho proyecto, los investigadores tuvieron como objetivo analizar la efectividad de las bacterias solubilizadoras de fósforo (PSB) para el desarrollo vegetativo en el cultivo de tomate en condiciones invernadero. El proyecto se desarrolló en dos etapas. En la fase uno descriptiva, se empleó el diseño de una sola casilla para el fósforo que fue solubilizado por 15 cultivos bacterianos. Para la fase dos explicativa, se llevaron a cabo dos ensayos en invernadero, el primero para hacer una comparación de la eficacia de los 15 cultivos bacterianos en los parámetros de altura de planta y longitud de las raíces por 60 días y hacer una selección de los 6 cultivos bacterianos que presentaron un mayor rendimiento en los ensayos. Obteniendo como resultados que los cultivos con BSP que fueron seleccionados lograron índices de efectividad que van desde un 14.28 hasta el 42.85 % de emergencia, la altura varió de 1.93 hasta un 29.16 %, en el número de frutos se obtuvo valores de 4.34 hasta llegar al 39.13% y en el peso de frutos de 38.02 al 68.96 %. Concluyendo que las 15 BSP aislados del espárrago,

evidenciaron un incremento en el crecimiento vegetativo de la planta de tomate, logrando índices de efectividad en la altura de 5.48 al 53.81 % y en la longitud de raíces de 8.27 al 109.47%.

Para el aislamiento y la identificación de las bacterias que son capaces de solubilizar fosfato en el suelo, es necesario realizar pruebas bioquímicas para determinar las características fisiológicas y metabólicas de estos microorganismos. Estas pruebas nos permiten clasificar las BSP en distintos géneros y especies. Pongamos por caso el estudio realizado por los investigadores Vargas-Barranto y Castro-Barquero (2019, p. 47-68) en donde aislaron 54 especies de microorganismos capaces de solubilizar P, utilizando el medio propuesto por Osorio y Habte (2001, p. 263-274) para seleccionar microorganismos que solubilizan P en las raíces de plantas de vainilla, menciona que aquellas colonias que exhiben un cambio de azul a amarillo a su alrededor, esto se debe a la generación de ácidos orgánicos con la capacidad de disolver P. De los 54 microorganismos identificados inicialmente, se redujo a 19, de los cuales se encontraron 8 hongos, 6 levaduras y 5 bacterias. Se realizaron experimentos in vitro sobre las 5 bacterias codificadas B-18, B-19, B-52, B-55 y B-50, utilizando el medio líquido de Osorio y Habte (2001, p. 263-274), y se observaron los cambios de coloración, 7 días después de la inoculación. También se determinaron las diferencias en el pH del medio, que fueron provocadas por los microorganismos. El pH del medio de cultivo disminuyó de 7,2 en el control a 4,1 en la bacteria B-19.

Una forma usada en la microbiología molecular para clasificar e identificar los microorganismos presentes en una muestra de suelo es la técnica del gen 16 rRNA. Para ello, se mencionan los siguientes estudios: Zhu et al. (2022, p. 01-08) realizaron una investigación en donde identificaron la bacteria *Acinetobacter calcoaceticus* mediante análisis de 16 S rRNA con una homología de secuencia del 99 % y con una concentración de solubilización de P de 531,28 mg L⁻¹ y una DO600 valor de casi 0,6 en el cultivo que contienen Pb²⁺ a una concentración de 400 mg L⁻¹.

Osei et. al (2022, p. 01-06) aislaron bacterias de muestras de cultivo de papa, las cuales se cortaron en partes pequeñas, luego se esterilizaron y se colocaron en

medio de agar nutritivo. Posterior a ello, se incubaron por un periodo de 24 horas a 28 °C. Para la identificación molecular, utilizaron el gen 16 rRNA, con lo cual pudieron conocer que la cepa PC3, tenía una similitud con *Lelliottia amnigena* en un 99.44%

Emami et al. (2020, p. 01-08) aislaron microorganismos de plantas de trigo, estos fueron cultivados en agar nutritivo a 28°C por 24 h. Para identificar bioquímicamente las BSP se realizó la amplificación del gen 16S rRNA. Las secuencias de nucleótidos que se obtuvieron fueron editadas y alineadas con la ayuda del software ChromasLite. Seguidamente, buscaron en la base de datos del centro nacional para la información biotecnológica (NCBI, por sus siglas en inglés) para comparar las secuencias de nucleótidos que se obtuvieron con las que se encontraban en la base de datos del NCBI, con la ayuda del software BlastN. Los resultados de las secuencias 16 rRNA fueron enviados a GeneBank para ser registrados con números de acceso, fueron identificados veintidós aislados que en su mayoría lo conformaban los géneros *Bacillus* (7) y *Pseudomonas* (4).

Xin et al. (2021, p. 3026-3038) realizaron un estudio en donde buscaron analizar la diversidad y estructura de la comunidad de bacterias totales y bacterias mineralizadoras de fósforo (PMB) en la rizósfera de maíz (*Zea mays L.*) cultivado en suelos menores de 25 años de cuatro regímenes de fertilización (compost, biocompost, química o sin fertilización) a través de cultivo selectivo y secuenciación Illumina de los genes 16S rRNA. El desarrollo de la planta explicó más variaciones (29 y 13%, respectivamente) en la composición de bacterias totales y PMB en la rizósfera del maíz que los diferentes regímenes de fertilización. Entre los géneros enriquecidos en la rizósfera del maíz, las abundancias relativas de *Oceanobacillus*, *Bacillus*, *Achromobacter*, *Ensifer*, *Paracoccus*, *Ramlibacter* y *Luteimonas* se correlacionaron positivamente con las del suelo a granel. La abundancia relativa de *Paracoccus* fue significativamente mayor en los suelos fertilizados con compost o biocompost que en los otros suelos. También se observaron resultados similares para PMB afiliado a *Ensifer*, *Bacillus* y *Streptomyces*. Aunque el desarrollo de la planta fue la causa principal en la formación del microbioma rizosférico del maíz, los regímenes de fertilización podrían haber modificado taxones microbianos rizosféricos beneficiosos como *Bacillus* y *Ensifer*.

Li et al. (2021, p. 01-16) en su investigación, para lo cual aislaron un total de 988 cepas bacterianas de nueve muestras de suelo recolectadas de diferentes sitios en terrenos baldíos en Hangzhou (provincia de Zhejiang, China), una zona montañosa rural. Entre ellas, cinco cepas exhibieron un potencial sustancial de producir ácido indolacético, fijación de nitrógeno y solubilización de fosfato tanto a pH 5,0 como a pH 7,0, y también promovieron el crecimiento de berenjena en suelo inmaduro de tierras recién recuperadas. Además, las cepas bacterianas ZJ62 y ZJ3-12 se identificaron como *Pantoea dispersa* con una similitud del 99.93% y *Pantoea ananatis* con 99.93% , respectivamente, mientras que las cepas ZJ5, ZJ9 y ZJ174 se identificaron como *Burkholderia arboris* , *Burkholderia pyrrocinia* y *Burkholderia pyrrocinia* , respectivamente, según la observación de la morfología de la colonia y el análisis filogenético del 16S rDNA y las secuencias de genes de mantenimiento. En general, el resultado de este estudio mostró que las 5 cepas bacterianas obtenidas tienen un gran potencial para mejorar el crecimiento de las plantas en suelos inmaduros de tierras recién recuperadas.

El empleo de agar Pikovskaya, permite identificar de forma específica las bacterias solubilizadoras de fosfato (BSP). Este procedimiento se menciona en las siguientes investigaciones: Solanki, Kundu y Nehra (2018, p. 458-463) en su estudio, recogieron un total de 256 muestras de suelo de rizosfera de garbanzos, mostaza y trigo cultivados en diferentes regiones de Haryana. Estos suelos fueron secados y utilizados para el aislamiento de BSP en el medio Pikovskaya (PVK) Se extendieron alícuotas de muestras de suelo diluidas en serie sobre el medio de agar anterior. Las colonias bacterianas que mostraban una zona halo clara debido a la solubilización de fosfato se seleccionaron y purificaron para estudios posteriores. Se aislaron 193 microorganismos de los cultivos de garbanzo (76), mostaza (68) y trigo (49), de los cuales 23 tenían la capacidad de solubilizar fosfato, garbanzo 9, mostaza 6 y trigo 8. El 78% de los aislados de mostaza, el 62% de los aislados de garbanzo y el 47% de los aislados de trigo mostraron una solubilización de P entre 0 y 20%. El 51% de los aislados de trigo mostraron una solubilización de P entre 20 y 50% mientras que solo el 29% y el 28% de los aislados de garbanzo y mostaza entraron en esta categoría.

Azeem et al. (2021, p. 01-13) en su investigación emplean el agar Pikovskaya

(PVK), para cuantificar la cantidad de solubilización de fósforo de los microorganismos previamente aislados. Primeramente, inoculan 9.8 ml de PVK a una suspensión de 1×10^8 UFC, incubándose a 30°C. Para la cuantificación, utilizaron un kit colorimétrico de fosfato y para medir la absorbancia emplearon un espectrofotómetro a 650 nm. Como resultados se tuvo que el índice de solubilización máxima fue producido por *Bacillus cereus* con un valor de 463, siendo esta BSP seleccionada para la investigación.

En este medio de cultivo, se produce una reducción del pH, lo cual favorece al crecimiento y la actividad de solubilización de estas bacterias, tal como ocurre en la investigación realizada por Mohamed et al. (2019, p. 01-13) en donde aislaron cuarenta microorganismos de la zona de la raíz de las plantas de trigo cultivadas en las regiones costeras del delta y del noroeste de Egipto. Se pudo conocer que tres aislados bacterianos: *Enterobacter aerogenes* (ENPSB 1), *Pantoea sp.* (ENPSB 2) y *Enteriobacter sp.* (ENPSB 3) tenían la capacidad para solubilizar fosfato. Los resultados mostraron que *Enterobacter aerogenes* fue la cepa que obtuvo un mejor resultado en la solubilización de fosfato con un valor de 707 mg l⁻¹, seguido de *Enteriobacter sp* con 693,3 mg l⁻¹. En ambos casos se pudo notar una disminución del pH de 7 (valor inicial) a 4. Por otro lado, *Pantoea sp.* arrojó 653 mg l⁻¹ con un descenso de pH a 5.1, existiendo una correlación negativa ($r = -0.394$, $p \leq 0.05$) entre la cantidad de solubilización de fosfato y el descenso de pH del medio. La inoculación en consorcio de estas BSP mostraron un incremento en el peso seco de la raíz de la planta de trigo de 0.157 g, a diferencia del control (0.090 g).

La aplicación de bacterias solubilizadoras de fosfato en el suelo tiene efectos beneficiosos sobre la altura y el área foliar en los cultivos. Tal como lo exponen: Alam et al. (2022, p. 339-348) en donde realizaron un experimento para evaluar el potencial de las bacterias solubilizadoras de fosfato (con BSP y sin BSP) en la mejora del crecimiento y rendimiento de trigo bajo diferentes niveles de P (0, 25, 50 y 100 % de P recomendado). El PSB con 100% de P recomendado mejoró significativamente los macollos de trigo con un porcentaje de 31.35%, los granos de espiga en un 28.85%, área foliar cultivador en un 28.25% y el rendimiento biológico en 29.76% en comparación con el resto de la combinación de tratamientos. Una mejora significativa en el peso de 100 granos y la tasa de

fotosíntesis también validó el funcionamiento eficaz de PSB y P recomendado completo. Además, PSB fueron eficaces en la optimización de los atributos de rendimiento de trigo en el nivel de P respectivo en comparación con sin y sin PSB.

Además, parámetros como la biomasa también se ven incrementados con la aplicación de las BSP, lo cual favorece el rendimiento de los cultivos agrícolas. Esto se observa en las siguientes investigaciones: Javeed et al. (2019, p. 01-20) llevan a cabo un proyecto en el cual tienen como objetivo: Mejorar el crecimiento y el rendimiento del maíz de primavera (*cv. Híbrido YSM-112*) mediante el inóculo de bacterias solubilizadoras de fósforo (PSB). La metodología empleada fue la siguiente: Se realizó un experimento en maceta con inoculación con PSB (*Enterobacter sakazakii*J129). Los resultados mostraron una mejora en la longitud del brote de las plántulas que fue de 136.14 cm, longitud de raíz: 21.55 cm, diámetro: 3.32, biomasa fresca: 401.66 g⁻¹ y biomasa seca: 341.66 g⁻¹ con la aplicación de BSP, en comparación con la muestra control que tuvo como resultados: 124.78 cm, 20.85 cm, 2.84, 379.91 g⁻¹ y 302.44 g⁻¹, respectivamente.

You et al. (2020, p. 01-08) llevaron a cabo un trabajo, para lo cual secuenciaron el genoma de la cepa bacteriana *Burkholderia cenocepacia* CR318, que se aisló de las raíces del almidón de maíz (*Zea mays* L.) en London, Ontario, Canadá. Las plantas de maíz se cultivaron en condiciones de invernadero (55,6 % de humedad relativa; luz reflectora aluminizada parabólica 315 μmol; temperatura ambiente a 26.75 °C durante 6 semanas. Después de la cosecha, se pudo conocer que la longitud del brote resultó ser de 110 cm, el peso húmedo de la planta fue de 30 g, el peso húmedo de toda la planta: 4 g, el peso húmedo de la raíz: 12 g y el peso seco de la raíz: 1.5 g.

Da Costa et al. (2020, p. 01-13) realizaron un artículo en donde evaluaron dos bacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGP) en condiciones de suelo contrastantes. Las plantas de arroz se inocularon en consorcio con cepas de los géneros *Burkholderia* y *Enterobacter* con diluciones seriadas de 10⁻¹, 10⁻³ y 10⁻⁶ UFC, se evaluó la altura de la planta a los 30 días posteriores a la siembra. Los resultados mostraron que la aplicación de las BSP aumentaron el crecimiento de la planta a 63 cm, resultado mayor al control (51 cm).

Mahdi et al. (2020, p. 01-21) realizan un trabajo de investigación en donde seleccionaron bacterias solubilizadoras de fosfato del suelo rizosférico de *Chenopodium quinoa Willd* y a los 45 días posteriores a la siembra de la planta evaluaron las características de desarrollo como son: Longitud de la raíz (cm), longitud del brote (cm), peso fresco de la raíz (g), peso fresco del brote (g), área foliar (cm²), peso seco de la raíz (g) y peso seco del brote (g). Los géneros identificados como PSB, fueron: *Bacillus licheniformis* (QA1) y *Enterobacter asburiae* (QF11). Los resultados evidenciaron que QA1 mostró mejores resultados en los parámetros de longitud del brote, área foliar y peso seco del brote, con valores de 12 cm, 20 cm² y 0.24 g, y en la muestra control: 9 cm, 10 cm², 0.12 g, respectivamente. Por otro lado, QF11 mostró resultados superiores en los parámetros de longitud de la raíz, peso fresco de la raíz, peso fresco del brote y peso seco de la raíz, con valores de 15 cm, 1.20 g, 2 g y 0.25 g y en el control: 10 cm, 0.2 g, 0.9 g y 0.14 g, respectivamente.

Sheteiwy et al. (2021, p. 01-21) llevaron a cabo una investigación, en donde tuvieron como objetivo estudiar los efectos del potencial de los biofertilizantes de las cepas de hongos micorrízicos arbusculares (AMF) y *Bradyrhizobium japonicum* (*B. japonicum*) sobre el rendimiento y el crecimiento de plantas de soja (Giza 111) estresadas por la sequía en la etapa temprana de la vaina (50 días desde la siembra, R3) y estado de desarrollo de la semilla (90 días desde la siembra, R5). Como resultados se obtuvo que la bacteria *Bradyrhizobium japonicum* en el cultivo de soja logró mejorar la longitud de la raíz en un 35,7; 12,1 y 29,5%, como también el peso seco de la planta en 59,3; 13,5 y 34,8% y el contenido de clorofila en 54.3; 27.1 y 35.4%. Concluyendo que *Bradyrhizobium japonicum* mejoró el crecimiento y el rendimiento de la soja tanto en condiciones de sequía (riego restringido) como de riego adecuado en comparación con las plantas no tratadas.

La dosificación de bacterias solubilizadoras de fosfato en los cultivos agrícolas es de suma importancia, puesto que una dosis adecuada de BSP puede favorecer a una mayor disponibilidad de fósforo y un mejor desarrollo de las plantas. Las siguientes investigaciones nos muestran el efecto de diferentes concentraciones de BSP en los cultivos. Pande et al. (2017, p. 379-391) realizaron una investigación en donde aislaron tres cepas que eran capaces de solubilizar fosfato, las cuales fueron:

C1 estaba relacionada a *Burkholderia cepacia*, mientras que A4 y H6 correspondían a *Alcaligenes aquatilis*. Se realizó una prueba de macetas en las cuales se adicionó 500 g de suelo y aplicó 2 ml de inóculo de las BSP, que en porcentaje representaron un 0.4 %. Las tres cepas mostraron resultados positivos en cuanto al rendimiento de la planta luego de 20 días. En la altura de los brotes se vio un aumento entre 69.12 - 91.18 % y en el peso fresco 79.31 – 87.9 %.

Wang et al. (2022, p. 01-10) inocularon al 2.5 % la bacteria solubilizadora de fosfato *Kosakonia cowanii* (T3) en macetas de barro que contenían 2 kg de suelo, aplicando 10 semillas de Pakchoi. Con la aplicación de T3 se pudo notar un incremento del peso fresco en 62.10 %, en la longitud de la hoja en un 36.74% y el ancho de la hoja a un 27.93 %.

