

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS
FACULTAD DE INGENIERÍAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

**RESPUESTA DEL CULTIVO DE QUINUA (*Chenopodium quinoa W.*) ASOCIADO
A TRES LEGUMINOSAS EN LA RESTAURACIÓN DE SUELOS DEGRADADOS
EN HUANCARANI-MAÑAZO**

PRESENTADO POR:

YISELA SANTOS ATENCIO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

PUNO – PERÚ

2021

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS**FACULTAD DE INGENIERÍAS****ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL****TESIS**

**RESPUESTA DEL CULTIVO DE QUINUA (*Chenopodium quinoa W.*)
ASOCIADO A TRES LEGUMINOSAS EN LA RESTAURACIÓN DE SUELOS
DEGRADADOS EN HUANCARANI-MAÑAZO**

PRESENTADO POR:**YISELA SANTOS ATENCIO****PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:****INGENIERO AMBIENTAL**

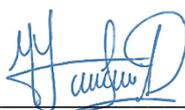
APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE



MSc. JÚLIO WILFREDO CANO OJEDA

PRIMER MIEMBRO



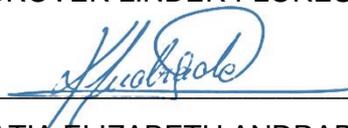
MSc. YESICA MAGNOLIA MAMANI ARPASI

SEGUNDO MIEMBRO



MSc. GROVER LINDER FLORES PONCE

ASESOR DE TESIS



Mg. KATIA ELIZABETH ANDRADE LINAREZ

Área: Ingeniería y Tecnología

Disciplina: Biorremediación en el Manejo Ambiental

Especialidad: Fitorremediación

Puno, 24 de noviembre de 2021.

DEDICATORIA

A Dios en primer lugar por darme la vida, la fortaleza, las fuerzas de seguir luchando y guiarme en mi vida, para lograr mis objetivos y seguir adelante. A mi gran amor, mi esposo Jigoro Eugenio Arapa cruz y mi querido hijo kaleb Roderick Saebuyul Arapa Santos por ser la fuente de mi inspiración y la fuerza de mi ser, para seguir adelante

A mis padres Florentino Santos Ckañi y Andrea Atencio Mamani por su dedicación, apoyo incondicional y sobre todo por inculcarme a ser cada día una mejor persona. Al Equipo laboratorio de Suelos y agua del Instituto Nacional de Innovación Agraria INIA –Salcedo – Puno, por haberme brindado su apoyo durante este proceso de investigación, a la Universidad Privada San Carlos, por la cual realice el trayecto académico que me llevó a estar en este momento especial en mi carrera y en mi vida.

AGRADECIMIENTOS

- A la universidad San Carlos por haberme inculcado durante cinco años para mi formación profesional. A INIA (Instituto Nacional de Innovación Agraria) por abrirme las puertas para realizar mis prácticas y su apoyo en el proyecto.
- A mi pequeño kaleb por molestarme todos los días y a mi esposo Jigoro por brindarme su apoyo incondicional.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
ÍNDICE GENERAL	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE ANEXOS	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I**PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	4
1.1.1.1.PROBLEMA GENERAL	4
1.1.1.2.PROBLEMAS ESPECÍFICOS	4
1.2. ANTECEDENTES.	5
1.2.1. INTERNACIONALES	5
1.2.2.NACIONALES	6
1.2.3.LOCALES	8
1.3. OBJETIVOS	9
1.3.1.OBJETIVO GENERAL	9
1.3.2.OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9

CAPÍTULO II**MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN**

2.1.	MARCO TEÓRICO	10
	2.1.1.SUELO	10
	2.1.1.1.CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	11
	2.1.1.2.CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS	12
	2.1.1.3.CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS	13
	2.1.2.QUINUA	13
	2.1.3.TRÉBOL CARRETILLA	16
	2.1.4.VICIA SATIVA	17
	2.1.5.TARWI	18
	2.1.6.ASOCIACIÓN DE CULTIVOS	19
2.2.	MARCO CONCEPTUAL	20
2.3.	HIPÓTESIS	21
	2.3.1.HIPÓTESIS GENERAL	21
	2.3.2.HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	21

CAPÍTULO III**METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

3.1.	ZONA DE ESTUDIO	22
	3.1.1.CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO	22
3.2.	TAMAÑO DE LA MUESTRA	25
	3.2.1.POBLACIÓN	25
	3.2.2.TAMAÑO DE LA MUESTRA	25
	3.2.3.SELECCIÓN DE LA MUESTRA	25
3.3.	MÉTODOS Y TÉCNICAS	26
	3.3.1.MATERIALES	26
	3.3.2.METODOLOGÍA EXPERIMENTAL	27
3.4.	IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES	34
3.5.	DISEÑO ESTADÍSTICO	35

CAPÍTULO IV**EXPOSICION Y ANALISIS DE LOS RESULTADOS**

4.1.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	36
	4.1.1.NITRÓGENO	34
	4.1.2.FÓSFORO	39
	4.1.3.POTASIO	42
	4.1.4.MATERIA ORGÁNICA (%)	45
	4.1.5.PH	48
	4.1.6.CONDUCTIVIDAD	51
	4.1.7.ALTURA DE LA PLANTA	53
	4.1.8.CONTENIDO DE HUMEDAD	56
	4.1.9.TEMPERATURA	59
4.2.	COMPARATIVO DE RESULTADOS	60
	CONCLUSIONES	62
	RECOMENDACIONES	64
	BIBLIOGRAFÍA	65
	ANEXOS	70

