



Universidad César Vallejo

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL

**Rizhobacterias para la mejora de suelos con baja fertilidad y su
efecto en el crecimiento de la alfalfa (Medicago sativa) Puno
2021**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniera Ambiental

AUTORA:

Garavito Checalla, Elisa Candida (ORCID: 0000-0003-1078-8578)

ASESOR:

MSc. Quijano Pacheco, Wilber Samuel (ORCID: 0000 – 0001 – 7889 – 7928)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y gestión de los recursos naturales

LIMA — PERÚ

2022

DEDICATORIA

A mi esposo por ser mi amigo y compañero
y por brindarme su apoyo incondicional día
a día.

AGRADECIMIENTO

A mis padres Clemente y Irene por el apoyo incondicional durante toda mi formación académica y en mi vida diaria.

Al MSc. Wilber Samuel Quijano Pacheco, por su apoyo, paciencia, enseñanza y por darme la motivación para concluir con este proyecto.

A la Universidad César Vallejo por darnos la oportunidad de titularnos en vuestra institución.

A las personas que intervinieron en la ejecución de esta investigación, brindando siempre su apoyo, paciencia y sus saberes para el éxito de este proyecto.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA	i
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS.....	v
ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS.....	vii
RESUMEN.....	viii
ABSTRACT	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	5
III. METODOLOGÍA	20
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	20
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	21
3.5. Procedimientos	21
3.6. Método de análisis de datos	27
3.7. Aspectos éticos	27
IV. RESULTADOS.....	28
V. DISCUSIÓN	59
VI. CONCLUSIONES	62
VII. RECOMENDACIONES.....	63
REFERENCIAS.....	64
ANEXOS	70

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. RCPV, consecuencias y cultivos donde se han evaluado.	12
Tabla 2. Descripción de las fases fenológicas de la alfalfa (<i>Medicago sativa</i>)	17
Tabla 3. Análisis de caracterización del suelo degradado, tomado del centro poblado de Alto Patacollo- Zepita.	28
Tabla 4. Resumen de los resultados promedio de las propiedades edáficas del suelo degradado después de la aplicación de rizobacterias en el <i>medicago sativa</i> (alfalfa).	29
Tabla 5. PH del suelo inoculado con rizobacterias.	30
Tabla 6. Análisis de varianza para el pH del suelo.	31
Tabla 7. Prueba de contraste de Tukey para el pH del suelo.	31
Tabla 8. Materia orgánica del suelo inoculado con rizobacterias.	32
Tabla 9. Análisis de varianza para la Materia orgánica (M.O.) del suelo	33
Tabla 10. Prueba de contraste de Tukey para la Materia orgánica (M.O.) del suelo	33
Tabla 11. Nitrógeno del suelo inoculado con rizobacterias.	34
Tabla 12. Análisis de varianza para el Nitrógeno (N) del suelo	35
Tabla 13. Prueba de contraste de Tukey para el nitrógeno (N) del suelo.	35
Tabla 14. Conductividad eléctrica del suelo inoculadas con rizobacterias.	37
Tabla 15. Análisis de varianza para la Conductividad eléctrica (C.E.).....	37
Tabla 16. Prueba de contraste de Tukey para la Conductividad eléctrica (C.E.)..	38
Tabla 17. Fósforo del suelo inoculado con rizobacterias.....	39
Tabla 18. Análisis de varianza para el Fósforo (P) del suelo.....	39
Tabla 19. Prueba de contraste de Tukey para el Fósforo (P) del suelo.....	40
Tabla 20. Potasio del suelo inoculado con rizobacterias.....	41
Tabla 21. Análisis de varianza para el Potasio (K) del suelo.....	42
Tabla 22. Prueba de contraste de Tukey para el Potasio (K) del suelo.....	42
Tabla 23. Calcio del suelo inoculadas con rizobacterias.	43
Tabla 24. Análisis de varianza para el Calcio (Ca) del suelo.....	44
Tabla 25. Prueba de contraste de Tukey para el Calcio (Ca) del suelo.....	44
Tabla 26. Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) del suelo	45

Tabla 27. Análisis de varianza para la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)	46
Tabla 28. Prueba de contraste de Tukey para la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC).....	46
Tabla 29. Resumen de los resultados promedio del crecimiento de la plántula de <i>medicago sativa</i> (alfalfa).....	48
Tabla 30. Longitudes de tallos (cm) de plántulas del <i>medicago sativa</i>	49
Tabla 31. Análisis de varianza para longitud del tallo del <i>medicago sativa</i>	49
Tabla 32. Grosor de tallos (cm) del <i>medicago sativa</i>	51
Tabla 33. Análisis de varianza para grosor del tallo del <i>medicago sativa</i>	51
Tabla 34. Longitudes de raíces (cm) del <i>medicago sativa</i>	52
Tabla 35. Análisis de varianza para la longitud de raíces del <i>medicago sativa</i>	53
Tabla 36. Cantidad de hojas del <i>medicago sativa</i>	54
Tabla 37. Análisis de varianza para la cantidad de hojas del <i>medicago sativa</i>	55
Tabla 38. Prueba de contraste de Tukey para la cantidad de hojas del <i>medicago sativa</i>	55
Tabla 39. Pesos totales (g) de las plántulas del <i>medicago sativa</i>	56
Tabla 40. Análisis de varianza para el peso total de las plántulas del <i>medicago sativa</i>	57
Tabla 41. Prueba de contraste de Tukey para el peso de las plántulas del <i>medicago sativa</i>	57

ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS

Figura 1. Componentes de acción de las Rizobacterias Promotoras del Crecimiento vegetal (PGPR).	10
Figura 2. Fases fenológicas de la alfalfa (<i>Medicago sativa</i>)	17
Figura 3. Croquis de muestreo en zig zag de los suelos degradados por baja fertilidad, en el centro poblado de Alto Patacollo- Zepita.	21
Figura 4. Ubicación satelital del distrito de Zepita, provincia de Chucuito - Juli ...	22
Figura 5. Ubicación satelital del centro poblado de Alto Patacollo- Zepita.	22
Figura 6. Inóculo de Rizobacterias adquiridas.	23
Figura 7. Especificaciones de inóculo de rizobacterias adquiridas.	24
Figura 8. Distribución de unidades experimentales	25
Figura 9. Efecto del tratamiento sobre el pH del suelo.	32
Figura 10. Efecto del tratamiento sobre la materia orgánica (M.O.) del suelo.....	34
Figura 11. Efecto del tratamiento sobre el Nitrógeno (N) del suelo.....	36
Figura 12. Efecto del tratamiento sobre la Conductividad eléctrica (C.E.)	38
Figura 13. Efecto del tratamiento sobre el Fósforo (P) del suelo.	40
Figura 14. Efecto del tratamiento sobre el Potasio (K) del suelo.	43
Figura 15. Efecto del tratamiento sobre la Calcio (Ca) del suelo.	45
Figura 16. Efecto del tratamiento sobre la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC).	47
Figura 17. Efecto del tratamiento sobre la longitud del tallo del <i>medicago sativa</i>	50
Figura 18. Efecto del tratamiento sobre el grosor del tallo del <i>medicago sativa</i> ...	52
Figura 19. Efecto del tratamiento sobre la longitud de raíces del <i>medicago sativa</i>	53
Figura 20. Efecto del tratamiento sobre la cantidad de hojas del <i>medicago sativa</i>	56
Figura 21. Efecto del tratamiento sobre el peso total de las plántulas del <i>medicago sativa</i>	58

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar las rizhobacterias para la mejora de suelos degradados con baja fertilidad y su efecto en el crecimiento del *Medicago sativa*. Es aplicada y experimental, para el cual se tuvo 12 unidades experimentales (maceteros de alfalfa) con 4 tratamientos: T1 o control (posee 0 ml de inóculo de rizhobacterias), T2 (posee 10 ml de inóculo de rizhobacterias), T3 (con 15 ml de inóculo de rizhobacterias) y T4 (con 20 ml de inóculo de rizhobacterias); cada una con tres repeticiones y se planteó bajo el diseño completamente al azar. Los resultados de las cantidades óptimas de inóculo de rizhobacterias fueron el T4 y T3 tanto en las propiedades edáficas del suelo como en el desarrollo vegetativo del *Medicago sativa* (alfalfa). En cuanto a las propiedades edáficas del suelo degradado los tratamientos T4, T3 y T2 mostró que existe significancia ($P < 0.05$) y el tratamiento T4 fue el mejor; en el crecimiento del *Medicago sativa* se encontró que existe diferencia significativa y que el mejor tratamiento fue T4 para el peso total de la plántula y la cantidad de hojas, en cambio para la longitud de tallo, raíz y grosor del tallo no existe significancia ($P > 0.05$) y el tratamiento T4 y T3 tuvieron los mejores resultados.

Palabras clave: rizhobacterias, suelos degradados, fertilidad, *medicago sativa*

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate rhizobacteria for the improvement of degraded soils with low fertility and their effect on the growth of *Medicago sativa*. It is applied and experimental, for which there were 12 experimental units (alfalfa pots) with 4 treatments: T1 or control (it has 0 ml of rhizobacteria inoculum), T2 (it has 10 ml of rhizobacteria inoculum), T3 (with 15 ml of rhizobacteria inoculum) and T4 (with 20 ml of rhizobacteria inoculum); each one with three repetitions and it was raised under the completely randomized design. The results of the optimal amounts of rhizobacteria inoculum were T4 and T3 both in the edaphic properties of the soil and in the vegetative development of *Medicago sativa* (alfalfa). Regarding the edaphic properties of the degraded soil, treatments T4, T3 and T2 showed that there is significance ($P < 0.05$) and treatment T4 was the best; in the growth of *Medicago sativa* it was found that there is a significant difference and that the best treatment was T4 for the total weight of the seedling and the number of leaves, while for the length of the stem, root and stem thickness there is no significance ($P > 0.05$) and treatment T4 and T3 had the best results.

Keywords: rhizobacteria, degraded soils, fertility, *medicago sativa*

I. INTRODUCCIÓN

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, nos muestra que, la tercera parte de los suelos del nuestro planeta se encuentran en un estado regular y crecidamente degradados a causa de la erosión, la extenuación de los nutrientes y la acidificación (FAO, 2016).

En la actualidad a nivel mundial nos enfrentamos a una mayor sobrepoblación y esto genera una alta demanda en la mayoría de productos, así mismo exige y se evidencia la aplicación de fertilizantes nitrogenados a los productos, los cuales provocan impactos negativos en el medio ambiente originando daños irremediables y potencialmente peligrosa para el ser humano (Vejan et al., 2016). En cuanto a la demanda antes mencionada, (FAO, 2016) estimó que en el 2018 hubo un gasto total de $200,5 \times 10^6$ toneladas de nitrógeno (N), Fósforo asimilable (P_2O_5) y Potasio soluble (K_2O). La Asamblea General de las Naciones Unidas enunció recientemente la próxima década, la Década de la Restauración de Ecosistemas, con el propósito de promover la restauración de ecosistemas degradados, abordar la crisis climática y optimizar la seguridad alimentaria, el abastecimiento de agua y la biodiversidad (ONU, 2019).

Mejorar la productividad del suelo, es una de las tácticas usualmente manipuladas, para aumentar, la producción agrícola. Sin embargo, con el tiempo ha quedado claro que la utilización de fertilizantes sintéticos no es un remedio esperado, porque del todos los fertilizantes utilizados, solo el 10 al 40 % es para los cultivos (Bhardwaj et al., 2014) y además por la infertilidad del suelo en muchos sistemas acelerados, exige a los trabajadores a acrecentar el uso de fertilizantes para el sostenimiento de su producción, sin importantes los mayores costos (producción) e impacto ambiental que ocasionan (Cotler et al., 2016). Por ello, la tecnología actual debe enfocarse a amparar y salvaguardar la sostenibilidad de los sistemas productivos a través del aprovechamiento razonado de nuestros recursos naturales y aplicando medidas apropiadas para la conservación (O. A. Grageda et al., 2012). De tal forma, que el manejo de microorganismos que tienen propiedades biofertilizantes es su una tecnología y práctica innovadora promisorias para la agricultura (S. Sánchez et al., 2011).

En el Perú, la ganadería productora de leche está agrupada en la región sierra con el 73.2% de la población vacuna nacional y Puno presentó 128 646 unidades agropecuarias que crían vacunos, de los cuales el 51.88% presentaron vacunos lecheros; sin embargo, existe un avance en cuanto al manejo eficiente del ganado, principalmente en el cultivo de alfalfa Dormante, variedad que se sobrepone al invierno hasta alturas de 4200 msnm (Yaipén, 2012); pero según las estadísticas manejadas por el Ministerio de Agricultura y Riego del Perú, entre los productos agrícolas que disminuyeron su producción entre enero y abril del año 2016, se encuentran la alfalfa (-8%) y la quinua (-27%) (MINAGRI, 2016).

En la sierra del Perú, al menos el 60% de las tierras agrícolas se encuentran afectadas por procesos de erosión, por ausencia de técnicas de manejo de la cobertura vegetal en las laderas de las montañas (MINAGRI, 2016). Lo dicho anteriormente, hace evidente que existe problemas con la degradación de suelos, lo cual motiva a los investigadores a proponer alternativas de solución. De manera concreta, una vía prometedora para dominar el uso de fertilizantes sintetizados en la producción agrícola, es el uso de rizhobacterias a modo de biofertilizante, ya que son una elección amigable para el suelo y el medio ambiente; estos microorganismos, poseen la facultad de ingresar vivamente al sistema radicular, para incrementar y optimizar su desarrollo y productividad (Berendsen et al., 2012).

En la localidad de Zepita (Puno) se encuentran suelos degradados con baja fertilidad, debido a la textura arenosa del suelo en la zona de estudio, a la erosión por inclemencias, malas prácticas agrícolas y por estos motivos se estudió las características de las bacterias simbióticas que ayudan a mejorar este problema, a consecuencia de lo mencionado anteriormente es que se formuló el siguiente problema general: ¿Cómo son las rizhobacterias para la mejora de suelos degradados con baja fertilidad y su efecto en el crecimiento del *medicago sativa*, Puno 2022? Y los problemas específicos fueron; ¿Cuáles son las cantidades de inoculo de rizhobacterias para mejorar los suelos degradados con baja fertilidad y su efecto en el crecimiento del *medicago sativa*?, ¿Cuáles son las propiedades edáficas del suelo degradado con la aplicación de rizhobacterias para mejorar la fertilidad y su efecto en el crecimiento del *medicago sativa*? Y ¿Cómo es el

crecimiento del *medicago sativa* con la aplicación de las rizhobacterias en la mejora de suelos degradados con baja fertilidad?

La presente investigación se justifica teóricamente porque se buscará información relevante de los microorganismos con potencial biofertilizante como los rizobios los cuales tienen diferentes formas de accionar para dividir estos compuestos y así alcanzar con las exigencias de las plantas. Desde un punto de vista técnico, esta investigación busca una óptima aplicación y se percibirá el efecto que tienen las rizhobacterias en el crecimiento de la alfalfa. Desde el punto de vista ambiental se quiere utilizar estos microorganismos como una alternativa de fertilizante orgánico, amigable con el medio ambiente sobre todo recuperar suelos degradados; ya que estos microorganismos son favorecedores del suelo y alcanzan iniciar el desarrollo de las plantas. Así mismo la investigación se justifica socialmente porque se logrará mejorar los suelos y con ello mejorará la agricultura, ganadería y aumentará los ingresos económicos de las poblaciones. Desde un punto de vista económico, se propone mejorar la obtención en los cultivos y plantas y genera ingresos a la población, además que aminorará gastos para la remediación de sus suelos y de esta manera permitirá mayor productividad en menor tiempo.

En tal sentido, se planteó el siguiente objetivo general: Evaluar las rizhobacterias para la mejora de suelos degradados con baja fertilidad y su efecto en el crecimiento del *medicago sativa*, Puno 2022. Para el cumplimiento de este propósito se planteó los siguientes objetivos específicos: Determinar las cantidades óptimas de inóculo de rizhobacterias para mejorar los suelos degradados con baja fertilidad y su efecto en el crecimiento del *medicago sativa*; determinar las propiedades edáficas del suelo degradado con la aplicación de rizhobacterias para mejorar la fertilidad y su efecto en el crecimiento del *medicago sativa* y determinar el crecimiento del *medicago sativa* con la aplicación de las rizhobacterias en la mejora de suelos degradados con baja fertilidad.

Así mismo se planteó la siguiente hipótesis general: La aplicación de rizhobacterias mejorará los suelos degradados con baja fertilidad y su efecto en el crecimiento del *medicago sativa*, Puno 2022. Y se planteó las siguientes hipótesis específicas; la cantidad de 20 ml de inóculo de rizhobacterias mejora los suelos degradados con baja fertilidad y su efecto en el crecimiento del *medicago sativa*; las propiedades

edáficas del suelo degradado con la aplicación de rizobacterias mejora la fertilidad y su efecto en el crecimiento del medicago sativa y, el crecimiento del medicago sativa con la aplicación de las rizobacterias mejora de suelos degradados con baja fertilidad.

II. MARCO TEÓRICO

(Rodríguez et al., 2021) caracterizaron los microorganismos presentes en suelos salinos, identificando seis bacterias mediante secuencias del gen 16S rRNA: *Azospirillum lipoferum*, *Bacillus megaterium*, *Burkholderia* sp. *Bacillus megaterium* y *Serratia marcescens*, expusieron solubilización de fosfato de calcio, elaboración de auxina y actividad opuesta in vitro contra *Fusarium oxysporum*. En el bio ensayo de invernadero, *B. megaterium* y *Burkholderia* sp. aumento del peso total fresco, de porciones aéreas y raíces, como también de la elevación de plantas de tomate. Las bacterias consiguen desarrollarse en suelos con concentraciones de sal, hasta 2 M de NaCl, por lo tanto, la aplicación en la obtención de cultivos en suelos con dificultades de salinidad podría llegar a ser muy importante.

(E. T. Sánchez et al., 2021) analizaron información sobre las experiencias de diferentes autores que realizaron estudios piloto para lograr mayores rendimientos de maíz a través del estudio de RPCV. Las rizobacterias son significativas para la agricultura, benefician a los cultivos a través de otros componentes, por ejemplo; solubiliza y moviliza minerales, formándolos más disponibles para su uso (mecanismo directo), o también puede inhibir el crecimiento de microorganismos perjudiciales (mecanismo indirecto), afectando positivamente el incremento de las plantas. Por ende, con esta intervención se obtienen mejores cosechas; aumentan la resistencia y los granos tienen mejor calidad nutricional.

(Viasus & Rodriguez, 2020) evaluaron la capacidad de las rizobacterias para estimular el crecimiento de plántulas de papa criolla (*Solanum phureja*). Se realizaron pruebas con 15 cepas de rizobacterias aisladas de plantas de papa del departamento Boyacá, inoculadas en papas criollas para determinar cuál de ellas promueve mejor el crecimiento, utilizando diferentes portadores: ceniza volante, talco, roca fosfórica, caolín y almidón de maíz. Además, se analizaron los posibles componentes que suscitan la mejora de las plantas. Los resultados mostraron que las 15 rizobacterias promovieron el crecimiento de las plantas, principalmente de los aislados (3, 4, 6 y 10), contribuyendo a la separación de fósforo, fijando el nitrógeno, produciendo subcelularmente en las plantas y la producción de ácido indolacético.

(Rodríguez Sahagún et al., 2020) en su revisión propusieron una aproximación a cuáles son los mecanismos que tienen las rizobacterias para optimizar el crecimiento vegetal, su aporte a la agronomía sustentable y la comercialización. Concluyeron que las rizobacterias son una alternativa a la biotecnología en la agricultura por su gran cantidad de componentes moleculares que ayudan a mejorar el rendimiento y la potencia de los cultivos. Igualmente, afirman que diversos estudios manifiestan que las rizobacterias optimizan directamente el incremento, la obtención y la energía de las vegetaciones; y así mismo indirectamente perturbar la evolución de patógenos vegetales, impulsar la inmunidad vegetal y mejorar las dificultades causados por el estrés abiótico.

(Quezada Geldres, 2019) evaluó las consecuencias de una inoculación de (PGPR) en la nodulación, conservación y obtención de material seco en alfalfa, bajo circunstancias de sequía. Las cepas compatibles en laboratorio fueron *Bacilo* sp. GN2 y GN8, *Pseudomonas* sp. LY50a y *Ensifer meliloti* AG06, luego fueron evaluadas sobre alfalfa "Alta Sierra Illapata" en campo. Obtuvo que no se registraron nódulos radiculares en 70 días debido a escenarios climatológicos desfavorables. En tanto al avance del desarrollo radicular, hubo un resultado positivo al inocular GN2 AG06, GN8 AG06 y el grupo bacteriano. La alfalfa inoculada con GN 2 AG06, GN8 AG06 y con complejo bacteriano al primer corte tuvo una altura inalterada y estuvo más disponible materia seca. La inoculación de con el PGPR reductor de ACC, GN08, consintió un mayor crecimiento de raíces, mayor ganancia en altura y mayor disponibilidad de materia seca.

(Paco Pérez & Guzmán Vega, 2019) recolectaron muestras de suelo rizosférico de la región andina de Bolivia de plantas de quinua durante los meses de octubre, enero y abril y fueron procesadas por método serial para evaluar el conteo microbiano total, cuantificación de actinomicetos y bacterias. y hongos y comparar su comportamiento. Los resultados mostraron que hubo una similitud en el aumento de la población durante tres meses, pero las bacterias se expresaron en la mayor cantidad, seguidas por los actinomicetos y finalmente los hongos. De acuerdo al tipo HE y estado morfológico de la quinua se demostró que existen efectos favorables para la proliferación de poblaciones microbianas, que facilitan el hábitat

de la biosfera radicular y la variación de la quinua, se da dependiendo de las características del suelo y su humedad, pH y temperatura.

(Miranda Zamora, 2019) evaluó 27 cepas de plantas endófitas altoandinas y seleccionó aquellas que producían ácido indolacético (IAA) a temperaturas descendidas y evaluó su importancia para la agricultura. Estas cepas han sido evaluadas por la facultad que poseen de promover la germinación in vitro a 6, 10, 15, 20 y 25°C y para el incremento in vitro de las semillas: "alfalfa", "maíz", "arroz", "trigo" y "corehuajay" en 15 y 20 °C. Evaluaron muestras testigo sin inoculantes en cuanto a tasa de germinación, dimensión de raíz, parte volátil y peso. En las condiciones de temperatura de 15 y 20 °C, las pepitas de maíz infectadas con las cepas CPc2B y VT2 B revelaron más desarrollo en las raíces a los 36 días; En alfalfa y trigo no hubo diferencia. En ensayos a 20 °C, las cepas CPc2B y VT2 B originaron el incremento del tallo y la biomasa seca de la alfalfa infectada. Como resultados muestran que los bacterias endofíticas evaluados VT2 B y CPc2B promueven la germinación, enraizamiento y desarrollo precoz de algunas semillas agrícolas.