Mukhtar et al. (2017, p. 107-117) elaboraron un biofertilizante con seis cepas de BSP: 77-NS2 (*Bacillus endophyticus*), 77-CS-S1 (*Bacillus sphaericus*), PSB5 (*Bacillus safensis*), PSB12 (*Bacillus megaterium*), AT2RP3 (*Virgibacillus sp.*) y 77-NS5 (*Enterobacter aerogenes*). Se aplicaron los inóculos bacterianos al 10% con una suspensión de 10^7 UFC/ml, la cepa PSB12 tuvo mejores resultados en los parámetros evaluados con un aumento del 105 % en el peso seco de los brotes, 60% en el peso seco de la raíz, 90% en el peso de los brotes y un 150% en la longitud de la raíz en la planta de trigo.

Liu et al. (2021, p. 01-09) mediante un experimento en macetas cultivaron lechuga y para mejorar el rendimiento aplicaron inóculos de *Bacillus thuringiensis* (GL-1) y *Pantoea ananatis* (HCR2) al 10%. Con la aplicación de estos dos tipos de BSP se obtuvo resultados favorables en el desarrollo de la planta, puesto con la aplicación de *Pantoea ananatis* se pudo ver un aumento en la altura de brotes en un 9.13%, peso fresco del brote en 33.51% y peso seco un 31.81%. Por otro lado, *Bacillus thuringiensis* demostró un aumento de la altura de los brotes en 1.29 % y el peso fresco en 11.64 %.

En el siguiente artículo, se realiza una comparativa entre diferentes dosis de inóculo (5%, 10% y 15%) y se evalúan parámetros de altura, grosor del tallo y números de hojas. Es por ello, que Abreu et al. (2021, p. 01-05) evaluaron la aplicación de microorganismos eficientes al 5,10,15 % en condiciones de campo. Para ello, en

cuatro ecotipos de coco diferentes (indio verde, café con leche, amarillo y cobrizo) se estudiaron parámetros de desarrollo de la planta de coco. En el ecotipo indio verde, el inóculo al 15 % fue el más efectivo con valores de aumento en la altura de la planta de 20 a 92.9 cm, grosor del tallo de 1 a 5.2 cm y número de hojas de 1.8 a 4.7. En el ecotipo cobrizo el inóculo al 5% fue el que obtuvo mejores resultados en los valores de crecimiento de la planta, grosor del tallo y número de hojas, con valores aumento de 33.9 a 84.1 cm, 0.8 a 2.8 cm y 1.8 a 5.3 respectivamente. Por su parte, en el ecotipo café con leche, la aplicación al 15% fue mejor, dado que la altura de la planta incrementó de 20 a 92.9 cm, grosor del tallo de 1 a 5.2 cm y número de hojas de 1.8 a 4.7. Finalmente, en el ecotipo amarillo los microorganismos aplicados al 5 % tuvieron un mejor rendimiento obtenido un acrecentamiento de 18 a 91.4 cm en altura, 2.2 a 2.7 cm en el grosor del tallo y 1.9 a 4.6 en el número de hojas.

La determinación de la cantidad de P disponible en el suelo empleando BSP, resulta de suma importancia, puesto que nos permite evaluar la efectividad de estas bacterias en la mejora de la disponibilidad del P. Esto se puede evidenciar en los siguientes estudios: Wang et al. (2020, p. 01-12) en su investigación científica aislaron y destacaron el efecto de los inoculantes bacterianos sobre la capacidad de solubilización de fosfato en plantas de trigo. Para ello, aplicaron consorcios microbianos de los siguientes microorganismos solubilizadores de fosfato: *Bacillus sp.*, *Agrobacterium tumefaciens*, *Klebsiella pneumoniae*, *Pseudomonas sp.* y *Klebsiella variicola* mostraron un aumento del contenido de P en la planta de 2.2 a 4.3 g/kg y de P disponible de 7.48 a 14.92 mg/kg.

Khan et al. (2022, p. 01-10) evaluaron mediante un experimento de campo dos tipos de BSP (*Bacillus mageterium* y *Bacillus polymyxa*) para mejorar la fertilidad en el frijol mungo (*Vigna radiata*). Como resultados se tuvo que aplicación en consorcio de estos dos tipos de PSB, mejoró la concentración de fósforo de 0.26 a 0.34 % y la absorción de P de 22.15 a 30.20 Kg ha⁻¹ en la planta de frijol mungo.

Cisneros, Sánchez y Menjivar (2016, p. 149-158) realizaron un estudio a condiciones de invernadero en donde aplicaron dos tipos de BSP en plántulas de café. Las dos cepas empleadas fueron: *Kocuria sp* (B1) y *Bacillus subtilis* (B2),

evaluaron la efectividad de estas BSP, de manera individual y en consorcio en los parámetros de pH, materia orgánica (%), fósforo (mg/kg), fósforo foliar (g/kg) y eficiencia de recuperación de fósforo (%). Como resultados, se pudo conocer que la aplicación en consorcio de B1+B2, mostró un aumento en todos los parámetros analizados, en pH de 5.08 a 5.27, materia orgánica de 0.31 a 26.24%, fósforo de 1.92 a 10.26 mg/kg, fósforo foliar de 2.41 a 2.63 g/kg y eficiencia de recuperación de fósforo de 21.95 a 29.62 %.

Kumar et al. (2021, p. 01-13) aislaron y caracterizaron la cepa JPVS11, correspondiente a *Bacillus pumilus*, la cual, mediante ensayos pudieron conocer que esta cepa tenía la capacidad de solubilizar P. Posterior a ello, evaluaron el impacto de la aplicación del inóculo de *Bacillus pumilus* en las propiedades del suelo en plantas de arroz. Los resultados mostraron que la aplicación del inóculo de la cepa JPVS11 tuvo un efecto positivo en las propiedades del suelo, mejorando los siguientes parámetros: Carbono orgánico: 0.45 a 1.1 %, nitrógeno de 119.7 a 148.9 kg h⁻¹ y fósforo de 27.7 a 38.5 kg h⁻¹.

Hipólito-Romero et al. (2017, p. 356-365) aplicaron las BSP: *Chromobacterium violaceum* y *Acinetobacter calcoaceticus* en consorcio a una suspensión de 1.7×10⁹ UFC/g en plantas de cacao. Se pudo conocer que el P disponible fue mayor con las aplicación del consorcio de BSP llegando a 33.5 mg/kg, a comparación del testigo que fue de 11 mg/kg, a los 60 días posteriores a la inoculación.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

3.1.1. Tipo de investigación

La investigación fue de tipo aplicada, se basó en buscar soluciones a problemas prácticos, este tipo de investigación se basa en utilizar las ciencias naturales a la vida real con el fin de mejorar la condición humana (Arias et al., 2022, p. 70). En la presente investigación se buscó proponer alternativas al uso indiscriminado de fertilizantes inorgánicos, a través de la aplicación de bacterias solubilizadoras de fosfato que permite solubilizar el fósforo en compuestos más solubles y asimilables para la planta.

3.1.2. Diseño de la investigación

La investigación fue un diseño experimental, donde el investigador manipula una o más variables independientes (causas), con el fin de analizar las consecuencias que tendrá sobre una o más variables dependientes (efectos). Además, se tuvo en cuenta ciertos requisitos que son: Manipulación intencional de una o más variables independientes, medición de las variables dependientes y el control sobre la situación experimental (Hernández y Mendoza, 2018, p. 151). En la presente investigación se manipularon las bacterias solubilizadoras de fosfato usadas para observar su efecto en la disponibilidad de fósforo.

Esquema:

GC → O₃ → - → O₄

GE → O₁ → X₁ → O₂

GE → O₁ → X₂ → O₂

GE → O₁ → X₃ → O₂

Donde:

GC: Contenedor del suelo sin aplicar las bacterias solubilizadoras (Grupo Control)

GE: Contenedor del suelo con la aplicación de bacterias solubilizadoras de fosfatos (Grupo Experimental)

O₁: Suelo experimental no inoculado

O₂: Suelo experimental inoculado

O₃: Suelo testigo no inoculado preprueba

O₄: Suelo testigo no inoculado post prueba

- X1: Aplicación del inóculo de las BSP a una concentración del 5%
- X2: Aplicación del inóculo de las BSP a una concentración del 10%
- X3: Aplicación del inóculo de las BSP a una concentración del 15%

3.2. Variables y Operacionalización

Este es un proceso complejo relacionado con las variables que busca definir términos que se encuentran en forma abstracta en términos concretos, observables y medibles, mediante la operacionalización de conceptos y variables a indicadores que puedan medirlos. (Cabezas, Andrade y Torres, 2018 p. 60). La variable independiente fueron las bacterias solubilizadoras de fosfato y la variable dependiente fue el cultivo de *Triticum aestivum L.* "Trigo". La operacionalización de variables ver en el anexo 1.

3.3. Población, muestra y muestreo

3.3.1. Población

La población para la investigación fue el suelo y bacterias que se encontraron presentes en el cultivo de trigo.

Criterios de inclusión

Suelos agrícolas que han utilizado fertilizantes y que en una última campaña se ha cultivado trigo.

Criterios de exclusión

Todos aquellos suelos que usan cultivos orgánicos y que no son cultivos de trigo.

3.3.2. Muestra

Para la toma de muestras superficiales, se tuvo en cuenta muestras compuestas. Donde se realizó un muestreo bidimensional, es decir se tuvo 10 submuestras de 0.5 kilogramos de suelo agrícola del cultivo de trigo, y posteriormente se mezclaron todas las muestras obteniendo una muestra compuesta de 5 kilogramos. La profundidad del muestreo para el suelo agrícola fue de 30 cm. (Ministerio del Ambiente, 2014 p. 18).

3.3.3. Muestreo

El muestreo de esta investigación se realizó con el método de muestreo compuesto, debido a que se inició a tomar las muestra con la técnica de zigzag, para así poder obtener una mayor variabilidad.

3.3.4. Unidad de análisis

La unidad de análisis para la investigación fue el suelo de cultivo de trigo, donde fue evaluado el efecto que tuvieron las bacterias solubilizadoras de fosfato sobre el desarrollo de las plántulas de trigo y las características químicas del suelo.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica empleada en la investigación fue la observación, la cual nos sirvió para anotar la información y posteriormente analizar los datos obtenidos.

Los instrumentos que se emplearon son: Ficha de toma de muestras, ficha técnica de las características microscópicas y macroscópicas de las bacterias aisladas a partir de las muestras del cultivo de trigo, ficha de evolución de la planta de trigo y ficha de características químicas del suelo, antes y después de la aplicación de las PSB. Ver en el anexo 2, 3, 4 y 5.

3.5. Procedimientos

Lugar de toma de muestras de suelo

Las muestras fueron recolectadas del suelo de cultivo de trigo ubicado en el distrito de Otuzco de la región La Libertad (Perú). El terreno comprendía un área de 3771.2 m², teniendo las siguientes coordenadas geográficas: longitud: 771458 E y latitud: 9130541 S. Se colectaron 10 muestras, las cuales consistían en 500 g de suelo dispuestas en bolsas de polietileno. Teniendo un total de 5 k de muestra. Estas fueron codificadas y rotuladas con fecha, lugar de procedencia y la hora de recolección. Las muestras fueron guardadas a 4 °C hasta su traslado al laboratorio del Instituto de Investigación de la UCV-Trujillo.

Se envió al laboratorio Agrolab una muestra de 1 k para analizar los siguientes parámetros: Fósforo disponible (ppm), pH, materia orgánica (%), Conductividad eléctrica (mS/cm), K (ppm), Saturac. (%) y CaCO₃ (%).

Aislamiento y selección de bacterias solubilizadoras de fosfato

Para el aislamiento de bacterias se usó el medio de cultivo como el agar nutritivo (ver Tabla 2).

Tabla 2. *Composición del agar nutritivo*

Componentes	Gramos/Litro
Pluripeptona	5

Extracto de carne	3
Cloruro de sodio	8
Agar	15

Fuente: Britania Lab

Las muestras de suelo fueron mezcladas y tamizadas para separar restos orgánicos como hojas, tallos, etc. De la muestra tamizada se tomó 10 g para hacer diluciones hasta 10^5 con agua destilada estéril. A partir de las dos últimas diluciones 10^4 y 10^5 se realizó las siembras en agar nutritivo mediante la técnica por superficie. Se realizaron por duplicado. Luego, las placas fueron incubadas a $35\text{ }^\circ\text{C}$ por 24 a 48 horas. Para la selección de las bacterias solubilizadoras de fosfato se utilizó el agar Pikovskaya (ver Tabla 3). Posterior a ello, se realizaron las lecturas de los crecimientos bacterianos y se anotaron sus características macroscópicas y microscópicas para lo cual se realizó la coloración de Gram. Finalmente se realizaron los cultivos puros de cada aislamiento en agar nutritivo inclinado.

Tabla 3. *Composición del agar Pikovskaya*

Componentes	Gramos/Litro
Extracto de levadura	0.5
Dextrosa	10.0
Fosfato de calcio	5.0
Sulfato de amonio	0.5
Cloruro de potasio	0.2
Sulfato de magnesio	0.1
sulfato de manganeso	0.0001
Sulfato de hierro	0.0001
Agar	15.0

Fuente: Sigma-Aldrich

De los cultivos puros de las bacterias aisladas se sembró mediante estriamiento en agar Pikosvkaya. Este fue incubado a $30\text{ }^\circ\text{C}$ por cinco días. Luego de ello se realizó la lectura, observando crecimiento sobre el agar Pikosvkaya. Finalmente, se seleccionaron sólo las bacterias que puedan crecer en este medio. Estas fueron guardadas en agar nutritivo inclinado hasta su prueba de solubilización

de fosfatos y su identificación bioquímica.

Prueba de solubilización de fosfatos in vitro

La prueba se realizó con el medio de Osorio y Habte (2001, p. 263-274) (ver Tabla 4).

Tabla 4. *Composición del medio Osorio y Habte*

Componentes	Gramos/Litro
NaCl	1
CaCl ₂ 2H ₂ O	0.2
MgSo ₄ 7H ₂ O	0.4
NH ₄ NO ₃	1
Glucosa	10
Agar	7
Roca fosfórica	3.5

Fuente: Osorio y Habte (2001)

Se utilizaron las 2 cepas bacterianas aisladas, fueron sometidas al medio de Osorio y Habte (2001, p. 263-274), en medio líquido utilizando tubos de ensayo. Una vez inoculados se llevaron a incubar a 25°C por 3 días. A partir del día 3, se observaron las bacterias que lograron solubilizar P, el cual fue identificado por el cambio del pH, se modificó su indicador de pH, el verde de bromocresol por el rojo de metilo que presenta su cambio a un color amarillo banana a pH mayor a 6.2 y cambia a magenta cuando es inferior a este valor.

Tinción

gram

Se realizó una tinción gram mediante el procedimiento propuesto por el manual de microbiología clínica (Ruiz y Porres 2018, p. 36), las tinciones fueron realizadas en el laboratorio del Instituto de Investigación de la UCV-Trujillo.

Para ello, se realizó una fijación pasando varias veces el portaobjetos por el mechero bunsen. Se aplicó el colorante principal cristal violeta durante 1 minuto, se lavó con agua destilada para eliminar el exceso. Se adicionó el mordiente de yodo (lugol) por 1 minuto, luego se lavó con agua destilada. Se usó el decolorante

alcohol-acetona durante 30 segundos, se procedió a lavar con agua destilada. Se aplicó el colorante secundario safranina por 1 minuto, fue lavado con agua destilada. Se adicionó una gota de aceite de inmersión y finalmente se realizó la observación en el microscopio.

Identificación bioquímica

Para identificar bioquímicamente las cepas MT-13 Y MT-8, se realizó mediante el equipo VITEK 2. Para ello, primeramente, se adicionó en dos tubos de ensayo 3 ml de solución salina esteril, seguidamente, se realizó la suspensión de microorganismos a 1 en la escala de McFarland la cual equivale a 3×10^8 UFC/ml en ambos casos, luego los tubos se homogeneizaron en el vortex, posterior a ello, se midió la densidad óptica en densichek por el método de McFarland, se procedió a colocar la tarjeta de identificación y los tubos con el cultivo en el cassette del equipo VITEK 2, cabe resaltar que los tubos ingresaron al equipo uno por uno para una adecuada lectura. La densidad se configuró entre los rangos de 0.50 a 0.63 que eran los valores establecidos por el fabricante para la tarjeta de identificación de bacterias gram negativas.

Preparación del caldo para el inóculo

Se preparó el caldo con 15 g de soya tripticasa (TSB), se diluye en 500 ml de agua destilada, se llevó a incubar por 30 minutos, es un medio que beneficia el crecimiento de los microorganismos, en especial bacterias, luego se midió la densidad óptica en el densichek y se comparó con la escala de McFarland con el fin de determinar las UFC/ml.

Prueba de la escala de McFarland

Se empleó el método de McFarland para determinar la cantidad de suspensión de microorganismos que se agregó al medio TSB. Para ello, se empleó una solución salina fisiológica esteril de 25 ml para los dos microorganismos: MT-8 y MT-13, que anteriormente se realizó una siembra en un placa petri con agar nutritivo con el fin de tener una biomasa de los cultivos, para lograr que se desprendan la biomasa de los cultivos se utilizó la solución salina fisiológica, se realizó las mediciones de turbidez. Se tomó como referencia tubo 1 en la escala de McFarland equivalente a un valor de 3×10^8 UFC/ml, para las bacterias

codificadas como MT-8 y MT-13. Finalmente se inoculó al medio de TSB el cual contenía 475 ml, se incubó a 30°C con una rotación constante de 80 rpm por 24 horas.