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 01. Habitantes del distrito de Mañazo	23
Tabla 02. Tipos de Tratamientos	25
Tabla 03. Cantidad de tratamientos	26
Tabla 04. Operalización de variables	34
Tabla 05. Análisis de varianza del Nitrógeno (%)	36
Tabla 06. Prueba Tukey para el contenido de nitrógeno (%)	37
Tabla 07. Análisis de Varianza del Fósforo (ppm)	39
Tabla 08. Prueba Tukey para el Fósforo (ppm)	40
Tabla 09. ANVA para el Potasio(ppm)	42
Tabla 10. Prueba tukey para el Potasio (ppm)	43
Tabla 11. ANVA de la Materia Orgánica (%)	45
Tabla 12. Prueba Tukey para la Materia Orgánica (%)	46
Tabla 13. ANVA para el PH	48
Tabla 14. Prueba Tukey para el PH.	49
Tabla 15. ANVA para la conductividad eléctrica	51
Tabla 16. Prueba Tukey para la conductividad eléctrica.	52
Tabla 17. ANVA para la altura de la planta (cm).	53
Tabla 18. Prueba Tukey para la altura de la planta(cm).	54
Tabla 19. ANVA para el contenido de humedad (%).	56
Tabla 20. Prueba Tukey para el contenido de humedad (%)	57
Tabla 21. Resultados de la data para temperatura (C°)	59
Tabla 22. Comparativo final de resultados de la experimentación.	60
Tabla 23. Data de contenido de humedad del proceso experimental	74
Tabla 24. Data de medidas de la altura de la planta de quinua	74
Tabla 25. Data de temperatura del proceso experimental	75

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 01. Mapa de ubicación de la zona de estudio	24
Figura 02. Cultivo de quinua asociado con trébol carretilla	27
Figura 03. Cultivo de quinua asociado con vicia	28
Figura 04. Cultivo de quinua asociado con tarwi	28
Figura 05. Medición de la altura de la quinua	29
Figura 06. Toma de datos de la altura (cm) de la quinua en la zona de estudio.	30
Figura 07. Taras usadas para la determinación de contenido de humedad.	31
Figura 08. Determinación del PH del suelo en laboratorio de suelos y agua INIA SALCEDO -PUNO	32
Figura 09. Análisis de laboratorio de las muestras de suelo experimental	33
Figura 10. Desarrollo de análisis de laboratorio en las muestras experimentales	33
Figura 11. Proceso de análisis en laboratorio las muestras experimentales	34
Figura 12. Gráfico de barras comparativo de los tratamientos con el Nitrógeno	38
Figura 13. Gráfico de barras comparativo de los tratamientos para el Fósforo (ppm)	41
Figura 14. Gráfico de barras comparativo de los tratamientos para el Potasio (ppm)	44
Figura 15. Gráfica de barras comparativo de los tratamientos para la Materia Orgánica (%)	47
Figura 16. Gráfico de barras comparativo de los tratamientos para el PH.	50
Figura 17. Gráfico de barras comparativo de los tratamientos para la Conductividad eléctrica	52
Figura 18. Gráfico de barras para la altura de la planta (cm).	55
Figura 19. Gráfico de barras para el Contenido de Humedad (%).	58
Figura 20. Zona de estudio y experimentación con los tratamientos visibles	77
Figura 21. Planta de quinua creciente	77
Figura 22. Cultivos asociados - Leguminosas	78
Figura 23. Toma de leguminosas – cultivos asociados	78
	vii

Figura 24. Planta de quinua con crecimiento moderado	79
Figura 25. Trébol carretilla junto con la planta de la quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> W.).	79
Figura 26. Tratamientos T1 = quinua sin leguminosas, T2= quinua con trébol	80
Figura 27. Tratamientos T3= Quinua con Vicia, T4= Quinua con Tarwi	80
Figura 28. Tratamiento T4 = Quinua con Tarwi	81
Figura 29. Medición de la altura de la quinua	81
Figura 30. Toma de medidas de la altura de la planta de quinua.	82
Figura 31. Vista de la quinua con las leguminosas	82
Figura 32. Vista de quinua en fase de crecimiento.	83
Figura 33. Visita a la zona de experimentación para la toma de datos	83
Figura 34. Vista de la quinua asociado con las leguminosas	84
Figura 35. Medición de la quinua en la fase final del crecimiento.	84

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 01: Resultados de los análisis de suelo inicial–laboratorio de INIA- Salcedo	71
Anexo 02. Resultados de los análisis de suelo – con los tratamientos	72
Anexo 03. Datos del proceso experimental	75
Anexo 04. Panel fotográfico	77

RESUMEN

La degradación de los suelos, es un proceso perjudicial que afecta el desarrollo de la población y al ambiente, debido al uso por actividades agrícolas en la comunidad de Huancarani, Mañazo, por ello con la finalidad de mejorar estos suelos, es que se emplea a las leguminosas, como factores que influyen en el mejoramiento de suelos degradados, por lo cual los objetivos planteados fueron: Evaluar la respuesta del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa W.*) asociado a tres leguminosas en el suelo, determinar el rendimiento del cultivo de quinua y determinar la contribución de las leguminosas en el suelo, se desarrolló con 4 tratamientos T1 = quinua (*Chenopodium quinoa W.*) sin leguminosa, el T2=quinua (*Chenopodium quinoa W.*) con trébol (*Medicago hispida G.*), T3= Quinua (*Chenopodium quinoa W.*) con vicia (*Vicia sativa L.*) y T4 quinua (*Chenopodium quinoa W.*) con Tarwi (*Lupinus mutabilis S.*), con cuatro repeticiones, siendo los resultados : el tratamiento con mayor aporte fue el T4, quinua (*Chenopodium quinoa W.*) con tarwi (*Lupinus mutabilis S.*), con valores en Nitrógeno de 0.12%, fósforo en 11.41 ppm, potasio en 731.02 ppm, en materia orgánica % en 3.17 %, contenido de Humedad en 17.86 %, a comparación del tratamiento sin leguminosa (T1) con valores en nitrógeno de 0.07%, fósforo en 7.77 ppm, potasio en 551.13 ppm, materia orgánica en 1.95 % y humedad en 14.37 %, en relación al rendimiento de la quinua, el valor obtenido es 154 cm de altura del planta con el tratamiento con Tarwi (*Lupinus mutabilis S.*), sin leguminosa es de 139.55 cm respectivamente, siendo el tratamiento mas eficiente el que emplea Tarwi(*Lupinus mutabilis S.*) como cultivo asociado y definiendo al tratamiento T4 como el más eficiente para contribuir con la fertilidad del suelo, siendo una opción para el mejoramiento y recuperación de suelos degradados.