(Pérez Portuondo et al., 2017) caracterizaron estimulantes del crecimiento vegetal en cepas aisladas de raíces de plantas cultivadas en suelo contaminado con compuestos fenólicos. Las plantas que crecen en el MAP fueron recolectadas en la Refinería Hermanos Díaz. Se determinó la fijación de nitrógeno y la solubilidad en fosfatos. Se aislaron 63 cepas bacterianas de semillas de rizoma de 4 plantas, 52 de las cuales mostraron propiedades estimulantes del crecimiento vegetal.

(Gonzales et al., 2019) evaluaron la consecuencia del biofertilizante *Azotobacter Rhizobium* en tarwi, para conseguir una opción a la fertilización artificial, cepas de *Rhizobium* sp y *Azotobacter* sp aisladas en laboratorio y en invernadero desde nódulos de arveja de la UNALM y tierras de cultivo. Luego de la elección, se enunciaron y emplearon a modo de bio fertilizantes microbianos en pepitas y plántulas de tarwi. Los resultados en condiciones de laboratorio expusieron que *Azotobacter* sp germinó 70° fue el mejor tratamiento, superior al control (agua) germinó 2°, la biomasa seca después de aplicar *Rhizobium* sp fue mayor que la del tratamiento con nitrato de potasio después de 20 días de experimento. En invernadero, *Azotobacter* sp dio mejores resultados en términos de longitud de raíz

y peso seco. Concluyeron que los biofertilizantes estudiados mostraron una buena promoción de la germinación y el crecimiento del tarwi, por lo que deben ser considerados como una gran aplicación potencial para cultivos importantes como alternativa a los fertilizantes químicos.

Hermoza Cusi, (2017) evaluó la consecuencia que tienen las rizobacterias granulares en el incremento de semillas de quinua en los géneros Salcedo INIA y Kcancolla, obteniendo como resultado que las semillas recubiertas con *Pseudomonas* sp. en las variedades de quinua Salcedo INIA y Kcancolla tienen la misma conducta. El tratamiento alcanzó la altura mayor de la plántula con 162,70 cm en la variedad salcedo INIA y 136,62 cm en la variedad kcancolla. Para la utilidad de grano, el T3 en quinua variedad Salcedo INIA poseyó mayor peso en la semilla con 3.633,33 kg/ha y 3.125,00 kg/ha en diversidad Kcancolla.

(Munoz G. et al., 2014) demostraron que las rizobacterias fueron seleccionadas con precisión de los rizomas de vetiver y produjeron inhibidores del crecimiento fúngico, idóneos de iniciar el crecimiento vegetal de vetiver en una parcela y bajo condiciones de crecimiento controladas. Entre las cepas bacterianas aisladas de los rizomas y rizomas de vetiver, se seleccionaron 5 rizobacterias con al menos dos de las siguientes propiedades: producción de células laterales (100%), surfactante biológico (7%), otros agentes antifúngicos (90,7%) y solubilización de fosfato (14,8%). El género con mayor tasa de producción de sustancias bioactivas fue *Pseudomonas* spp. (82,3%). Después de 30 días de cultivo en solarium sobre plantas de alfalfa inoculadas con rizobacterias, se encontró que todos los tratamientos produjeron pesos secos de aire y raíces significativamente mayores en comparación con las plantas de alfalfa control negativo. Puede demostrar actividad promotora del crecimiento de cepas seleccionadas, ya que pueden inducir cambios beneficiosos tanto en la alfalfa como en el vetiver mismo, haciéndolos parte de un inóculo para suscitar el desarrollo de cultivos interesados en la agricultura.

(Ogata et al., 2008) manejaron cepas de *Pseudomonas*, *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Azotobacter*, y actinomicetos de la rizosfera de florestas de tara de Huánuco, usados como inoculantes para la gestación de pepitas de los cultivos: “alfalfa”, “tara”, “pallar” y “frijol”, para averiguar cómo estas bacterias son influyentes

en la germinación, gran cantidad de las cepas selectas acrecentaron en la germinación de los cultivos. La cepa rP2n3, del género *Rhizobium*, acrecentó elocuentemente en la germinación de “tara” y “alfalfa” en menor tiempo, además estas cepas son fabricantes de ácido indolacético y son solubizadores de fosfatos, esto revela su potencial a modo de inoculantes.

(García E. et al., 2005) evaluaron el efecto rizosférico entre la alfalfa y *A. nigricans*, para ello las semillas de Alfalfa fueron desinfectadas y germinadas en agar agua por 48 h en oscuridad. A una serie de sistemas se les adicionó queroseno en una concentración del 1% y otra serie se mantuvo sin contaminante. Concluyó que, se establece como asociaciones benéficas en presencia de queroseno por su capacidad de esta bacteria para remover el queroseno.

Huanca (2001), en el distrito de Characato (Arequipa), evaluó la infectividad y efectividad de cepas de *Rhizobium meliloti* (BIAGRO y RHIZOLAM) bajo simple inoculación y peleteada en alfalfa, la infectividad presentó diferencias estadísticas entre el testigo y las cepas B339 y ID36, la efectividad entre las cepas fueron similares, pero superiores al testigo, se fijó mayor nitrógeno en la alfalfa cultivar Trinidad inoculado con RHIZOLAM, no existió diferencia estadística entre la pre inoculación y el peletizado en la germinación de la semillas de la cultivar Trinidad.

(Del Papa, 2001) caracterizaron 350 rizobios de alfalfa recogidos de tierras ácidas del centro de Argentina (Pampa Ondulada), exponiendo muestras de suelo con valores de pH inferiores a 6,0 en más del 0%. Los análisis iniciales de la colección revelaron la presencia de esencialmente dos tipos de rizobios: uno que representaba (95%) de separados sensitivamente a la acidez (SA) o bajo tolerancia muy moderada (TMA), y otra colección de rizobios (5 %) muy resistentes (TA); un grupo incluye aislados de *S. melilofi* y el otro grupo de cepas resistentes a los ácidos relacionadas con rizobios, *R. spp.* Or191. Los resultados del análisis de rizobios asociados a la cepa Orí191 mostraron que tienen marcada tolerancia a los ácidos (AT), alta infectividad y competencia con los ácidos, pero no son efectivos en la fijación de nitrógeno asociada a la alfalfa. Curiosamente, la simbiosis de estas especies de rizobios fue más activa en ambientes ácidos que en ambientes neutros. Estas peculiaridades representan a las rizobios TA, tal cual elemento de riesgo biológico potencial contra el establecimiento de sociedades simbióticas efectivas.

Además, es necesario fundamentar esta investigación, con teorías y enfoques conceptuales.

Las rizobacterias son un conjunto grandioso y extremadamente heterogéneo de microorganismos que residen en la biosfera, caracterizadas por la convivencia dinámica de los procesos biogeoquímicos que suceden entre las raíces de las plántulas, las bacterias y los organismos del suelo, que están fuertemente influenciados por los exudados de las raíces (Hakim et al., 2021). Estas bacterias, desarrollan relaciones beneficiosas, neutras e incluso dañinas, aunque en menor medida estas últimas. La interacción entre microorganismos y raíces de las plantas tiene importancia en adaptación y producción de variedades de plantas (Velasco et al., 2020) (figura 1). A las rizobacterias se las identifica con el nombre de rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR por sus siglas en inglés: Plant Growth Promoting Rhizobacteria).

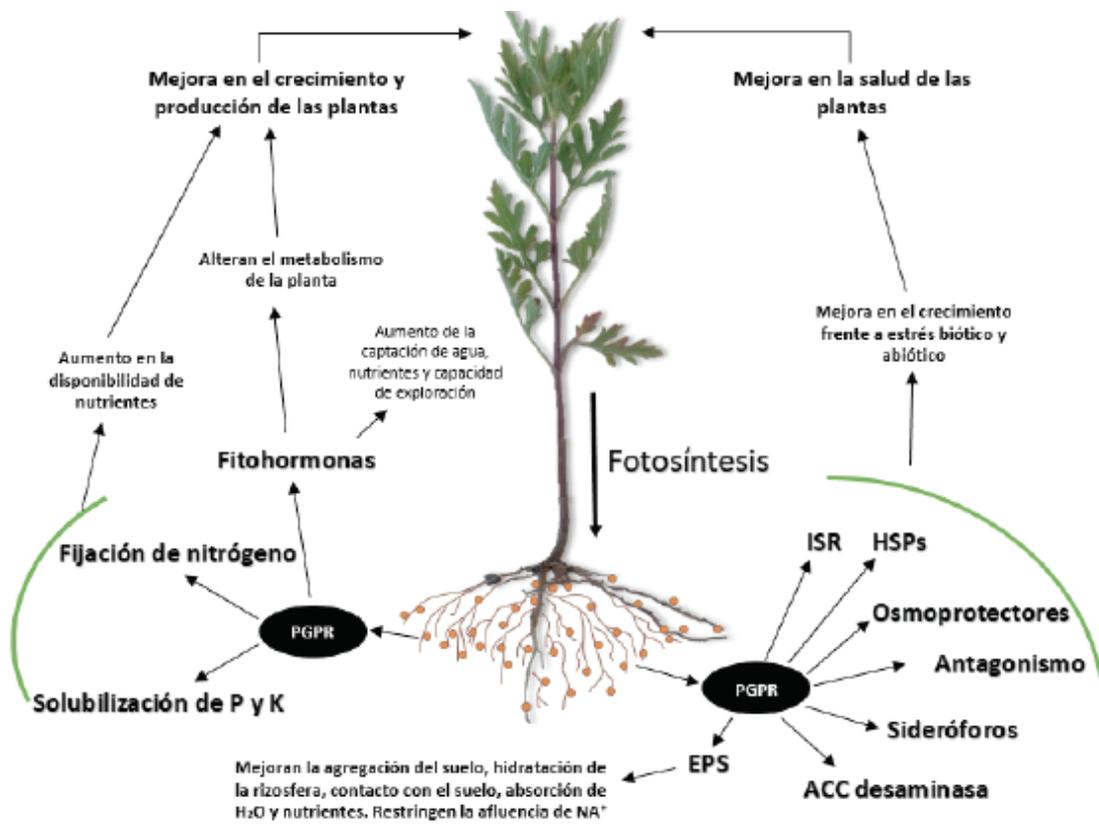


Figura 1. Componentes de acción de las Rizobacterias Promotoras del Crecimiento vegetal (PGPR).

Fuente: (Velasco et al., 2020)

Las rizobacterias poseen una consecuencia favorecedora en las plantas, estas han sido y son extendidas y utilizadas en forma de inoculantes bacterianos; especialmente para optimizar la producción de cultivos agrícolas. Estas bacterias despliegan consecuencias positivas por sus mecanismos directos e indirectos o al combinar ambas (Esquivel et al., 2013). Directamente acentúan en la fijación de nitrógeno (N); sintetiza las fitohormonas, vitaminas y enzimas, solubiliza el fósforo inorgánico (P) y mineraliza los fosfatos orgánicos, oxida los sulfuros, aumenta la permeabilidad de la raíz, produce nitritos, acumula nitratos, reduce la toxicidad de los metales pesados y activa la enzima ACC desaminasa, segrega las células laterales y disminuye las cantidades de etileno en el suelo. Mientras que los mecanismos indirectos promueven el crecimiento vegetal lo que induce la reducción o eliminación de microorganismos patógenos por la producción de antibacterias o antibióticos, compitiendo por nutrientes en nichos ecológicos, así mismo estimula las defensas naturales de las plantas mediante componentes de control biológico; tiene resistencia integral (IRS) a una amplia gama de patógenos y la obtención de células accesorias, actúa de mecanismo para retener el Fe del suelo y restringir así el crecimiento y presencia de los fitopatógenos; produce antibióticos y cianuro de hidrógeno los cuales tienen impacto en los fitopatógenos (Esquivel et al., 2013)

Hasta el momento preexisten múltiples informes donde esclarecen el tipo de plantas que benefician el desarrollo de las rizobacterias RCPV, sus efectos y en qué cultivos pueden aplicarse, ver ejemplos en la tabla 1.

Tabla 1.RPCV, consecuencias y cultivos donde se han evaluado.

RPCV	Efecto	Cultivos
<i>Azospirillum spp.</i> , <i>Azotobacter spp.</i> , <i>Bacillus spp.</i> , <i>Burkholderia spp.</i> , <i>Gluconacetobacter spp.</i> , <i>Herbaspirillum spp.</i>	Biofertilización Fijan N2	Maíz, arroz, trigo, sorgo, caña de azúcar.
<i>Bacillis spp.</i> , <i>Pseudomonas spp.</i> , <i>Streptomyces spp.</i> , <i>Paenibacillus spp.</i> , <i>Enterobacter spp.</i> , <i>Azospirillum spp.</i>	Biocontrol (enfermedades, patógenos e insectos)	Tomate, tabaco, pepino, pimiento morrón, maní, alfalfa, guisante, fréjol, ciruelo.
<i>Methylobacterium spp.</i> , <i>Bacillus spp.</i> , <i>Alcaligenes spp.</i> , <i>Pseudomonas spp.</i> , <i>Variovorax spp.</i> , <i>Enterobacter spp.</i> , <i>Azospirillum spp.</i> , <i>Rhizobium spp.</i> , <i>Klebsiella spp.</i>	Elongación y crecimiento	Clavel, canola, soya, frijol, maíz, Nabo, judías, chicharos.
<i>Aeromonas spp.</i> , <i>Agrobacterium spp.</i> , <i>Alcaligenes spp.</i> , <i>Azospirillum spp.</i> , <i>Bradyrhizobium spp.</i> , <i>Comamonas spp.</i> , <i>Enterobacter spp.</i> , <i>Rhizobium spp.</i> , <i>Paenibacillus spp.</i> , <i>Pseudomonas spp.</i> , <i>Bacillus spp.</i>	Productoras de fitohormonas [ácido-3-indol-acético (AIA), citoquininas, giberelinas]	Arroz, lechuga, trigo, soya, rábano, colza, aliso.

Las rizobacterias son transcendentales para la agricultura, benefician a los cultivos a través de varios mecanismos, por ejemplo; disuelve y agita los minerales, haciéndolos más disponibles para su uso (mecanismo directo), o puede inhibir el crecimiento de microorganismos patógenos (mecanismo indirecto), afectando favorablemente el crecimiento de las plantas. Como resultado de esta interacción se obtienen mejores cosechas; Aumentar la resistencia y con granos de mejor calidad nutricional (E. T. Sánchez et al., 2021)

La presencia de especies de *Rhizobium* en general es un nódulo ineficaz en plantas indeterminadas. No todas las cepas efectivas en un huésped en particular son capaces de fijar nitrógeno, debido a las diferencias e interacciones con los suelos y los sistemas de producción. Por ejemplo, la ausencia de nódulos puede indicar un pH bajo o falta de fósforo en el sol.

La fijación de nitrógeno comienza 15-20 días después de la aparición de los primeros nódulos. En este punto, los nódulos se traducen en una necesidad de carbón activado tan alta que cuando alcanzan su máxima actividad pueden llegar a obtener entre el 13 y el 28% del carbono neto emanado por la planta (Elkan, 1992).

“La degradación del suelo es un desequilibrio en las particularidades que limitan la productividad del suelo. Se expresa en términos de aspectos físicos (erosión), químicos (deficiencia de nutrientes, acidez, salinidad, otros aspectos) y biológicos del suelo (falta de materia orgánica)” (Cartes, 2013).

El suelo es un recurso natural muypreciado del país y afecta la calidad de vida del hombre cuando esta degradado. Está compuesto de materia rocosa degradada y descompuesto, así como de agua, aire, materia orgánica de plantas y animales en descomposición, y compuesta por muchas maneras de vida diferentes, especialmente microorganismos e insectos. (FAO, 1984)

El cambio ambiental, a causa de la degradación del suelo es un proceso dañino que perturba denegadamente en el crecimiento de la población. Una de las derivaciones ocurre con los rendimientos de los vegetales, que disminuyen a medida que se produce la degradación. Con el tiempo, este uso de la tierra también cambió: de agricultura a pastoreo; prontamente se envuelve de malezas y eventualmente se vuelve árido (Encina & Ibarra, 2000). Gran parte de la tierra cultivable se está perdiendo ya que actualmente no se utiliza para fines agrícolas (FAO, 1984). Las primordiales procedencias son la expansión urbana, la obra de carreteras, la minería y la industria. Además de estas maneras de menoscabo, hay otras formas de degradación de la tierra, tal como el acopio de sal, los perjuicios físicos y biológicos, la erosión eólica e hídrica.

Es probable que la tierra en su uso original reciba un impacto que puede conducir a diversas formas de degradación o incluso a pérdidas irreversibles. En general, este impacto puede ser causado por tres causas básicas: la ocupación del territorio por infraestructuras, la aprovechamiento de minas y/o áreas de interés cultural; contaminación (entradas de contaminantes y/o cambios degradados en el suelo y el medio ambiente como resultado de diversas formas de actividades humanas); y sobreexplotación (resultado de la adopción de prácticas abusivas e inapropiadas como agricultura más intensiva, uso de técnicas de labranza inapropiadas, monocultivo y sobrepoblación) (Cartes, 2013).

El uso de fertilizantes inorgánicos, si bien es fundamental en la agricultura moderna para lograr altos rendimientos en los cultivos, dependiendo de la cantidad y el sistema de conducción aplicado, puede convertirse en un problema de contaminación ambiental. Las tasas de fertilización bajas o moderadas ocasionan insuficiente o ningún deterioro al medio ambiente, ya que las plantas utilizan los nutrientes. Sin embargo, cuantías enormes que exceden las penurias de la planta ayudan a la contaminación. La abundancia de nutrientes puede almacenarse en el suelo por un tiempo, pero eventualmente se los lleva el agua o el aire.

Si bien el esparcimiento de estiércol en el suelo para suscitar el crecimiento de las plantas ha sido como práctica habitual desde la antigüedad, en el mundo actual tal esparcimiento se practica a menudo como un tratamiento de los desechos provenientes de las actividades de cría de animales, la gestión es muy alta. La tasa de aplicación de los impuestos a fin de reducir la cantidad de tierra necesaria para estos fines.

Realizar un monitoreo sobre la calidad del suelo utilizando indicadores físicos es significativo para el sostenimiento del suelo y la evaluación de la resistencia. Se consideran diversas caracterizaciones edáficas de la calidad: erosión hídrica, cantidad de materia orgánica, densidad, porosidad, hidrofugación y permeabilidad, en el sistema de gestión del suelo es diferente en cada piso.

Un indicador biológico importante para establecer la calidad del suelo es saber la cantidad de materia orgánica presente en el suelo, la cual se relaciona con otras propiedades físico químicas y biológicas. La materia orgánica es un indicador eficaz

de la calidad del suelo para los sistemas de producción. Por otro lado, debido al sobreprecio de los fertilizantes sintetizados, las insuficientes existencias naturales de ciertos minerales, el alto consumo energético (producción), el uso de opciones biológicas, no sólo es una necesidad en la agricultura productiva, sino también en la agricultura científica actual y del futuro, es necesario buscar los medios sin perturbar al ambiente viendo más allá de la posibilidad económica (Barroso et al., 2015)

La investigación en esta área del conocimiento apunta a que se necesitan nuevas tecnologías para conservar y salvaguardar la sostenibilidad de los sistemas productivos a través del uso racional de nuestros recursos de la naturaleza y la aplicación y estudio de modernas medidas preventivas relacionadas con la conservación del medio ambiente (O. Grageda et al., 2015). De tal manera, el manejo agronómico de bacterias (microorganismos) que tengan propiedades biofertilizantes y la inoculación se ha convertido en una tecnología lógica y se considera una práctica innovadora y promisoría para la agricultura (S. Sánchez et al., 2011).

La fertilidad del suelo es considerada como la capacidad de proporcionar escenarios ambientales y los sustentos ineludibles para un buen desarrollo de las vegetaciones. Es el resultado de la interacción de las características físico químicas y biológicas, por ejemplo, el suelo puede recibir los elementos minerales adecuados, pero si no está en buen estado físico, la fertilidad afectará denegadamente a las vegetaciones. También, el clima es un factor importante y concluyente, por ejemplo, puede haber suelos fértiles y si la temperatura es demasiado alta, las plantas pueden soltar flores. (Mendoza & Espinoza, 2017).

Las leguminosas tienen la facultad de formar simbiosis fijadoras de nitrógeno con los rizobios. La familia Leguminosae (también conocida como Fabaceae) envuelve subfamilias como la Caesalpinieae, Mimosoideae y Papilionoideae, todas son capaces de formar nódulos en las raíces (Van Rhijn & Vanderleyden, 1995).

Las leguminosas son particularmente importantes en la agricultura porque ayudan a aumentar la productividad por la acción fijadora de nitrógeno en el suelo; Se estima que la simbiosis de *Rhizobium legume* puede fijar de 2 a más de 58 kg de

nitrógeno por hectárea y en algunos casos suple hasta el 90% de las necesidades de la planta. Dado que la fijación de nitrógeno depende de las relaciones entre los microbios y el medio ambiente, la inoculación de cepas eficaces de *Rhizobium* es esencial, especialmente cuando las cepas nativas son menos eficientes o incompatibles con el huésped. Además, el escogimiento de cultivares de leguminosas con mayor capacidad de fijación de nitrógeno y adaptación a diferentes medios puede ser importante para aumentar biológicamente el suministro de nitrógeno a los cultivos. La leguminosa *Rhizobium* simbiótica es una de las especies más utilizadas y estudiadas en la agricultura; con cerca de 20.000 especies de leguminosas y una diversidad de *Rhizobium* (Ferrera & Alarcón, 2010).

La alfalfa es una planta muy utilizada como pasto y por eso se cultiva de forma intensiva en todo el mundo. Consta un ciclo de vida de 5 a 12 años, vivir a cuenta de la variedad y de los factores climatológicos; en escenarios suaves, puede alcanzar los 20 años. El nombre científico de la alfalfa es *Medicago sativa*, es una especie herbácea de la familia Fabaceae o familia Leguminosae (Yzarra & López, 2011).