Absorbancia

Para la medición de la absorbancia se empleó un espectrofotómetro. En primer lugar, se realizó un ajuste de la longitud de onda a 660 nm; en segundo lugar, llenamos una cubeta con agua destilada y la introducimos al equipo para realizar una lectura de calibración de este. Finalmente, en cubetas diferentes aplicamos las muestras de las cepas codificadas como MT-8 y MT-13, las llevamos al espectrofotómetro para su lectura de absorbancia correspondiente durante 12 horas.

Preparación de las macetas con las semillas de trigo

Los maceteros fueron llenados con 1 kg de la muestra de suelo agrícola, el cual fue triturado con un mortero y tamizado mediante un tamiz de 2 mm. Se preparó un total de 12 maceteros de plástico, los cuales se dividieron en 4 grupos: Grupo control (GC), grupo experimental inoculado al 5% (GE), grupo experimental inoculado al 10% (GE) y grupo experimental inoculado al 15% (GE) con tres repeticiones cada uno.

Se desinfectaron las 60 semillas, las cuales fueron colocadas en un vaso de precipitación, en el mismo vaso se agregó hipoclorito al 1% por un tiempo de tres minutos con el propósito de eliminar la mayor cantidad de carga microbiana de las semillas. Pasado el tiempo se llevó a lavar las semillas por 5 veces en agua destilada. Luego se germinaron 60 semillas de trigo, por un tiempo de 7 días, las cuales transcurridos ese tiempo, fueron sembradas en los maceteros, en donde se colocaron 6 semillas por cada macetero a una distancia de 5 cm.

Aplicación del inóculo

Se aplicó el inóculo de las bacterias solubilizadoras de fosfato a las semillas contenidas en los maceteros, donde se tuvo una muestra en blanco para su posterior control, también se utilizó una cantidad de inóculo por cada macetero, donde se utilizó una suspensión de 3×10^8 UFC/ml, la cantidad aplicada del inóculo fue de un 5%, 10% y 15% del volumen total que fue de 500 ml de cada inóculo, para cada tratamiento se realizó tres repeticiones. Esto se especifica en la matriz de las variables de operacionalización. Además la aplicación del inóculo

se realizó en el primer día de la siembra, a los 14 días y a los 30 días.

Evaluación de los indicadores de la planta

Se realizó una primera evaluación a los 29 días y una final a los 45 días, se evaluaron los siguientes indicadores de la evolución de la planta: Altura de la planta (cm), área foliar de la planta (cm²), biomasa aérea fresca (g), biomasa aérea seca (g), biomasa radical fresca (g), biomasa radical seca (g) y diámetro del tallo (mm), por otro lado las plantas de trigo se secaron a 75°C durante 48 horas, se tuvo en cuenta la escala de Zadoks (ver Tabla 5) para medir algunos parámetros, es la más usada en el cultivo de trigo, ya que describe los estados morfológicos externos del trigo (Rawson y Macpherson, 2001).

Tabla 5. Fases de desarrollo siguiendo la escala decimal Zadoks

Etapa principal	Descripción	Sub-fase
0	Germinación	0.0-0.9
1	Producción de hojas TP (Tallo Principal)	1.0-1.9
2	Producción de macollos	2.0-2.9
3	Producción de nudos TP (encañado)	3.0-3.9
4	Vaina engrosada	4.0-4.9
5	Espigado	5.0-5.9
6	Antesis	6.0-6.9
7	Estado lechos del grano	7.0-7.9
8	Estado pastoso del grano	8.0-8.9
9	Madurez	9.0-9.9

Fuente: Rawson y Macpherson (2001)

Análisis de suelo sobre la disponibilidad del fósforo

Finalmente se midió los parámetros químicos del suelo: Fósforo disponible (ppm), Ph, materia orgánica (%), conductividad eléctrica (mS/cm), K (ppm), saturación (%) y CaCO₃ (%) para conocer la disponibilidad de fósforo en el suelo que

contenían los maceteros con plántulas de trigo, inoculados con BSP.

3.6. Método de análisis de datos

El método empleado para el análisis de datos obtenidos fue empleando los softwares estadísticos Infostat, Excel, IMAGEJ y OriginPro para ello se seguirá el siguiente proceso:

- Primeramente, los resultados iniciales y finales de la muestra de suelo, para los parámetros de fósforo disponible (ppm), Ph, materia orgánica (%), conductividad eléctrica (mS/cm), K (ppm), saturación (%), CaCO₃ (%) y dosis aplicadas de inóculos bacterianos en los maceteros fueron plasmados mediante tablas empleando el software Microsoft Excel.
- Posteriormente, con los resultados obtenidos mediante el programa Microsoft Excel, fueron trasladados al software estadístico OriginPro, para determinar la curva de absorbancia de las cepas bacterianas en relación al tiempo de evaluación; así como al programa estadístico Infostat, con el fin de observar estadísticamente el efecto de la variable independiente sobre la variable dependiente.
- Mediante la aplicación del software IMAGEJ nos permitió medir el área foliar de las plántulas de estudio.

3.7. Aspectos éticos

Toda la información que presentamos para nuestra investigación y los análisis empleados fueron veraces. Asimismo, se trabajó asegurando el respeto al ecosistema con total transparencia y honestidad.

IV. RESULTADOS

4.1. Aislamiento e identificación de BSP

4.1.1. Aislamiento de bacterias solubilizadoras

De las muestras del cultivo de trigo se aislaron 2 cepas bacterianas codificadas como MT-8 y MT-13, con la capacidad de solubilizar P, donde se utilizó el medio Pikovskaya para seleccionar las bacterias.

Prueba de solubilización de P in vitro

La capacidad de solubilizar P de las bacterias se evaluó en el medio sólido, en el cual no se pudo evidenciar el halo. Por este motivo, se optó por la evaluación en medio líquido en el se produjo cambio de color y pH.

Las cepas bacterianas MT-8 y MT-13 fueron sometidas a solubilización de fosfatos por el medio líquido de Osorio y Habte (2001), En cual se pudo observar los cambios que presentó pasado las 72 horas de inoculación, pasado ese tiempo se evidenció la capacidad de solubilizar, por medio de un cambio de pH presentó un color a magenta.

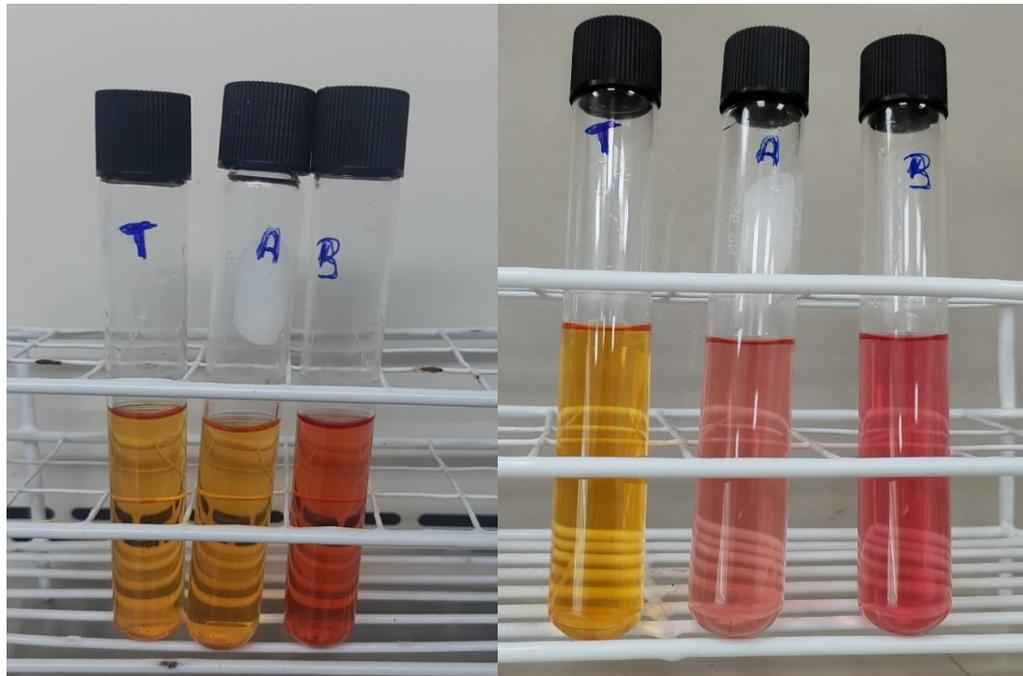


Figura 1: Prueba de solubilización de P, a las 24 y 72 horas de inoculación en condiciones de 25°C. T) Testigo, A) MT-8 y B) MT-13

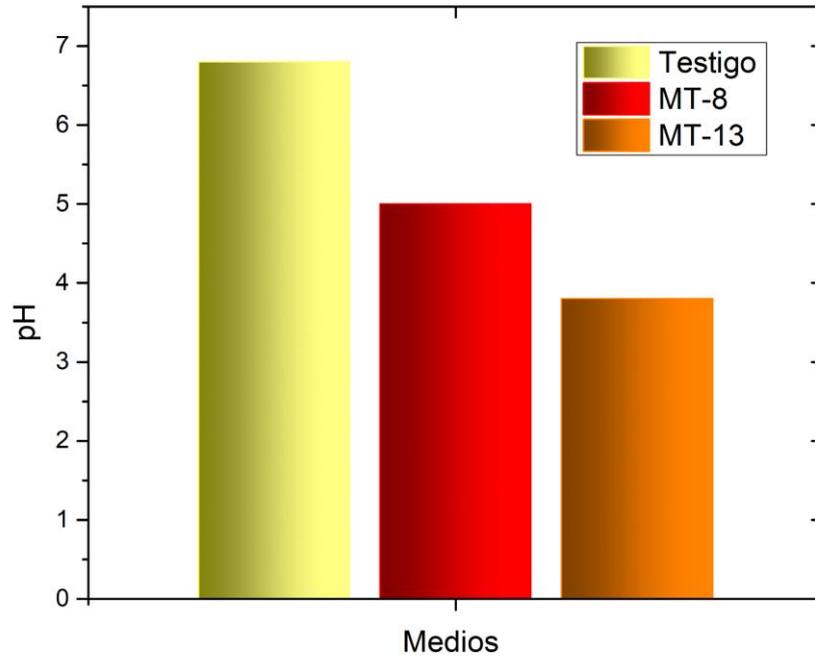


Figura 2: Ph del medio después de las 72 horas de inocular las BSP.

En la prueba de solubilización de P, se evidencio que el Ph del medio disminuyó de 6.8 en el testigo, a 5.0 en el caso de la cepa bacteriana MT-8, en la cepa bacteriana MT-13, se evidenció una mayor reducción de Ph con un valor de 3.8.

4.1.2 Identificación bioquímicamente

Tabla 6. Prueba de Tinción gram para la cepa MT-8

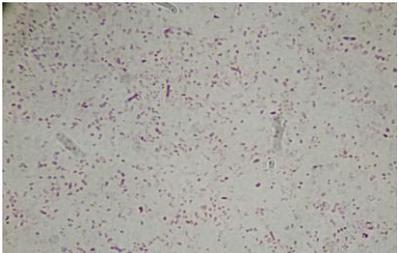
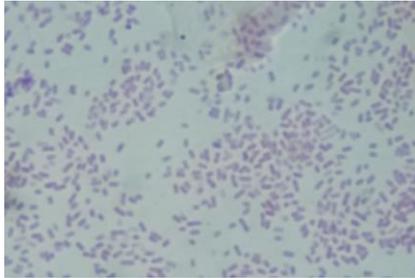
	Características	Observación microscópica
Cepa aislada	Codigo MT-8	
Tiempo de incubación	48h	
Color	Rojo	
Morfología	Bacilo	
Cantidad	Abundante	
Aumento	100X	
Tipo de bacteria	Gram negativa	

Tabla 7. Prueba de Tinción gram para la cepa MT-13

	Características	Observación microscópica
Cepa aislada	Codigo MT-13	
Tiempo de incubación	48h	
Color	Rosado	
Morfología	Bacilo	
Cantidad	Abundante	
Aumento	100X	
Tipo de bacteria	Gram negativa	

Los resultados de las pruebas de la tinción gram para las cepas MT-8 y MT-13 mostrados en las tablas 6 y 7, evidenciaron que ambas bacterias eran gram negativas. La cepa MT-8 presentó una coloración roja en una cantidad abundante de bacterias. Por otro lado, en el aislado MT-13 se observó un color rosado en las colonias bacterianas de forma abundante.

Tabla 8. Características microscópicas y macroscópicas de las bacterias aisladas

Código del aislamiento	Medio de selección	Características macroscópicas	Características microscópicas
MT-8	Agar Pikovskaya	Forma: Alargadas y cilíndricas	Bacilo Gram negativa
MT-13	Agar Pikovskaya	Forma: Alargadas y cilíndricas	Bacilo Gram negativa

Se logró identificar las características microscópicas y macroscópicas de los aislados bacterianos (Tabla 8). Las dos cepas demostraron ser bacilos gram negativos, de forma alargada y cilíndrica en un medio selectivo de Agar Pikovscaya.

Luego de conocer que ambas cepas eran bacilos gram negativos por medio de la prueba de tinción gram, con el equipo para la identificación de

microorganismos VITEK 2 se logró identificar bioquímicamente dos tipos de bacterias solubilizadoras de fosfato, con los códigos de aislamiento MT-13 y MT-8 con la tarjeta de identificación de bacterias gram negativas, la información de identificación se muestra en la tabla N°9:

Tabla 9. Información de la identificación bioquímica por VITEK 2.

Información de la identificación bioquímica	Codigo de aislamiento	
	MT-13	MT-8
Organismo seleccionado	<i>Lelliottia amnigena 2</i>	<i>Pantoea spp.</i>
Tarjeta	Gram negativa	Gram negativa
Tiempo de análisis	4.83 horas	5.82 horas
Probabilidad	99 %	97 %
Nivel de confianza	Identificación excelente	Identificación excelente
Bionúmero	4627734543572010	4625730551130010

Se pudo conocer que la bacteria MT-13 obtuvo un 99 % de probabilidad y un nivel de confianza excelente asociado a *Lelliottia amnigena 2*, MT-8 mostró una similitud de 97 % y un nivel de identificación excelente correspondiente a *Pantoea spp*; en ambos casos ambas cepas eran bacterias gram negativas.

Lectura de absorbancia

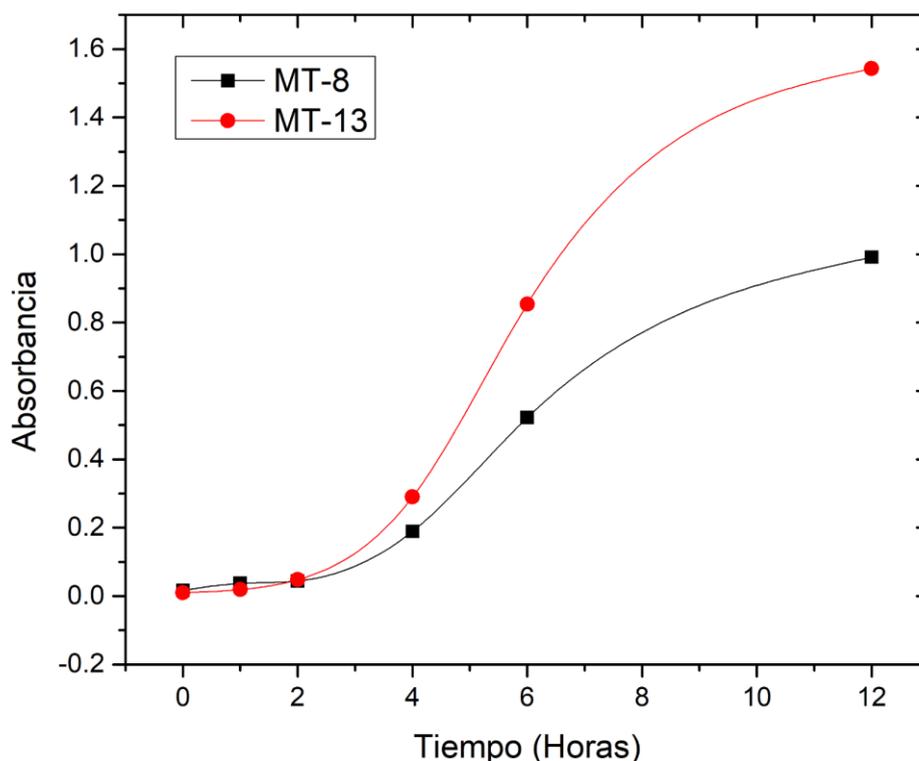


Figura 3: Curvas de absorbancia de las cepas MT-8 y MT-13.

En la figura 3, podemos apreciar el crecimiento de las cepas MT-8 y MT-13 por medio de las curvas de absorbancia durante 12 horas. La cepa MT-13 mostró un mayor crecimiento llegando a un valor de 1.543, a comparación de la cepa MT-8 que alcanzó los 0.991 en las lecturas de absorbancia al cabo de las 12 horas analizadas.