Palabras claves: Cultivos asociados, leguminosas, suelo degradado, restauración de suelo, quinua (*Chenopodium quinoa W.*)

ABSTRACT

Soil degradation is a detrimental process that affects the development of the population and the environment, due to the use for agricultural activities in the community of Huancarani, Mañazo, therefore, with the purpose of improving these soils, legumes are used as factors that influence the improvement of degraded soils, for which the objectives were: To evaluate the response of the quinoa crop (*Chenopodium quinoa* W.) associated with three legumes in the soil, determine the yield of the quinoa crop and determine the contribution of the legumes in the soil, was developed with 4 treatments T1 = quinoa (*Chenopodium quinoa* W.) without legume, T2 = quinoa (*Chenopodium quinoa* W.) with clover (*Medicago hispida* G.), T3 = quinoa (*Chenopodium quinoa* W.) with vetch (*Vicia sativa* L.) and T4 quinoa (*Chenopodium quinoa* W.) with Tarwi (*Lupinus mutabilis* S.), with four replications, with the following results: the treatment with the highest contribution was T4, quinoa (*Chenopodium quinoa* W.) with tarwi (*Lupinus mutabilis* S.), with nitrogen values of 0.12%, phosphorus at 11.41 ppm, potassium at 731.02 ppm, in organic matter % in 3.17 %, moisture content in 17.86 %, compared to the treatment without legume (T1) with values in nitrogen of 0.07%, phosphorus in 7.77 ppm, potassium in 551.13 ppm, organic matter in 1.95 % and moisture in 14.37 %, in relation to the quinoa yield, the value obtained is 154 cm of plant height with the treatment with Tarwi (*Lupinus mutabilis* S.), without leguminous plant is 139.55 cm respectively, being the most efficient treatment that uses Tarwi (*Lupinus mutabilis* S.) as an associated crop and defining the T4 treatment as the most efficient to contribute to soil fertility, being an option for the improvement and recovery of degraded soils.

Keywords: Associated crops, legumes, degraded soil, soil restoration, quinoa (*Chenopodium quinoa* W.)

INTRODUCCIÓN

En la región de Puno, la actividad agrícola representa un porcentaje importante en el ámbito rural, como factor socioeconómico importante en el desarrollo del vivir diario de las personas, por lo que el suelo es utilizado continuamente, por ello el uso del mismo llega a causar desgaste de la capacidad productiva siendo necesario encontrar una manera de mitigar y paliar tal situación.

En el distrito de Mañazo de la provincia de Puno, está enfocada a la actividad agrícola, por lo que el uso de suelos para la siembra de cultivos de pan llegar y pastizales desgasta los nutrientes del suelo, siendo la recuperación de nutrientes un factor importante para el desarrollo de la agricultura local que es el sostén de las familias que viven de dicha actividad. El Instituto Nacional de Innovación Agraria INIA, promueve el uso de leguminosas con el fin de recuperar la calidad del suelo, más enfocada a la productividad agrícola, siendo que un suelo con un alto valor nutritivo produce una mejor calidad de insumos alimenticios.

La calidad de suelos de la zona de estudio, presenta este desgaste por la actividad agrícola, por lo que es necesario dar una alternativa para recuperar los nutrientes del suelo, la cual viene prevista de la asociación de cultivos de leguminosas que ayudan y fortalecen al suelo, influyendo en el rendimiento de la cobertura vegetal y la recuperación de los suelos degradados, por lo que para el desarrollo experimental se empleó tres tipos de leguminosas, el Tarwi (*Lupinus mutabilis* S.), la vicia (*Vicia sativa* L.) y trébol (*Medicago hispida* G.) las cuales influyeron en las propiedades del suelo, a su vez se empleó a la Quinoa (*Chenopodium quinoa* W.) como un indicador del proceso de experimentación.

El proceso experimental tiene como objetivo la respuesta de los cultivos de leguminosas (tarwi (*Lupinus mutabilis* S.), vicia (*Vicia sativa* L.) y trébol (*Medicago hispida* G.)) asociados a la quinoa (*Chenopodium quinoa* W.) y el suelo degradado,

con el supuesto de que es favorable y mejoran las condiciones físico-químicas, porque según Castellano, Contreras y Bedmar (2016) aportan al suelo el nitrógeno procedente de la atmósfera, siendo este un tratamiento eficaz en la rehabilitación de suelos degradados, en consecuencia se aplicó las tres leguminosas conjuntamente con la quinua (*Chenopodium quinoa W.*) y se evaluó la respuesta de este en el suelo en mención.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La degradación de suelo representa una problemática global enmarcada en la afectación de su productividad y eficiencia, ocasionada por la pérdida de nutrientes esenciales como consecuencia de actividades antropogénicas. Estrechamente relacionadas a su uso como área de cultivo, para luego pasar a zona de pastoreo, posteriormente en una zona improductiva. ((Rojas y Ibarra,2003).