La morfología de la alfalfa es perenne, erecta, escasamente ramificada, de 60 - 100 cm de altura en espacios naturales, tiene hojas triangulares con tallos intermedios más largos que las nervaduras laterales, hojas ovaladas, a menudo lampiños, márgenes lisos. con bordes superiores ligeramente dentados. La raíz principal es la raíz pivotante, fuerte y alta (llega hasta 5 m. de largo) posee varias raíces accesorias. Asume una copa que resalta del suelo, de donde emergen los cogollos y se desarrollan en un tronco. Posee tallos escuálidos y erguidos para aguantar el peso de las hojas y los brotes, también son adecuados para la cosecha. Sus hojas son trifoliadas, y las primeras hojas verdaderas escasean de vaina exterior. La flor característica es la flor de la subfamilia Papilionoidea, estas son de color azul o púrpura, con racimos de flores que ascienden en racimos a partir las axilas de las hojas. El fruto es helicoidal, no tiene espinas, con 2 - 6 semillas de color amarillo pálido de 1,5 - 2,5 mm de largo. pantalones largos (Yzarra & López, 2011). De igual forma, en la Figura y Cuadro 2 se pueden observar los estados morfológicos de la alfalfa.

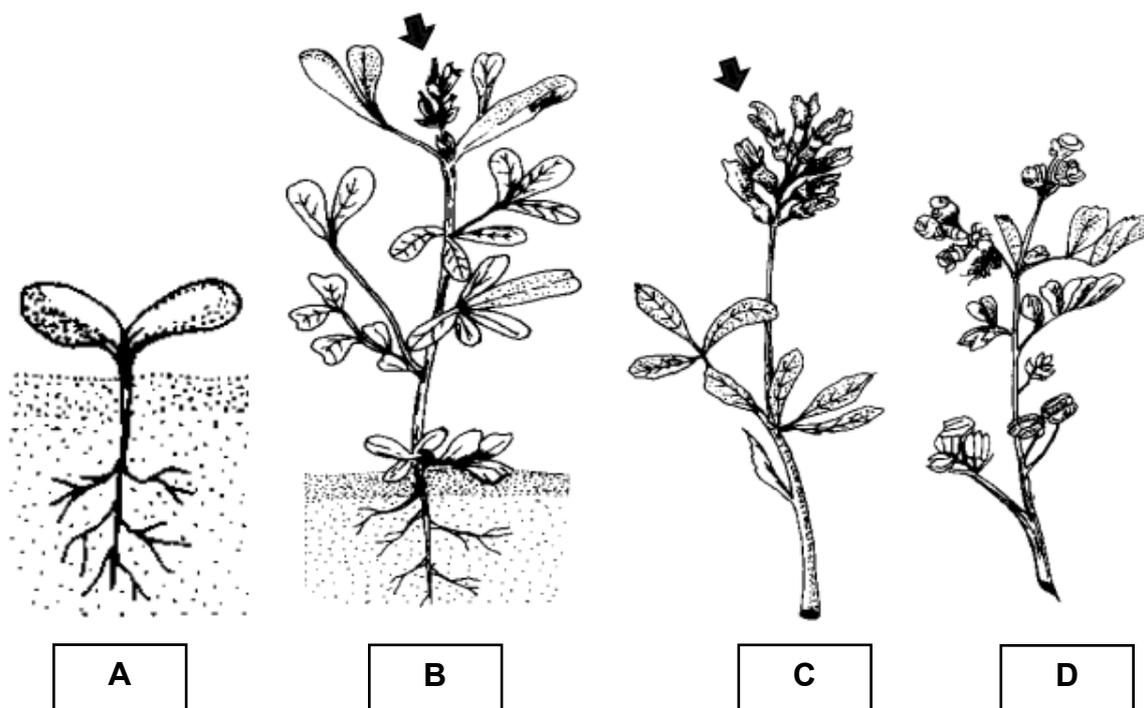


Figura 2. Fases fenológicas de la alfalfa (*Medicago sativa*)

Fuente: (Yzarra & López, 2011)

Tabla 2. Descripción de las fases fenológicas de la alfalfa (*Medicago sativa*)

A	B	C	D
EMERGENCIA	BOTÓN FLORAL	FLORACIÓN	MADURACIÓN
Fecha en que aparecen cotiledones encima de la superficie del suelo. Esta fase se observa sólo durante el primer año de la plantación, posteriormente debe suplantarse por la observación de la fase de botón floral.	Aparecen los primeros botones florales.	Aparece la primera flor.	En alfalfa para uso forrajero se registra la fecha de corte; si el propósito es la producción de semilla, la madurez fisiológica se manifiesta por el oscurecimiento de las vainas.

Fuente: (Yzarra & López, 2011)

A la alfalfa se le suele denominar la “reina de las leguminosas forrajeras” y esto es cierto tanto desde la opinión popular como especialmente en nuestro país, ya que es parte fundamental de la alimentación animal, en especial de la producción de leche. La alfalfa es la fuente básica de materias primas para la producción agrícola. Sus cualidades nutritivas, rendimiento forrajero, porte, resistencia, plasticidad y simbiosis fijadora de nitrógeno atmosférico la convierten en una especie imprescindible para muchos sistemas de producción agrícola, desde la ganadería intensiva hasta los traspastos incluidos en la alimentación en forma de forrajes cosechados y procesados por los productores ganaderos. para pastoreo directo (DRA, 2012).

Esta planta se cultiva en una diversos suelos y climas y se adapta con normalidad a suelos sulfatados ácidos hondos, tiene buen drenaje y tiene una pasividad moderada a la salinidad. Pero, no se adecua a suelos con pH ácido, por las restricciones que ocasiona la acidez, en la estabilidad y propagación del tipo particular de *Sinorhizobium meliloti*. La alfalfa no tolera el encharcamiento debido a la toxicidad del aluminio. La temperatura adecuada para el crecimiento es de 15°C a 25°C durante el día y de 10°C a 20°C por la noche. Las temperaturas superiores a 30°C reducen el crecimiento al favorecer la respiración de las plantas. La capacidad de la alfalfa para resistir la sequía es bien conocida y a causa de la longitud y profundidad de las raíces, donde extirpa agua de los mantos más recónditos del suelo, y la capacidad de contener la evolución (hibernación o eutanasia) cuando los contextos ambientales lo demandan, temperaturas extremadamente altas o bajas y/o sequía (Muslera et al., 1991).

Para el uso de alfalfa es importante enriquecer el nitrógeno que aporta al suelo. El valor nutritivo es especialmente importante cuando se utiliza para animales de producción, lácteos o cárnicos; El objetivo de su manejo debe ser la obtención de forrajes bien digeribles y ricos en proteína. Bromatológicamente, la alfalfa es un heno de muy buena calidad, en comparación con el trébol blanco o rojo, la esparceta o pipirigallo; su digestibilidad y valor energético son menores, pero la cantidad de nitrógeno es mayor. (Muslera et al., 1991).

En la simbiosis *Rhizobium*-Leguminosa, el nitrógeno (N₂) es el gas más exuberante del ambiente (alrededor del 80 %), pero por su naturaleza inactivo, no

es ventajoso para la mejora del suelo porque las plantas solo pueden absorberlo en combinación (amonio, nitrato, etc.), y este es posiblemente el factor restrictivo más habitual para el desarrollo de las plantas. La adquisición de nitrógeno de un concluyente entorno puede estar combinada a 3 procesos básicos, como son:

- La fijación biológica de nitrógeno (BNF), a través de la maquinaria enzimática bacteriana, puede desnitrificar la molécula de nitrógeno a amonio. FBN es producido por un grupo de procariontes conocidos como diazotrofos. Estas bacterias corresponden a dos categorías: inmovilizadoras libres, conteniendo microorganismos de los géneros *Azospirillum*, *Beijerinckia*, *Azotobacter*, *Bacillus*, *Mycobacterium* y *Pseudomonas*; o inmovilizar simbioses como: actinomicetos *Frankia*, cianobacterias *Anabaena* y bacterias *Rhizobium* (*Azorhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Mesorhizobium*, *Rhizobium* y *Sinorhizobium*).
- La fijación espontánea de nitrógeno, por producción de nitrógeno u óxido de amonio, se basa en la acción natural de las descargas eléctricas, rayos cósmicos, etc., sobre el nitrógeno molecular atmosférico.
- La fijación industrial, por el proceso HaberBosch, se produce por la conversión industrial del nitrógeno atmosférico en amoníaco, con el principal beneficio de su uso como fertilizante y, por tanto, de su aplicación específica en la agricultura (Martínez, 1992).

El ciclo simbiótico de los rizobios; tradicionalmente, se consideran tres etapas en la simbiosis rizobio-leguminosa: especificidad, que es la capacidad de especies de rizobios o biovariedades individuales para reconocer la especie de leguminosa apropiada y adherir sus raíces; la infectividad que es la capacidad del nódulo para formar nódulos radiculares (el nódulo es el crecimiento proliferativo benigno típico de esta simbiosis) y la eficiencia es la capacidad del nódulo para fijar nitrógeno (lañez, 1994).

A nivel agronómico o ecológico, una de las propiedades más importantes de las leguminosas es su capacidad para formar enlaces simbióticos con las bacterias del suelo, a través de los cuales se lleva a cabo la fijación de nitrógeno puesto que el 80% de nitrógeno en suelos agrícolas tiene su origen en la simbiosis (Peña y Pueyo, 2012)

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Esta investigación es de tipo aplicada porque está encaminada a emplear un biofertilizante orgánico como son las rizhobacterias con la intención de perfeccionar la calidad de los suelos degradados con baja fertilidad de la capa arable y así mismo determinar el crecimiento de la planta de alfalfa.

De acuerdo al enfoque de investigación, es cuantitativa (Hernandez Sampieri et al., 2014), en razón de que se realizará mediciones biométricas para la aplicación de rizhobacterias y medir el crecimiento vegetal de plántulas de alfalfa.

El diseño de investigación es experimental pura y de corte transversal: es experimental pura, debido a que el presente diseño incluye cuatro grupos, tres de ellos reciben tratamiento experimental y uno de ellos no (testigo) es decir hay una manipulación intencional de la variable (independiente) y una medición de la variable (dependiente) (Hernandez Sampieri et al., 2014) y de corte transversal porque, su designio es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento establecido (Hernandez Sampieri et al., 2014), es decir que la investigación se realizó durante los meses de enero y febrero del año 2022.

3.2. Variables

Variable dependiente: Rizhobacterias

Variable independiente: Suelos degradados con baja fertilidad y su efecto en el crecimiento del *medicago sativa*.

3.3. Población, muestra, muestreo y unidad de análisis

La población fueron suelos degradados por baja fertilidad de la capa arable, correspondiente al centro poblado de Alto Patacollo perteneciente al distrito de Zepita de la provincia de Chucuito Juli, de la región de Puno.

La muestra fueron 37 kg de suelos degradados con baja fertilidad, estas muestras fueron tomadas en el centro poblado de Alto Patacollo. El muestreo se realizó de acuerdo a la figura 3, en la que se homogeneizó los 37 kg.

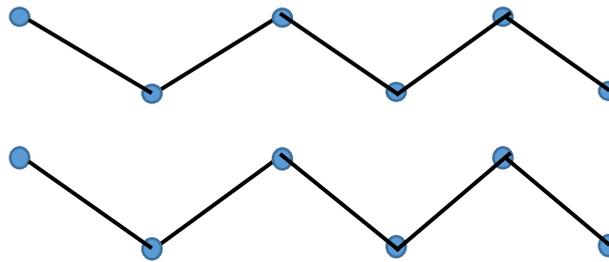


Figura 3. Croquis de muestreo en zig zag de los suelos degradados por baja fertilidad, en el centro poblado de Alto Patacollo- Zepita.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica que se empleó en esta investigación es la observación, este método de recolección de datos reside en el registro ordenado, legal y honesto de actuaciones y contextos notorios, pasando de un ligado de categorías y subcategorías (Hernandez Sampieri et al., 2014), en este trabajo de investigación experimental se observó la aplicación de rizobacterias en la mejora de los suelos degradados con poca fertilidad y el efecto que produce en la planta de alfalfa.

Los instrumentos que se utilizaron para la investigación fueron las fichas de observación, que se encuentran en los anexos 5, 6 y 7, las mismas que fueron validados por expertos y se pueden observar en el anexo 2.

3.5. Procedimientos

3.5.1. Ubicación

Las muestras de suelos degradados con baja fertilidad fueron colectadas del centro poblado de Alto Patacollo perteneciente al distrito de Zepita, provincia de Chucuito Juli, región Puno. Este distrito circunscribe por el Norte con el distrito de Pomata y provincia de Yunguyo, al Sur con los distritos de Kelluyo y Desaguadero; y al Oeste con el distrito de Huacullani. El centro poblado de Alto Patacollo está situada aproximadamente a 100 km al sur de Puno, carretera asfaltada Puno- Desaguadero, luego se dirige por una trocha carrozable desde el desvió de la localidad Quilca aproximadamente a 15 km, se encuentra entre las coordenadas 16°27'09.1" S (-16.452539) y 69°14'41.0" O (-69.244713) del

Altiplano Peruano, a una altitud de 3831 msnm, este distrito de Zepita alcanza un área total de 546,57 km², lo que simboliza el 0,76% del área geográfica departamental(figura 4 y 5).

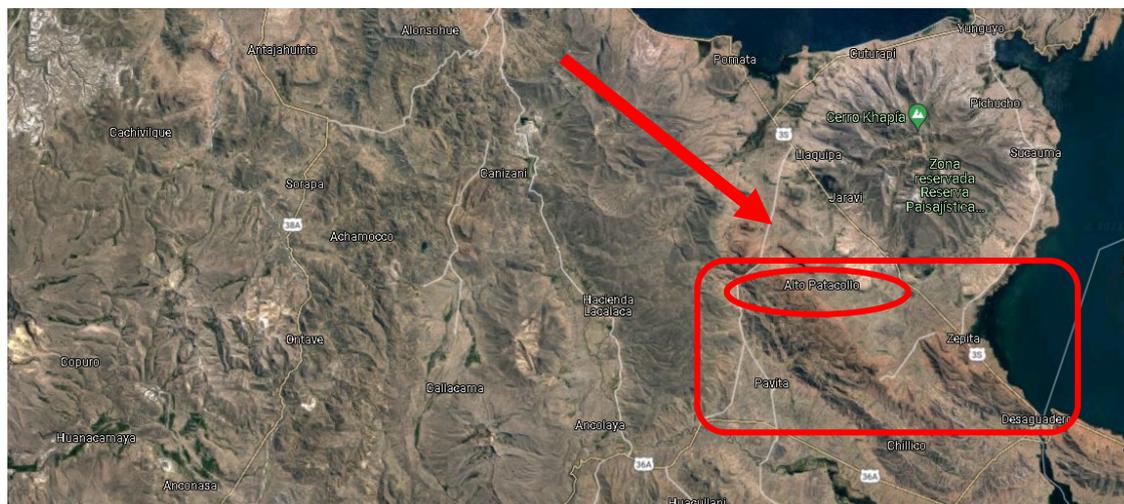


Figura 4. Ubicación satelital del distrito de Zepita, provincia de Chucuito - Juli

Fuente: Google Maps, 2021.



Figura 5. Ubicación satelital del centro poblado de Alto Patacollo- Zepita.

Fuente: Google Maps, 2021

Las muestras fueron procesadas en el laboratorio del Instituto Nacional de Innovación Agraria – INIA del distrito de Puno, provincia y departamento de Puno.

3.5.2. Proceso del trabajo

3.5.2.1. Caracterización de rizhobacterias

La adquisición del inóculo de rizhobacterias se realizó de un centro comercial, el envase del producto contiene un litro de inóculo y la dosificación es para 200 litros de agua, para lo cual, se efectuó el cálculo de acuerdo a la siguiente ecuación.

$$x = \frac{\{1000 \text{ ml de inóculo}\} \times \{(10 \text{ ml} \times 3) + (15 \text{ ml} \times 3) + (20 \text{ ml} \times 3) \text{ de agua}\}}{200\,000 \text{ ml de agua}}$$

$$x = \frac{1000 \text{ ml de inóculo} \times 135 \text{ ml de agua}}{200\,000 \text{ ml de agua}}$$

$$x = 0.675 \text{ ml de inóculo de rizhobacterias}$$

Donde: x= cantidad de inóculo de rizhobacterias.

El producto Rhizo Blast es un tonificador y estimula el crecimiento de las raíces (ver figura 6). Este inóculo contiene una mezcla de algas marinas, algas unicelulares y otros nutrientes minerales que ayudan a generar un crecimiento sólido de las raíces mientras mantienen una rizósfera fuerte.



Figura 6. Inóculo de Rizhobacterias adquiridas.

Este inóculo de rizobacterias contiene 1.15% de nitrógeno total (0.21% Nitrógeno Amoniacal, 0.31% Nitrato de Nitrógeno, 0.61% Otro Nitrógeno Soluble en agua, 0.02% de Nitrógeno Insoluble en Agua), también 0.5% de fósforo (P_2O_5) y 1.15% de potasio soluble (K_2O). Es derivado de: nitrato de amonio, nitrato de potasio, fosfato monopotásico, fósforo, chlorella, algas (ascophyllum nodosum) (ver figura 7).

Amounts in ml per 4 liters											
Stage of Growth	Seedlings / Clones	Vegetative			Bloom Transition		Flowering / Fruiting				
Number of Weeks	Week 1	Week 1	Week 2	Week 3	Week 1	Week 2	Week 3	Week 4	Week 5	Week 6	Week 7
Rhizo Blast	0	3 ml	3 ml	3 ml	3 ml	3 ml	3 ml	0	0	0	0

GUARANTEED ANALYSIS:		Derived From: Ammonium Nitrate, Potassium Nitrate, Monopotassium Phosphate, Chlorella, Seaweed (Ascophyllum Nodosum)	
Total Nitrogen (N)	1.15%		
0.21% Ammonical Nitrogen			
0.31% Nitrate Nitrogen			
0.61% Other Water Soluble Nitrogen			
0.02% Water Insoluble Nitrogen			
Available Phosphate (P_2O_5)	0.5%		
Soluble Potash (K_2O)	1.15%		

C0103/5

Figura 7. Especificaciones de inóculo de rizobacterias adquiridas.

3.5.2.2. Tratamientos (cantidades de inóculo de rizobacterias)

Respecto a la cantidad de niveles de inóculo de rizobios, se aplicó:

- T1: 0 ml (muestra de testigo) de inoculación al suelo.
- T2: 10 ml de inoculación al suelo.
- T3: 15 ml de inoculación al suelo.
- T4: 20 ml de inoculación al suelo.

Cada tratamiento con las muestras de suelo tuvo 3 repeticiones cada una.

3.5.2.3. Suelos degradados utilizados en la evaluación

Las muestras de los suelos degradados por baja fertilidad de la capa arable provenientes del centro poblado de Alto Patacollo, se envió a laboratorio para la caracterización físico química del suelo y dichos resultados fueron comparados con los métodos y parámetros de análisis de suelo existentes.

3.5.2.4. Muestreo de suelo

Las muestras de suelo han sido extraídas a una profundidad de 20 cm en un lote de producción, específicamente en la rizósfera, durante el mes de diciembre.

Se obtuvieron una cantidad de 37 kg de submuestras de suelo, a través del método zig zag (líneas cruzadas caminando unos 25 a 30 pasos desde cada punto escogido de muestreo), utilizando una pala. La cantidad de tierra utilizado para análisis de suelo antes del experimento es de 1 kg, esta cantidad es suficiente para realizar el análisis de la caracterización (Díaz y Hunter, 1978), esta muestra fue llevada al laboratorio del Instituto Nacional de Innovación Agraria – INIA - Puno, empacado en una bolsa plástica debidamente etiquetada. Subsiguientemente, se pesó fracciones de 3 kg de suelo. Precedentemente de poner el suelo en cada unidad experimental, las 12 macetas fueron cubiertos con bolsas de polietileno resistentes, bien ajustada al envase, con la finalidad de evitar desgastes de suelo rizosférico por derrame y que las raíces emergieran del envase. Luego se aplicaron los tratamientos correspondientes y se sembraron la semilla del *medicago sativa* (alfalfa).

3.5.2.5. Adecuación del suelo para la experimentación

Las muestras de suelo se adecuaron en macetas para su respectivo tratamiento en sus unidades experimentales y fueron distribuidas de la siguiente manera (ver figura 8)

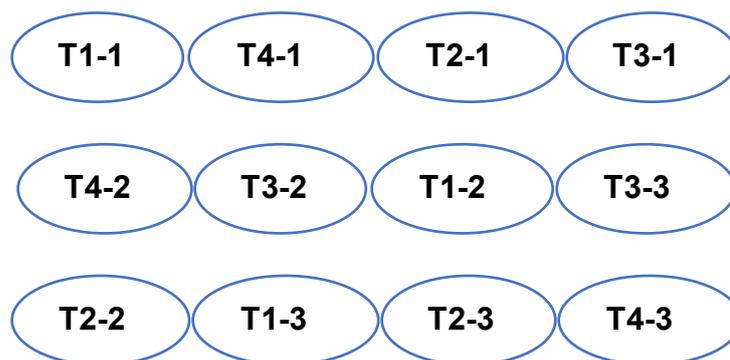


Figura 8. Distribución de unidades experimentales

Todos los tratamientos fueron ordenados aleatoriamente, primero enumerándolas unidades experimentales luego se hizo el sorteo respectivo para cada tratamiento. Además, las muestras de suelo degradado por bajas fertilidad fueron secados, mezclados, homogeneizados y tamizados por una malla de 4 mm.

Para evaluar el efecto de los tratamientos con las rizobacterias sobre el crecimiento de la alfalfa, se utilizó semillas de buena calidad, que fue purificada y limpiada, porque de lo contrario las plantas sufrirían y se comportarían mal debido a la presencia de la maleza.

3.5.2.6. Inoculación de la plántula

Para realizar la inoculación de las plántulas del *medicago sativa* (alfalfa) se siguió el siguiente procedimiento (Zúñiga Dávila, 2012):

- Se realizó la inoculación de las plántulas a los 7 días.
- Se inoculó de acuerdo a los tratamientos establecidos (0 ml, 10 ml, 15 ml y 20 ml) cerca de la radícula de cada plántula.
- Regar las plántulas con la solución nutritiva cada 3 o 5 días (si fuera necesario).

3.5.2.7. Siembra

Para la siembra del *medicago sativa* se adquirió las semillas de la variedad W-350, las cuales ya estuvieron desinfectadas y pelitizadas, luego en cada maceta se sembraron 10 a 15 semillas de alfalfa mezcladas con la solución nutritiva, a una profundidad aproximadamente de 1/4 de pulgada (0,6 cm).

3.5.2.8. Riego

Al comienzo de la siembra, se regó la primera vez con gravedad y luego se regó lentamente para evitar que las semillas se enganchen en la raíz. A partir de entonces, se hicieron 3 riegos cada día para romper la capa que se forma en la tierra y permitir que las plántulas crezcan por completo. Además, para evitar su deshidratación por ser muy superficial, esto asegura plántulas bien formadas. Los riegos posteriores se aplicaron según sea necesario en una cantidad de 150 ml. a todas las unidades experimentales.