4.2 Efecto de las bacterias solubilizadoras de fosfato sobre el crecimiento del cultivo de *Triticum aestivum* L. “trigo”

Las plántulas de trigo fueron evaluadas en los días 29 y 45, donde se consideró la prueba LSD de Fisher, el cual nos permitió comparar las medias con el fin de determinar si la aplicación de diferentes dosis presentan una

diferencia estadísticamente significativa.

Ho: El crecimiento de las plántulas no es diferente a la aplicación de dosis de BSP.

H1: El crecimiento de las plántulas es diferente a la aplicación de dosis de BSP.

Evaluación de las plántulas de trigo en el día 29

Tabla 10. *Altura de la planta (cm) en el día 29*

Cat_Inóculo	Medias	n	E.E.	
15% inóculo BSP	12.13	3	0.62	A
Sin inóculo BSP	19.2	3	0.62	B
10% inóculo BSP	23.77	3	0.62	C
5% inóculo BSP	28.17	3	0.62	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

En la tabla N°10, se observa que la inoculación al 5% demostró tener el mayor efecto positivo en el crecimiento de las plántulas de trigo al día 29 llegando a 28.17 cm en promedio, evidenciándose una diferencia altamente significativa ($p < 0.0001$), seguido del tratamiento con una inoculación al 10% con una altura promedio de 23.77 cm. Por otro lado, la inoculación al 15% tuvo un efecto negativo en el crecimiento de las plántulas llegando a una media de 12.1 cm, valor que fue menor al control (19.2 cm) y a los demás grupos de inoculación.

Tabla 11. *Área foliar cm² en el día 29*

Cat_Inóculo	Medias	n	E.E.	
15% inóculo BSP	3.7	3	2.3	A
Sin inóculo	4.47	3	2.3	A

5% inóculo BSP	13.87	3	2.3	B
10% inóculo BSP	14.43	3	2.3	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Los resultados de la tabla N°11, nos muestran que los inóculos al 5% y al 10% han demostrado tener una diferencia significativa ($p < 0.0161$) y un impacto positivo en el área foliar de las plántulas de trigo al día 29 de la evaluación, con valores promedio de 13.87 cm² y 14.43 cm² respectivamente; a diferencia del tratamiento con una inoculación al 15%, el cual arrojó una media de 3.7 cm², siendo este valor significativamente menor a los demás grupos con inoculación de BSP y al testigo (4.47 cm²).

Tabla 12. *Biomasa aérea fresca (g) en el día 29*

Cat_Inóculo	Medias	n	E.E.	
Sin inóculo	0.05	3	0.05	A
15% inóculo BSP	0.12	3	0.05	A
5% inóculo BSP	0.34	3	0.05	B
10% inóculo BSP	0.49	3	0.05	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

De acuerdo con los datos de la tabla N°12 se pudo conocer que, la inoculación al 10% fue altamente significativa ($p < 0.0004$) logrando tener una mayor eficiencia en el aumento de la biomasa aérea fresca con un peso promedio de 0.49 g. En segundo lugar, el inóculo al 5% también mostró un impacto positivo con 0.34 g en promedio; distinto de la aplicación del inóculo al 15% el cual mostró un valor inferior a los demás grupos inoculados, con una media de 0.12 g.

Tabla 13. *Biomasa aérea seca (g) en el día 29*

Cat_Inóculo	Medias	n	E.E.	
15% inóculo BSP	0.03	3	0.13	A
10% inóculo BSP	0.12	3	0.13	A
Sin inóculo	0.3	3	0.13	A
5% inóculo BSP	0.38	3	0.13	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

En la biomasa aérea seca, no se evidenciaron diferencias significativas ($p > 0.2821$) entre las dosis de tratamientos empleados, mostrando un ligero incremento con la aplicación al 5% con un valor promedio de 0.38 g con respecto al tratamiento sin inóculo (0.3 g). Por otra parte, en las dosis aplicadas al 10% y 15% se obtuvieron resultados promedio levemente por debajo de la muestra control con valores de 0.12 g y 0.03 g. Por lo tanto, no se evidenció efecto en la biomasa al aplicarse las diferentes dosis de BSP (ver tabla N°13).

Tabla 14. *Biomasa radical fresca (g) en el día 29*

Cat_Inóculo	Medias	n	E.E.	
Sin inóculo	0.01	3	0.02	A
15% inóculo BSP	0.03	3	0.02	A
5% inóculo BSP	0.04	3	0.02	A
10% inóculo BSP	0.12	3	0.02	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Con la aplicación del inóculo al 10% se observó una diferencia significativa ($p < 0.0120$) con los otros tratamientos, logrando tener un aumento considerable en la biomasa radical fresca con una media de 0.12 g, seguido de la aplicación al 5% con una media de 0.04 g; en cambio, cuando se aplicó

el inóculo al 15% se produjeron resultados menores a comparación de los otros grupos de dosificación de BSP, con una media de 0.03 g (ver tabla N°14).

Tabla 15. *Biomasa radical seca (g) en el día 29*

Cat_Inóculo	Medias	n	E.E.	
Sin inóculo	0.01	3	0.01	A
15% inóculo BSP	0.02	3	0.01	A
5% inóculo BSP	0.02	3	0.01	A
10% inóculo BSP	0.05	3	0.01	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Los resultados de la tabla N°15 exhibieron que las plántulas inoculadas al 10% de PSB, tuvieron mejores resultados con un peso de 0.05 g en promedio mostrando una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.0255$), en segundo lugar las plántulas que fueron inoculadas al 5% también mostraron resultados positivos con una media de 0.02 g. Por otra parte, la dosificación al 15% no mostró un efecto significativo en este parámetro, dado que, arrojó un valor medio de 0.02 g, el cual fue menor a los otros tratamientos con BSP.

Tabla 16. *Diámetro del tallo (mm) en el día 29*

Cat_Inóculo	Medias	n	E.E.	
Sin inóculo	0.1	3	0.06	A
15% inóculo BSP	0.37	3	0.06	B
5% inóculo BSP	0.5	3	0.06	B
10% inóculo BSP	1.17	3	0.06	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

La aplicación de bacterias solubilizadoras de fosfato han evidenciado un impacto positivo en el diámetro del tallo de las plántulas de trigo, específicamente con una inoculación al 10% mostrando una diferencia altamente significativa ($p < 0.0001$), alcanzando un valor promedio de 1.17 mm, en cuanto a la inoculación al 5% también se mostró un incremento positivo, puesto que las plántulas con esta cantidad inoculada llegaron a medir en promedio 0.5 mm. Por otro lado, la dosificación al 15% condujo a un menor diámetro en comparación a las otras dosis aplicadas, con una media de 0.37 mm (ver tabla N°16).

Evaluación de las plántulas de trigo en el día 45

Tabla 17. *Altura de la planta (cm) en el día 45*

Cat_Inóculo	Medias	n	E.E.	
Inóculo 15%	18.15	3	1.29	A
Sin inóculo	27.8	3	1.29	B
Inóculo 5%	36.27	3	1.29	C
Inóculo 10%	39	3	1.29	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

En la tabla N°17 se pudo notar que la dosificación al 5% y 10%, demostró tener un mayor efecto en la altura de la plántula de trigo, con valores promedio de 36.27 cm y 39 cm respectivamente. Asimismo, estos valores evidencian una diferencia altamente significativa ($p < 0.0001$). Por otro lado, la inoculación al 15% fue desfavorable para el crecimiento de la plántula, puesto que su media fue de 18.15 cm, resultado que fue menor al grupo sin inóculo (27.8 cm).

Tabla 18. Área foliar cm^2 en el día 45

Cat_Inóculo	Medias	n	E.E.	
Inóculo 15%	7.97	3	1.34	A
Sin inóculo	12.14	3	1.34	A
Inóculo 10%	17.51	3	1.34	B
Inóculo 5%	21.08	3	1.34	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

De acuerdo con los resultados de la tabla N°18, las dosis de inoculación al 5% y 10% fueron las más efectivas en cuanto al área foliar, con valores en promedio de 21.08 cm^2 y 17.51 cm^2 respectivamente; a diferencia de la dosificación al 15% con una media de 7.97 cm^2 , el cual estuvo por debajo del grupo de control sin inocular (12.14 cm^2) y a los demás grupos de inoculación. Asimismo, los datos muestran una diferencia altamente significativa ($p < 0.0006$).

Tabla 19. Biomasa aérea fresca (g) en el día 45

Cat_Inóculo	Medias	n	E.E.	
Sin inóculo	0.1	3	0.11	A
Inóculo 15%	0.17	3	0.11	A
Inóculo 5%	0.4	3	0.11	A
Inóculo 10%	1.01	3	0.11	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

En la tabla N°19, se muestra que con una aplicación de inóculo al 10% se

observó un aumento considerable en la biomasa aérea fresca de las plántulas, arrojando un peso medio de 1.01 g. La inoculación al 10% evidencia una diferencia significativa ($p < 0.0016$) a comparación de los tratamientos sin inóculo, inóculo al 5% y 15%, los cuales tuvieron valores promedio de 0.1 g, 0.4 g y 0.17 g respectivamente.

Tabla 20. *Biomasa aérea seca (g) en el día 45*

Cat_Inóculo	Medias	n	E.E.	
Sin inóculo	0.06	3	0.01	A
Inóculo 15%	0.08	3	0.01	A
Inóculo 5%	0.18	3	0.01	B
Inóculo 10%	0.54	3	0.01	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

La biomasa aérea seca de las plántulas de trigo, mostró un mejor desarrollo al aplicar una dosis del 10% arrojando un peso promedio de 0.54 g, siendo altamente significativo ($p < 0.0001$). En segundo lugar, la inoculación al 5% también mostró un efecto positivo con un peso medio de 0.18 g, a diferencia de la inoculación al 15% el cual arrojó el valor más bajo de las dosis aplicadas de BSP con un peso promedio de 0.08 g (ver tabla N°20).

Tabla 21. *Biomasa radical fresca (g) en el día 45*

Cat_Inóculo	Medias	n	E.E.	
Sin inóculo	0.01	3	0.02	A
Inóculo 5%	0.05	3	0.02	A
Inóculo 15%	0.06	3	0.02	A
Inóculo 10%	0.13	3	0.02	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Con una dosis de aplicación de BSP al 10% se obtuvo el mayor promedio de biomasa radical fresca, con un valor de 0.13 g y una diferencia significativa ($p < 0.0051$) en comparación con los tratamientos sin inóculo, inóculo al 5% y 15%, con resultados en promedio de 0.01 g, 0.05 g y 0.06 g respectivamente (ver tabla N°21).

Tabla 22. *Biomasa radical seca (g) en el día 45*

Cat_Inóculo	Medias	n	E.E.	
Sin inóculo	0.01	3	0.01	A
Inóculo 5%	0.03	3	0.01	B
Inóculo 15%	0.05	3	0.01	B
Inóculo 10%	0.11	3	0.01	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

La aplicación de BSP al 10% mostró un mayor efecto positivo en la biomasa radical seca, evidenciando un peso promedio de 0.11 g siendo altamente significativo ($p < 0.0001$) en comparación de los tratamientos sin inóculo, inóculo al 5% y 15%, con pesos promedio de 0.01 g, 0.03 g y 0.05 g respectivamente (ver tabla N°22).

Tabla 23. *Diámetro del tallo (mm) en el día 45*

Cat_Inóculo	Medias	n	E.E.	
Inóculo 15%	0.43	3	0.07	A
Sin inóculo	0.58	3	0.07	A

Inóculo 5%	1.02	3	0.07	B
Inóculo 10%	1.57	3	0.07	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

En la tabla N°23, podemos apreciar que el diámetro del tallo en las plántulas de trigo fue mayor a una dosificación del 10%, con un valor de 1.57 mm, el cual presentó una diferencia altamente significativa ($p < 0.0001$). El segundo tratamiento con mejores resultados fue con una inoculación al 5%, arrojando un valor de 1.02 mm. En cambio, la dosificación al 15% tuvo el resultado más bajo de los grupos inoculados con 0.43 mm, este valor también fue menor al tratamiento sin inóculo (0.58 mm).

Tabla 24. *Correlación de Pearson con inóculo al 10%.*

	P_ppm	Altura_cm	Af_cm2	BioAF_g	BioAS_g	BioRF_g	BioRS_g	Dia_mm
P_ppm	1	0.80	0.15	0.29	0.77	0.05	0.77	0.57
Altura_cm	-0.31	1	0.94	0.50	0.02	0.75	0.03	0.63
Af_cm2	-0.97	0.09	1	0.44	0.92	0.2	0.92	0.43
BioAF_g	-0.89	0.7	0.77	1	0.48	0.25	0.47	0.87
BioAS_g	-0.35	1	0.13	0.73	1	0.72	4.40E-03	0.65
BioRF_g	-1	0.38	0.95	0.93	0.42	1	0.72	0.62
BioRS_g	0.36	-1	-0.13	-0.74	-1	-0.43	1	0.66
Dia_mm	-0.62	-0.55	0.78	0.2	-0.52	0.56	0.51	1

Se puede evidenciar en la tabla N°24 la relación que hay entre el P disponible con los parámetros de las plántulas de trigo, las cuales tienen una relación positiva, donde se encontraron correlaciones de tipos muy alta y alta. La altura mostró una correlación muy alta con un valor de 0.80. Seguido de ello, la biomasa aérea seca y la biomasa radical seca presentaron una relación alta con datos de 0.77 en ambos casos. Por lo tanto, al evaluar los parámetros de crecimiento de las plántulas de trigo con el P disponible a una inoculación del 10%, se encontraron correlaciones significativas entre el P disponible con la altura de la planta, la biomasa aérea seca y la biomasa radical seca.

4.3 Disponibilidad de P en el suelo

Tabla 25. Disponibilidad de P en el suelo

Cat_Inóculo	Medias	n	E.E.	
Sin inóculo	72.77	3	5.03	A
inóculo 10%	96.68	3	5.03	B
inóculo 5%	99.94	3	5.03	B
inóculo 15%	106.88	3	5.03	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Se puede apreciar en la tabla N°25 se realizó un análisis de varianza y como método de comparación se usó la prueba de Tukey, y se pudo conocer que la aplicación de bacterias solubilizadoras de fosfato a diferentes niveles (5%, 10% y 15%) tienen un efecto positivo en la disponibilidad de P en el suelo, con medias de 96.68 ppm, 99.94 ppm y 106.88 ppm respectivamente, evidenciándose una diferencia significativa ($p < 0.0068$) en comparación al tratamiento sin inóculo el cual dio como resultado 72.77 ppm.

Ho: Los datos siguen una distribución normal.

H1: Los datos no siguen una distribución normal.

Tabla 26. Prueba de normalidad de Shapiro-Wilks

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
P_ppm	12	94.07	15.33	0.84	0.0499
Tratamientos	12	2.50	1.17	0.83	0.0340

En la tabla N°26 se realizó la prueba de normalidad usando el método Shapiro Wilks, donde las muestras eran menores a 30. Para la variable P_ppm su valor fue ($p < 0.0499$) y para la variable tratamientos su p valor fue ($p < 0.0340$)

En este caso las variables de P_ppm disponible y tratamiento no siguen una distribución normal ($p < 0.05$), se acepta la hipótesis alterna. Por lo tanto se aplicará la prueba de correlación de spearman

Tabla 27. Coeficientes de correlación de spearman

	P_ppm	Tratamientos
P_ppm	1.00	0.02
Dosis de BSP	0.65	1.00

Asimismo, en la tabla N°27 podemos observar que existe una correlación positiva alta entre la inoculación de BSP y la disponibilidad de P en el suelo con un porcentaje de 65%, lo cual nos indica que a mayor cantidad de inóculo de PSB la disponibilidad de P en suelo será mayor.

V. DISCUSIÓN

En el suelo cultivo de trigo, se han aislado inicialmente 18 microorganismos, de los cuales solamente 2 crecieron en el medio selectivo (Agar Pikovskaya). Estas cepas se codificaron como MT-8 y MT-13. Según Solanki, Kundu y Nehra (2018, p. 458-463), aislaron un total de 49 microorganismos del cultivo de trigo, de los cuales 8 mostraron la capacidad de solubilizar fosfato utilizando el medio Pikovskaya. Por otro lado, Mohamed et al. (2019, p. 01-13) aislaron 40 microorganismos de la zona de la raíz de las plantas de trigo utilizando el medio NBRIP. Estos investigadores observaron la formación de un halo alrededor de las colonias. Sin embargo, en la presente investigación no se pudo observar la presencia de dicho halo, que es un indicador de la solubilización de fosfato.

Por tanto, se optó por utilizar la metodología propuesta por Vargas-Barrante y Castro-Barquero (2019, p. 47-68). Estos autores siguieron el método desarrollado por Osorio y Habte (2001, p. 263-274), quienes aislaron inicialmente 54 microorganismos. Después de un proceso de selección, se redujo la muestra a 19 microorganismos, incluyendo 8 hongos, 6 levaduras y 5 bacterias. Durante el experimento, se produjo un medio líquido, observándose un cambio de color y una disminución significativa en el pH del medio inoculado con bacterias, pasando de 7.2 en el grupo de control a 4.1. Estos hallazgos coinciden con los resultados obtenidos en la investigación (ver figura 2). En el grupo de control, el pH fue de 6,8, mientras que en las cepas MT-8 y MT-13, se redujo a 5.0 y 3.8 respectivamente. La reducción del pH en el medio se explica debido a que las BSP producen ácidos orgánicos, lo que genera una disminución del pH del medio durante el mecanismo de solubilización de fosfato (Scattareggia, 2016, p. 8; Pande, 2017, p.380).