En américa latina, el uso de suelo está regulado a la agricultura, al cultivo de insumos alimenticios y de otra índole, debido a ello este mismo sufre pérdidas de su composición inicial terminando degradado e improductivo, ya sea por un cultivo agrícola industrializado o el que se produce localmente, en ambos si no se emplea un adecuado uso del suelo terminará siendo árido, sin que preste el servicio a la vida vegetal de la cual primamos para subsistir.

En el Perú, la producción agrícola se da continuamente empleando diversos métodos de cultivo, muchos de los cuales no son amigables con el suelo, para la diversidad geográfica del Perú, con su recalcada influencia en la productividad, en Puno el suelo es muy importante, debido a que se produce insumos de alto valor alimenticio, por ello un suelo sano y productivo es un suelo agrícola, siendo un sustento económico en las diversas localidades del departamento de Puno.

En la región de Puno, específicamente en el distrito de Mañazo, en la comunidad de Huancarani se emplean actualmente leguminosas, esto se da a través de la intervención del Instituto Nacional de Innovación Agraria el cual proyecta estrategias de mejoramiento de cultivos y suelos, las cuales son la base del presente proyecto, permiten disminuir la degradación del suelo, como el incremento de la alcalinidad, con ello tener un PH adecuado, retener nutrientes e incorporar materia orgánica, con lo que se recupera el suelo. El cultivo a emplear es el de la Quinoa (*Chenopodium quinoa W.*).

La quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*) es un grano nativo altamente nutritivo, el cual se cultiva en zonas alto andinas, cuya característica es su gran adaptabilidad a la geografía, pudiendo desarrollarse ante las adversidades climatológicas y su peculiar adaptación a entornos diversos, consecuentemente por su desarrollo (Gomez y Aguilar, 2016),

El vínculo de las leguminosas y la Quinoa (*Chenopodium quinoa W.*), disminuirá la degradación del suelo por lo que este trabajo se centrará en la evaluación de la respuesta del cultivo de la quinoa (*Chenopodium quinoa W.*) asociado a tres leguminosas con el fin de obtener buenos resultados, buen rendimiento y reducir la degradación del suelo en la localidad de Huancarani, Mañazo- Puno,

1.1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.1.1.1. PROBLEMA GENERAL

- ¿El cultivo de quinoa (*Chenopodium quinoa W.*) responderá favorablemente asociada a tres leguminosas (*Lupinus mutabilis S.*, *Vicia sativa L.* y *Medicago hispida G.*) restaurando suelos degradados en Huancarani-Mañazo?

1.1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿A cuál de las tres asociaciones responderá favorablemente el cultivo de quinoa (*Chenopodium quinoa W.*) mejorando la fertilidad de los suelos?

- ¿Qué contribución se obtendrá en las condiciones químicas del suelo la asociación de leguminosas al cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa W.*)?

1.2. ANTECEDENTES.

1.2.1. INTERNACIONALES

Ferrari & Wall (2004), en su trabajo de investigación presenta a las plantaciones forestales como una posibilidad de utilización en suelos degradados, como elemento de estabilización , los árboles fijadores de nitrógeno a los cuales hace empleo en la investigación, establecen una simbiosis entre los microorganismos fijadores de géneros *Rhizobium* y *Frankia*, los cuales permiten la fijación de nitrógeno atmosférico y mejoran la absorción de agua, siendo tolerantes a estrés propios de suelos degradados, capaces de reciclar cantidades de materia orgánica y nutrientes a través de la descomposición de sus propias hojas formando un alternativa para la rehabilitación de suelos; en ello se analizaron más de 100 especies de árboles, en distintos tipos de suelos y situaciones geográficas.

Quispe (2017), en su trabajo de tesis: Fijación biológica de nitrógeno en tres especies de Tarwi (*Lupinus mutabilis*) con abonamiento orgánico en el centro experimental de cota cota” en la Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia, detalla que el tarwi (*Lupinus mutabilis S.*) y sus especies son fijadores de nitrógeno, siendo que el suelo experimentado presentó ante el uso de las tres especies y el abono en este caso compost, reposición de nitrógeno, en el tarwi silvestre (*Lupinus mutabilis S.*) con dosis alta, media y sin compost presentó respectivamente 1.17%, 1.38% y 0.97% de nitrógeno, en tarwi semisilvestre (*Lupinus mutabilis S.*) con dosis alta, media y sin compost presentó 1.32%, 1.33% y 0.75% de nitrógeno, en tarwi (*Lupinus mutabilis S.*) mejorado con las mismas dosificaciones presentó 2.42%, 2.50% y 2.08% de nitrógeno , tiene también el aporte en materia orgánica, siendo el más eficiente en el tarwi (*Lupinus mutabilis S.*) semisilvestre y mejorado ambos con un 1.5%.

Jara (1997) en su trabajo de tesis : “Evaluación del aporte de tres leguminosas (*Canavalia ensiformis*, *Mucuna pruriens*, *Dolichos lablab*) usadas como abono verde sobre la recuperación de suelos degradados de ladera” en la Escuela Agrícola Panamericana, Honduras, reportó que las tres leguminosas empleadas se les aplicó tres tratamientos como son incorporado, mulch y testigo sin abono verde, los cuales crecieron durante 85 días para ser empleados, luego pasado 33 días (tiempo de descomposición de las leguminosas) se procedió a siembra frijol de postrera, tomando muestras de 10 y 20 cm de profundidad, antes y después de sembrar el frijol, lo cual produjo resultados en dos de las tres leguminosas como el Dolico y Mucuna, con el tratamiento de mulch e incorporado, acondicionando el suelo para la producción de frijol.