3.5.2.9. Determinación del efecto de las rizobacterias en la alfalfa

Los parámetros biométricos en las plántulas inoculadas del *medicago sativa* (alfalfa), tales como; grosor del tallo, longitud del tallo, longitud de las raíces, cantidad de hojas y peso total de la plántula se realizaron después de los 30

días, así mismo, se contaron con un tratamiento control (testigo) el cual no fue inoculado, pero sí regado como los tratamientos experimentales.

La longitud del tallo de la planta fue medida comenzando en la base de la planta hasta la punta de la hoja más larga haciendo uso de un escalímetro. El grosor del tallo fue medido a 2 cm. de la base de la planta utilizando un vernier. Para determinar la cantidad de hojas se contaron todas las hojas en sus diferentes tamaños. Al finalizar el experimento se realizó las mediciones del peso de la plántula, para lo cual las raíces fueron lavadas cuidadosamente removiendo todo el suelo, luego se puso sobre un pliego absorbente para eliminar la demasía de agua y determinar el peso fresco de la plántula, para ello se utilizó una balanza granataria digital con sensibilidad de 0.001 g. También para medir la longitud de las raíces se extendió las raíces desde la base hasta la punta más larga.

3.6. Método de análisis de datos

El trabajo de investigación fue planteado bajo el diseño completamente al azar (DCA) donde posee 4 tratamientos, 3 repeticiones; y cada la unidad experimental consta de 1 maceta con 3 kg de suelo y 10 a 15 semillas de *medicago sativa* (alfalfa). Para la evaluación de los resultados se aplicó el ANOVA usando el SPSS, SAS o RStudio; para establecer el mejor tratamiento se aplicó la prueba de contraste de TUKEY, y para la elaboración de gráficos y tablas se utilizó el programa Microsoft EXCEL.

3.7. Aspectos éticos

Este trabajo de investigación es auténtico, los efectos logrados están bajo los principios éticos y la veracidad del estudio, es decir que los datos que se generaron son reales, sin ser alterados ni modificados. Además, se respetó los derechos de autor y fueron citados cuidadosamente; esta investigación no realizó experimentos en seres humanos ni en animales. Asimismo, la redacción de esta investigación será supervisado por el programa TURNITIN para garantizar su originalidad.

La investigación realizada contribuye al cuidado y gestión del medio ambiente, en especial dando importancia a la protección del suelo de los diferentes lugares de nuestro Perú.

IV. RESULTADOS

4.1.DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES EDÁFICAS DEL SUELO DEGRADADO

Para determinar las propiedades edáficas del suelo con baja fertilidad, se realizó en dos etapas, la primera fue antes del experimento, donde se realizó el análisis de caracterización de la muestra de suelo tomada del centro poblado de Alto Patacollo– Zepita, la segunda fue después del experimento donde se realizó el análisis de caracterización de cada unidad experimental.

4.1.1. Determinación de las propiedades edáficas del suelo degradado antes de la aplicación de rizobacterias (antes del experimento)

Los promedios de los resultados del análisis de la caracterización físico químico del suelo antes de tratamiento se muestran en la tabla 3, y el extenso se encuentra en el anexo 5.

Tabla 3. Análisis de caracterización del suelo degradado, tomado del centro poblado de Alto Patacollo- Zepita.

Propiedades edáficas	Unidad de medida	Repeticiones			Promedio
		R1	R2	R3	
Textura	%	FA	FA	FA	FA*
Materia orgánica	%	1.97	1.97	1.67	1.87 ± 0.17
N	%	0.07	0.05	0.04	0.05 ± 0.02
pH		6.292	6.001	5.704	5.999 ± 0.294
C.E	μS/cm	276.00	350	376	334 ± 52
P	ppm	8.60	8.1	7.5	8.1 ± 0.6
K	ppm	4418.07	4087.4	4401.05	4302.17 ± 186.19
Ca	me/100 g	3.00	3.00	4.00	3.0 ± 0.6
CIC	me/100 g	4.00	5.00	6.00	5.00 ± 1.00

*FA = Franco Arenoso

En la tabla 3 se presenta los resultados del análisis de caracterización de la muestra de suelo, antes del experimento, donde se tiene una textura de suelo franco Arenoso (FA), la cual está compuesto por 61.46% de arena, 6.56% de arcilla y 32.00% de limo; este suelo presenta $1.87 \pm 0.17\%$ de Materia Orgánica, tiene un promedio de $0.05 \pm 0.02\%$ de N, así mismo se calculó un promedio de 5.999 ± 0.294 de pH, lo que significa que es un suelo ácido por ser menor a 7 en la escala de PH, la C.E. (conductividad eléctrica) es de $334 \pm 52 \mu\text{S}/\text{cm}$ por lo que es ligeramente salino; contiene un 8.1 ± 0.6 ppm de P, tiene un 4302.17 ± 186.19 ppm de K; contiene 3.0 ± 0.6 me/100 g de Ca y la capacidad de intercambio catiónico (CIC) es de 5.00 ± 1.00 me/100 g.

4.2. Determinación de las propiedades edáficas del suelo degradado con la aplicación de rizobacterias (después del experimento)

A continuación, se detalla en la tabla 4 el resumen de los promedios obtenidos del análisis de la caracterización del suelo degradado después de la aplicación de rizobacterias y su extenso se encuentra en el anexo 6.

Tabla 4. Resumen de los resultados promedio de las propiedades edáficas del suelo degradado después de la aplicación de rizobacterias en el *medicago sativa* (alfalfa).

Trat.	Rep.	M.O. (%)	N (%)	pH	C.E. ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	P (ppm)	K (ppm)	Ca (meg/100g)	CIC (me/100 g)
T1 0 ml	R1	1.50	0.07	5.800	674	8.00	3440.00	2.8	5.00
	R2	1.40	0.06	5.790	670	9.00	3439.34	2.7	4.00
	R3	1.90	0.07	5.822	674	9.00	3440.62	2.8	5.00
T2 10 ml	R1	2.03	0.075	5.814	512	9.95	2365.42	2.5	7.00
	R2	2.11	0.078	5.880	807	9.95	2306.42	3.9	7.11
	R3	2.03	0.075	5.814	512	9.95	2365.42	2.5	7.00
T3 15 ml	R1	1.90	0.07	6.081	706	9.00	2033.09	3.9	6.00
	R2	2.15	0.08	5.973	559	8.60	2463.17	3.4	5.90
	R3	2.24	0.08	6.093	679	9.00	2560.91	3.8	7.21
T4 20 ml	R1	2.22	0.082	5.947	762	10.11	3577.46	1.6	5.90
	R2	2.31	0.086	6.134	907	8.00	3323.33	4.9	7.00
	R3	1.95	0.072	6.347	861	9.00	4535.36	4.4	7.60

Leyenda: Trat. = Tratamientos, Rep.= Repetición

De la tabla 4 se observa los resultados obtenidos de las propiedades edáficas del suelo degradado como: Textura, materia orgánica (M.O.), nitrógeno (N), pH, conductividad eléctrica (C.E.), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca) y capacidad de intercambio catiónico (CIC) de los cuatro tratamientos, tratamiento T1 (control), tratamiento T2 (10 ml de inóculo de rizobacterias), tratamiento T3 (15 ml de inóculo de rizobacterias) y tratamiento T4 (20 ml de inóculo de rizobacterias), cada uno con tres muestras para realizar el análisis de varianza.

4.2.1. PH del suelo

Los resultados obtenidos del pH del suelo degradado después de la aplicación de los tratamientos con inóculo de rizobacterias se muestran en la tabla 5.

Tabla 5. PH del suelo inoculado con rizobacterias.

Tratamientos	Dilución	Repeticiones			Promedio
		R1	R2	R3	
T1	0 ml	5.800	5.790	5.822	5.804 ± 0.0164
T2	10 ml	5.814	5.880	5.814	5.836 ± 0.0381
T3	15 ml	6.081	5.973	6.093	6.049 ± 0.0661
T4	20 ml	5.947	6.134	6.347	6.143 ± 0.2001

En la tabla 5 se observa que el promedio del T4 es de 6.143 ± 0.2001, seguido del T3 con 6.049 ± 0.0661, el T2 tiene 5.836 ± 0.0381 y el T1 (control) tiene 5.804 ± 0.0164 de pH en el suelo, por lo que podemos decir que todos los tratamientos mejoraron proporcionalmente el pH en comparación al T1 (control).

A. Análisis estadístico del pH del suelo

Los resultados del análisis de varianza para el pH del suelo degradado después del tratamiento se presentan en la tabla 06.

Tabla 6. Análisis de varianza para el pH del suelo

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIO	F - VALOR	Pr > F
TRATAMIENTOS	3	0.24294825	0.08098275	7.02	0.0125
ERROR	8	0.09228867	0.01153608		
SUMA TOTAL	11	0.33523692			

CV = 1.80%

De la Tabla 6 se observa que existe una diferencia significativa ($F(0.05) = 7.02$; $p = 0.0125 < 0.05$), entre los tratamientos evaluados (T1, T2, T3 y T4), lo que significa que al menos uno de los tratamientos es diferente a los otros, es decir, que la aplicación de rizobacterias mejora el suelo con respecto al pH.

Tabla 7. Prueba de contraste de Tukey para el pH del suelo

SIGNIFICANCIA	PROMEDIOS	TRATAMIENTOS
A	6.14	T4
A	6.05	T3
B	5.84	T2
B	5.80	T1

De la Tabla 7, según el contraste de Tukey podemos observar diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos. Este resultado nos indica que, el tratamiento 4 es diferente estadísticamente a los tratamientos 1 y 2, no obstante, es similar al tratamiento 3 y con ello se muestra que el tratamiento 4 posee el mejor pH del suelo seguido de los tratamientos 3 y 2.

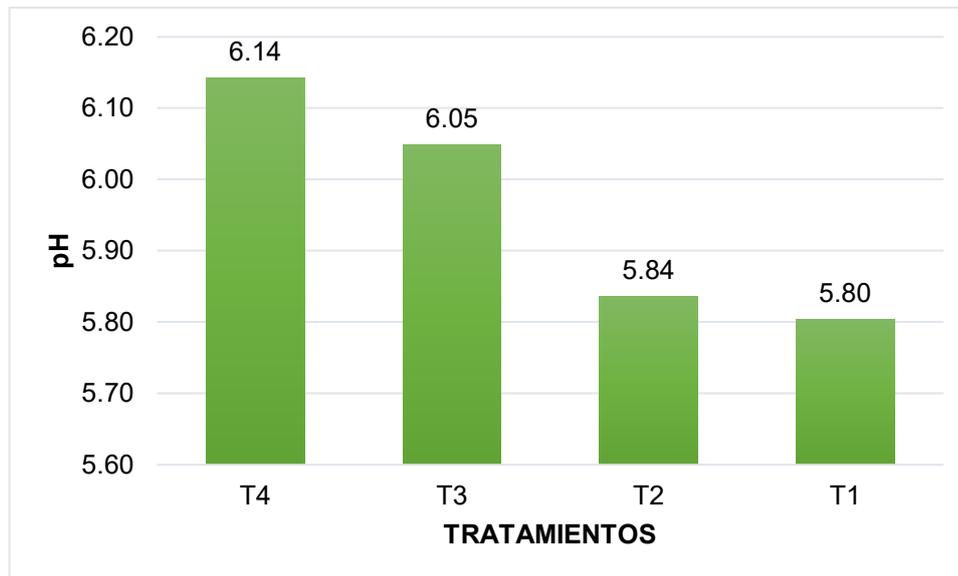


Figura 9. Efecto del tratamiento sobre el pH del suelo.

En la Figura 9 se observa que los tratamientos 4 y 3 no son significativos estadísticamente, pero existe una diferencia numérica y esta es a favor del tratamiento 4. Podemos decir entonces, que a mayor cantidad de inóculo de rizobacterias mejora el pH del suelo.

4.2.2. Materia orgánica (M.O.) del suelo

Los resultados obtenidos de la materia orgánica presente en el suelo degradado después de realizar la aplicación de los tratamientos con inóculo de rizobacterias se muestran en la tabla 8.

Tabla 8. Materia orgánica del suelo inoculado con rizobacterias.

Tratamientos	Dilución	Repeticiones			Promedio
		R1	R2	R3	
T1	0 ml	1.50	1.40	1.90	1.60 ± 0.26
T2	10 ml	2.03	2.11	2.03	2.06 ± 0.05
T3	15 ml	1.90	2.15	2.24	2.10 ± 0.18
T4	20 ml	2.22	2.31	1.95	2.16 ± 0.19

En la tabla 8 se observa el promedio de los tratamientos: T4 es de 2.16 ± 0.19%, seguido del T3 con 2.10 ± 0.18%, el T2 tiene 2.06 ± 0.05% y el T1 (control) posee 1.60 ± 0.26% de materia orgánica en el suelo, por lo que podemos decir que,

todos los tratamientos mejoraron proporcionalmente en comparación al T1 (control).

B. Análisis estadístico de la Materia orgánica (M.O.) del suelo

Los resultados del análisis de varianza para la materia orgánica del suelo se presentan en la tabla 9.

Tabla 9. Análisis de varianza para la Materia orgánica (M.O.) del suelo

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIO	F - VALOR	Pr > F
TRATAMIENTOS	3	0.58883333	0.19627778	5.68	0.0221
ERROR	8	0.27653333	0.03456667		
SUMA TOTAL	11	0.86536667			

CV = 9.40%

De la Tabla 9 se observa que existe una diferencia significativa ($F(0.05) = 5.68$; $p = 0.0221 < 0.05$), entre los tratamientos evaluados (T1, T2, T3 y T4), lo que significa que hubo mejora del suelo con la aplicación de rizobacterias con respecto a materia orgánica.

Tabla 10. Prueba de contraste de Tukey para la Materia orgánica (M.O.) del suelo

SIGNIFICANCIA	PROMEDIOS	TRATAMIENTOS
A	2.16	T4
A	2.10	T3
BA	2.06	T2
B	1.60	T1

De la Tabla 10, según el contraste de Tukey podemos observar diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos. Este resultado nos indica que, el tratamiento 4 y 3 es diferente estadísticamente a los tratamientos 1 y 2, y con

ello se demuestra que el tratamiento 4 posee la mejor cantidad de materia orgánica en el suelo.



Figura 10. Efecto del tratamiento sobre la materia orgánica (M.O.) del suelo.

En la Figura 10 se observa que los tratamientos 4 y 3 son iguales o no son significativos estadísticamente, pero existe una diferencia numérica y esta es a favor del tratamiento 4.

4.2.3. Nitrógeno (N) del suelo

Los resultados obtenidos del nitrógeno presente en el suelo degradado después de realizar la aplicación de los tratamientos con inóculo de rizobacterias se muestran en la tabla 11.

Tabla 11. Nitrógeno del suelo inoculado con rizobacterias.

Tratamientos	Dilución	Repeticiones			Promedio
		R1	R2	R3	
T1	0 ml	0.070	0.060	0.070	0.067 ± 0.006
T2	10 ml	0.075	0.078	0.075	0.076 ± 0.002
T3	15 ml	0.070	0.080	0.083	0.078 ± 0.007
T4	20 ml	0.082	0.086	0.072	0.080 ± 0.007

En la tabla 11 se observa el promedio de los tratamientos: el T4 posee 0.080 ± 0.007 % de nitrógeno siendo este tratamiento el de mayor efecto, seguido del

T3 con $2.0078 \pm 0.007\%$ y el T2 tiene $2.0076 \pm 0.002\%$, sin embargo, el T1 (control) posee $1.0067 \pm 0.006\%$ de nitrógeno en el suelo, por lo que podemos decir que, todos los tratamientos mejoraron proporcionalmente en comparación al T1 (control).

C. Análisis estadístico del Nitrógeno (N) del suelo

Los resultados del análisis de varianza para el Nitrógeno del suelo se presentan en la tabla 12.

Tabla 12. Análisis de varianza para el Nitrógeno (N) del suelo

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIO	F - VALOR	Pr > F
TRATAMIENTOS	3	0.14366933	0.04788978	1.01	0.4381
ERROR	8	0.38024333	0.04753042		
SUMA TOTAL	11	0.52391267			

CV = 15.75%

De la Tabla 12 se observa que existe una diferencia significativa ($F(0.05) = 1.01$; $p = 0.04381 > 0.05$), entre los tratamientos evaluados (T1, T2, T3 y T4), lo que significa que hubo mejora del suelo con la aplicación de rizobacterias con respecto al nitrógeno del suelo, pero numéricamente.

Para corroborar la significancia se realizó la prueba de contraste de Tukey y se muestra en la tabla 13.

Tabla 13. Prueba de contraste de Tukey para el nitrógeno (N) del suelo

SIGNIFICANCIA	PROMEDIOS	TRATAMIENTOS
A	0.33	T3
A	0.08	T4
A	0.08	T2
A	0.07	T1

De la tabla 13 se observa que hay significancia, al comparar el T3 es mejor que los tratamientos T4, T2 y T1 letras desiguales, con ello se explica que mejoró las condiciones del suelo.

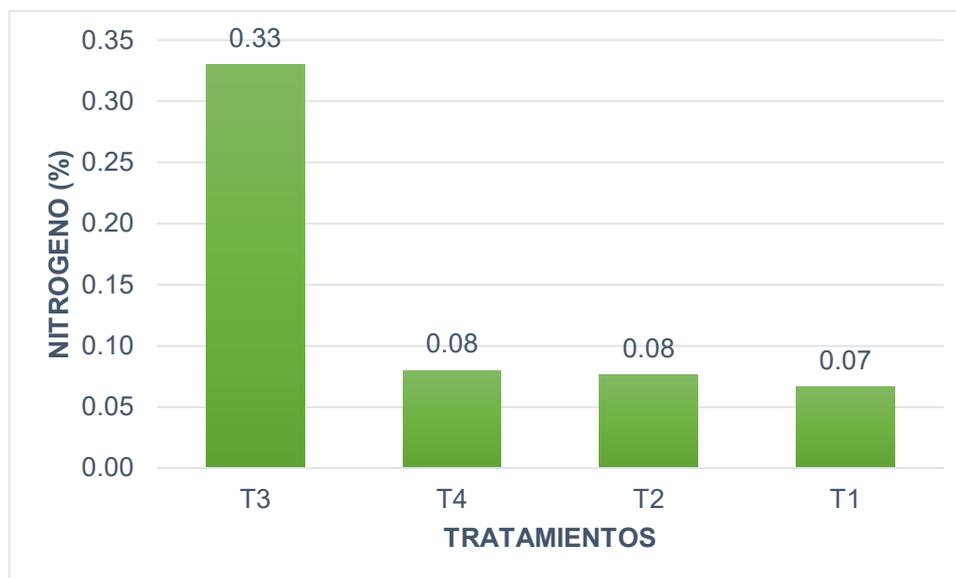


Figura 11. Efecto del tratamiento sobre el Nitrógeno (N) del suelo.

De la Figura 11 se observa si bien no son significativos estadísticamente o todos los tratamientos son iguales, existe una diferencia numérica y esta es a favor del tratamiento 3. También podemos decir que haciendo una comparación con el suelo antes del experimento contenía 0.05 % y con el tratamiento aplicado el mayor promedio contiene 0.327% con el tratamiento 3 seguido del tratamiento 4, lo que significa que hubo una mejora o aumentó del nitrógeno en el suelo en términos numéricos.

4.2.4. Conductividad eléctrica (CE) del suelo

Los resultados obtenidos de la conductividad eléctrica en el suelo degradado después de realizar la aplicación de los tratamientos con inóculo de rizobacterias se muestran en la tabla 14.

Tabla 14. Conductividad eléctrica del suelo inoculadas con rizobacterias.

Tratamientos	Dilución	Repeticiones			Promedio
		R1	R2	R3	
T1	0 ml	674	670	674	673 ± 2.31
T2	10 ml	512	807	512	610 ± 170.32
T3	15 ml	706	559	679	648 ± 78.25
T4	20 ml	762	907	861	843 ± 74.10

En la tabla 14 se observa el promedio de los tratamientos: la mayor conductividad eléctrica la posee el T4 con $843 \pm 74.10 \mu\text{S/cm}$ siendo este tratamiento el de mayor efecto, seguido del T1 con $673 \pm 2.31 \mu\text{S/cm}$ y el T3 tiene $648 \pm 78.25 \mu\text{S/cm}$ y finalmente el de menor efecto es el T2 que tiene $610 \pm 170.32 \mu\text{S/cm}$.

D. Análisis estadístico de la Conductividad eléctrica (C.E.) del suelo

Los resultados del análisis de varianza para la Conductividad eléctrica del suelo se presentan en la tabla 15.

Tabla 15. Análisis de varianza para la Conductividad eléctrica (C.E.)

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIO	F - VALOR	Pr > F
TRATAMIENTOS	3	95612.9167	31870.9722	3.14	0.087
ERROR	8	81254	10156.75		
SUMA TOTAL	11	176866.9167			

CV = 14.53%

De la Tabla 15 se observa que no existe una diferencia significativa ($F(0.05) = 3.14; p = 0.087 > 0.05$), entre los tratamientos evaluados (T1, T2, T3 y T4), lo que significa que no hubo mejora, es decir que ponga lo que ponga de inóculo de rizobacterias no afecta a la conductividad eléctrica del suelo.

Para corroborar la significancia se realizó la prueba de contraste de Tukey y se muestra en la tabla 16.

Tabla 16. Prueba de contraste de Tukey para la Conductividad eléctrica (C.E.)

SIGNIFICANCIA	PROMEDIOS	TRATAMIENTOS
A	843.33	T4
A	672.67	T1
A	648.00	T3
A	610.33	T2

De la tabla 16 se observa que no hay significancia, al comparar el T4, T3, T2 y T1 todos comparten una letra que es la A (única letra), por ende, sus medidas son similares estadísticamente.



Figura 12. Efecto del tratamiento sobre la Conductividad eléctrica (C.E.)

De la Figura 12 se observa que, si bien no son significativos estadísticamente o todos los tratamientos son iguales, existe una diferencia numérica y esta es a favor del tratamiento 4. También podemos decir que, haciendo una comparación con el suelo antes del experimento contenía 334 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y con el tratamiento aplicado el mayor promedio contiene 843 $\mu\text{S}/\text{cm}$ con el tratamiento 4 seguido del tratamiento 3, lo que significa que hubo una mejora o aumentó la conductividad eléctrica del suelo.

4.2.5. Fósforo (P) en el suelo

Los resultados obtenidos del fósforo en el suelo degradado después de realizar la aplicación de los tratamientos con inóculo de rizobacterias se muestran en la tabla 17.

Tabla 17. Fósforo del suelo inoculado con rizobacterias.