De acuerdo con la Tabla 9, se observa la identificación de las cepas codificadas como MT-8 que presenta una similitud del 97% asociada con *Pantoea spp.* Por otro lado, la cepa MT-13 muestra una coincidencia del 99%

con *Lelliottia amnigena* 2. Estas cepas fueron identificadas bioquímicamente usando el equipo VITEK 2, y ambas obtuvieron un nivel de identificación excelente. Estos resultados son similares a los obtenidos por Osei et al. (2022, p. 01-06) y Li et al. (2021, p. 01-16), quienes utilizaron la identificación molecular a través del gen 16 rRNA para la identificación de las cepas bacterianas codificadas como: PC3, ZJ62 y ZJ3-12. PC3 fue identificada como *Lelliottia amnigena* con una similitud del 99.44%, mientras que ZJ62 y ZJ3-12 fueron identificadas como *Pantoea dispersa* y *Pantoea ananatis* respectivamente, con un nivel de similitud del 99.93% en ambos casos.

Por otro lado, las bacterias solubilizadoras de fosfato, identificadas como *Pantoea spp.* y *Lelliottia amnigena* 2, pertenecen a la familia *Enterobacter*. Scattareggia (2016, p. 8) menciona que la familia *Enterobacter* forma parte del grupo de BSP más utilizado en el campo agrícola.

La aplicación de BSP mejora el desarrollo de la plántula en comparación con el control (sin inóculo de BSP), tanto en la altura (cm), biomasa aérea seca (g) y biomasa radical seca (g) (ver Tabla 24). En cuanto a la altura, las dosis al 5% y 10% muestran una diferencia altamente significativa ($p < 0.0001$) a los 45 días, alcanzando valores de 36.27 cm y 39 cm, respectivamente, en comparación con la dosis al 15% (18.15 cm) y el control (27.8 cm). Estos resultados coinciden con los obtenidos por Da Costa et al. (2020, p. 01-13) quien presentó una mejora en la altura de la plántula de arroz a los 30 días, alcanzando los 63 cm, resultado mayor respecto al control (51 cm). Además, Javeed et al. (2019, p. 01-20), quienes aplicaron la bacteria *Enterobacter sakazakii* J129 y observaron un incremento en la altura de la plántula de maíz de 136.14 cm en comparación con el control sin inocular, que fue de 124.78 cm, a los 95 días. El aumento de la altura de las plántulas se debe a que las BSP, son promotoras del crecimiento vegetal (Amri et al. 2023, p.2).

En cuanto a la biomasa aérea seca, la inoculación al 10% al día 45, muestra una diferencia altamente significativa ($p < 0.0001$), alcanzando 0.54 g/planta, en comparación con la dosis al 15% y el control, que presenta de 0.08 y 0.06

g/planta, respectivamente, y con el inóculo al 5%, que registra 0.18 g/planta. Estos resultados son similares a los informados por Mahdi et al. (2020, p. 01-21), quienes aplicaron la cepa bacteriana *Bacillus licheniformis* y observaron a los 45 días, un aumento en la biomasa aérea seca hasta 0.24 g/planta, en comparación con el control (0.12 g/planta). Además, Javeed et al. (2019, p. 01-20) mostró una mejora en la biomasa seca de 341.66 a los 95 días, después de inocular la bacteria *Enterobacter sakazakii* J129, un resultado superior al control (302.44 g).

Por otro lado, al día 45, la biomasa radical seca alcanza un valor de 0.11 g con una inoculación al 10%, lo cual es altamente significativa ($p < 0.0001$) en comparación con las diferentes dosificaciones (5% y 15%), que arrojan resultados de 0.03 g y 0.05 g, respectivamente, y el control (0.01 g). Algo similar se observa en la investigación realizada por Mahdi et al. (2020, p. 01-21), quienes emplearon la cepa *Enterobacter asburiae* y lograron al día 45 un aumento en el peso seco de la raíz de 0.25 g en contraste con el control (0.14 g). Asimismo, Mohamed et al. (2019, p.8) aplicaron en consorcio BSP (*Enterobacter aerogenes*, *Pantoea* sp. y *Enterobacter* sp.) en el cultivo de trigo y mostraron un incremento en el peso seco de la raíz de 0.157 g, superando al control (0.090 g) a los 60 días posteriores a la inoculación.

La aplicación de BSP con una inoculación al 10% mostró mejores resultados en los parámetros de crecimiento de las plántulas de trigo.

Asimismo, se evaluó la disponibilidad de P en el suelo como efecto de la aplicación de 3×10^8 UFC/ml BSP a diferentes dosis (5%, 10% y 15%) mostrando resultados positivos en comparación al control. No hubo diferencias significativas entre las dosis aplicadas, por lo tanto se debe utilizar una dosis al 10%, la cual tuvo como resultado una disponibilidad de P de 96.68 ppm, superando al control que fue de 72.77 ppm (ver Tabla 25). De manera similar Kumar et al. (2021, p. 01-13) aislaron e identificaron la cepa JPVS11 correspondiente a *Bacillus pumilus* suspendida a 1×10^8 UFC/ml y pudieron evidenciar una mejora en la disponibilidad de P en el

suelo, llegando a 38.5 kg h^{-1} , resultado que fue superior al control (27.7 kg h^{-1}). Asimismo, Hipólito-Romero et al. (2017, p. 356-365) han reportado que la aplicación de las BSP: *Chromobacterium violaceum* y *Acinetobacter calcoaceticus* en consorcio a una suspensión de 1.7×10^9 UFC/ml, tuvo una mejora en la disponibilidad de P llegando a 33.5 mg/kg , en comparación al control que arrojó 11 mg/kg .

Varios investigadores informan que las BSP tienen un efecto en la disponibilidad de P en el suelo, dado que el P que se encuentra unido a los iones metálicos de calcio, magnesio, aluminio y hierro, es liberado por medio de los ácidos orgánicos generados por las BSP, haciendo que este P cambie de una forma insoluble a soluble y pueda ser aprovechado por las plantas (Scattareggia, 2016, p.8; Pande, 2017, p.380).

VI. CONCLUSIONES

1. Las bacterias solubilizadoras de fosfato tienen un efecto positivo en el cultivo de *Triticum aestivum* L., "trigo". Estas bacterias tienen la capacidad de transformar el fósforo insoluble en una forma soluble, lo cual facilita su absorción por parte de la planta. Este proceso de solubilización del fósforo se convierte en una alternativa viable a la fertilización inorgánica, ya que proporciona una fuente accesible de este nutriente esencial para el crecimiento y desarrollo del cultivo de trigo.
2. Se aislaron e identificaron bioquímicamente las bacterias solubilizadoras de fosfato presentes en el suelo de cultivo de trigo. La cepa denominada MT-8 mostró una similitud del 97% con *Pantoea* spp, mientras que la cepa MT-13 mostró una coincidencia del 99% con *Lelliottia amnigena* 2. Ambas cepas demostraron la capacidad de solubilizar fosfato las cuales fueron utilizadas en consorcio de inóculo en la investigación.
3. La aplicación en consorcio de BSP 3×10^8 UFC/ml con una inoculación al 10% mostró resultados superiores en los parámetros de desarrollo de las plántulas de trigo, tanto en la altura (39 cm), biomasa aérea seca (0.54 g) y biomasa radical seca (0.11 g). Estas diferencias fueron altamente significativas ($p < 0.0001$) en comparación a los tratamientos con inóculos al 5%, 15% y al control sin inocular.
4. La inoculación con una concentración de 3×10^8 UFC/ml de BSP no tuvo un efecto diferencial según la cantidad de inóculo (5%, 10% o 15%). Sin embargo, todos estos tratamientos mostraron diferencias significativas respecto al control ($p < 0.0068$). Por lo tanto, se puede afirmar que el 10% de BSP es una dosis óptima para aumentar la disponibilidad de P en el suelo, llegando a un valor 96.68 ppm, que fue superior al control (72.77 ppm).

VII. RECOMENDACIONES

Se sugiere emplear el método desarrollado por Osorio y Habte para detectar los microorganismos responsables de la producción de ácidos orgánicos. Un indicador clave de su presencia es la disminución del pH y el cambio de color en el medio inoculado, debido a que estos ácidos son los principales agentes implicados en la solubilización del fosfato. Por otro lado, el método de Pikovskaya se basa en la detección visual de un halo que se forma alrededor de las colonias.

Se sugiere realizar un análisis molecular a la *Pantoea spp* y *Lelliottia amnigena 2*, ya que va a permitir la identificación y descripción de las BSP mediante la evaluación de su material genético (ADN o ARN) a nivel molecular.

Se recomienda utilizar una dosis al 10% de BSP, con lo cual se puede observar una mejora en el desarrollo de las plántulas de trigo, tanto en la altura (39 cm), biomasa aérea seca (0.54 g) y biomasa radical seca (0.11 g) y la disponibilidad de P en el suelo (96.68 ppm).

Se recomienda comparar el efecto de las BSP al 10% con el de otros, como son los fertilizantes químicos convencionales, para determinar su viabilidad económica y ambiental.

REFERENCIAS

- ABREU, A. et al. Efecto de diferentes dosis de microorganismos benéficos en la obtención de posturas de coco en vivero. *CUB@: MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO* [en línea], vol. 21, no. 40, 2021. pp. 01-05. Disponible en: <https://cmad.ama.cu/index.php/cmada/article/view/299>.
- ALAM, F. et al. Phosphate solubilizing bacteria optimize wheat yield in mineral phosphorus applied alkaline soil. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, vol. 21, no. 5, 2022. pp. 339-348. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2021.10.007>. ISSN 1658077X.
- ALORI, E, GLICK, B. & BABALOLA, O. Microbial Phosphorus Solubilization and Its Potential for Use in Sustainable Agriculture. *Frontiers in Microbiology* [en línea], vol. 8, 2017. pp. 1. Disponible en: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.00971>. ISSN 1664-302X.
- AMRI, M. et al. Isolation, Identification, and Characterization of Phosphate-Solubilizing Bacteria from Tunisian Soils. *Microorganismos*, vol. 11, no. 3, 2023. pp. 2. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/microorganisms11030783>. ISSN 20762607.
- ARFAN-UL-HAQ, M. et al. Deciphering the potential of bioactivated rock phosphate and di-ammonium phosphate on agronomic performance, nutritional quality and productivity of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Agronomy* [en línea], vol. 11, no. 4, 2021. pp. 1. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/agronomy11040684>. ISSN 20734395.
- ARIAS, J. Metodología de la investigación: El método ARIAS para realizar un proyecto de tesis. Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología UNUDI Perú [en línea], 2022. pp. 70. Disponible en: <https://editorial.inudi.edu.pe/index.php/editorialinudi/catalog/book/22>. ISBN: 978-612-5069-04-7
- AZEEM, M. et al. Tea leaves biochar as a carrier of *Bacillus cereus* improves the soil function and crop productivity. *Applied Soil Ecology*, vol. 157, 2021. pp. 01-13. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2020.103732>. ISSN 09291393.
- BANCO CENTRAL DE RESERVA DEL PERÚ. Fertilizantes: Contexto internacional, impacto local e implicancias. Reporte de Inflación. Marzo 2022. pp. 149. Disponible en:

<https://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Reporte-Inflacion/2022/marzo/ri-marzo-2022-recuadro-7.pdf>

- BAZAN, R.J. & GARBOZA, N.I. Bacterias solubilizadoras de fosfato aisladas de *Asparagus officinalis* L. y su efecto en el desarrollo vegetativo de *Lycopersicon esculentum* Mill. [en línea], 2019. pp. 06-59. Disponible en: <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/7944>.
- BRITANIA LAB. Ficha técnica del agar nutritivo. Disponible en: https://www.britanialab.com/back/public/upload/productos/upl_60707641dee11.pdf
- CABEZAS, Edison; ANDRADE, Diego & TORRES, Johana. Introducción a la metodología de la investigación científica. Primera edición electrónica. Repositorio Dspace, [en línea], 2018. pp. 60. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/15424>. ISBN: 978-9942-765-44-4
- CISNEROS, C., SÁNCHEZ, M. y MENJIVAR, J. Efecto de bacterias solubilizadoras de fosfatos sobre el desarrollo de plántulas de café. *Agronomía Mesoamericana*, vol. 28, no. 1, 2016. pp. 149-158. Disponible en: <https://doi.org/10.15517/am.v28i1.22021>. ISSN 1021-7444.
- DA COSTA, P. et al. Efficiency of probiotic traits in plant inoculation is determined by environmental constrains. *Soil Biology and Biochemistry* [en línea], vol. 148, 2020. pp. 01-13. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2020.107893>. ISSN 00380717.
- DAWAR, K. et al. Effects of Farmacyard Manure and Different Phosphorus Inorganic Fertilizer Application Rates on Wheat Cultivation in Phosphorus-Deficient Soil. *Sustainability* [en línea], vol. 14, no. 15, 2022. pp. 2. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/su14159030>. ISSN 20711050.
- DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA DE LOS ESTADOS UNIDOS USDA. Grain: World Markets and Trade, 2023. pp. 19. Disponible en: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/grain.pdf>.
- ELEKHTYAR, N.M. et al. Impact of Arbuscular Mycorrhizal Fungi, Phosphate Solubilizing Bacteria and Selected Chemical Phosphorus Fertilizers on Growth and Productivity of Rice. *Agriculture* [en línea], vol. 12, no. 10, 2022. pp. 2. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/agriculture12101596>. ISSN 2077-0472.

- EMAMI, S. et al. Consortium of endophyte and rhizosphere phosphate solubilizing bacteria improves phosphorous use efficiency in wheat cultivars in phosphorus deficient soils. *Rhizosphere*, vol. 14, 2020. pp. 01-08. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2020.100196>. ISSN 24522198.
- FUSTAMANTE, N.G. & TARAZONA, Y.C. Análisis bibliométrico sobre el uso de biofertilizantes a base de microorganismos para el crecimiento y rendimiento de cultivos agrícolas. Universidad César Vallejo [en línea], 2021. pp. 1. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/81848>.
- HERNÁNDEZ, Roberto & MENDOZA, Christian. Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. Universidad Nacional Autónoma de México [en línea], 2018. pp. 151. Disponible en: <https://virtual.cuautitlan.unam.mx/rudics/?p=2612>. ISBN: 978-1-4562-6096-5.
- HIPÓLITO-ROMERO, E. et al. Effect of mixed edaphic bacterial inoculants in the early development of improved cocoa cultivars (*Theobroma cacao L.*) in a traditional agroforestry system of Oaxaca, Mexico. *Revista Argentina de microbiología* [en línea], vol. 49, núm. 4, 2017. pp. 356-365. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ram.2017.04.003>. ISSN 0325-7541.
- JAVEED, M. et al. Improvement in soil characteristics of sandy loam soil and grain quality of spring maize by using phosphorus solubilizing bacteria. *Sustainability* [en línea], vol. 11, no. 24, 2019. pp. 01-20. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/su11247049>. ISSN 20711050.
- JIAN, Z. et al. Soil clay is a key factor affecting soil phosphorus availability in the distribution area of Masson pine plantations across subtropical China. *Ecological Indicators*, vol. 144, 2022. pp. 1. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109482>. ISSN 1470160X.
- JOKKAEW, S et al. Free and Encapsulated Phosphate-Solubilizing Bacteria for the Enhanced Dissolution of Swine Wastewater-Derived Struvite—An Attractive Approach for Green Phosphorus Fertilizer. *Sustainability* [en línea], 14(19), 12627. 2022. pp. 2. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/su141912627>.
- KHAN, H. et al. Coupling phosphate-solubilizing bacteria (PSB) with inorganic phosphorus fertilizer improves mungbean (*Vigna radiata*) phosphorus acquisition, nitrogen fixation, and yield in alkaline-calcareous

- soil. *Heliyon*, vol. 8, no. 3, 2022. pp. 01-10. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09081>. ISSN 24058440.
- KUMAR, A. et al. Salt-tolerant plant growth-promoting *Bacillus pumilus* strain JPVS11 to enhance plant growth attributes of rice and improve soil health under salinity stress. *Microbiological Research*, vol. 242, 2021. pp. 01-13. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.micres.2020.126616>. ISSN 09445013.
 - LI, X. et al. Isolation and molecular characterization of plant-growth-promoting bacteria and their effect on eggplant (*Solanum melongena*) growth. *Agriculture* [en línea], vol. 11, no. 12, pp. 01-16. 2021. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/agriculture11121258>. ISSN 20770472.
 - LIU, X. et al. Phosphorus solubilizing bacteria *Bacillus thuringiensis* and *Pantoea ananatis* simultaneously promote soil inorganic phosphate dissolution and soil Pb immobilization. *Rhizosphere*, vol. 20, 2021. pp. 01-09. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2021.100448>. ISSN 24522198.
 - MAHDI, I. et al. Plant growth enhancement using rhizospheric halotolerant phosphate solubilizing bacterium *Bacillus licheniformis* qa1 and *Enterobacter asburiae* qf11 isolated from *Chenopodium quinoa* Willd. *Microorganisms* [en línea], vol. 8, no. 6, 2020. pp. 01-21. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/microorganisms8060948>. ISSN 20762607.
 - MINISTERIO DEL AMBIENTE (MINAM). Guía para el muestreo de suelos. Ministerio del Ambiente. Dirección General de Calidad Ambiental. -- Lima: MINAM, 2014. pp. 18. Disponible en: <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2018/07/GUIA-PARA-EL-MUESTREO-DE-SUELO.pdf>
 - MINISTERIO DE DESARROLLO AGRARIO Y RIEGO (MIDAGRI). NOTA TÉCNICA DE COYUNTURA ECONÓMICA AGRARIA N.º 011-2022-MIDAGRI. 2022. pp. 1. Disponible en: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/3872810/N.%C2%B0011%7C%20Abastecimiento%20de%20trigo%20en%20el%20Per%C3%BA.pdf?v=1671831710#:~:text=En%20cuanto%20a%20la%20producci%C3%B3n,interna%2C%20la%20diferencia%20es%20importada>.
 - MOHAMED, A. et al. Isolation and selection of highly effective phosphate solubilizing bacterial strains to promote wheat growth in Egyptian calcareous soils. *Bulletin of the National Research Centre* [en línea], vol. 43, no. 1, 2019. pp. 01-13. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s42269-019-0212-9>.