Castellano, Contreras y Bedmar (2016) en su trabajo de investigación: “Utilización de plantas leguminosas en restauración Medioambiental de taludes y suelos degradados” en el Consejo Superior de Investigaciones y la Universidad de Granada, España, reportó que las leguminosas aportan nitrógeno al suelo procedente de la atmósfera, lo cual lo convierte en un tratamiento eficaz en la rehabilitación ambiental de taludes o suelos degradados ya que se establecen e introducen nitrógeno al entorno natural donde son incorporados, la leguminosas y su rendimiento depende del tipo de suelo que el aporte del nitrógeno varía de leguminosa, con la asociación de tratamientos como mantas orgánicas o sintéticas pueden ayudar a reducir la erosión que se presenta progresivamente .

1.2.2. NACIONALES

Lima (2016) en su trabajo de investigación : “Mejorando Praderas Nativas A Través De La Introducción De Trébol Blanco (*Trifolium Repens*): Efecto De La Dosis De Fósforo Y Distanciamiento Entre Golpes” en la Universidad Agraria de la Molina, Lima, reportó que la introducción de trébol blanco en una zona de altura como se da en la región de Pasco, reveló que el fósforo mejoró con ($P < 0.05$), la altura, el rendimiento y vigor de la

planta nativa que tiene predominancia en la zona como es la *Festuca dolichophylla* (Chillihua), siendo uno de los dos tratamientos que se emplearon, el segundo el cual utiliza el distanciamiento entre la plantación del trébol blanco, no produce cambios y el contenido de nitrógeno no se incrementó en el suelo, siendo finalmente parte de la investigación la recomendación de evaluar la persistencia y capacidad adaptativa del *Trifolium repens*.

Pozo (2015), en su trabajo de tesis : Efecto del Guano de Islas y Trébol (*Medicago Hispida G.*) en el rendimiento del cultivo de Maíz Morado (*Zea más I.*), en condiciones de Azángaro-Huanta-Ayacucho, en la Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica, desarrollo la experimentación en una localidad a 2624 msnm, bajo el diseño de bloques al azar con cuatro tratamientos, se evaluó la altura, la temperatura del suelo y peso seco foliar del maíz, donde se obtuvieron rendimientos de 8224.6046, 7968.7060, 7789.5440 y 7535,35 kg/ha en los tratamientos T3, T1, T2 y T4, respectivamente, la asociación de trébol (*Medicago hispida G.*) con la siembra de maíz, contribuye a conservar la humedad y a mejorar la fertilidad natural del suelo, con la contribución de la fijación de nitrógeno y reciclar nutrientes del suelo.

Saldaña (2014) en su tesis de investigación: “Tres tipos de Cobertura Vegetal y su efecto sobre las características en un Suelo Degradado” en la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana , Iquitos, reportó la implementación de tres tipos de coberturas como Kudzu (*Pueraria phaseoloides*) Centrosema (*Centrosema pubescens*) y Desmodium (*Desmodium ovalifolium*), donde las características del suelo mejoraron en las coberturas Centrosema y Desmodium pero con el Kudzu, el cual fue sensible a la sequía y la humedad y mostró incremento de materia orgánica y el potasio, en los demás tratamientos, como el centrosoma elevó el pH y el contenido de fósforo, existiendo mejora en la composición química del suelo.

Yanac (2017) en su tesis de investigación: “Efecto comparativo de tres tipos de Cobertura vegetal en el mejoramiento de suelos degradados en el distrito de Monzon

2017” en la Universidad Nacional “Hermilio Valdizan” – Huánuco, reportó: Las coberturas *Pueraria phaseoloides*, *Centrosema macrocarpum* y *Canavalia ensiformis*, empleadas en un diseño de bloques al azar con cuatro tratamientos, con el muestreo y análisis siendo los resultados el incremento de PH, con el centrosema se elevó la materia orgánica (0.89%), la canavalia elevó el fósforo en 1 ppm seguido del kudzu con 0.97 ppm, en potasio se presentó mejora de 43.08 ppm y 26.09 ppm, para canavalia y centrosema respectivamente, en Sat Al, hubo el incremento de 49.63% y 50.07 % con centrosema y canavalia respectivamente, la kudzu generó una mayor densidad macrofauna con 234.67 ind/m² y materia verde con 7.30 t/ha, centrosema con densidad con 158.67 ind/m² y materia verde en 2.30t/ha, visto que el kudzu tiene el valor más elevado.

1.2.3. LOCALES

Calderón (2018), en su tesis de investigación: “Restablecimiento de la fertilidad natural del suelo mediante el empleo de Trébol (*Medicago hispida* G.) asociado con cañihua (*Chenopodium pallidicaule* A.) en Chancarani – Mañazo” en la Universidad Nacional del Altiplano, Puno, reportó: El empleo de cuatro tratamientos, T1: sin trébol (*Medicago hispida* G.), T2: con guano de isla, T3: con trébol (*Medicago hispida* G.) y T4: con trébol (*Medicago hispida* G.) y guano de isla, cuyos resultados fueron; T4 que se obtuvo N: 0.14%, P: 12.35ppm. y K: 482.63ppm. seguido por T3 con N: 0.13%, P: 11.41ppm. y K: 377.63ppm, en el tratamiento T4 conformado por variedad Cupi 7 kg/ha – con trébol (*Medicago hispida* G.) 15 kg/ha más guano de isla 1000 kg/ha y el tratamiento T3 variedad Cupi 7 kg/ha. – con trébol (*Medicago hispida* G.) 15 kg/ha, en cuanto a materia verde en la Cañihua, se obtuvieron 49.2 % en T4, 45.6% en el T1, 42.3% en T3, en rendimiento del grano del Cultivo de Cañihua, el tratamiento T4 obtuvo 1400.6 kg/ha, seguido de T3 con 1290.0 kg/ha.