Tratamientos	Dilución	Repeticiones			Promedio
		R1	R2	R3	
T1	0 ml	8.00	9.00	9.00	8.67 ± 0.58
T2	10 ml	9.95	9.95	9.95	9.95 ± 0.00
T3	15 ml	9.00	8.60	9.00	8.87 ± 0.23
T4	20 ml	10.11	8.00	9.00	9.04 ± 1.06

En la tabla 17 se observa el promedio de los tratamientos: el T2 tiene 9.95 ± 0.00 ppm de fósforo en el suelo siendo este tratamiento el de mayor efecto, seguido por el T4 con 9.04 ± 1.06 ppm y el T3 tiene 8.87 ± 0.23 ppm y finalmente el de menor efecto es el T1 que tiene 8.67 ± 0.58 ppm de fósforo en el suelo.

E. Análisis estadístico del Fósforo (P) del suelo

Los resultados del análisis de varianza para el fósforo del suelo se presentan en la tabla 18.

Tabla 18. Análisis de varianza para el Fósforo (P) del suelo

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIO	F - VALOR	Pr > F
TRATAMIENTOS	3	2.8954	0.96513333	2.57	0.1269
ERROR	8	3.0014	0.375175		
SUMA TOTAL	11	5.8968			

CV = 6.71%

De la Tabla 18 se observa que no existe una diferencia significativa ($F(0.05) = 2.57$; $p = 0.1269 > 0.05$), entre los tratamientos evaluados (T1, T2, T3 y T4), lo que significa que no hay efecto real de los tratamientos sobre el fósforo presente en el suelo, ya sea tratado con la cantidad que sea.

Para corroborar la significancia se realizó la prueba de contraste de Tukey y se muestra en la tabla 19.

Tabla 19. Prueba de contraste de Tukey para el Fósforo (P) del suelo

SIGNIFICANCIA	PROMEDIOS	TRATAMIENTOS
A	9.95	T2
A	9.04	T4
A	8.87	T3
A	8.67	T1

De la tabla 19 se observa que no hay significancia, al comparar el T4, T2, T3 y T1 todos comparten una letra que es la A (única letra), por ende, sus medidas son bastantes parecidas como T4= 9.04, T2= 9.95, T3=8.87 y T1= 8.67

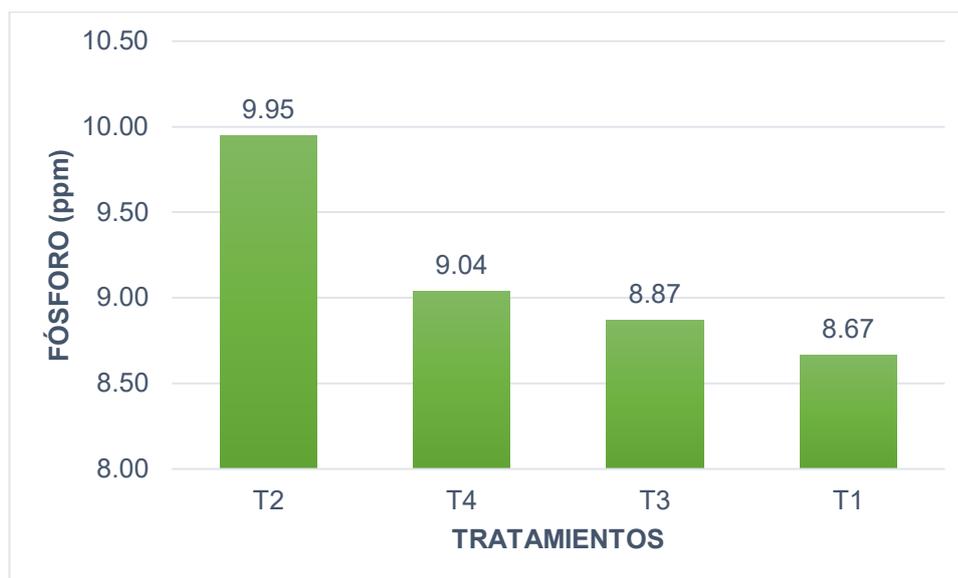


Figura 13. Efecto del tratamiento sobre el Fósforo (P) del suelo.

De la Figura 13 se observa que, si bien no son significativos estadísticamente o todos los tratamientos son casi iguales, existe una diferencia numérica y esta es a favor del tratamiento 2 y 4. También podemos decir que numéricamente,

haciendo una comparación con el suelo antes del experimento contenía 8.1 ppm y con el tratamiento aplicado el mayor promedio contiene 9.95 ppm con el tratamiento 2 seguido del tratamiento 4.

4.2.6. Potasio (K) en el suelo

Los resultados obtenidos del potasio en el suelo degradado después de realizar la aplicación de los tratamientos con inoculo de rizhobacterias se muestran en la tabla 20.

Tabla 20. Potasio del suelo inoculado con rizhobacterias.

Tratamientos	Dilución	Repeticiones			Promedio
		R1	R2	R3	
T1	0 ml	3440.00	3439.34	3440.62	3439.99 ± 0.64
T2	10 ml	2365.42	2306.42	2365.42	2345.75 ± 34.06
T3	15 ml	2033.09	2463.17	2560.91	2352.39 ± 280.81
T4	20 ml	3577.46	3323.33	4535.36	3812.05 ± 639.16

En la tabla 20 se observa el promedio de los tratamientos: el T4 tiene 3812.05 ± 639.16 ppm de potasio en el suelo siendo este tratamiento el de mayor efecto, seguido por el T1 con 3439.99 ± 0.64 ppm y el T3 tiene 2352.39 ± 280.81 ppm y finalmente el de menor efecto es el T2 que tiene 2345.75 ± 34.06 ppm de potasio en el suelo.

F. Análisis estadístico del Potasio (K) del suelo

Los resultados del análisis de varianza para el potasio del suelo se presentan en la tabla 21.

Tabla 21. Análisis de varianza para el Potasio (K) del suelo

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIO	F - VALOR	Pr > F
TRATAMIENTOS	3	5099491.12	1699830.37	13.92	0.0015
ERROR	8	977083.838	122135.48		
SUMA TOTAL	11	6076574.96			

CV = 11.70%

De la Tabla 21 se observa que existe una diferencia significativa ($F(0.05) = 13.92$; $p = 0.0015 < 0.05$), entre los tratamientos evaluados (T1, T2, T3 y T4), lo que significa que hubo mejora del suelo con la aplicación de rizobacterias con respecto al potasio presente en el suelo.

Tabla 22. Prueba de contraste de Tukey para el Potasio (K) del suelo

SIGNIFICANCIA	PROMEDIOS	TRATAMIENTOS
A	3812.10	T4
B	3440.00	T1
B	2352.40	T3
B	2345.80	T2

De la Tabla 22, según el contraste de Tukey podemos observar diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos (letras desiguales). Este resultado nos indica que, el tratamiento 4 es diferente estadísticamente al tratamiento 3 y 2; con ello se muestra que el tratamiento 4 posee la mejor cantidad de potasio en el suelo seguido de los tratamientos 1 y 3.



Figura 14. Efecto del tratamiento sobre el Potasio (K) del suelo.

En la Figura 14 se observa que el tratamiento 4 es estadísticamente significativa en comparación a los tratamientos 1, 3 y 2. Podemos decir entonces, que a mayor cantidad de inóculo de rizobacterias mejora la cantidad de potasio en el suelo.

4.2.7. Calcio (Ca) del suelo

Los resultados obtenidos del calcio en el suelo degradado después de la aplicación de los tratamientos con inóculo de rizobacterias se muestran en la tabla 23.

Tabla 23. Calcio del suelo inoculadas con rizobacterias.

Tratamientos	Dilución	Repeticiones			Promedio
		R1	R2	R3	
T1	0 ml	2.8	2.7	2.8	2.77 ± 0.06
T2	10 ml	2.5	3.9	2.5	2.97 ± 0.81
T3	15 ml	3.9	3.4	3.8	3.70 ± 0.26
T4	20 ml	1.6	4.9	4.4	3.63 ± 1.78

En la tabla 23 se observa el promedio de los tratamientos: el T3 tiene 3.70 ± 0.26 meg/100g de calcio en el suelo siendo este tratamiento el de mayor efecto, seguido por el T4 con 3.63 ± 1.78 meg/100g y el T2 tiene 2.97 ± 0.81 meg/100g y finalmente el de menor efecto es el T1 que tiene 2.77 ± 0.06 meg/100g de calcio en el suelo.

G. Análisis estadístico del Calcio (Ca) del suelo

Los resultados del análisis de varianza para el Calcio del suelo se presentan en la tabla 24.

Tabla 24. Análisis de varianza para el Calcio (Ca) del suelo

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIO	F - VALOR	Pr > F
TRATAMIENTOS	3	1.98666667	0.66222222	0.68	0.588
ERROR	8	7.78	0.9725		
SUMA TOTAL	11	9.76666667			

CV = 30.19%

De la Tabla 24 se observa que no existe una diferencia significativa ($F(0.05) = 0.68$; $p = 0.588 > 0.05$), entre los tratamientos evaluados (T1, T2, T3 y T4), lo que significa que no hay efecto real de los tratamientos sobre el calcio presente en el suelo, ya sea tratado con la cantidad que sea.

Para corroborar la significancia se realizó la prueba de contraste de Tukey y se muestra en la tabla 25.

Tabla 25. Prueba de contraste de Tukey para el Calcio (Ca) del suelo

SIGNIFICANCIA	PROMEDIOS	TRATAMIENTOS
A	3.70	T3
A	3.63	T4
A	2.97	T2
A	2.77	T1

De la tabla 25 se observa que no hay significancia, al comparar el T3, T4, T2 y T1 todos comparten una letra que es la A (única letra), por ende, sus medidas son similares.

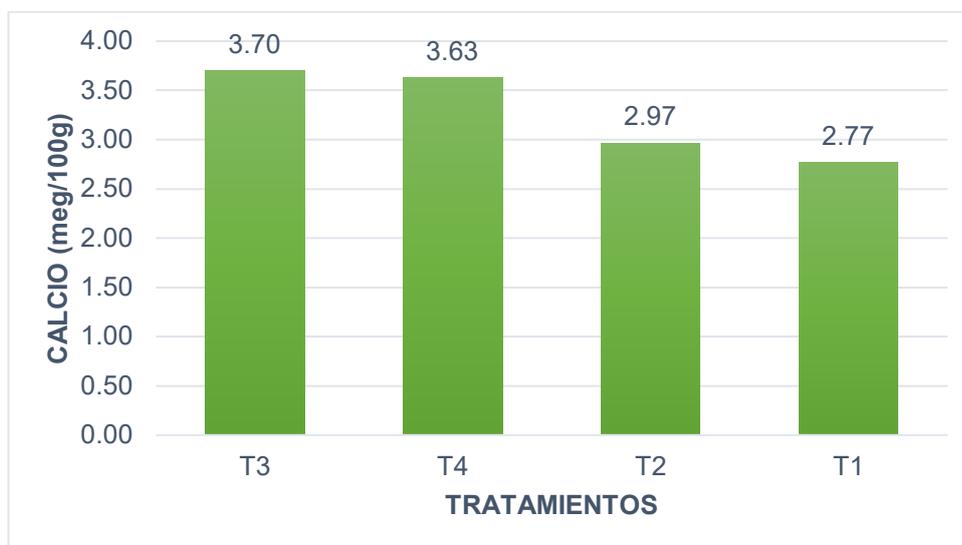


Figura 15. Efecto del tratamiento sobre la Calcio (Ca) del suelo.

De la Figura 15 se observa si bien no son significativos estadísticamente o todos los tratamientos son iguales, pero existe una diferencia numérica y esta es a favor del tratamiento 3 y 4.

4.2.8. Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)

Los resultados obtenidos de la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) en el suelo degradado después de realizar la aplicación de los tratamientos con inóculo de rizobacterias se muestran en la tabla 26.

Tabla 26. Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) del suelo

Tratamientos	Dilución	Repeticiones			Promedio
		R1	R2	R3	
T1	0 ml	5.00	4.00	5.00	4.67 ± 0.58
T2	10 ml	7.00	7.11	7.00	7.04 ± 0.06
T3	15 ml	6.00	5.90	7.21	6.37 ± 0.73
T4	20 ml	5.90	7.00	7.60	6.83 ± 0.86

En la tabla 26 se observa el promedio de los tratamientos: el T2 tiene 7.04 ± 0.06 meg/100g de CIC en el suelo siendo este tratamiento el de mayor efecto, seguido por el T4 con 6.83 ± 0.86 meg/100g y el T3 tiene 6.37 ± 0.73 meg/100g y finalmente el de menor efecto es el T1 con 4.67 ± 0.58 meg/100g de CIC en el suelo.

H. Análisis estadístico de la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)

Los resultados del análisis de varianza para la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) se presentan en la tabla 27.

Tabla 27. Análisis de varianza para la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIO	F - VALOR	Pr > F
TRATAMIENTOS	3	10.43486667	3.47828889	8.63	0.0069
ERROR	8	3.2248	0.4031		
SUMA TOTAL	11	13.65966667			

CV = 10.20%

De la Tabla 27 se observa que existe una diferencia significativa ($F(0.05) = 8.63$; $p = 0.0069 < 0.05$), entre los tratamientos evaluados (T1, T2, T3 y T4), lo que significa que hubo mejora del suelo con la aplicación de rizobacterias con respecto a la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) presente en el suelo.

Tabla 28. Prueba de contraste de Tukey para la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)

SIGNIFICANCIA	PROMEDIOS	TRATAMIENTOS
A	7.04	T2
A	6.83	T4
A	6.37	T3
B	4.67	T1

De la Tabla 28, según el contraste de Tukey podemos observar diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos. Este resultado nos indica que, el tratamiento 2 es diferente estadísticamente al tratamiento 4; con ello se demuestra que el tratamiento 2 posee la mejor Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) en el suelo seguido de los tratamientos 3 y 1.



Figura 16. Efecto del tratamiento sobre la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC).

En la Figura 16 se observa que el tratamiento 2 es estadísticamente significativa en comparación a los tratamientos 4 y 3.

4.3. DETERMINACIÓN DEL CRECIMIENTO DEL MEDICAGO SATIVA CON LA APLICACIÓN DE LAS RIZHOBACTERIAS.

A continuación, se presenta los resultados obtenidos en el crecimiento del *medicago sativa* con la aplicación de rizhobacterias, las cuales se muestran en la tabla 29 y el extenso se encuentra en el anexo 7 y 8.

Tabla 29. Resumen de los resultados promedio del crecimiento de la plántula de *medicago sativa* (alfalfa)

Trat.	Rep.	Longitud de tallo	Grosor de tallo	Longitud de raíz	Cantidad de hojas	Peso plántula
T1 0 ml	R1	2.8	0.47	4.8	4	0.09
	R2	3.1	0.47	5.4	5	0.04
	R3	0.4	0.10	2.8	1	0.01
T2 10 ml	R1	3.4	0.53	9.5	4	0.08
	R2	3.4	0.50	9.9	4	0.10
	R3	3.5	0.47	6.8	5	0.08
T3 15 ml	R1	3.7	0.50	5.8	6	0.08
	R2	4.9	0.60	5.7	7	0.14
	R3	4.1	0.50	9.7	6	0.14
T4 20 ml	R1	3.9	0.60	7.8	6	0.16
	R2	4.6	0.60	6.9	6	0.16
	R3	3.7	0.63	12.9	7	0.17

Leyenda: Trat. = Tratamientos, Rep.= Repetición

De la tabla 29 se observa los resultados obtenidos del crecimiento de la plántula de *medicago sativa* (alfalfa), tales como: Longitud de tallo, grosor de tallo, longitud de raíz, cantidad de hojas y peso total de la plántula de los cuatro tratamientos, tratamiento 1 o control (T1= 0 ml de inóculo de rizhobacterias), tratamiento 2 (T2= 10 ml de inóculo de rizhobacterias), tratamiento 3 (T3= 15 ml de inóculo de rizhobacterias) y tratamiento 4 (T4= 20 ml de inóculo de rizhobacterias), cada uno con tres repeticiones para realizar el análisis de varianza.

4.3.1. Longitud de tallos

Los resultados obtenidos de las longitudes de los tallos en las plántulas del *medicago sativa* (alfalfa), luego de 30 días de la aplicación del inóculo de rizhobacterias se muestran en la tabla 30.

Tabla 30. Longitudes de tallos (cm) de plántulas del *medicago sativa*

Tratamientos	Dilución	Repeticiones			Promedio
		R1	R2	R3	
T1	0 ml	2.8	3.1	0.4	2.1 ± 1.50
T2	10 ml	3.4	3.4	3.5	3.4 ± 0.08
T3	15 ml	3.7	4.9	4.1	4.2 ± 0.63
T4	20 ml	3.9	4.6	3.7	4.1 ± 0.49

De la tabla 30 se puede observar que las mayores longitudes de tallos se determinaron en el tratamiento T3 con un promedio del 4.2 ± 0.63 cm. en una concentración de inóculo de rizhobacterias de 15 ml, seguido del T4 con 4.1 ± 0.49 cm bajo una concentración de 20 ml; mientras que en T2 se obtuvo 3.4 ± 0.08 cm con una concentración de 20 ml de inoculo de rizhobacterias y el T1 (control) tiene 2.1 ± 1.50 cm siendo ésta la menor longitud del tallo de la plántula. Todos los tratamientos aplicando rizhobacterias fueron superiores al tratamiento control.

A. Análisis estadístico de la Longitud de Tallo

Los resultados del análisis de varianza para longitud de tallo del *medicago sativa* (alfalfa) se presentan en la tabla 31.

Tabla 31. Análisis de varianza para longitud del tallo del *medicago sativa*

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIO	F - VALOR	Pr > F
TRATAMIENTOS	3	8.44916667	2.81638889	4.04	0.0508
ERROR	8	5.58	0.6975		
SUMA TOTAL	11	14.02916667			

CV = 24.15%

De la Tabla 31 se observa que no existe una diferencia significativa ($F(0.05) = 4.04$; $p = 0.0508 > 0.05$), entre los tratamientos evaluados (T1, T2, T3 y T4), lo que significa que no hay efecto real de los tratamientos sobre la longitud del tallo de la plántula, ya sea tratada con la cantidad que sea.

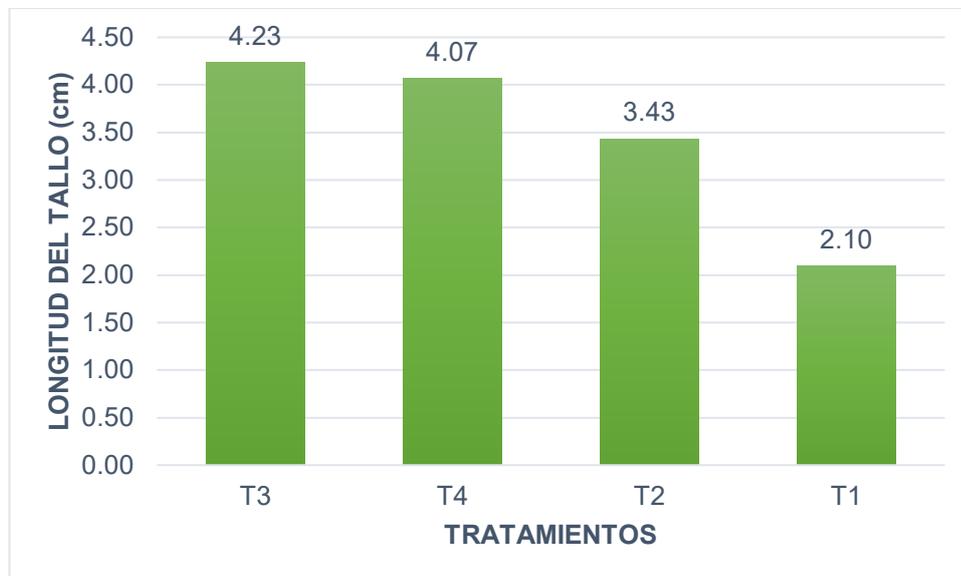


Figura 17. Efecto del tratamiento sobre la longitud del tallo del *medicago sativa*

De la Figura 17 se observa si bien no son significativos estadísticamente o todos los tratamientos son iguales, existe una diferencia numérica y esta es a favor del tratamiento 3 y 4.

4.3.2. Grosor de tallos

Los resultados obtenidos del grosor de los tallos en las plántulas del *medicago sativa*, luego de 30 días de la aplicación del inóculo de rizobacterias se muestran en la tabla 32.

Tabla 32. Grosor de tallos (cm) del *medicago sativa*

Tratamientos	Dilución	Repeticiones			Promedio
		R1	R2	R3	
T1	0 ml	0.47	0.47	0.10	0.34 ± 0.21
T2	10 ml	0.53	0.50	0.47	0.50 ± 0.03
T3	15 ml	0.50	0.60	0.50	0.53 ± 0.06
T4	20 ml	0.60	0.60	0.63	0.61 ± 0.02

De la tabla 32 se puede observar que los mayores grosos de los tallos de la plántula se determinaron en el T4 un promedio del 0.61 ± 0.02 cm con una concentración de inóculo de rizobacterias de 20 ml, seguido del T3 con 0.53 ± 0.06 cm bajo una concentración de inóculo de 15 ml; mientras que en T2 se obtuvo 0.50 ± 0.03 cm con una concentración de inóculo de 10 ml y el T1 (control) tiene 0.34 ± 0.21 cm siendo este tratamiento con menor grosor del tallo de la plántula. Todos los tratamientos aplicando rizobacterias fueron superiores al tratamiento control.

B. Análisis estadístico del Grosor de Tallo

Los resultados del análisis de varianza para el grosor de tallo del *medicago sativa* (alfalfa) se presentan en la tabla 33.

Tabla 33. Análisis de varianza para grosor del tallo del *medicago sativa*

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIO	F - VALOR	Pr > F
TRATAMIENTOS	3	8.44916667	2.81638889	4.04	0.0508
ERROR	8	5.58	0.6975		
SUMA TOTAL	11	14.02916667			

CV = 22.51%

De la Tabla 33 se observa que no existe diferencia significativa ($F(0.05) = 4.04$; $p = 0.0508 > 0.05$), entre los tratamientos evaluados (T1, T2, T3 y T4), lo que significa que no hubo efecto y que ponga la cantidad de inóculo de rizobacterias que ponga en las plántulas de alfalfa, no afectará el grosor de tallos de las plántulas.



Figura 18. Efecto del tratamiento sobre el grosor del tallo del *medicago sativa*

De la Figura 18 se observa, que los tratamientos no son significativos estadísticamente o los tratamientos son similares, sin embargo, existe una diferencia numérica y esta es a favor del T4 y T3 con un promedio de 0.61 y 0.53 cm de grosor del tallo respectivamente. Así mismo, el T1 (control) tiene 0.35 cm siendo este el de menor grosor de tallo.