- MUKHTAR, S. et al. Assessment of two carrier materials for phosphate solubilizing biofertilizers and their effect on growth of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Microbiological Research*, vol. 205, 2017. pp. 107-117. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.micres.2017.08.011>. ISSN 09445013.
- ONU. Efectos de plaguicidas y fertilizantes sobre el medio ambiente y la salud y formas de reducirlos - Resumen para encargados de la formulación de políticas. *Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente*, 2022. pp. 9. Disponible en: https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/34463/JSUNEPF_Sp.pdf
- ORTIZ, A. & SANSINENEA, E. *The Role of Beneficial Microorganisms in Soil Quality and Plant Health. Sustainability* [en línea], vol 14, no.9, 2022. pp. 3. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/su14095358>.
- OSEI, R. et al. Isolation, identification, and pathogenicity of *Lelliottia amnigena* causing soft rot of potato tuber in China. *Microbial pathogenesis* [en línea], vol. 164, no. 105441, 2022. pp. 01-06. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2022.105441>. ISSN 0882-4010.
- OSORIO, N.W. y HABTE, M. Synergistic influence of an arbuscular mycorrhizal fungus and a P solubilizing fungus on growth and P uptake of *Leucaena leucocephala* in an oxisol. *Arid Land Research and Management*, vol. 15, no. 3, 2001. pp. 263-274. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/15324980152119810> ISSN 15324982.
- PANDE, A. et al. Phenotypic and genotypic characterization of phosphate solubilizing bacteria and their efficiency on the growth of maize. *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*, vol. 15, no. 2, 2017. pp. 379-391. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jgeb.2017.06.005>. ISSN 20905920.
- PARASTESH, F., ALIKHANI, H. y ETESAMI, H. Vermicompost enriched with phosphate-solubilizing bacteria provides plant with enough phosphorus in a sequential cropping under calcareous soil conditions. *Journal of Cleaner Production* [en línea], vol. 221, 2019. pp. 28. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.02.234>. ISSN 09596526.
- PAZ, J. M. et al. Plant adaptation to low phosphorus availability: Core signaling, crosstalks, and applied implications. *Molecular Plant*, [en línea] vol. 15, no. 1, 2022. pp. 104-124. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.molp.2021.12.005>.

- RAFI, M., KRISHNAVENI, M. y CHARYULU, P. Phosphate-solubilizing microorganisms and their emerging role in sustainable agriculture [en línea]. S.I.: Elsevier Inc. 2018. pp. 224. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816328-3.00017-9>. ISBN 9780128163283.
- RASUL, M. et al. Phosphate solubilizers as antagonists for bacterial leaf blight with improved rice growth in phosphorus deficit soil. *Biological Control* [en línea], vol. 136, 2019. pp. 2. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2019.05.016>. ISSN 10499644
- Rawson, H & Macpherson, H. TRIGO REGADO [en línea]. FAO, 2001. [fecha de consulta: 17 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://www.fao.org/3/X8234S/x8234s00.htm#Contents>. ISBN 92-5-304488-8
- RAWAT, P. et al. Improvement of phosphorus uptake, phosphorus use efficiency, and grain yield of upland rice (*Oryza sativa* L.) in response to phosphate-solubilizing bacteria blended with phosphorus fertilizer. *Pedosphere* [en línea], vol. 32, no. 5, pp. 752-763, 2022. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.pedsph.2022.06.005>. ISSN 10020160.
- RUIZ, E. y PORRES, N. Microbiología clínica. S.I.: Ediciones Paraninfo. 2018. pp. 36. Disponible en: https://www.google.com.pe/books/edition/Microbiolog%C3%ADa_cl%C3%A9nica/GNBXDwAAQBAJ?hl=es&gbpv=1&dq=tincion+gran+2018&pg=PA35&printsec=frontcover. ISBN 9788428340267.
- SCATTAREGGIA, J. Aislamiento y selección de Bacterias Solubilizadoras de Fósforo de un suelo cultivado con tomate para industria (*Solanum lycopersicum* L.). Universidad Nacional de Cuyo [en línea], 2016. pp. 8. Disponible en: https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/8408/tesis-irnr-scattareggia-juan-pablo-2016.pdf.
- SHAHID, M. et al. Stress-Tolerant Endophytic Isolate *Priestia aryabhatai* BPR-9 Modulates Physio-Biochemical Mechanisms in Wheat (*Triticum aestivum* L.) for Enhanced Salt Tolerance. *International Journal of Environmental Research and Public Health* [en línea], vol. 19, no. 17, 2022. pp. 1. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/ijerph191710883>. ISSN 16604601.
- SHETEIWY, M. et al. Physiological and biochemical responses of soybean plants inoculated with Arbuscular mycorrhizal fungi and Bradyrhizobium under drought stress. *BMC Plant Biology* [en línea], vol. 21, no. 1, 2021. pp.

- 01-21. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s12870-021-02949-z>. ISSN 14712229.
- SIGMA-ALDRICH. Product information. P1602 Pikovskaya's Agar registered in the US and other countries in 2013. Disponible en: <https://www.sigmaaldrich.com/deepweb/assets/sigmaaldrich/product/documents/191/794/p1602dat.pdf>
 - SOLANKI, M., KUNDU, B.S. y NEHRA, K. Molecular diversity of phosphate solubilizing bacteria isolated from the rhizosphere of chickpea, mustard and wheat. *Annals of Agrarian Science*, vol. 16, no. 4, 2018. pp. 458-463. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.aasci.2018.05.007>. ISSN 15121887
 - SONALI, J. et al. Application of a novel nanocomposite containing micro-nutrient solubilizing bacterial strains and CeO₂ nanocomposite as bio-fertilizer. *Chemosphere* [en línea], vol. 286, 2022. pp. 1. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.131800>. ISSN 18791298.
 - SOTO, J. & ALCARRAZ, M. Bacterias solubilizadoras de fósforo inorgánico aislados de la rizósfera de Coffea americana en Rioja – Perú. *Ciencia e Investigación* [en línea], vol. 25, no. 1, 2022. pp. 11-15. Disponible en: <https://doi.org/10.15381/ci.v25i1.23466>. ISSN 1609-9044.
 - TREJO, D. et al. Mycorrhizal inoculation and chemical fertilizer interactions in pineapple under field conditions. *Agriculture* [en línea], vol. 11, no. 10, 2021. pp. 1. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/agriculture11100934>. ISSN 20770472
 - Vargas-Barrante, P y Castro-Barquero, L. Aislamiento y evaluación de microorganismos solubilizadores de fósforo de andisoles de Costa Rica. *Agronomía Costarricense*. [en línea], vol. 43, no. 1, 2019. pp. 47-68. Disponible en: <https://doi.org/10.15517/rac.v43i1.35649>. ISSN 0377-9424
 - WANG, J. et al. Beneficial bacteria activate nutrients and promote wheat growth under conditions of reduced fertilizer application. *BMC Microbiology* [en línea], vol. 20, no. 1, 2020. pp. 01-12. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s12866-020-1708-z>. ISSN 14712180.
 - WANG, Y. et al. Preparation of liquid bacteria fertilizer with phosphate-solubilizing bacteria cultured by food wastewater and the promotion on the soil fertility and plants biomass. *Journal of Cleaner Production*, vol. 370, 2022. pp. 01-10. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.133328>. ISSN 09596526.

- WATSON, C. et al. Global meta-analysis shows progress towards recovery of soil microbiota following revegetation. *Biological Conservation* [en línea], 2022. pp. 1. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2022.109592>.
- XIN, Y. et al. Modification of total and phosphorus mineralizing bacterial communities associated with *Zea mays L.* through plant development and fertilization regimes. *Journal of Integrative Agriculture* [en línea], vol. 20, no. 11, 2021. pp. 3026-3038. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(20\)63413-X](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(20)63413-X). ISSN 20953119.
- YASMIN, H. et al. Identification of new biocontrol agent against charcoal rot disease caused by *Macrophomina phaseolina* in Soybean (*Glycine max L.*). *Sustainability* [en línea], vol. 12, no. 17, 2020. pp. 01-24 Disponible en: <https://doi.org/10.3390/su12176856>. ISSN 20711050
- YOU, M. et al. Isolation and characterization of *Burkholderia cenocepacia* CR318, a phosphate solubilizing bacterium promoting corn growth. *Microbiological Research* [en línea], vol. 233, 2020. pp. 01-08. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.micres.2019.126395>. ISSN 09445013
- ZADOKS, J.C. y BOARD, E. Data sheet highlights close coupled pumps. *World Pumps*, vol. 1974, no. 388, 1974. pp. 9. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.1974.tb01084.x>. ISSN 02621762.
- ZAMORA, Ismael & CALIXTO, Liset. Metodología de la investigación en la tesis. Universidad Privada del Norte [en línea], 2021. Disponible en: <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-privada-del-norte/tesis-1/metodologia-de-la-investigacion-cientifica-para-tesis-2021/18008687>
- ZHU, X. et al. Bioremediation of lead-contaminated soil by inorganic phosphate-solubilizing bacteria immobilized on biochar. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, vol. 237, 2022. pp. 01-08. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2022.113524>. ISSN 10902414.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Bacterias solubilizadoras de fosfato (Variable Independiente)	Las bacterias solubilizadoras de fosfato (PSB), son bacterias con la capacidad de producción de ácidos orgánicos con bajo peso molecular, en donde sus grupos hidroxilo y carboxilo quelan los cationes que se encuentran unidos al fosfato y transforman los elementos insolubles en compuestos solubles, con lo cual se logra una mayor disponibilidad de fósforo inorgánico en el suelo, de esta manera se permite la absorción de fósforo en las plantas. (Jokkaew et al. 2022, p. 2).	Se aislará las PSB del suelo de cultivo de trigo, luego se va a identificar las PSB bioquímicamente, seguidamente se procede a evaluar el efecto que van a tener las PSB sobre la calidad del suelo de cultivo de trigo y finalmente se aplicará como inóculo en la planta de trigo con la finalidad de ver que efecto tiene la aplicación de las PSB.	Características de las BSP Dosis del inóculo	Identificación de las cepas. 5% 10% 15%	Ordinal Razón

Disponibilidad de fósforo en el suelo
(Variable dependiente)

La disponibilidad de fósforo es la cantidad y forma en que este elemento químico se encuentra en el suelo y es asimilado por las plantas. Los microorganismos, pueden ayudar a las plantas a mejorar la disponibilidad de P, el cual también se ve afectado por las propiedades químicas del suelo (Jian et al. 2022; Paz et al. 2022)

Se realizaron estudios para identificar los parámetros químicos antes y después de la inoculación de las BSP para conocer la disponibilidad de P en el suelo, y también evaluar el efecto de la aplicación de las bacterias solubilizadoras de fosfato sobre el crecimiento del cultivo de trigo.

Características químicas del suelo

Fósforo disponible (ppm)

pH

Materia orgánica (%)

Conductividad eléctrica (mS/cm)

K (ppm)

Saturación (%)

CaCO₃ (%)

Características de la planta

Altura de la planta. (cm)

Área foliar. (cm²)

Biomasa aérea fresca. (g)

Biomasa aérea seca. (g)

Razón

Razón

Biomasa radical
fresca. (g)

Biomasa radical
seca. (g)

Diámetro. (mm)

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2. Ficha de la toma de muestras

FICHA DE LA TOMA DE MUESTRAS	
DATOS GENERALES	
Nombre del sitio de estudio:	Departamento:
Uso Principal:	Provincia:
DATOS DEL PUNTO DE MUESTREO	
Nombres de los encargados:	
Nombre del punto de muestreo:	
Coordenadas:	
DATOS DE LAS MUESTRAS	
Fecha:	
Hora:	
Tipo de muestra:	
Área de muestreo:	
Número de submuestras:	
Croquis	

Fuente: Elaboración propia

Anexo 3. Ficha técnica de las características microscópicas y macroscópicas de las bacterias aisladas a partir de las muestras del cultivo de trigo

Código del aislamiento	Medio de selección	Características macroscópicas	Características microscópicas

Fuente: Elaboración propia

Anexo 4. Ficha de evolución de la planta de trigo

Muestras	Cantidad de inóculo en %	Altura de la planta (cm)	Área foliar de la planta (cm ²)	Biomasa aérea fresca (g)	Biomasa aérea seca (g)	Biomasa radical fresca (g)	Biomasa radical seca (g)	Diámetro del tallo (mm)
Muestra en blanco o control	0%							
Muestra 1	5%							
Muestra 2	10%							
Muestra 3	15%							

Fuente: Elaboración propia

Anexo 5. Ficha de características químicas del suelo, antes y después de la aplicación de las PSB

Tratamiento	Parámetros						
	pH	Conductividad eléctrica (mS/cm)	P (ppm)	Materia orgánica (mg/Kg)	K (ppm)	Saturación (%)	CaCO ₃ (%)
Control							
5%							
10%							
15%							

Fuente: Elaboración propia

Anexo 6.



Figura 11: Toma de muestra

Anexo 7.



Figura 12: Georreferenciación de donde se recolectaron las muestras

Anexo 8.



Figura 13: Microorganismos presentes en el suelo

Anexo 9.

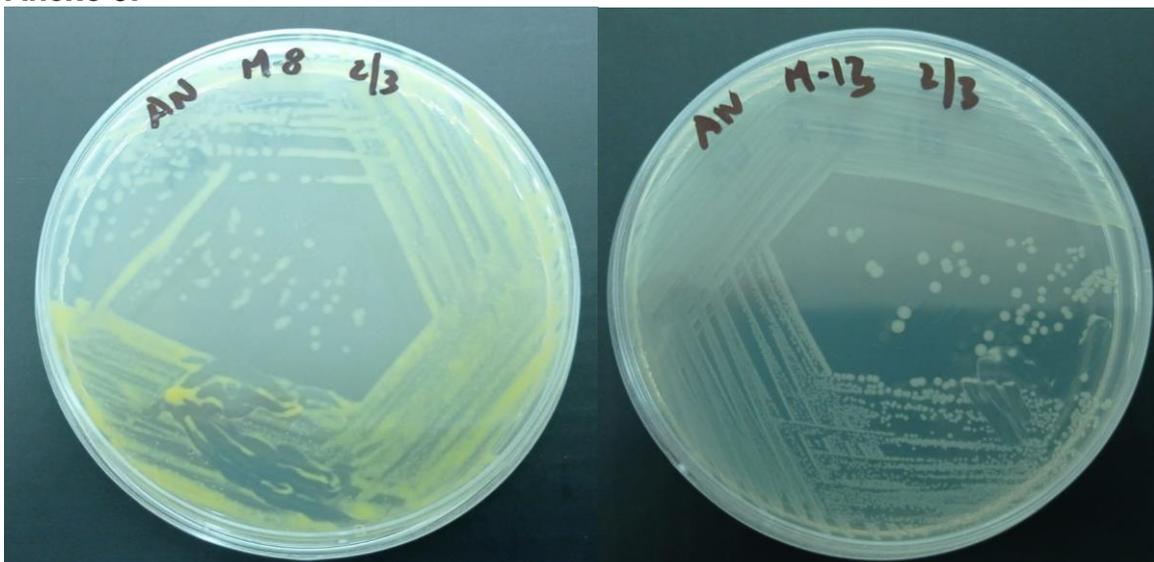


Figura 14: Aislamiento de bacterias en agar nutritivo

Anexo 10.