Olivera (2018), en su tesis de investigación : “ Restauración de la fertilidad natural de suelos agrícolas, mediante el empleo de Vicia (*Vicia sativa* Linneo) y guano de isla

asociados a la Cañihua (*Chenopodium pallidicaule Aellen*).” , en la Universidad Nacional del Altiplano, Puno, reportó : cuatro tratamientos; T1 Cañihua , T2 Cañihua + guano de isla, T3 Cañihua + vicia (*Vicia sativa L.*), T4 cañihua + vicia (*Vicia sativa L.*) + guano de isla, con resultados en el incremento de nitrógeno, potasio y calcio en el tratamiento T4 con 0.15% N, 15.50 ppm en P, 312.8 ppm de K y 2.97% de materia orgánica, en humedad se obtuvo valores de 13.42%, a 19.33 C° y la constitución de macro organismos con un total de 13 (carábidos y lombrices) y 31.67 cm en la altura de la planta, el rendimiento de la cañihua fue de T4= 1692.5, T3=1475.0, T2=1187.5, T1=1055.0, kg/ha, en materia seca se obtuvo en el T4= 22.77% y el T3=21.71%, con la conclusión final de que la cañihua asociada con vicia (*Vicia sativa L.*) favorece a almacenar la humedad y mejorar la productividad del suelo, mediante la fijación del nitrógeno y el reciclaje de nutrientes.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

- Evaluar la respuesta del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa W.*) asociado a tres leguminosas (*Lupinus mutabilis S.*, *Vicia sativa L.* y *Medicago hispida G.*) en la restauración de suelos degradados en Huancarani-Mañazo.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar el rendimiento en el cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa W.*) con la asociación de los tres leguminosas (*Lupinus mutabilis S.*, *Vicia sativa L.* y *Medicago hispida G.*).
- Determinar la contribución de la tres leguminosas (*Lupinus mutabilis S.*, *Vicia sativa L.* y *Medicago hispida G.*) asociados al cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa W.*) en las condiciones químicas del suelo

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO

2.1.1. SUELO

Es la capa superficial de la corteza, con constante cambio, de un grosor delgado, donde interactúan los seres vivos, que lo convierte en un componente esencial, que es vulnerable porque cuando es afectado tiene una larga y difícil recuperación y de extensión limitada, por lo que se considera un recurso no renovable (Silva & Correa, 2009)

Contreras (2009) lo define como una capa superficial de la corteza terrestre que contiene minerales, materia orgánica, aire, agua y los nutrientes necesarios para dar sostén y desarrollo a las plantas. Es sustento no solo de las coberturas vegetales sino es la base elemental de la producción de alimentos (Villareal et al, 2012)

Como sistema es muy complejo porque aloja a las plantas, provee de agua y de otros elementos necesarios para el desarrollo de la vida, a su vez alberga en su interior insectos y microorganismos que se interrelacionan en el desarrollo de las plantas, sus características varían en relación al clima, el hombre y las plantas, por lo que un suelo empleado es distinto a un suelo sin uso (Calderon,2018).

Fertilidad del Suelo

Según Duggan (2008) citado por Olivera (2018) , la fertilidad es la capacidad de sostener el crecimiento de cultivos, la cual se divide en fertilidad química, física y biológica, siendo la fertilidad química la que se establece de acuerdo a los nutrientes

esenciales, que son usados por los cultivos, la fertilidad física se relaciona con las condiciones estructurales correctas para el crecimiento de las plantas, la fertilidad biológica se establece por las interrelaciones de los organismos, el crecimiento de las plantas y el suelo.

Pérdida de fertilidad

Se da producto de la degradación de los suelos, por el conjunto de acciones antrópicas o biofísica, produciendo alteraciones y características de los suelos, dichas acciones se relacionan con variaciones climáticas y geomorfológicas, como la frecuencia de lluvias, vientos fuertes, como acciones biofísicas y las de carácter antrópicas va en relación a la expansión demográfica, con la explotación de recursos naturales y el uso inadecuado del suelo (Sicard,2001)

2.1.1.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Textura

La textura es aquella propiedad que establece las cantidades relativas en que se encuentran las partículas de diámetro menor a 2 mm, es decir, las partículas finas, influye en la capacidad de retención de agua, nutrientes y capacidad de descomposición de materia orgánica, en suelos arenosos con poca capacidad de almacenamiento de agua y nutrientes la fertilidad es baja, en suelos arcillosos con capacidad de retención y nutrientes la fertilidad es alta (Rojas & Mayta, 2016).

Estructura

La estructura del suelo es una de las principales propiedades, ya que el arreglo que presente la fase sólida está determinado por el espacio que queda disponible para las otras dos fases de éste: la líquida y la gaseosa; puede decirse que esta propiedad es la que controla las interrelaciones entre las diferentes fases físicas del suelo y la dinámica de líquidos y gases en él, ya que tiene una influencia directa en propiedades como porosidad, densidad aparente, régimen hídrico, régimen térmico, permeabilidad, aireación, distribución de la materia orgánica, entre otras; por lo anterior, no es casual

que se estime la degradación de un suelo de acuerdo con el grado de deterioro de su estructura (Plaster, 2000)

2.1.1.2. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

pH

El pH es una de las variables más importantes en los suelos agrícolas, pues afecta directamente a la absorción de los nutrientes del suelo por las plantas, En general, el pH óptimo de estos suelos debe variar entre 6,5 y 7,0 para obtener los mejores rendimientos y la mayor productividad, ya que se trata del rango donde los nutrientes son más fácilmente asimilables, y, por tanto, donde mejor se aportarán la mayoría de los cultivos. (Olivera, 2018)

Potasio

El potasio (K⁺) es un macronutriente esencial para las plantas, las cuales necesitan cantidades elevadas de este nutriente, incluso semejantes a las necesidades del nitrógeno en algunos casos. Cumple un papel importante en la activación procesos metabólicos, dentro de los más importantes están la fotosíntesis y la síntesis de proteínas y carbohidratos. (INTAGRI,2017).