4.3.3. Longitud de raíces

Los resultados obtenidos de las longitudes de raíces en las plántulas del *medicago sativa*, luego de 30 días de la aplicación del inóculo de rizobacterias se muestran en la tabla 34.

Tabla 34. Longitudes de raíces (cm) del *medicago sativa*

Tratamientos	Dilución	Repeticiones			Promedio
		R1	R2	R3	
T1	0 ml	4.8	5.4	2.8	4.3 ± 1.4
T2	10 ml	9.5	9.9	6.8	8.7 ± 1.7
T3	15 ml	5.8	5.7	9.7	7.1 ± 2.3
T4	20 ml	7.8	6.9	12.9	9.2 ± 3.2

De la tabla 34 se puede observar que las mayores longitudes de las raíces de la plántula se determinaron en el T4 un promedio del 9.2 ± 3.2 cm, seguido del T2 con 8.7 ± 1.7 cm; mientras que en T3 se obtuvo 7.1 ± 2.3 cm y en el T1 (control) tiene 4.3 ± 1.4 cm, siendo este tratamiento con la menor longitud de raíces. Todos los tratamientos aplicando el inóculo de rizobacterias fueron superiores al tratamiento control.

C. Análisis estadístico de la longitud de raíces de la plántula

Los resultados del análisis de varianza para la longitud de raíces de la plántula del *medicago sativa* (alfalfa) se presentan en la tabla 35.

Tabla 35. Análisis de varianza para la longitud de raíces del *medicago sativa*

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIO	F - VALOR	Pr > F
TRATAMIENTOS	3	43.54666667	14.51555556	2.85	0.105
ERROR	8	40.74	5.0925		
SUMA TOTAL	11	84.28666667			

CV = 30.77%

De la Tabla 35 se observa que no existe una diferencia significativa ($F(0.05) = 2.85$; $p = 0.105 > 0.05$), entre los tratamientos evaluados (T1, T2, T3 y T4), lo que significa que no hay efecto real y que ponga la cantidad de inóculo de rizobacterias que ponga en las plántulas de alfalfa, no afectará en la longitud de raíces de las plántulas, ya sea tratada con la cantidad que sea.



Figura 19. Efecto del tratamiento sobre la longitud de raíces del *medicago sativa*

De la Figura 19 se observa, que los tratamientos no son significativos estadísticamente o son similares, sin embargo, existe una diferencia numérica y esta es a favor del T4 y T2 con un promedio de 9.20 y 8.73 cm de longitud de raíces respectivamente. Así mismo, el T1 (control) tiene 4.33 cm siendo este el de menor tendencia.

4.3.4. Cantidad de hojas

Los resultados obtenidos de la cantidad de hojas en las plántulas del *medicago sativa*, con la aplicación del inóculo de rizobacterias se muestran en la tabla 36.

Tabla 36. Cantidad de hojas del *medicago sativa*

Tratamientos	Dilución	Repeticiones			Promedio
		R1	R2	R3	
T1	0 ml	4	5	1	3 ± 2.2
T2	10 ml	4	4	5	4 ± 0.6
T3	15 ml	6	7	6	6 ± 0.3
T4	20 ml	6	6	7	7 ± 0.7

De la tabla 36 se puede observar que las mayores cantidades de hojas de la plántula se determinaron en el T4 con un promedio de 7 unidades, seguido del T3 con 6; mientras que en T2 se obtuvo 4 unidades y en el T1 (control) tiene 3 unidades, siendo este último con el menor número de hojas. Todos los tratamientos aplicando el inóculo de rizobacterias fueron superiores al tratamiento control.

D. Análisis estadístico de la cantidad de hojas la plántula

Los resultados del análisis de varianza para la cantidad de hojas de la plántula del *medicago sativa* (alfalfa) se presentan en la tabla 37.

Tabla 37. Análisis de varianza para la cantidad de hojas del *medicago sativa*

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIO	F - VALOR	Pr > F
TRATAMIENTOS	3	20.25	6.75	5.06	0.0296
ERROR	8	10.66666667	1.33333333		
SUMA TOTAL	11	30.91666667			

CV = 22.71%

De la Tabla 37 se observa que existe una diferencia significativa ($F(0.05) = 5.06$; $p = 0.0296 < 0.05$), entre los tratamientos evaluados (T1, T2, T3 y T4), lo que significa que si hay diferencias entre los tratamientos o existe un efecto del tratamiento sobre la cantidad de hojas.

Para corroborar la significancia se realizó la prueba de contraste de Tukey y se muestra en la tabla 38.

Tabla 38. Prueba de contraste de Tukey para la cantidad de hojas del *medicago sativa*

SIGNIFICANCIA	PROMEDIOS	TRATAMIENTOS
A	6.33	T3
A	6.33	T4
A	4.33	T2
A	3.33	T1

De la Tabla 38 se observa que existe diferencia significativa, entonces se aplica a los promedios la prueba de contraste de Tukey y con ello se muestra que el tratamiento 3 y 4 posee la mayor cantidad de hojas de plántula seguido de los tratamientos 2 y 1.

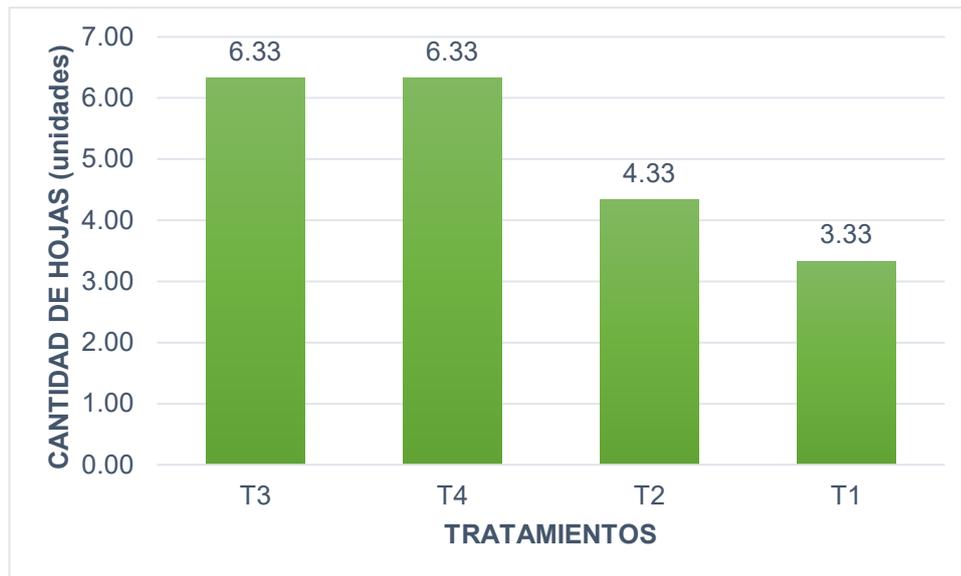


Figura 20. Efecto del tratamiento sobre la cantidad de hojas del *medicago sativa*

De la Figura 20 se observa la tendencia de los tratamientos que, a mayor cantidad de inóculo de rizobacterias hay mayor cantidad de hojas en las plántulas de alfalfa. Es decir que el T4 y T3 poseen la mayor cantidad de hojas con un promedio de 6.33 unidades respectivamente en comparación con el T2 y T1.

4.3.5. Peso total de la plántula

Los resultados obtenidos del peso total de las plántulas del *medicago sativa*, luego de 30 días de la aplicación del inóculo de rizobacterias se muestran en la tabla 39.

Tabla 39. Pesos totales (g) de las plántulas del *medicago sativa*

Tratamientos	Dilución	Repeticiones			Promedio
		R1	R2	R3	
T1	0 ml	0.09	0.04	0.01	0.05 ± 0.04
T2	10 ml	0.08	0.10	0.08	0.09 ± 0.01
T3	15 ml	0.08	0.14	0.14	0.12 ± 0.04
T4	20 ml	0.16	0.16	0.17	0.16 ± 0.00

De la tabla 39 se puede observar que el mayor promedio del peso total de la plántula está en el T4 con un promedio de 0.16 ± 0.00 g, seguido del T3 con 0.12

± 0.04 g; mientras que en T2 se obtuvo 0.09 ± 0.01 g y en el T1 (control) tiene 0.05 ± 0.04 g, siendo este último con el peso menor. Todos los tratamientos aplicando el inóculo de rizobacterias fueron superiores al tratamiento control.

E. Análisis estadístico del peso total de la plántula

Los resultados del análisis de varianza para peso total de la plántula de la alfalfa se presentan en la tabla 40.

Tabla 40. Análisis de varianza para el peso total de las plántulas del *medicago sativa*

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIO	F - VALOR	Pr > F
TRATAMIENTOS	3	0.02209167	0.00736389	9.82	0.0047
ERROR	8	0.006	0.00075		
SUMA TOTAL	11	0.02809167			

CV = 26.29%

De la Tabla 40 se observa que existe una diferencia significativa ($F(0.05) = 9.82$; $p = 0.0047 < 0.05$), entre los tratamientos evaluados (T1, T2, T3 y T4), lo que significa que si hay diferencias entre los tratamientos o existe un efecto del tratamiento sobre el peso total de la plántula.

Para corroborar la significancia se realizó la prueba de contraste de Tukey y se muestra en la tabla 41.

Tabla 41. Prueba de contraste de Tukey para el peso de las plántulas del *medicago sativa*

SIGNIFICANCIA	PROMEDIOS	TRATAMIENTOS
A	0.16	T4
BA	0.12	T3
BC	0.09	T2
C	0.05	T1

De la Tabla 41 se corrobora que existe diferencia significativa (letras desiguales), entonces se aplica a los promedios la prueba de contraste de Tukey y con ello se muestra que el tratamiento T4 posee el mejor peso de plántula seguido de los tratamientos 3 y 2.

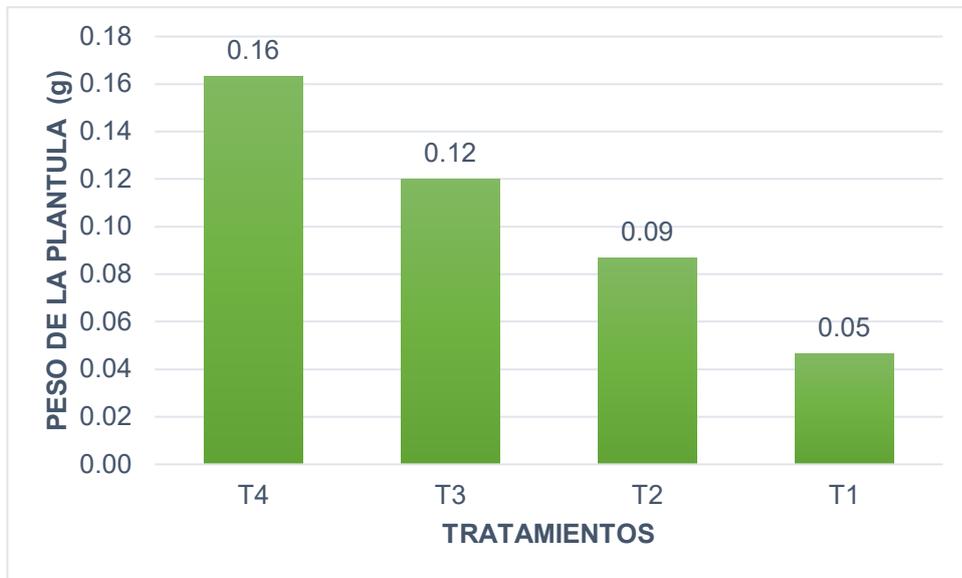


Figura 21. Efecto del tratamiento sobre el peso total de las plántulas del *medicago sativa*

De la Figura 21 se observa que la tendencia mayor es el T4 con un promedio de 0.16 g, seguido del T3 con 0.12 g, lo que significa que, a mayor cantidad de inoculo de rizobacterias se alcanza mayor peso de las plántulas de alfalfa. Además, que la menor tendencia es el T2 y T1.

V. DISCUSIÓN

De los resultados obtenidos las propiedades edáficas del suelo degradado antes de la aplicación de rizobacterias; con respecto a la textura del suelo degradado es un Franco Arenoso (FA) la cual está compuesto por 61.46% de arena, 6.56% de arcilla y 32.00% de limo (arenoso porque tiene menos del 10% de arcilla), y 5.0 me/ 100 g de capacidad de intercambio catiónico (CIC) siendo un valor medio en el suelo franco arenoso 10 a 15 meg/100 g, lo que indica que los resultados del suelo son menores al valor medio normal, según (Andrades & Martinez, 2022) estos influye en la fertilidad del suelo (aireación, capacidad de retención del agua y de nutrientes)

Con respecto al pH obtenido bajo análisis de laboratorio fue en promedio 5.999 lo cual se considera ligeramente ácido tal como analiza (GASEODUCTO SUR PERUANO, 2015) que indica, un suelo natural el pH regularmente se encuentra entre 5 y 8,5 pero puede sufrir variaciones debido a factores (precipitaciones, estabilidad de minerales y contenido de materia orgánica) que influyen en la disminución del valor del pH, sin embargo, para (Andrades & Martinez, 2022) este valor obtenido es considerado un suelo ácido (5.6 - 6.5) manifestado que este tipo de suelos con pH ácido son desfavorables para el desarrollo radicular de las plantas y disminuye la asimilación del fósforo, además, concuerdo con (Del Papa, 2001) quien encontró 350 rizobios de alfalfa con valores de pH inferiores a 6,0 siendo éste un suelo ácido y que los rizobios en suelos ácidos no son efectivos en la fijación de nitrógeno asociada a la alfalfa; así mismo se coincide con (Martinez, 2015) quien sugiere que la co-inoculación de *H. maura* y *E. Meliloti* potencia la productividad del medicago sativa en suelos salinos y esto ayuda a reducir el sobreuso de fertilizantes químicos y el impacto al ambiente.

Así mismo se obtuvo como resultado 334 $\mu\text{S}/\text{cm}$ de conductividad eléctrica (C.E.) y según (GASEODUCTO SUR PERUANO, 2015) indica que estas sales presentes en el suelo son esenciales para el crecimiento de las plantas, pero si exceden inhibe el crecimiento porque aumenta el potencial osmótico de la solución del suelo, sin embargo para (Andrades & Martinez, 2022) el valor obtenido es no salino ($<0.35 \text{ dS}/\text{m}$) y pueda llegar a ser ligeramente salino (0.35

-036 dS/m) dependiendo del cultivo y del tipo de agua con el que se riega; que si la cantidad de esta CE aumenta y alcanza su límite, las plantas no pueden subsistir.

Los resultados obtenidos de nitrógeno en el suelo degradado son de 0,05% siendo esta un suelo muy ligeramente salino, 3.0 me/100 g de calcio, y concuerdo con lo que dice (Martinez, 2015) que, la co-inoculación de *H. maura* y *E. Meliloti* mejoró el contenido de nitrógeno, cenizas totales, calcio y magnesio. Se obtuvo como resultado 1.87% de materia orgánica (M.O.) en el suelo, por lo que este suelo tiene un nivel muy ligeramente salino por tener un valor menor a 2% según los parámetros establecidos y esta MO depende del tipo de textura del suelo. Así mismo se obtuvo 8.1 ppm de fósforo (P), lo cual es ligeramente salino ya que es menor a 15 pe indica un bajo nivel de fosforo. También se obtuvo 4302.17 ppm de potasio (K) lo cual es fuertemente salino y tiene un alto nivel de potasio (>400 ppm).

De los resultados obtenidos el crecimiento del medicago sativa con la aplicación de las rizhobacterias se obtuvo como resultado que la mayor longitud del tallo de la plántula en promedio fue 4.23 cm; el mayor promedio en el grosor del tallo fue 0.61 cm; la mayor longitud de raíz en promedio fue 9.20 cm; la mayor cantidad de hojas en promedio fue 6.33 unidades y el mayor promedio del peso total de la plántula fue 0.16 g, concordando con lo que indica (Gonzales et al., 2019), que los biofertilizantes muestran una buena promoción en el crecimiento del tarwi, siendo también una fabácea al igual de la alfalfa, por lo que deben ser considerados como una gran alternativa y de aplicación potencial para los cultivos.

En relación al resultado obtenido del peso total de las plántulas se obtuvo que el mejor tratamiento fue el T4 con 20 ml de inoculo de rizhobacterias alcanzando a 0.16 g después de 30 días de siembra, con estos resultados estamos de acuerdo con lo que dice (Munoz G. et al., 2014) que, las plantas de alfalfa inoculadas con rizhobacterias produjeron pesos mayores en sus raíces significativamente después de 30 días y demostraron que las rizhobacterias pueden inducir cambios beneficiosos en la alfalfa, haciéndolos parte de un inóculo y así promover el desarrollo de cultivos interesados en la agricultura. Además se

obtuvieron resultados del trabajo investigativo en relación al crecimiento vegetativo del medicago sativa (alfalafa) después de 30 días de la siembra apoyando a esta acción el resultado obtenido por (Ogata et al., 2008), ya que indica que las rizhobacterias y en especial el rhizobium al ser usadas como inoculante son influyentes y desarrollan elocuentemente en la germinación de la tara y alfalfa en menor tiempo.

En la investigación el tratamiento T4 (20 ml de inóculo de rizhobacterias) y el T3 (15 ml de inóculo de rizhobacterias), muestran resultados superiores que el tratamiento T2 (10 ml de inóculo de rizhobacterias) y que el tratamiento control T1 (0 ml de inóculo de rizhobacterias); numéricamente superiores en la longitud del tallo, raíz y al grosor del tallo, y resultados estadísticamente significativos en relación a la cantidad de hojas y al peso de la plántula, coincidiendo con Huanca (2001), donde evaluó bajo simple inoculación y peleteada en alfalfa la infectividad y efectividad de cepas de *Rhizobium meliloti* (BIAGRO y RHIZOLAM), la infectividad presentó diferencias estadísticas entre el testigo y las cepas B339 y ID36, la efectividad entre las cepas fueron similares, pero superiores al testigo.

VI. CONCLUSIONES

La cantidad óptima de inóculo de rizobacterias fueron el T4 y T3 por tener los mejores promedios tanto en las propiedades edáficas del suelo como en el desarrollo vegetativo del *Medicago sativa* (alfalfa).

En cuanto a las propiedades edáficas del suelo degradado a diferentes cantidades de inóculo de rizobacterias se encontraron que existe significancia ($P < 0.05$) y según el contraste de Tukey el tratamiento T4 fue el mejor y que la mejora de la fertilidad del suelo degradado fue significativa.

El crecimiento del *Medicago sativa* con la aplicación de las rizobacterias en el desarrollo vegetativo de la longitud de tallo, raíz y grosor del tallo no existe significancia ($P > 0.05$) y según Tukey el tratamiento T4 y T3 tuvieron los mejores resultados.

VII. RECOMENDACIONES

Realizar inoculaciones experimentales en diferentes concentraciones y diversas semillas de fabáceas con la finalidad de obtener bioinoculantes propios del Altiplano puneño.

Realizar investigaciones con cada tipo de rizobacterias y determinar cuáles benefician a contrarrestar la degradación de los suelos.

Realizar trabajos de investigación con instituciones que trabajan directa o indirectamente con los agricultores o productores de diferentes leguminosas u otros cultivos en utilizar biofertilizantes como son las rizobacterias.

REFERENCIAS

- Andrades, Ma., & Martinez, E. (2022). *Fertilidad del suelo y parámetros que la definen* (Universidad de la Rioja (ed.); 4ta edicio).
- Barroso, L., Michel, M. A., Rodríguez, P., & Jerez, E. (2015). Aplicación De Fitomas-E Y Ecomic Para La Reducción Del Consumo De Fertilizante Mineral En La Producción De Posturas De Cafeto. *Cultivos Tropicales*, 36(4), 158–167.
- Berendsen, R. L., Pieterse, C. M. J., & Bakker, P. A. H. M. (2012). The rhizosphere microbiome and plant health. *Trends in Plant Science*, 17(8), 478–486. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2012.04.001>
- Bhardwaj, D., Ansari, M. W., Sahoo, R. K., & Tuteja, N. (2014). Biofertilizers function as key player in sustainable agriculture by improving soil fertility, plant tolerance and crop productivity. *Microbial Cell Factories*, 13(1), 1–10. <https://doi.org/10.1186/1475-2859-13-66>
- Cartes, G. (2013). Degradacion de suelos agrícolas y el SIRSD - S. In *Oficina de Estudios y Politiccas Agrarias-ODEPA*. www.odepa.gob.cl
- Cotler, H., Martínez, M., & Etchevers, J. D. (2016). Carbono orgánico en suelos agrícolas de México: investigación y políticas públicas. *Terra Latinoamericana* (1998), 34(1), 125–138.
- Coba de la Peña, T., & Pueyo, JJ (2012). Leguminosas en la recuperación de suelos marginales, desde la selección de cultivares e inoculantes hasta enfoques transgénicos. *Agron. Sostener. desarrollo* 32, 65–91. <https://doi.org/10.1007/s13593-011-0024-2>
- Del Papa, M. F. (2001). CARACTERIZACIÓN SIMBIÓTICA Y MOLECULAR DE RIZOBIOS NODULADORES DE ALFALFA AISALDOS DE SUELOS ACIDOS DE ARGENTINA. In *Tesis*.
- DRA. (2012). *Sintesis Agraria 2012* (pp. 1–12).
- Encina, A., & Ibarra, J. (2000). El ordenamiento Territorial, medio fundamental para el bienestar de la población. *Revista Poblacion y Desarrollo*, 27, 1–40.