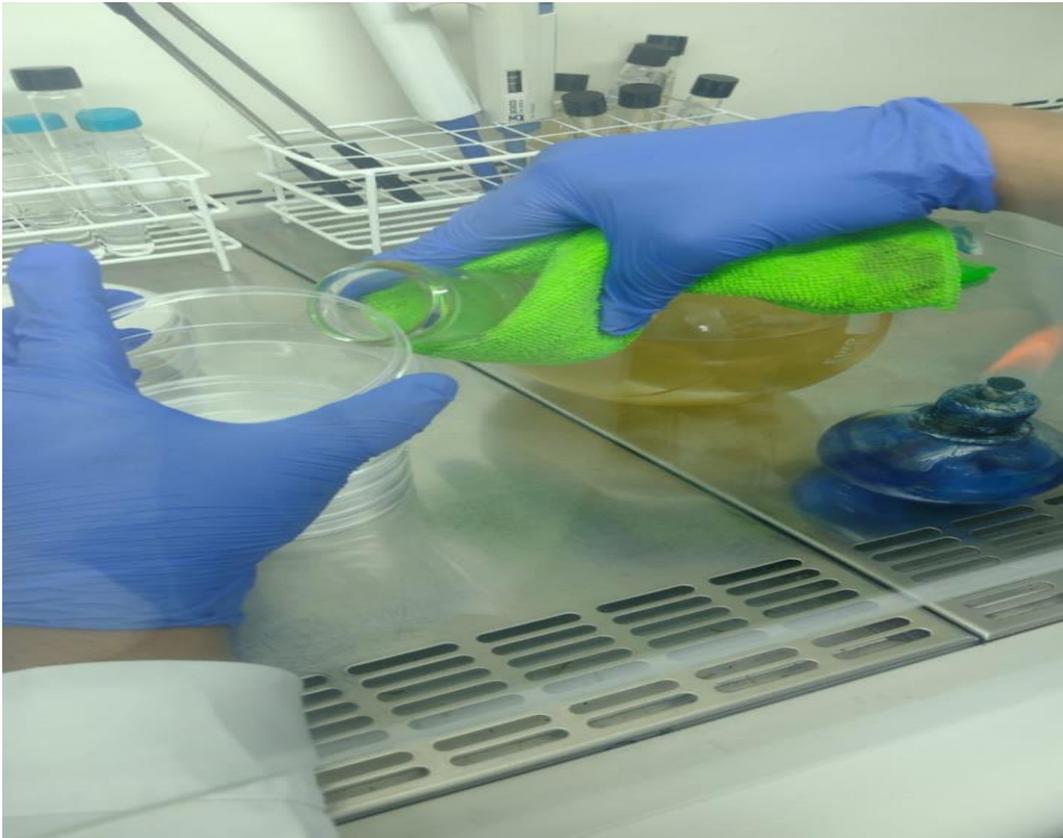


Figura 15: Servido de placas con el medio Pikovskaya

Anexo 11.



Figura 16 : Prueba de MCFarlan

Anexo 12.



Figura 17: Incubación del inóculo

Anexo 13.

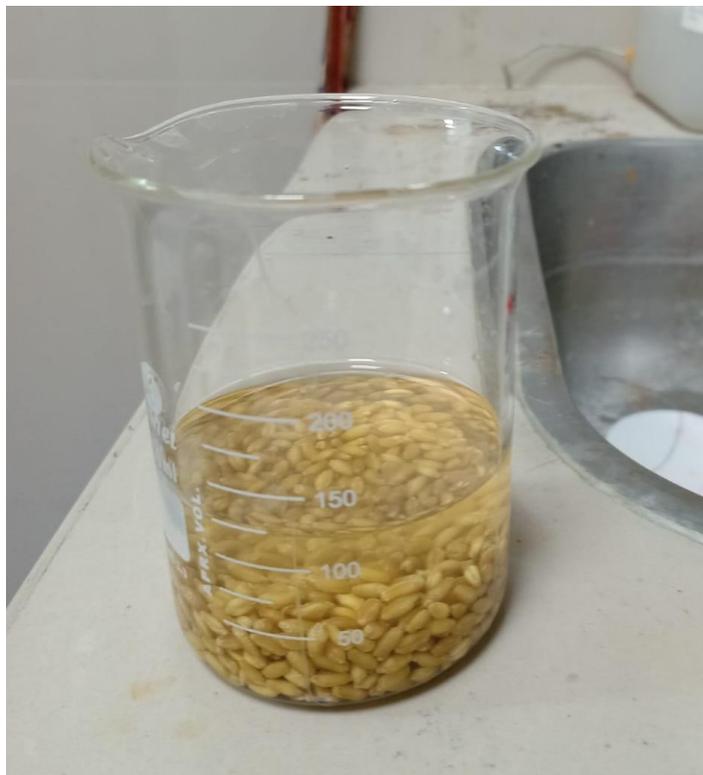


Figura 18: Desinfección de las semillas

Anexo 14.



Figura 19: Preparación de maceteros

Anexo 15.

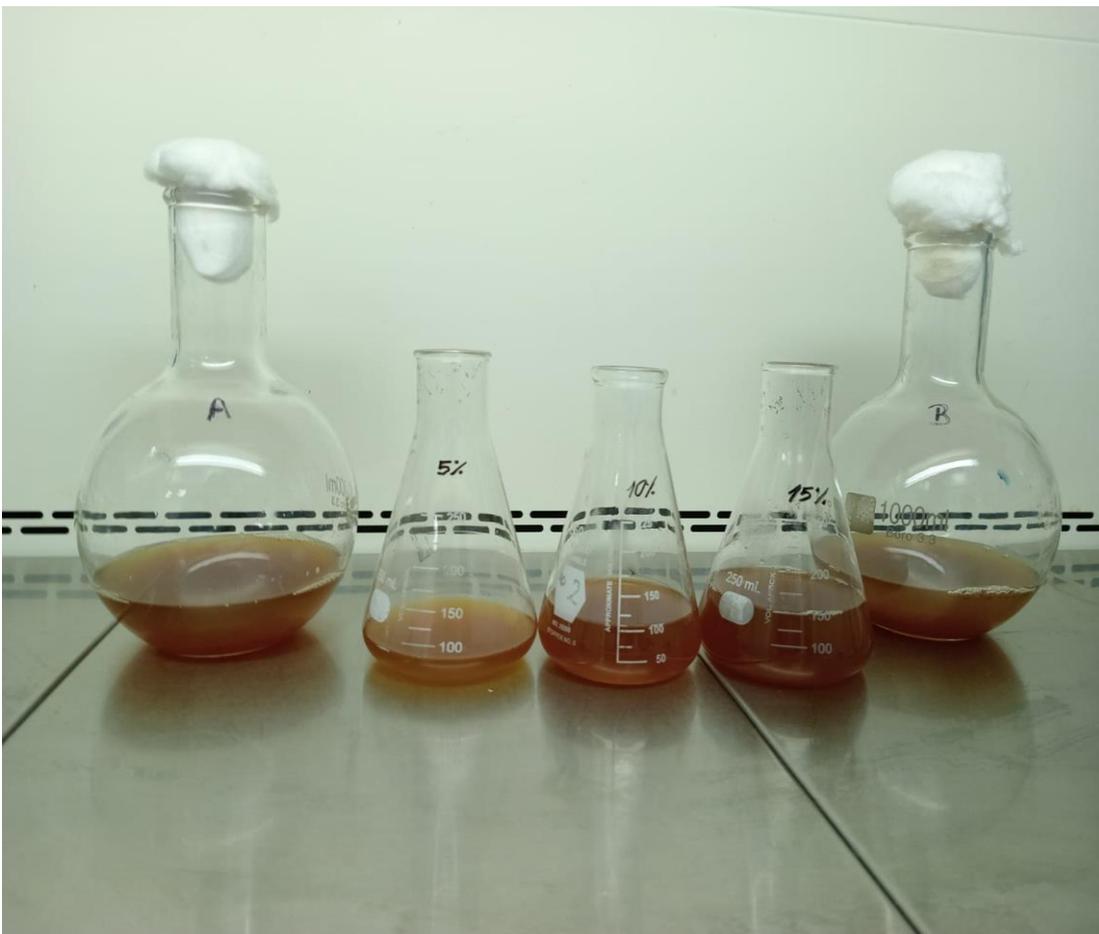


Figura 20: Inóculo al 5%, 10% y 15%

Anexo 16.



Figura 21: Medición de absorbancia

Anexo 17



Figura 22: Aplicación del inóculo

Anexo 18.



Figura 23: Plantas inoculadas al 5% con *Pantoea spp* + *Lelliottia amnigena* 2, evaluación en el día 29

Anexo 19.



Figura 24: Plantas inoculadas al 10% con Pantoea spp + Lelliottia amnigena 2, evaluación en el día 29

Anexo 20.



Figura 25: Plantas inoculadas al 15% con Pantone spp + Lelliottia amnigena 2, evaluación en el día 29

Anexo 21.



Figura 26: Plantas inoculadas al 5% con *Pantone* spp + *Lelliottia amnigena* 2, evaluación en el día 45

Anexo 22.



Figura 27: Plantas inoculadas al 10% con *Pantone* spp + *Lelliottia amnigena* 2, evaluación en el día 45

Anexo 23.



Figura 28: Plantas inoculadas al 15% con *Pantone* spp + *Lelliottia amnigena* 2, evaluación en el día 45

Anexo 24.

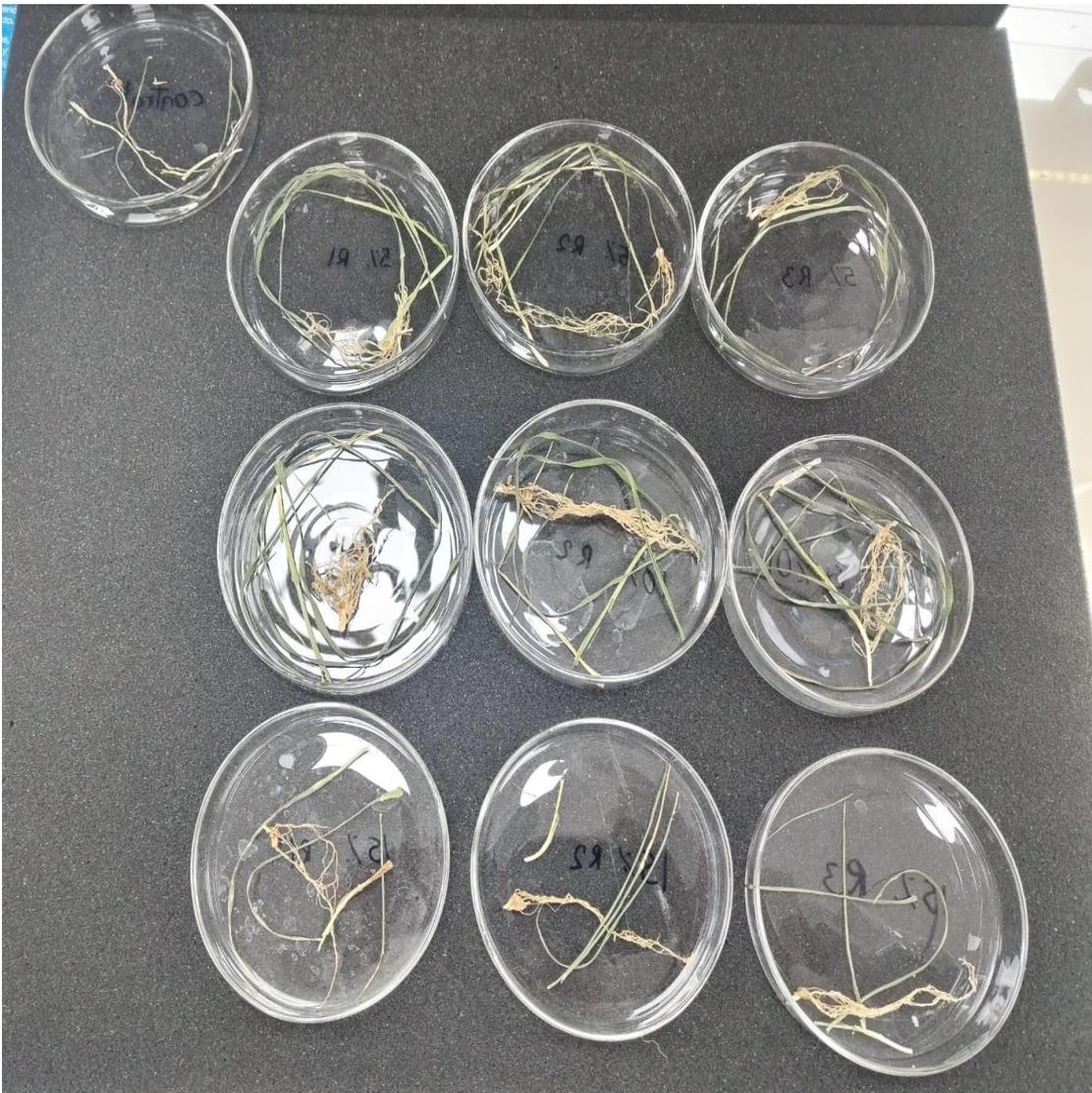


Figura 29: Plantas secadas a una temperatura de 72°C

Anexo 25.



Figura 30: Pesado de la biomasa radical en seco

Anexo 26.

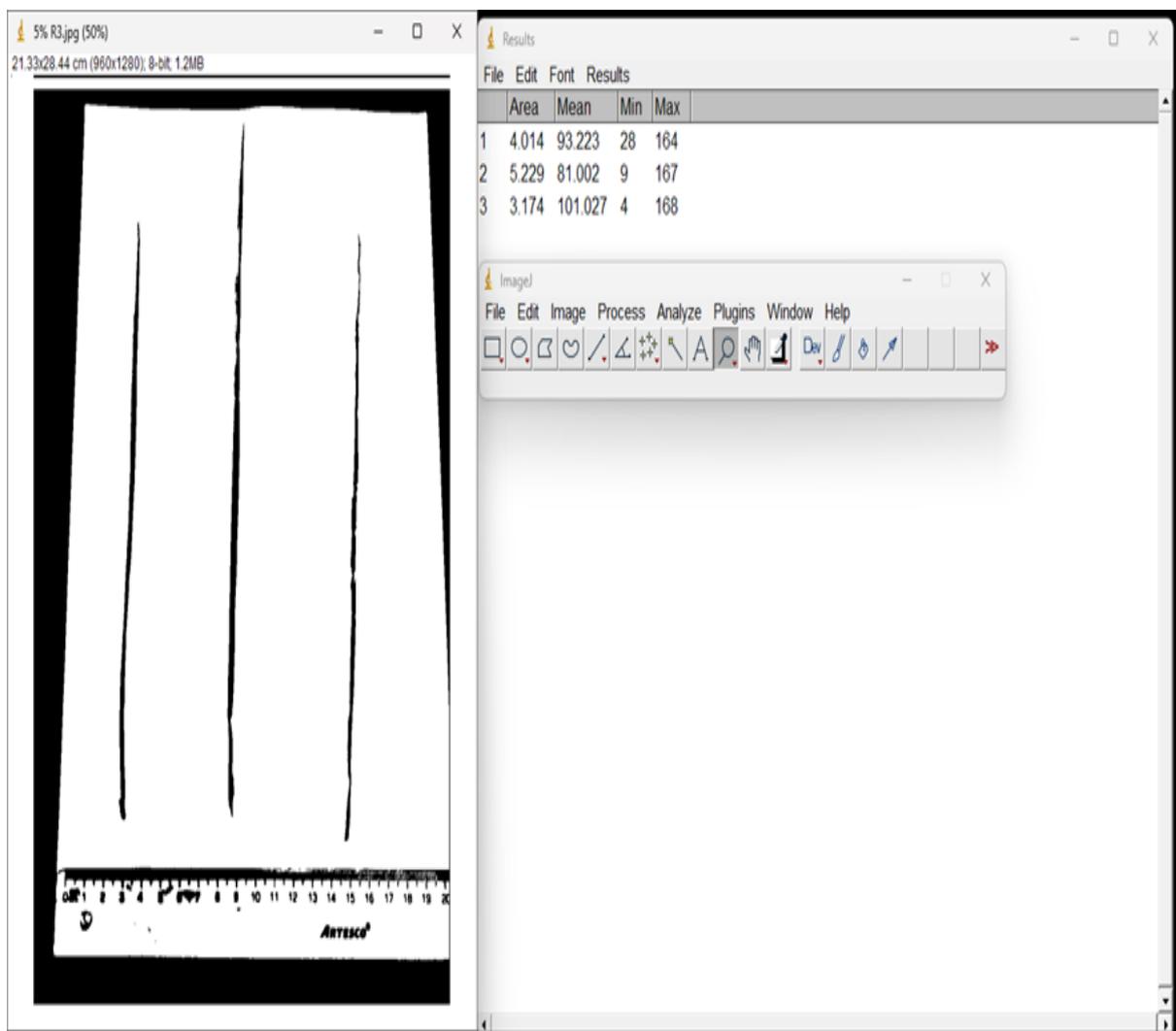


Figura 31: Área foliar mediante el programa IMAGE J

Anexo 27. Identificación bioquímica de la cepa bacteriana MT-13

Universidad César Vallejo

Informe de examen

Cliente de bioMérieux: 1

Equipo N°: 1

Editado por: Labadmin

Aislamiento: MT 13SF-1 (Aprobado)

Tipo de tarjeta: GN Código de barras: 2412204403046146 Prueba de instrumento: 000019E2017E (VK2C-18806)

Técnico de preparación: Laboratory Administrator(Labadmin)

Bionúmero: 4627734543572010

Cantidad de organismo:

Organismo seleccionado: Lelliottia amnigena 2

Comentarios:	

Patrón McFarland: 0.55 (0.50 - 0.63)

Información de identificación	Tarjeta: GN	N° de lote: 2412204403	Fecha caduc.: 09-dic-2023 12:00 COT
	Estado: Final	Tiempo de análisis: 4,83 horas	Finalizado: 29-mar-2023 20:59 COT
Origen del organismo	VITEK 2		
Organismo seleccionado	99% Probabilidad Lelliottia amnigena 2 Bionúmero: 4627734543572010 Nivel de confianza: Identificación excelente		
Organismos de análisis y pruebas a separar:			
Mensajes análisis:			
Perfil(es) típico(s) contraindicante(s)			