Nitrógeno

La gran mayoría de los compuestos orgánicos vegetales contiene nitrógeno, siendo un componente esencial de la clorofila, el nitrógeno es absorbido por las raíces de la planta en la forma de nitratos, aunque las plantas jóvenes toman una parte en forma de Amonio (Chilón, 2014)

Fósforo

El fósforo influye en el material genético del núcleo de la célula y favorece a la partición de las células y en la formación de lípidos principalmente en la semilla, intensifica el crecimiento radicular de las plantas, favoreciendo la absorción de agua y nutrientes. (Chilón, 2014).

2.1.1.3. CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS

Materia orgánica

La materia orgánica procede de la actividad biológica de los organismos vivos que lo habitan como lombrices, insectos, microorganismo, los residuos metabólicos da origen al llamado Humus, cuya composición tiene de un complejo de macromoléculas de proteínas, azúcares, ácidos orgánicos, minerales, cuyo conglomerado diversificado es importante en la fertilidad, conservación y presencia de vida en los suelos (Peña, 2016)

Conductividad Eléctrica

La conductividad eléctrica (CE) es la facilidad que ofrece el suelo al paso de la corriente eléctrica. Las unidades se expresan en mmhos/cm. La conductividad eléctrica es proporcional a la concentración de sales en solución, es decir a mayor concentración de sales mayor conductividad y esta medida también se halla en función a la temperatura (INTAGRI,2017)

2.1.2. QUINUA

La *Chenopodium quinoa* Willd es originaria de la región andina de Sur América, ya desde hace miles de años, siendo que fue el alimento básico de las poblaciones prehispánicas, la cual se cultiva en zonas que van desde el nivel del mar y llegan hasta los 4000 m.s.n.m. (Gómez y Aguilar, 2016), incluyendo valles interandinos, altiplano y zonas casi desérticas como en los salares bolivianos, presentando una gran adaptabilidad en la diversidad climática (Tapia y Fries, 2007)

Clasificación taxonómica

Reino	:	Plantae
División	:	Fanerógamas
Clase	:	Dicotiledóneas
Subclase	:	Angiospermas
Orden	:	Centrospermales

puede ser de verde púrpura, siendo maduros toman un color amarillo, naranja, rosado, rojo o púrpura.

Inflorescencia

Es una panoja con una longitud de 15 a 70 cm. Ubicada en el ápice de la planta y rama, tiene un eje principal, secundario y terciario, clasificado en amarantiformes, glomerulares e intermedias.

Flores

Son sésiles o pediculadas y están agrupadas en glomérulos, la ubicación del glomérulo en la inflorescencia y dentro del mismo, determinan el tamaño y el número de granos o frutos. Presenta dos tipos de flores en la misma planta, las hermafroditas (en el ápice glomérulo) y pistiladas (alrededor y debajo de las flores hermafroditas).

Fruto

Es un aquenio de forma lenticular, elipsoidal, cónico o esferoidal, cubierto por el perigonio petaloide o las envolturas florales que rodea. Con el fruto se desprenden con facilidad a la madurez; sin embargo, en algunos casos puede permanecer adherido al grano incluso después de la trilla dificultando la cosecha y el procesamiento industrial de los granos.

Semilla

Presenta tres partes bien definidas que son: epispermo, embrión y perisperma. El epispermo, es la capa que cubre la semilla y está adherida al pericarpio. El embrión está formado por dos cotiledones y la radícula y constituye, aproximadamente, el 30% del volumen total de la semilla y envuelve al perispermo como un anillo, con una curvatura de 320 grados. La radícula, muestra una pigmentación de color castaño oscuro. El perispermo es el principal tejido de almacenamiento; reemplaza al endospermo y está constituido mayormente por granos de almidón, es de color blanquecino y representa prácticamente el 60% de la semilla.

Rendimiento del cultivo

Tiene un mejor desarrollo en suelos francos, con buen contenido de materia orgánica, pero también puede crecer en suelos pobres, si bien puede crecer en estos suelos, los rendimientos serán lógicamente bajos, se aprovecha nutrientes de cultivos anteriores. Tapia y Fries (2007) observan la relación entre la productividad y la influencia del nitrógeno en el suelo (Tapia y Fries, 2007). La quinua (*Chenopodium quinoa W.*) soporta heladas de - 2°C, lo que predispone la afectación a su rendimiento, gracias a su amplia variabilidad está adaptada a climas desde el desierto hasta la Puna, se desarrolla desde el nivel del mar hasta el altiplano, creciendo en bajas condiciones climáticas y agronómicas adversas (Mendoza, 2013).