- Esquivel, R., Gavilanes, M., Cruz, R., & Huante, P. (2013). IMPORTANCIA AGROBIOTECNOLÓGICA DE LA ENZIMA ACC DESAMINASA EN RIZOBACTERIAS, UNA REVISIÓN. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 36(3), 251–258. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802013000300010
- FAO. (2016). Estado mundial del recurso del suelo. In *Fao*. <http://www.fao.org/3/a-i5126s.pdf>
- FAO (1984). Informe de la Conferencia Mundial sobre Ordenación y Desarrollo Pesqueros. Roma, Italia. 27 de junio - 6 de julio de 1984. Rome. 92p.
- Ferrera, R., y Alarcón, A. (2010). Microbiología agrícola: hongos, bacterias, micro y macrofauna, control biológico y planta microorganismo. México: Edit. Trillas.
- García E., G., Velásquez Martínez, V. T., Ferrera Cerrato, R., Rodríguez V., R., Calva Calva, G., Linares, L. F., & Esparza G., F. (2005). ESTABLECIMIENTO DE AZOTOBACTER EN LA RAÍZ DE LA ALFALFA EN UN AMBIENTE CONTAMINADO CON QUEROSENO. *XII Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería*, 2005.
- GASEODUCTO SUR PERUANO. (2015). Calidad de Suelos. Proyecto “Mejoras a la Seguridad Energética del País y Desarrollo del Gasoducto Sur Peruano - Componentes Auxiliares.” In *Modificación del Estudio de Impacto Ambiental* (Issue 1, p. 12). file:///C:/Users/saga/Documents/Dias. Calidad de Suelo.pdf
- GH Elkan (1992). Taxonomía de los rizobios. *Revista canadiense de microbiología*. 38 (6): 446-450. <https://doi.org/10.1139/m92-075>
- Gonzales, E., Alcarraz, M., Castro, A., & Casas, S. (2019). Efecto del biofertilizante azotobacter-rhizobium en tarwi (*Lupinus mutabilis* SWEET.), como alternativa a la fertilización química. *Ciencia e Investigación*, 21(2), 7–12. <https://doi.org/10.15381/ci.v21i2.15855>
- Grageda, O. A., Dias, A., Peña, J. J., & Vera, J. A. (2012). Impacto de los Biofertilizantes en la agricultura. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3(6), 1261–1274.

Grageda, O., Diaz, A., Peña, J. J., & Vera, J. A. (2015). Impacto de los biofertilizantes en la agricultura. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, Investigaciones Forestales*, 3(Abril), 120–274.

Hakim, S., Naqqash, T., Nawaz, M. S., Laraib, I., Siddique, M. J., Zia, R., Mirza, M. S., & Imran, A. (2021). Rhizosphere Engineering With Plant Growth-Promoting Microorganisms for Agriculture and Ecological Sustainability. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5(February), 1–23. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.617157>

Hermoza Cusi, A. (2017). "EFECTO DE RIZOBACTERIAS PELETIZADAS EN EL CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd.) EN PUNO. Tesis, 1–85. http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/7104/Molleapaza_Mamani_Joel_Neftali.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Hernandez Sampieri, R., Fernandez Collado, C., & Baptista Lucio, M. del P. (2014). *metodologia de la investigacion* (McGRAW-HILL (ed.); sexta edic).

Huanca, L. (2001). *Evaluación de dos cepas de Rhizobium meliloti con inoculación simple y peleteada en cultivos de alfalfa (Medicago sativa)*. Universidad Nacional del Altiplano de Puno - Perú.

lañez, E. (1994). Taxonomía Bacteriana. En: Curso de Microbiología General. Vol. IV. lañez, E (ed.). Granada (España).

Martínez, M.W. (1992). Biología del nitrógeno: En Interacción Planta-Microorganismo: Biología del Nitrógeno. (Eds. González López, J.G. y Lluch Pla, C.) España. pp. 25-36

Martinez, R. (2015). *Medicago sativa: mejora de la productividad y nuevos aspectos de su valor nutritivo y funcional*.

Mendoza, R., & Espinoza, A. (2017). Guía Técnica para muestreo de suelos. In *Universidad Nacional Agraria* (pp. 1–56). <https://core.ac.uk/download/pdf/151729876.pdf><http://repositorio.una.edu.ni/3613/1/P33M539.pdf>

MINAGRI. (2016). Febrero 2016. In *Boletín Estadístico de Producción*.

Miranda Zamora, G. L. (2019). “Efecto de microorganismos endofitos de plantas altoandinas sobre la germinación y crecimiento de semillas bajo condiciones de estrés de temperatura.”

Munoz G., A., Santoyo Y., P., Cedillo R., M. L., Villegas H., M. C., Munive H., J. A., & Ruiz C., J. (2014). Efecto de rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal sobre el crecimiento del vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) bajo condiciones de invernadero. *GEOMINAS*, 42(65), 229–232.

Muslera, E., & Ratera, C. (1991). Pastos y forrajes. Malaga España, editorial Edmundo, 29-56.

Ogata, K., Arellano, C., & Zúñiga, D. (2008). Efecto de diferentes bacterias aisladas de rizósfera de *Caesalpinia spinosa* en la germinación de diferentes especies vegetales cultivados. *Zonas Áridas*, 12(1), 137–153. <http://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/rza/article/view/194>

ONU. (2019). Decenio de las Naciones Unidas sobre la Restauración de los Ecosistemas (2021-2030). In *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana* (Vol. 4, Issue 1, pp. 1–7).

Paco Pérez, V., & Guzmán Vega, G. D. (2019). Efecto de enmiendas orgánicas sobre las poblaciones microbianas de la rizosfera del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en el altiplano Sur de Bolivia. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 7(1), 32–43. <https://doi.org/10.36610/j.jsab.2019.070100032>

Pérez Portuondo, I., Meriño Reyes, L., Ábalos Rodríguez, A., & Pérez Silva, R. M. (2017). Características promotoras de crecimiento vegetal en rizobacterias aisladas de suelos contaminados con compuestos fenólicos. *Revista Cubana de Química*, 29(1), 73–88. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-54212017000100006&lng=es&nrm=iso&tlng=pt

Quezada Geldres, C. A. (2019). Efecto de la inoculación con bacterias promotoras del crecimiento vegetal en alfalfa (*Medicago sativa*). *Tesis*, 1–9.

Rodríguez, M., Lozada, R., López, I., & Gómez, J. (2021). Evaluación de rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal aisladas de suelos salinos en el cultivo de jitomate (*Solanum lycopersicum*). *Ensayo de Investigación Evaluación*, 25(73), 31–36.

Rodríguez Sahagún, A., Velasco Jiménez, A., Castellanos Hernández, O., Acevedo Hernández, G., & Clarenc Aarland, R. (2020). Bacterias rizosféricas con beneficios potenciales en la agricultura. *REVISTA TERRA LATINOAMERICANA*, 38(2), 333–345. <https://doi.org/10.28940/terra.v38i2.470>

Sánchez, E. T., Ma Dolores, A., Baez, A., & Morales, Y. E. (2021). Rizobacterias para el mejoramiento del cultivo de maíz (*Zea mays*). Una tecnología prometedora para la producción de maíces criollos. *Alianzas y Tendencias BUAP*, 6(23), 72–92. <https://www.aytbuap.mx/aytbuap-623/rizobacterias-para-el-mejoramiento-del-cultivo-de-maíz-zea-mays>

Sánchez, S., Hernández, M., & Ruz, F. (2011). Alternativas de manejo de la fertilidad del suelo en ecosistemas agropecuarios. *Pastos y Forrajes*, 34(4), 375–392.

Taco-Taype, Nataly, & Zúñiga-Dávila, Doris. (2020). Effect of inoculation of Tarwi plants with Bradyrhizobium spp. strains isolated from a wild lupine, under greenhouse conditions. *Revista Peruana de Biología*, 27(1), 35-42.

Van Rhijn, P., & Vanderleyden, J. (1995). The Rhizobium -Plant Symbiosis. *Microbiological Reviews*, 59(1), 124–142.

Vejan, P., Abdullah, R., Khadiran, T., Ismail, S., & Nasrulhaq Boyce, A. (2016). Role of Plant Growth Promoting Rhizobacteria in Agricultural Sustainability—A Review. *Molecules*, 21(5), 573. <https://doi.org/10.3390/molecules21050573>

Velasco, A., Castellanos, O., Acevedo, G., Aarland, R. C., & Rodríguez, A. (2020). Bacterias rizosféricas con beneficios potenciales en la agricultura. *Terra Latinoamericana*, 38(2), 343–355. <https://doi.org/10.28940/terra.v38i2.470>

Viasus, J., & Rodriguez, R. (2020). Efecto de la inoculación de rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal en plantas de papa criolla (*Solanum phureja*). In *Tesis*. Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca.

Yaipén, R. (2012). La Alfalfa Dormante W350 Duplicaría La Producción De Leche. *AGENCIA AGRARIA DE NOTICIAS*, 1. <https://agraria.pe/noticias/la-alfalfa-dormante-w350-duplicaria-la-produccion-de-leche-2693>

Yzarra, W., & López, F. (2011). *Manual de obervaciones fenológicas SENAMHI* (p. 98). <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/01401SENA-11.pdf>

Zúñiga Dávila, D. E. (2012). Manual De Mcrobiología Agrícola. Rhizobium, PGPRs, Indicadores de fertilidade inocuidad. In *Unicersidad Nacional Agraria La Molina*.

ANEXOS

Anexo 1

Matriz de operacionalización de variables

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	unidad de medida
variable independiente Rizhobacterias	“Las rizobacterias son bacterias del suelo que pueden colonizar la rizósfera y mejorar la disponibilidad de estos nutrientes a través de los mecanismos de fijación biológica de nitrógeno y solubilización de P y K (Reyes, 2019)”	Para determinar las características morfológicas se realizó en función de la activación de rizhobium, así mismo el análisis de las propiedades edáficas del suelo se realizaron en un laboratorio reconocido y acreditado; para la cantidad de inóculo se tomó como tratamientos para determinar cuánto es la mejora de suelos.	Caracterización morfológica de los rizhobios	color	blanco/ rosado
				aspecto	translucido/ opaco
				borde	liso/ rugoso
				forma	convexa/ cupular
				textura	gomosa/ acuosa
			Cantidad de inóculo de rizhobios	0 (testigo)	ml
				10	ml
				15	ml
				20	ml
			Propiedades edáficas del suelo degradado	Textura	
				pH	0 -14
				Materia orgánica	%
				N	%
				P	ppm
K	ppm				
Ca	meq/100 g				
CIC	meq/100 g				
CE	μS/cm				

<p style="text-align: center;">variable dependiente</p> <p>Suelos con baja fertilidad y su efecto en el crecimiento del <i>medicago sativa</i></p>	<p>“La degradación del suelo es la pérdida de equilibrio de sus propiedades, lo que limita su productividad. Ella tiene expresión en aspectos físicos (erosión), químicos (déficit de nutrientes, acidez, salinidad, otros) y biológicos del suelo (deficiencia de materia orgánica) (Cartez, 2013)”</p>	<p>Se realizó la toma muestras de suelos degradados con baja fertilidad a través de uso de calicatas, para luego realizar el estudio de suelo considerando las características físicas y químicas antes y después del experimento. Esto nos permitirá determinar la mejora de la calidad de suelo con la aplicación del rizobios y determinar el efecto que produce en la planta de alfalfa.</p>	<p>Propiedades edáficas del suelo después del tratamiento</p>	Textura	
				pH	0 -14
				Materia orgánica	%
				N	%
				P	ppm
				K	ppm
				Ca	meq/100 g
				CIC	meq/100 g
			CE	μS/cm	
			<p>Crecimiento vegetal de la alfalfa.</p>	Longitud de tallos	cm
				Grosor de tallos	cm
				Longitud de raíces	cm
				Cantidad de hojas	unidades
Peso total de la plántula	g				

Anexo 2

Validación de instrumentos de investigación

	INFORME DE OPINIÓN DE EXPERTOS VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 1	INFORME N° 01
---	---	--------------------------------

I. DATOS GENERALES:		
1.1. Apellidos y nombres del informe (Experto):	Acosta Suasnabar Eusterio Horacio	
1.2. Cargo e institución donde labora:	Docente de la Universidad César Vallejo	
1.3. Especialidad o línea de investigación:	Ingeniería Química Ambiental	
1.4. Denominación del Instrumento:	Ficha de observación de las propiedades edáficas del suelo antes del experimento	
1.5. Autor del instrumento:	Garavito Checalla Elisa Cándida	

II. VALIDACIÓN														
CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta 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	Esta adecuado para valorar las variables de la										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 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. RESULTADOS DE LA VALIDACIÓN:	
3.1. PROMEDIO DE VALORACIÓN:	85%
3.2. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:	
INACEPTABLE	<input type="checkbox"/> MINIMAMENTE ACEPTABLE <input type="checkbox"/> ACEPTABLE <input checked="" type="checkbox"/> X 80%
3.3. Observaciones:	

Lima, 13 de enero del 2022.



Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar
CIP N° 25450



**INFORME DE OPINIÓN DE EXPERTOS
VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 2**

**INFORME
N° 02**

IV. DATOS GENERALES:	
1.6. Apellidos y nombres del informe (Experto):	Acosta Suasnabar Eusterio Horacio
1.7. Cargo e institución donde labora:	Docente de la Universidad César Vallejo
1.8. Especialidad o línea de investigación:	Ingeniería Química Ambiental
1.9. Denominación del Instrumento:	Ficha de observación de las propiedades edáficas del suelo después del experimento
1.10. Autor del instrumento:	Garavito Checalla Elisa Cándida

V. VALIDACIÓN														
CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta 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	Esta adecuado para valorar las variables de la										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 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			

VI. RESULTADOS DE LA VALIDACIÓN:					
3.4. PROMEDIO DE VALORACIÓN:	85%				
3.5. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:					
INACEPTABLE	<input type="checkbox"/>	MINIMAMENTE ACEPTABLE	<input type="checkbox"/>	ACEPTABLE	<input checked="" type="checkbox"/>
3.6. Observaciones:					

Lima, 13 de enero del 2022.

Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar
CIP N° 25450



**INFORME DE OPINIÓN DE EXPERTOS
VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 3**

**INFORME
N° 03**

VII. DATOS GENERALES:

1.11. Apellidos y nombres del informe (Experto):	Acosta Suasnabar Eusterio Horacio
1.12. Cargo e institución donde labora:	Docente de la Universidad César Vallejo
1.13. Especialidad o línea de investigación:	Ingeniería Química Ambiental
1.14. Denominación del Instrumento:	Ficha de observación del crecimiento vegetal de la alfalfa (medicago sativa)
1.15. Autor del instrumento:	Garavito Checalla Elisa Cándida

VIII. VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta 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	Esta adecuado para valorar las variables de la										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 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			

IX. RESULTADOS DE LA VALIDACIÓN:

3.7. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 85%

3.8. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

INACEPTABLE MINIMAMENTE ACEPTABLE ACEPTABLE

3.9. Observaciones:

Lima, 13 de enero del 2022.

Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar
CIP N° 25450



**INFORME DE OPINIÓN DE EXPERTOS
VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 1**

**INFORME
N° 01**

I. DATOS GENERALES:	
1.1. Apellidos y nombres del informe (Experto):	Danny Alonso Lizarzaburu Aguinaga
1.2. Cargo e institución donde labora:	Docente Asociado de la Universidad Cesar Vallejo
1.3. Especialidad o línea de investigación:	Tratamiento y Gestión de Residuos
1.4. Denominación del Instrumento:	Ficha de observación de las propiedades edáficas del suelo antes del experimento
1.5. Autor del instrumento:	Garavito Checalla Elisa Cándida

II. VALIDACIÓN														
CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta 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	Esta adecuado para valorar las variables de la										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.													
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde 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. RESULTADOS DE LA VALIDACIÓN:					
3.1. PROMEDIO DE VALORACIÓN:	85 %				
3.2. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:					
INACEPTABLE	<input type="checkbox"/>	MINIMAMENTE ACEPTABLE	<input type="checkbox"/>	ACEPTABLE	<input checked="" type="checkbox"/>
3.3. Observaciones:					

Lima, 13 de enero del 2022.



Danny Alonso Lizarzaburu Aguinaga
CIP: 95556



**INFORME DE OPINIÓN DE EXPERTOS
VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 2**

**INFORME
N° 02**

IV. DATOS GENERALES:	
1.6. Apellidos y nombres del informe (Experto):	Danny Alonso Lizaraburu Aguinaga
1.7. Cargo e institución donde labora:	Docente Asociado de la Universidad Cesar Vallejo
1.8. Especialidad o línea de investigación:	Tratamiento y Gestión de Residuos
1.9. Denominación del Instrumento:	Ficha de observación de las propiedades edáficas del suelo después del experimento
1.10. Autor del instrumento:	Garavito Checalla Elisa Cándida

V. VALIDACIÓN		INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
CRITERIOS	INDICADORES	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
		1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta 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	Esta adecuado para valorar las variables de la										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 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			

VI. RESULTADOS DE LA VALIDACIÓN:					
3.4. PROMEDIO DE VALORACIÓN:	85 %				
3.5. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:					
INACEPTABLE	<input type="checkbox"/>	MINIMAMENTE ACEPTABLE	<input type="checkbox"/>	ACEPTABLE	<input checked="" type="checkbox"/>
3.6. Observaciones:					

Lima, 13 de enero del 2022.



Danny Alonso Lizaraburu Aguinaga:
CIP: 95556



**INFORME DE OPINIÓN DE EXPERTOS
VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 3**

**INFORME
N° 03**

VII. DATOS GENERALES:

1.11. Apellidos y nombres del informe (Experto):	Danny Alonso Lizarzaburu Aguinaga
1.12. Cargo e institución donde labora:	Docente Asociado de la Universidad Cesar Vallejo
1.13. Especialidad o línea de investigación:	Tratamiento y Gestión de Residuos
1.14. Denominación del Instrumento:	Ficha de observación del crecimiento vegetal de la alfalfa (medicago sativa)
1.15. Autor del instrumento:	Garavito Checalla Elisa Cándida

VIII. VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.													
3. ACTUALIDAD	Esta 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	Esta adecuado para valorar las variables de la										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 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			

IX. RESULTADOS DE LA VALIDACIÓN:

3.7. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 85 %

3.8. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

INACEPTABLE MINIMAMENTE ACEPTABLE ACEPTABLE

3.9. Observaciones:

Lima, 13 de enero del 2022.


Danny Alonso Lizarzaburu Aguinaga
CIP: 95556



**INFORME DE OPINIÓN DE EXPERTOS
VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 1**

**INFORME
N° 01**

I. DATOS GENERALES:	
1.1. Apellidos y nombres del informe (Experto):	Dalmiro Cornejo Olarte
1.2. Cargo e institución donde labora:	Universidad Nacional del Altiplano - Puno
1.3. Especialidad o línea de investigación:	Tratamiento de aguas
1.4. Denominación del Instrumento:	Ficha de observación de las propiedades edáficas del suelo antes del experimento
1.5. Autor del instrumento:	Garavito Checalla Elisa Cándida

II. VALIDACIÓN		INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
CRITERIOS	INDICADORES	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
		1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta 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	Esta adecuado para valorar las variables de la											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 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. RESULTADOS DE LA VALIDACIÓN:					
3.1. PROMEDIO DE VALORACIÓN:	90 %				
3.2. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:					
INACEPTABLE	<input type="checkbox"/>	MINIMAMENTE ACEPTABLE	<input type="checkbox"/>	ACEPTABLE	<input checked="" type="checkbox"/>
3.3. Observaciones:					

Lima, 13 de enero del 2022.


M.Sc. Dalmiro Cornejo Olarte
ING. META ARGISTA
CIP: 62285



INFORME DE OPINIÓN DE EXPERTOS
VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 2

INFORME
N° 02

IV. DATOS GENERALES:

1.6. Apellidos y nombres del informe (Experto):	Dalmiro Cornejo Olarte
1.7. Cargo e institución donde labora:	Universidad Nacional del Altiplano - Puno
1.8. Especialidad o línea de investigación:	Tratamiento de aguas
1.9. Denominación del Instrumento:	Ficha de observación de las propiedades edáficas del suelo después del experimento
1.10. Autor del instrumento:	Garavito Checalla Elisa Cándida

V. VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta 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	Esta adecuado para valorar las variables de la											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 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		

VI. RESULTADOS DE LA VALIDACIÓN:

3.4. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 90 %

3.5. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

INACEPTABLE MINIMAMENTE ACEPTABLE ACEPTABLE

3.6. Observaciones:

Lima, 13 de enero del 2022.

CIP: 
M.Sc. Dalmiro Cornejo Olarte
INGENIERO EN METEOROLOGÍA
CIP. 62285



**INFORME DE OPINIÓN DE EXPERTOS
VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 3**

**INFORME
N° 03**

VII. DATOS GENERALES:

1.11. Apellidos y nombres del informe (Experto):	Dalmiro Cornejo Olarte
1.12. Cargo e institución donde labora:	Universidad Nacional del Altiplano - Puno
1.13. Especialidad o línea de investigación:	Tratamiento de aguas
1.14. Denominación del Instrumento:	Ficha de observación del crecimiento vegetal de la alfalfa (medicago sativa)
1.15. Autor del instrumento:	Garavito Checalla Elisa Cándida

VIII. VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta 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	Esta adecuado para valorar las variables de la											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 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		

IX. RESULTADOS DE LA VALIDACIÓN:

3.7. PROMEDIO DE VALORACIÓN: **90 %**

3.8. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

INACEPTABLE MINIMAMENTE ACEPTABLE ACEPTABLE

3.9. Observaciones:

Lima, 13 de enero del 2022.

CIP: 
M.Sc. Dalmiro Cornejo Olarte
ING-METALURGISTA
CIP. 62285



FORMATO DE FICHA DE OBSERVACION

PROPIEDADES EDÁFICAS DEL SUELO ANTES DEL EXPERIMENTO

INSTRUMENTO N° 01

TITULO	Rizhobacterias para la mejora de suelos con baja fertilidad y su efecto en el crecimiento de la alfalfa (Medicago sativa) Puno 2021
FACULTAD	FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
AUTOR	Garavito Checalla Elisa Cándida
ASESOR	MSc. Quijano Pacheco, Wilber Samuel
FECHA	
MUESTRA	Centro poblado de Alto Patacollo, distrito de Zepita, provincia de Chucuito Juli, región Puno.

PROPIEDADES EDÁFICAS	Textura (%)	M.O. (%)	N (%)	pH	C.E. (µS/cm)	P (ppm)	K (ppm)	Ca (meg/100g)	Mg (meg/100g)	Na me/100 g	CIC (me/100 g)	Observación
Repeticiones												
R1												
R2												
R3												

Dr. Eustero Horacio Acosta Suasnabar

CIP: N° 25450

Dr. Eustero Horacio Acosta Suasnabar

CIP: 25450

DNI:

Teléfono: 974142836

Danny Alonso Lizarzaburu Aguinaga

CIP: 95556

DNI: 17640671

Teléfono: 995978529

Ing. M.Sc. Dalmiro Cornejo Olave

ING. METALURGISTA

CIP. 62285

CIP:

DNI:

Teléfono:

02294279

957 66 13 93

**FORMATO DE FICHA DE OBSERVACION****INSTRUMENTO N° 02****PROPIEDADES EDÁFICAS DEL SUELO DESPUÉS DEL EXPERIMENTO**

TITULO	Rizhobacterias para la mejora de suelos con baja fertilidad y su efecto en el crecimiento de la alfalfa (Medicago sativa) Puno 2021
FACULTAD	FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
AUTOR	Garavito Checalla Elisa Cándida
ASESOR	MSc. Quijano Pacheco, Wilber Samuel
FECHA	
MUESTRA	Centro poblado de Alto Patacollo, distrito de Zepita, provincia de Chucuito Juli, región Puno.