Detalles bioquímicos																	
2	APPA	-	3	ADO	-	4	PyrA	+	5	IARL	-	7	dCEL	+	9	BGAL	+
10	H2S	-	11	BNAG	+	12	AGLTp	-	13	dGLU	+	14	GGT	+	15	OFF	+
17	BGLU	+	18	dMAL	+	19	dMAN	+	20	dMNE	+	21	BXYL	+	22	BAlap	-
23	ProA	-	26	LIP	-	27	PLE	+	29	TyrA	+	31	URE	-	32	dSOR	+
33	SAC	-	34	dTAG	-	35	dTRE	+	36	CIT	+	37	MNT	+	39	5KG	-
40	ILATk	+	41	AGLU	-	42	SUCT	+	43	NAGA	+	44	AGAL	+	45	PHOS	+
46	GlyA	-	47	ODC	+	48	LDC	-	53	IHISa	-	56	CMT	-	57	BGUR	-
58	O129R	+	59	GGAA	-	61	IMLTa	-	62	ELLM	-	64	ILATa	-			

Anexo 28. Identificación bioquímica de la cepa bacteriana MT-8

Universidad César Vallejo
Informe de examen

Elaborado por: Labadmin

Ciente de bioMérieux: 1
Equipo N°: 1
Aislamiento: CCP-1 (Aprobado)
Tipo de tarjeta: GN Código de barras: 2412204403046151 Prueba de instrumento: 0000191.2017E (VK2C-18R06)
Técnico de preparación: Laboratory Administrator(Labadmin)

Bionúmero: 4625730551130010
Cantidad de organismo: **Organismo seleccionado: Pantoea spp**

Comentarios:

Patrón McFarland: 0.55 (0.50 - 0.63)

Información de identificación	Tarjeta: GN	N° de lote: 2412204403	Fecha endue.: 09-dic-2023 12:00 (C3)
	Estado: Final	Tiempo de análisis: 5,82 horas	Finalizado: 30-mar-2023 19:36 (C3)
Origen del organismo	VITEK 2		
Organismo seleccionado	97% Probabilidad Pantoea spp Bionúmero: 4625730551130010 Nivel de confianza: Identificación excelente		
Organismos de análisis y pruebas a separar:			
Mensajes análisis:			
Perfil(es) típico(s) contraindicante(s)			

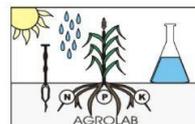
Detalles bioquímicos

2	APPA	-	3	ADO	-	4	PyrA	+	5	IARL	-	7	dCEL	+	9	BCAL	-
10	H2S	-	11	BNAG	+	12	AGLTp	-	13	dGLU	+	14	GGT	-	15	COFF	-
17	BGLU	+	18	dMAL	+	19	dMAN	+	20	dMNE	+	21	BXYL	+	22	BAIap	-
23	ProA	-	26	LIP	-	27	PLE	-	29	TyrA	+	31	URE	-	32	dNOR	-
33	SAC	+	34	dTAG	-	35	dTRE	+	36	CIT	+	37	MNT	-	39	5KG	-
40	ILATk	+	41	AGLU	-	42	SUCT	-	43	NAGA	+	44	AGAL	+	45	PIH5	-
46	GlyA	-	47	ODC	-	48	LDC	-	53	IHISa	-	56	CMI	-	57	BCl.R	-
58	O129R	+	59	GGAA	-	61	IMLTa	-	62	ELLM	-	64	ILATa	-			

Anexo 29. Análisis de fertilidad del suelo

AGROLAB

Los análisis de suelos son la base de una buena fertilización,
y de una alta producción



Remitente : Renzo Enriquez León
Lugar : Otuzco
Fecha de Recepción: 01 / Junio / 2023
Fecha de Análisis : 04 / Junio / 2023

ANÁLISIS DE FERTILIDAD DEL SUELO

MUESTRA	INÓCULO	M.O. %	P ppm	K ppm	pH 1:1	% SATURAC.	CE _{ES} mS/cm (Estimado)	CaCO ₃ %
1	Control	1.62	72.77	709.85	6.25	27.0	3.942	2.10
2	al 5% R - 1	1.61	99.94	720.91	6.47	28.0	7.980	2.35
3	al 5% R - 2	1.59	92.12	709.85	6.38	28.0	8.088	2.40
4	al 5% R - 3	1.62	107.75	731.97	6.56	27.0	7.872	2.30
5	al 10% R - 1	1.54	85.54	674.45	6.45	27.0	10.397	2.30
6	al 10% R - 2	1.85	114.49	559.42	6.59	29.0	9.261	2.50
7	al 10% R - 3	1.70	90.02	616.94	6.52	28.0	9.829	2.40
8	al 15% R - 1	1.56	107.00	698.79	6.60	28.0	12.079	2.60
9	al 15% R - 2	1.59	106.88	715.38	6.62	29.0	12.158	2.80
10	al 15% R - 3	1.62	106.75	731.97	6.60	30.0	12.237	3.00

Ing. M. Sc. Sergio Valdivia Vega
EXPERTO EN SUELOS

Anexo 30. Validación de instrumentos

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO N° 1

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Cabanillas Chirinos Luis Alberto
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Instituto de Investigación UCV
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Calidad y Gestión de los Recursos Naturales
- 1.4. Nombre del instrumento: Ficha de investigación
- 1.5. Autores de Instrumento: De la Cruz Mantilla Jeffrey Manuel - Enriquez León Renzo Martín

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE			MÍNIMAMENTE ACEPTABLE				ACEPTABLE			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje comprensible.											X
2. OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos.											X
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.									X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.									X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X
6. INTENCIONALIDAD	Está adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.									X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.									X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde a una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:


Firma del especialista

96

Trujillo, 27 de abril del 2023

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO N° 2

V. DATOS GENERALES

- 1.6. Apellidos y Nombres: Cabanillas Chirinos Luis Alberto
- 1.7. Cargo e institución donde labora: Instituto de Investigación UCV
- 1.8. Especialidad o línea de investigación: Calidad y Gestión de los Recursos Naturales
- 1.9. Nombre del instrumento: Ficha de investigación
- 1.10. Autores de Instrumento: De la Cruz Mantilla Jeffrey Manuel - Enriquez León Renzo Martín

VI. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE			MÍNIMAMENTE ACEPTABLE				ACEPTABLE		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje comprensible.										X
2. OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos.										X
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.								X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X
6. INTENCIONALIDAD	Está adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde a una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.								X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.								X		

VII. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

VIII. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

97


Firma del especialista

Trujillo, 27 de abril del 2023

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO N° 3

IX. DATOS GENERALES

- 1.11. Apellidos y Nombres: Cabanillas Chirinos Luis Alberto
- 1.12. Cargo e institución donde labora: Instituto de Investigación UCV
- 1.13. Especialidad o línea de investigación: Calidad y Gestión de los Recursos Naturales
- 1.14. Nombre del instrumento: Ficha de investigación
- 1.15. Autores de Instrumento: De la Cruz Mantilla Jeffrey Manuel - Enriquez León Renzo Martín

X. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE			MINIMAMENTE ACEPTABLE				ACEPTABLE		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje comprensible.									X	
2. OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos.										X
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales									X	
6. INTENCIONALIDAD	Está adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde a una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X

XI. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

X

XII. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

98


Firma del especialista

Trujillo, 27 de abril del 2023

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO N° 4**XIII. DATOS GENERALES**

- 1.16. Apellidos y Nombres: Cabanillas Chirinos Luis Alberto
 1.17. Cargo e institución donde labora: Instituto de Investigación UCV
 1.18. Especialidad o línea de investigación: Calidad y Gestión de los Recursos Naturales
 1.19. Nombre del instrumento: Ficha de investigación
 1.20. Autores de instrumento: De la Cruz Mantilla Jeffrey Manuel - Enriquez León Renzo Martín

XIV. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE			MINIMAMENTE ACEPTABLE				ACEPTABLE		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje comprensible.										X
2. OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos.									X	
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.										X
6. INTENCIONALIDAD	Está adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.									X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde a una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.									X	

XV. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

X

XVI. PROMEDIO DE VALORACIÓN:


 Firma del especialista

97

Trujillo, 27 de abril del 2023

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO N° 1**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres: Rojas Villacorta Waller Andres
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente Renacyt / Universidad cesar Vallejo
- 1.3. Especialidad o línea de Investigación: Calidad y Gestión de los Recursos Naturales
- 1.4. Nombre del instrumento: Ficha de investigación
- 1.5. Autores de Instrumento: De la Cruz Mantilla Jeffrey Manuel - Enriquez León Renzo Martín

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE			MINIMAMENTE ACEPTABLE				ACEPTABLE		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje comprensible.									x	
2. OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos.									x	
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.									x	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										x
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										x
6. INTENCIONALIDAD	Está adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.									x	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.									x	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.									x	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde a una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.									x	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										x

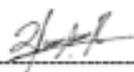
III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

x

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

93



 Firma del especialista

Trujillo, 06 de abril del 2023

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO N° 2**V. DATOS GENERALES**

- 1.6. Apellidos y Nombres: Rojas Villacorta Walter Andres
 1.7. Cargo e institución donde labora: Docente Renacyt / Universidad cesar Vallejo
 1.8. Especialidad o línea de investigación: Calidad y Gestión de los Recursos Naturales
 1.9. Nombre del instrumento: Ficha de investigación
 1.10. Autores de Instrumento: De la Cruz Mantilla Jeffrey Manuel - Enriquez León Renzo Martin

VI. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE			MINIMAMENTE ACEPTABLE				ACEPTABLE		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje comprensible.								X		
2. OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos.									X	
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.									X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales									X	
6. INTENCIONALIDAD	Está adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.									X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.									X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.									X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde a una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.									X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.								X		

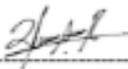
VII. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

sí

VIII. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

89



 Firma del especialista

Trujillo, 06 de abril del 2023

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO N° 3**IX. DATOS GENERALES**

- 1.11. Apellidos y Nombres: Rojas Villacorta Walter Andres
 1.12. Cargo e institución donde labora: Docente Renacyt / Universidad cesar Vallejo
 1.13. Especialidad o línea de investigación: Calidad y Gestión de los Recursos Naturales
 1.14. Nombre del instrumento: Ficha de investigación
 1.15. Autores de Instrumento: De la Cruz Mantilla Jeffrey Manuel - Enriquez León Renzo Martín

X. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE			MÍNIMAMENTE ACEPTABLE				ACEPTABLE		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje comprensible.									X	
2. OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos.									X	
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.									X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales									X	
6. INTENCIONALIDAD	Está adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.									X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.									X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.									X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde a una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.									X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.									x	

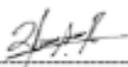
XI. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
 - El instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

XII. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

91



 Firma del especialista

Trujillo, 06 de abril del 2023

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO N° 4**XIII. DATOS GENERALES**

- 1.16. Apellidos y Nombres: Rojas Villacorta Walter Andres
 1.17. Cargo e institución donde labora: Docente Renacyt / Universidad cesar Vallejo
 1.18. Especialidad o línea de investigación: Calidad y Gestión de los Recursos Naturales
 1.19. Nombre del instrumento: Ficha de investigación
 1.20. Autores de Instrumento: De la Cruz Mantilla Jeffrey Manuel - Enriquez León Renzo Martín

XIV. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE			MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje comprensible.									x	
2. OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos.									x	
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.									x	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.									x	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales									x	
6. INTENCIONALIDAD	Está adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.								x		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.									x	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.								x		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde a una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.									x	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.									x	

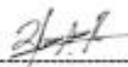
XV. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
 - El instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si

XVI. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

88



 Firma del especialista

Trujillo, 06 de abril del 2023

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO N° 1

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Valderrama Urbina Ivan Arnaldo
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Encargado del área de Estudio de Impacto Ambiental
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Calidad y Gestión de los Recursos Naturales
- 1.4. Nombre del instrumento: Ficha de investigación
- 1.5. Autores de Instrumento: De la Cruz Mantilla Jeffrey Manuel - Enriquez León Renzo Martín

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE			MÍNIMAMENTE ACEPTABLE				ACEPTABLE		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje comprensible.										X
2. OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos.									X	
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.									X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales									X	
6. INTENCIONALIDAD	Está adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde a una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.									X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

96


IVAN ARNALDO JOSEPH VALDERRAMA URBINA
Ingeniero Ambiental
Cep N° 262023

Trujillo, 20 de mayo del 2023

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO N° 2

V. DATOS GENERALES

- 1.6. Apellidos y Nombres: Valderrama Urbina Ivan Arnaldo
 1.7. Cargo e institución donde labora: Encargado del área de EIA- consultora ambiental
 1.8. Especialidad o línea de investigación: Calidad y Gestión de los Recursos Naturales
 1.9. Nombre del instrumento: Ficha de investigación
 1.10. Autores de Instrumento: De la Cruz Mantilla Jeffrey Manuel - Enriquez León Renzo Martín

VI. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE			MÍNIMAMENTE ACEPTABLE				ACEPTABLE		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje comprensible.									X	
2. OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos.									X	X
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X
6. INTENCIONALIDAD	Está adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.									X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.									X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde a una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X

VII. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

VIII. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

96

Trujillo, 20 de mayo del 2023



IVAN ARNALDO JOSEPH
 VALDERRAMA URBINA
 Ingeniero Ambiental
 CIP N° 262033

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO N° 3**IX. DATOS GENERALES**

- 1.11. Apellidos y Nombres: Valderrama Urbina Ivan Arnaldo
 1.12. Cargo e institución donde labora: Encargado del área de EIA- consultora ambiental
 1.13. Especialidad o línea de investigación: Calidad y Gestión de los Recursos Naturales
 1.14. Nombre del instrumento: Ficha de investigación
 1.15. Autores de Instrumento: De la Cruz Mantilla Jeffrey Manuel - Enriquez León Renzo Martín

X. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE			MÍNIMAMENTE ACEPTABLE				ACEPTABLE		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje comprensible.									X	
2. OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos.										X
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X
6. INTENCIONALIDAD	Está adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.									X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.									X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.									X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde a una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X

XI. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

XII. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

96

Trujillo, 20 de mayo del 2023



**IVAN ARNALDO JOSEPH
VALDERRAMA URBINA**
Ingeniero Ambiental
CIP N° 262033

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO N° 4**XIII. DATOS GENERALES**

- 1.16. Apellidos y Nombres: Valderrama Urbina Ivan Arnaldo
 1.17. Cargo e institución donde labora: Encargado del área de EIA- consultora ambiental
 1.18. Especialidad o línea de investigación: Calidad y Gestión de los Recursos Naturales
 1.19. Nombre del instrumento: Ficha de investigación
 1.20. Autores de Instrumento: De la Cruz Mantilla Jeffrey Manuel - Enriquez León Renzo Martín

XIV. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE			MINIMAMENTE ACEPTABLE				ACEPTABLE		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje comprensible.									X	
2. OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos.									X	
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.									X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.									X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X
6. INTENCIONALIDAD	Está adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde a una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.									X	

XV. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

XVI. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

95

Trujillo, 20 de mayo del 2023



IVAN ARNALDO JOSEPH
 VALDEERRAMA URBINA
 Ingeniero Ambiental
 CEP N° 262033

Anexo 31. Resultado de correlación con una inoculación de BSP al 15%

	P_ppm	Altura_cm	Af_cm2	BioAF_g	BioAS_g	BioRF_g	BioRS_g	Dia_mm
P_ppm	1	0.68	0.81	0.68	0.68	0.68	0.68	0.71
Altura_cm	-0.48	1	0.5	0	3.60E-07	2.80E-07	1.90E-03	0.02
Af_cm2	0.29	0.7	1	0.5	0.5	0.5	0.51	0.48
BioAF_g	-0.48	1	0.7	1	4.90E-08	1.80E-07	1.90E-03	0.02
BioAS_g	-0.48	1	0.7	1	1	0	1.90E-03	0.02
BioRF_g	-0.48	1	0.7	1	1	1	1.90E-03	0.02
BioRS_g	-0.48	1	0.7	1	1	1	1	0.03
Dia_mm	0.45	-1	-0.73	-1	-1	-1	-1	1

Anexo 32. Resultado de correlación con una inoculación de BSP al 5%

	P_ppm	Altura_cm	Af_cm2	BioAF_g	BioAS_g	BioRF_g	BioRS_g	Dia_mm
P_ppm	1	0.98	0.89	0.19	0.78	0.1	0.59	0.76
Altura_cm	0.03	1	0.13	0.79	0.24	0.92	0.43	0.22
Af_cm2	0.17	-0.98	1	0.92	0.11	0.79	0.3	0.35
BioAF_g	-0.95	-0.33	0.13	1	0.97	0.29	0.79	0.56
BioAS_g	-0.34	0.93	-0.99	0.04	1	0.68	0.19	0.46
BioRF_g	-0.99	0.12	-0.32	0.9	0.48	1	0.49	0.86
BioRS_g	0.6	-0.78	0.89	-0.33	-0.96	-0.72	1	0.65
Dia_mm	0.37	0.94	-0.85	-0.63	0.75	-0.22	-0.52	1

Anexo 33. Resultado de correlación con sin inoculación de BSP

	P_ppm	Altura_cm	Af_cm2	BioAF_g	BioAS_g	BioRF_g	BioRS_g	Dia_mm
P_ppm	1	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd
Altura_cm	sd	1	0.98	0.93	8.30E-08	0.21	0	0.02
Af_cm2	sd	-0.03	1	0.08	0.98	0.77	0.98	0.99
BioAF_g	sd	-0.1	-0.99	1	0.93	0.85	0.93	0.91
BioAS_g	sd	1	-0.03	-0.1	1	0.21	2.10E-07	0.02
BioRF_g	sd	-0.94	0.35	-0.23	-0.94	1	0.21	0.24
BioRS_g	sd	1	-0.03	-0.1	1	-0.94	1	0.02
Dia_mm	sd	1	0.01	-0.14	1	-0.93	1	1