Tratamientos	PROPIEDADES EDÁFICAS			pH	C.E. (μ S/cm)	P (ppm)	K (ppm)	Ca (meg/100g)	Mg (meg/100g)	Na (me/100 g)	CIC (me/100 g)	Observación	
	Repeticiones	Textura (%)	M.O. (%)										
T1	R1												
	R2												
	R3												
T2	R1												
	R2												
	R3												
T3	R1												
	R2												
	R3												
T4	R1												
	R2												
	R3												

Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar
CIP: 25450
DNI:
Teléfono: 974142836

Danny Alonso Lizarzaburu Aguinaga
CIP: 95556
DNI: 17640671
Teléf: 995978529

M.Sc. Quijano Pacheco, Wilber Samuel
ING. METALURGISTA
CIP: 62285
CIP: 02294279
DNI:
Teléfono: 957661393



FORMATO DE FICHA DE OBSERVACION
CRECIMIENTO VEGETAL DE LA ALFALFA (MEDICAGO SATIVA)

INSTRUMENTO N° 03

TITULO Rizhobacterias para la mejora de suelos con baja fertilidad y su efecto en el crecimiento de la alfalfa (Medicago sativa) Puno 2021
FACULTAD FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
AUTOR Garavito Checalla Elisa Cándida
ASESOR MSc. Quijano Pacheco, Wilber Samuel
FECHA
MUESTRA Centro poblado de Alto Patacollo, distrito de Zepita, provincia de Chucuito Juli, región Puno.

Tratamientos	Repeticiones	Longitud de tallos (mm)	Grosor de tallos (mm)	Longitud de raíces (mm)	Cantidad de hojas (unidades)	Peso total de la plántula (g)	Observación
T1	R1						
	R2						
	R3						
T2	R1						
	R2						
	R3						
T3	R1						
	R2						
	R3						
T4	R1						
	R2						
	R3						

Dr. Eustereo Horacio Acosta Suasnabar
CIP: 25450

Dr. Eustereo Horacio Acosta Suasnabar

CIP: 25450

DNI:

Teléfono: 974142836

Danny Alonso Lizarzaburu Aguinaga

CIP: 95556

DNI: 17640671

Teléf: 995978529

ING. METALURGISTA
CIP: 02289

CIP:

DNI: 02294229

Teléfono: 957661393

Anexo 3

Resultados de Laboratorio antes de la experimentación



PERÚ Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego



Instituto Nacional de Innovación Agraria

ANALISIS DE CARACTERIZACION

Nombre: Elisa Candida Garavito Checalla.

Dirección: Jr. 4 de Noviembre G-24-A

Procedencia: Zepita C.P. Alto Patacollo.

Fecha de Recepción: 12 de Enero del 2022.

Fecha de Certificación: 19 de Enero de 2022.

Caracterización de Propiedades Relativamente Permanente del Suelo.

Nº	Cod. Lab.	MARCAS	ANALISIS MECANICO				CO ₂ Ca %	Mat. Org. %	N. TOTAL %
			Arena %	Arcilla %	Limo %	Textura			
1	320F3	M1	61.46	6.56	32.00	FA	0.00	1.87	0.053
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									

Caracterización del Estado de Fertilidad y Condiciones Alterables del Suelo.

Nº	Suelo: Agua 1:2.5		NUTRIENTES DISPONIBLES				CATIONES CAMBIABLES					CTC	Suma Cationes
	pH	C.E. μ S/cm	P (ppm)	K (ppm)			Al	Ca	Mg	Na	K		
							me/100g	me/100a	me/100g	me/100g	me/100g		
1	5.999	334.00	8.10	4302.17			0.00	3.00	0.10	0.00	0.28	5.00	3.38
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													

Métodos utilizados en el Laboratorio: Methods of analysis for soils, plants and waters. University of California, Division of Agricultural Sciences E.U.A. Sexta reimpresión. Octubre 1988. 195 p.

Conclusiones:

La muestra analizada de SUELO CUMPLE con los requisitos de documentos referenciales.

Nota:

Cualquier corrección y/o emendadura amila al presente documento. (El informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo)



INIA ESTACIÓN EXPERIMENTAL ILLPA - PUNO

Jorge Canitua Rojas
Jefe Laboratorio Análisis
S A L C E D O

La Rinconada Salcedo S/Nº-Puno

T: (051) 363 812

www.inia.gob.pe

www.minagri.gob.pe

Anexo 4

Resultados de Laboratorio después de la experimentación



PERÚ Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego



ANALISIS DE CARACTERIZACION

Nombre: Elisa Candida Garavito Checalla.

Dirección: Jr. 4 de Noviembre G-24-A

Procedencia: Zepita C.P. Alto Patacollo.

Fecha de Recepción: 04 de Marzo de 1 2022.

Fecha de Certificación: 18 de Marzo de 1 2022.

Caracterización de Propiedades Relativamente Permanente del Suelo.

Nº	Cod. Lab.	MARCAS	ANALISIS MECANICO				CO ₂ Ca %	Mat. Org. %	N. TOTAL %
			Arena %	Arcilla %	Limo %	Textura			
1	321A3	XII T1-1					0.00	1.50	0.070
2	321A4	XI T1-2					0.00	1.40	0.060
3	321A5	IX T1-3					0.00	1.90	0.070
4	321B1	III T2-1					0.00	2.03	0.075
5	321B2	IV T2-2					0.00	2.11	0.078
6	321B3	X T2-3					0.00	2.03	0.075
7	321B4	II T3-1					0.00	1.90	0.070
8	321B5	VII T3-2					0.00	2.15	0.080
9	321C1	VI T3-3					0.00	2.24	0.083
10	321C2	V T4-1					0.00	2.22	0.082
11	321C3	VIII T4-2					0.00	2.31	0.086
12	321C4	I T4-3					0.00	1.95	0.072

Caracterización del Estado de Fertilidad y Condiciones Alterables del Suelo.

Nº	Suelo: Agua 1:2.5		NUTRIENTES DISPONIBLES				CATIONES CAMBIABLES					CIC me/100g	Suma Cationes
	pH	C.E. µS/cm	P (ppm)	K (ppm)			Al	Ca	Mg	Na	K		
							me/100g	me/100a	me/100g	me/100g	me/100g		
1	5.800	674	8.00	3440.00			T	2.8	1.2	0.051	0.42	5	4.47
2	5.790	670	9.00	3439.34			T	2.7	1.3	0.055	0.40	4	4.45
3	5.822	674	9.00	3440.62			T	2.8	1.2	0.056	0.43	5	4.48
4	5.814	512	9.95	2365.42			T	2.5	2.7	0.065	0.74	7	6.01
5	5.880	807	9.95	2306.42			T	3.9	2	0.056	0.42	7.11	6.37
6	5.814	512	9.95	2365.42			T	2.5	2.5	0.057	0.48	7	5.53
7	6.081	706	9.00	2033.09			0	3.9	2	0.056	0.42	6	6.37
8	5.973	559	8.60	2463.17			T	3.4	0.6	0.052	0.41	5.9	4.46
9	6.093	679	9.00	2560.91			0	3.8	0.4	0.56	0.41	7.21	6.87
10	5.947	762	10.11	3577.46			T	1.6	2.6	0.065	0.55	5.9	4.81
11	6.134	907	8.00	3323.33			0	4.9	1.4	0.056	0.53	7	6.89
12	6.347	861	9.00	4535.36			0	4.4	2	0.095	0.63	7.6	7.12

Métodos utilizados en el Laboratorio: Methods of analysis for soils, plants and waters. University of California, Division of Agricultural Sciences E.U.A. Sexta reimpression, Octubre 1988. 195 p.

Conclusiones:

La muestra analizada de SUELO CUMPLE con los requisitos de documentos referenciales.

Nota:

Cualquier corrección y/o enmendadura amila al presente documento. (El informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo)



INIA ESTACIÓN EXPERIMENTAL ILLPA PUNO

Ing° JORGE CANIVUA ROJAS
Jefe Laboratorio Análisis
SALCEDO

La Rinconada Salcedo S/N°-Puno
T: (051) 363 812
www.inia.gob.pe
www.minagri.gob.pe

Anexo 5

Análisis de caracterización del suelo antes del experimento

	FORMATO DE FICHA DE OBSERVACION	INSTRUMENTO N° 01
	PROPIEDADES EDÁFICAS DEL SUELO ANTES DEL EXPERIMENTO	

TITULO	Rizhobacterias para la mejora de suelos degradados con baja fertilidad y su efecto en el crecimiento del Medicago sativa, Puno 2022
FACULTAD	FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
AUTOR	Garavito Checalla Elisa Cándida
ASESOR	MSc. Quijano Pacheco, Wilber Samuel
FECHA	12/01/2022
MUESTRA	Centro poblado de Alto Patacollo, distrito de Zepita, provincia de Chucuito Juli, región Puno.

PROPIEDADES EDÁFICAS	Textura	M.O.	N	pH	C.E.	P	K	Ca	CIC	Observación
Repeticiones	(%)	(%)	(%)		(μ S/cm)	(ppm)	(ppm)	(meg/100g)	(me/100 g)	
R1	FA	1.97	0.07	6.292	276	8.6	4418.07	3	4	
R2	FA	1.97	0.05	6.001	350	8.1	4087.4	3	5	
R3	FA	1.67	0.04	5.704	376	7.5	4401.05	4	6	
PROMEDIO	FA	1.87	0.05	5.999	334	8.1	4302.17	3	5	
desv. Estándar		0.17	0.02	0.294	52	0.6	186.19	0.6	1	

Anexo 6

Análisis de caracterización del suelo después del experimento

	FORMATO DE FICHA DE OBSERVACION	INSTRUMENTO N° 02
	PROPIEDADES EDÁFICAS DEL SUELO DESPUÉS DEL EXPERIMENTO	

TITULO	Rizhobacterias para la mejora de suelos con baja fertilidad y su efecto en el crecimiento de la alfalfa (Medicago sativa) Puno 2021
FACULTAD	FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
AUTOR	Garavito Checalla Elisa Cándida
ASESOR	MSc. Quijano Pacheco, Wilber Samuel
FECHA	
MUESTRA	Centro poblado de Alto Patacollo, distrito de Zepita, provincia de Chucuito Juli, región Puno.

PROPIEDADES EDÁFICAS		Textura (%)	M.O. (%)	N (%)	pH	C.E. (μS/cm)	P (ppm)	K (ppm)	Ca (meg/100g)	CIC (me/100 g)	Observación
Tratamientos	Repeticiones										
T1	R1	FA	1.50	0.07	5.800	674	8.00	3440.00	2.8	5.00	
	R2	FA	1.40	0.06	5.790	670	9.00	3439.34	2.7	4.00	
	R3	FA	1.90	0.07	5.822	674	9.00	3440.62	2.8	5.00	
T2	R1	FA	2.03	0.075	5.814	512	9.95	2365.42	2.5	7.00	
	R2	FA	2.11	0.078	5.880	807	9.95	2306.42	3.9	7.11	
	R3	FA	2.03	0.075	5.814	512	9.95	2365.42	2.5	7.00	
T3	R1	FA	1.90	0.07	6.081	706	9.00	2033.09	3.9	6.00	
	R2	FA	2.15	0.08	5.973	559	8.60	2463.17	3.4	5.90	
	R3	FA	2.24	0.083	6.093	679	9.00	2560.91	3.8	7.21	
T4	R1	FA	2.22	0.082	5.947	762	10.11	3577.46	1.6	5.90	
	R2	FA	2.31	0.086	6.134	907	8.00	3323.33	4.9	7.00	
	R3	FA	1.95	0.072	6.347	861	9.00	4535.36	4.4	7.60	

Anexo 7

Crecimiento vegetal de la alfalfa (medicago sativa)

	FORMATO DE FICHA DE OBSERVACION	INSTRUMENTO N° 03
	CRECIMIENTO VEGETAL DE LA ALFALFA (MEDICAGO SATIVA)	

TITULO	Rizhobacterias para la mejora de suelos con baja fertilidad y su efecto en el crecimiento de la alfalfa (Medicago sativa) Puno 2021
FACULTAD	FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
AUTOR	Garavito Checalla Elisa Cándida
ASESOR	MSc. Quijano Pacheco, Wilber Samuel
FECHA	4/03/2022
MUESTRA	Centro poblado de Alto Patacollo, distrito de Zepita, provincia de Chucuito Juli, región Puno.

Tratamientos	Repeticiones	Longitud de tallos (cm)			Grosor de tallos (cm)			Longitud de raíces (cm)			Cantidad de hojas (unidades)			Peso total de la plántula (g)			Observación
T1	R1	3.0	2.7	2.7	0.6	0.4	0.4	5.2	4.5	4.6	6	4	3	0.12	0.08	0.07	
	R2	3.0	3.1	3.2	0.5	0.5	0.4	2.9	4.4	8.9	5	3	6	0.03	0.03	0.06	
	R3	1.1	0.0	0.0	0.3	0	0	8.3	0.0	0.0	2	0	0	0.03	0.00	0.00	plántulas muertas.
T2	R1	2.9	3.8	3.6	0.9	0.3	0.4	8.9	7.6	12.0	5	4	3	0.07	0.08	0.09	
	R2	3.0	3.5	3.6	0.5	0.5	0.5	9.8	10.6	9.4	6	3	3	0.15	0.11	0.05	
	R3	3.8	4.0	2.8	0.5	0.4	0.5	5.6	7.7	7.0	3	6	6	0.06	0.10	0.08	
T3	R1	4.0	3.8	3.3	0.5	0.4	0.6	5.5	6.0	5.9	7	6	6	0.07	0.08	0.08	
	R2	5.2	5.3	4.3	0.7	0.5	0.6	5.6	5.7	5.9	6	8	6	0.10	0.16	0.16	
	R3	4.1	3.8	4.3	0.5	0.5	0.5	6.8	14.1	8.1	6	6	6	0.15	0.14	0.14	
T4	R1	4.7	3.7	3.3	0.6	0.6	0.6	7.6	8.2	7.5	6	6	6	0.16	0.18	0.14	
	R2	5.3	3.6	5.0	0.5	0.7	0.6	8.6	6.6	5.5	6	7	6	0.15	0.19	0.14	
	R3	3.8	4.0	3.3	0.6	0.7	0.6	10.2	13.0	15.5	8	7	7	0.16	0.18	0.16	

Anexo 8

Crecimiento vegetal de la alfalfa (medicago sativa)

	FORMATO DE FICHA DE OBSERVACION	INSTRUMENTO N° 03
	CRECIMIENTO VEGETAL DE LA ALFALFA (MEDICAGO SATIVA)	

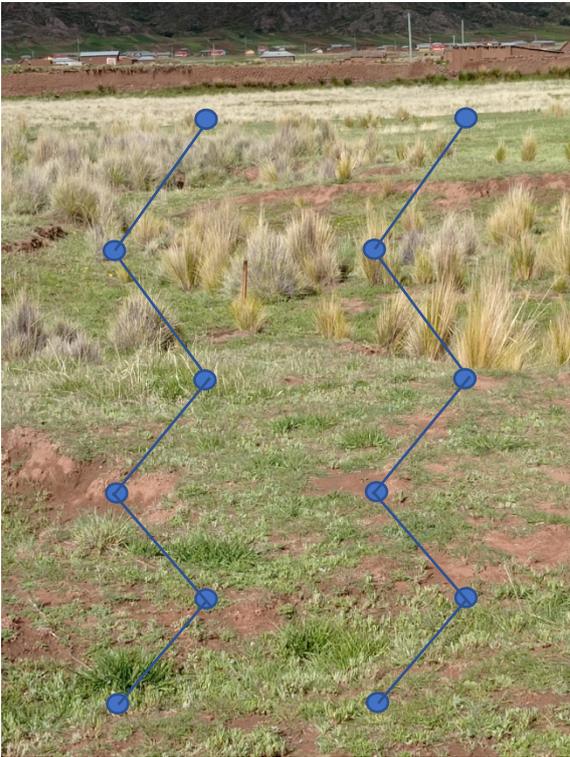
TITULO	Rizhobacterias para la mejora de suelos con baja fertilidad y su efecto en el crecimiento de la alfalfa (Medicago sativa) Puno 2021
FACULTAD	FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
AUTOR	Garavito Checalla Elisa Cándida
ASESOR	MSc. Quijano Pacheco, Wilber Samuel
FECHA	4/03/2022
MUESTRA	Centro poblado de Alto Patacollo, distrito de Zepita, provincia de Chucuito Juli, región Puno.

Tratamientos	Repeticiones	Longitud de tallos (cm)			prom.	Grosor de tallos (cm)			prom.	Longitud de raíces (cm)			prom.	Cantidad de hojas (unidades)			prom.	Peso total de la plántula (g)			prom.	Observación
T1	R1	3.0	2.7	2.7	2.8	0.6	0.4	0.4	0.47	5.2	4.5	4.6	4.8	6	4	3	4	0.12	0.08	0.07	0.09	
	R2	3.0	3.1	3.2	3.1	0.5	0.5	0.4	0.47	2.9	4.4	8.9	5.4	5	3	6	5	0.03	0.03	0.06	0.04	
	R3	1.1	0.0	0.0	0.4	0.3	0	0	0.10	8.3	0.0	0.0	2.8	2	0	0	1	0.03	0.00	0.00	0.01	
T2	R1	2.9	3.8	3.6	3.4	0.9	0.3	0.4	0.53	8.9	7.6	12.0	9.5	5	4	3	4	0.07	0.08	0.09	0.08	
	R2	3.0	3.5	3.6	3.4	0.5	0.5	0.5	0.50	9.8	10.6	9.4	9.9	6	3	3	4	0.15	0.11	0.05	0.10	
	R3	3.8	4.0	2.8	3.5	0.5	0.4	0.5	0.47	5.6	7.7	7.0	6.8	3	6	6	5	0.06	0.10	0.08	0.08	
T3	R1	4.0	3.8	3.3	3.7	0.5	0.4	0.6	0.50	5.5	6.0	5.9	5.8	7	6	6	6	0.07	0.08	0.08	0.08	
	R2	5.2	5.3	4.3	4.9	0.7	0.5	0.6	0.60	5.6	5.7	5.9	5.7	6	8	6	7	0.10	0.16	0.16	0.14	
	R3	4.1	3.8	4.3	4.1	0.5	0.5	0.5	0.50	6.8	14.1	8.1	9.7	6	6	6	6	0.15	0.14	0.14	0.14	
T4	R1	4.7	3.7	3.3	3.9	0.6	0.6	0.6	0.60	7.6	8.2	7.5	7.8	6	6	6	6	0.16	0.18	0.14	0.16	
	R2	5.3	3.6	5.0	4.6	0.5	0.7	0.6	0.60	8.6	6.6	5.5	6.9	6	7	6	6	0.15	0.19	0.14	0.16	
	R3	3.8	4.0	3.3	3.7	0.6	0.7	0.6	0.63	10.2	13.0	15.5	12.9	8	7	7	7	0.16	0.18	0.16	0.17	

Anexo 9

Panel fotográfico

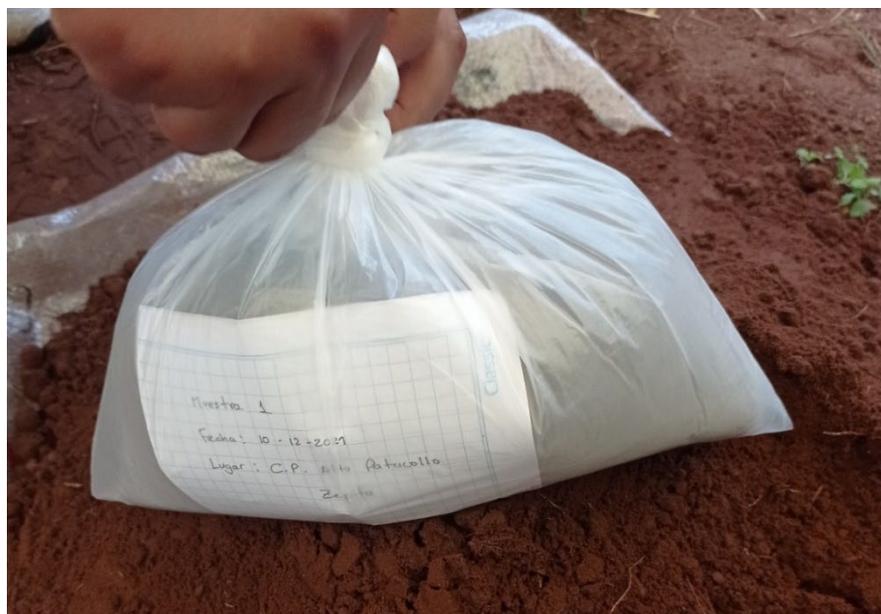
En las siguientes fotografías se pueden observar la toma de muestras del suelo degradado del centro poblado de Mollo Patacollo – Zepita- Puno – Puno



Se puede observar las muestras del suelo degradado del centro poblado de Mollo Patacollo – Zepita- Puno – Puno, para la distribución en las 12 unidades experimentales, con una cantidad de 3 Kg cada una.



En la siguiente fotografía se puede observar la muestra del suelo degradado del centro poblado de Mollo Patacollo – Zepita- Puno – Puno, debidamente etiquetado para ser trasladado al laboratorio del suelo del INIA Puno y realizarse la evaluación de caracterización físico química del suelo, antes del experimento (Textura, pH, Materia orgánica, N, P, K, Ca, Mg, CIC y CE).



En las siguientes fotografías se puede observar la adecuación de las unidades experimentales, debidamente etiquetado y distribuido aleatoriamente.



En las siguientes fotografías se puede observar la siembra del *medicago sativa* (alfalfa).



Se puede observar el primer riego que se realiza a las unidades experimentales, bajo una cantidad de 150 ml de agua a cada una.



Se puede observar el proceso del preparado del inoculo de rizobacterias para la aplicación a las plántulas del *medicago sativa*, según los tratamientos y el cálculo realizado.



Se puede observar el proceso de inoculación de las plántulas de *medicago sativa*.



Se puede observar el crecimiento de la plántula de alfalfa.



Se observa la extracción de las plántulas del medicago sativa luego de los 30 días, para realizar la evaluación del peso fresco y así mismo para el análisis de los parámetros físico químicos del suelo.



Se observa la toma de las muestras del suelo de las 12 unidades experimentales para ser llevados al laboratorio del INIA Puno y ser analizados sus parámetros físico químicos.



Se observa la determinación de los parámetros biométricos en las plántulas inoculadas de alfalfa (grosor del tallo, longitud del tallo, longitud de las raíces, cantidad de hojas)



Se observa el pesado de las plántulas del medicago sativa (alfalfa).