2.1.3. TRÉBOL CARRETILLA (*Medicago hispida G.*)

Clasificación taxonómica

Reino	:	Plantae
División	:	Magnoliophyta
Clase	:	Magnoliopsida (Dicotyledoneae)
Subclase	:	Rosidae
Orden	:	Fabales
Familia:		Caesalpinaceae
Género	:	Medicago
Especie	:	<i>Medicago hispida</i> Gaertn

El trébol carretilla (*Medicago hispida G.*) es una planta herbácea de porte semi-erecto, presenta ramas ascendentes, con tres hojas foliadas que se diferencian principalmente por sus foliolos cuneados u ovales (Rapoport, *et al*, 2009)

Rzedowski (2001) presenta la descripción botánica indicando que es una planta de crecimiento rastrero o ascendente con mucha ramificación en cuyo crecimiento llega a tener una altura de 60 cm, el tallo es ramificado con ramas angulosas con pocos pelos, con estípulas lanceoladas-dentadas, con hojas trifoliadas, con peciolo que va de 1 a 9 cm de largo, los foliolos obovados, de 0.5 a 3 cm de largo por 0.5 a 2.5 cm de ancho, la base es cuneada con muy pocos pelos o sin ellos

La presencia de flores se da dispuestas en racimos axilares, más cortos que las hojas que van de 1 a 7 de 5 mm de largo, el fruto es una legumbre enroscada en espiral, de 4 a 10 mm de diámetro, reticulada con 2 a 6.5 vueltas, armadas de numerosas espinas, semillas dispersadas en frutos espinosos enrollados en espiral, comprimida, de color pardo amarillento, pardo rojizo o pardo negruzco.

El hábitat del trébol carretilla (*Medicago hispida* G.) está continuamente presente al costado de caminos, en bordes de acequias, en praderas naturales y cultivadas, como chacras y cultivo de papa, lino y alfalfa, crece de preferencia en suelos fértiles y/o arenosos. (Rapoport, *et al*, 2009)

2.1.4. VICIA SATIVA (*Vicia sativa* L.)

CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

Reino	:	Plantae
División	:	Magnoliophyta
Clase	:	Magnoliopsida (Dicotiledóneas)
Subclase	:	Rosidae
Orden	:	Fabales
Familia:		Fabaceae
Género	:	Vicia
Especie	:	<i>Vicia sativa</i> Linneo

Según olivera (2018), “la vicia (*Vicia sativa* L.) es el cultivo forrajero más difundido en diversas regiones del globo por su rendimiento y propiedades nutritivas, Nestares (2014) indica que es una semi trepadora que posee zarcillos; por ello no se siembra sola, salvo cuando es para producir semilla. Generalmente, se cultiva en asociación con un cereal, frecuentemente con avena forrajera y en algunos casos con centeno forrajero que le sirve como sostén, de este modo impide que la vicia (*Vicia sativa* L.) entre en contacto con el suelo y se pudra, además le permite alcanzar una mayor altura de planta, de entre 0.60 a 1.20 m.

Hábitat

Se cultiva en zonas más templadas, puede establecerse entre los 3000 msnm hasta los 4200 msnm, por lo que resiste bien a bajas temperaturas. resistentes a las heladas, es por ello que se pueden sembrar en zonas de clima frío sobre los 3 500 msnm, Su adaptación a diferentes tipos de suelos es mayor que gran parte de las otras especies forrajeras, el requerimiento de nitrógeno es relativamente bajo debido a la presencia de nódulos efectivos para la fijación de nitrógeno atmosférico. (Nestares, 2014). Por ser fijadoras las leguminosas son importantes en el ámbito ecológico cuyo uso recae en la disminución de fertilizantes químicos (Benites, 2016)

2.1.5. TARWI (*Lupinus mutabilis* S.)

Clasificación taxonómica

Reino	:	Plantae
División	:	Magnoliophyta
Clase	:	Magnoliopsida
Orden	:	Fabales
Familia:		Fabaceae
Género	:	Lupinus
Especie	:	<i>Lupinus mutabilis</i> Sweet

Hábitat

En los Andes peruanos las especies silvestres de *Lupinus* se pueden encontrar hasta los 4500 msnm., aunque su mayor distribución está en los niveles inferiores, entre los 2000 y 3500 msnm A mayor altura, sobre los 4000 m, los lupinos presentan formas de crecimiento postrado o almohadillado, con raíces profundas. Las hojas presentan una intensa vellosoidad. De igual manera la vaina es pubescente con semillas muy pequeñas. (Tapia, 2015)

Características botánicas

Es una planta anual de crecimiento erecto la cual puede llegar a medir entre 0.80 m a 2.0 metros de alto, a su vez el tamaño que alcanza en la madurez depende de la zona,

la raíz se caracteriza por ser gruesa y pivotante, un aspecto a resaltar es la presencia de un gran número de nódulos nitrificantes que se considera puede pesar hasta 50 g por planta. (Tapia y Fries, 2007)

Fertilización

La raíz del Tarwi (*Lupinus mutabilis* S.) tiene interrelación con las bacterias *Rhizobium*, las que fijan el nitrógeno del aire en cantidades de 40 kg/ha y 80 kg/ha, como el resultado del proceso de simbiosis entre la raíz y los *Rhizobium*, lo que sería un aporte para el próximo cultivo (Tapia, 2015) la misma que se introduce profundamente en el suelo e influye en la estructura y el contenido de materia orgánica del suelo empleado. (Tapia y Fries, 2007)

2.1.6. ASOCIACIÓN DE CULTIVOS

Los cultivos de dos o más cultivos (policultivos), en la misma área, en un mismo periodo de tiempo, si son combinados, este proceso puede rendir de mejor manera, básicamente al uso eficiente de la superficie y debajo de ella y la interacción mutua entre ambos cultivos (Eyhorn, Heeb & Weidmann, 2000)

Altieri & Nicholls, (2000) presenta beneficios de los policultivos:

- Incremento en el contenido de materia orgánica, con el estímulo de la actividad biológica del suelo.
- Conservación de la humedad, disminución de la erosión
- Mayor captura y reciclaje de nutrientes.
- Diversificación de policultivos reduce los insectos, plagas al afectar directamente a herbívoros o al estimular a enemigos naturales.
- Los policultivos con alta cobertura
- reducen las malezas

También Eyhorn, *et al*, (2000) expresa que se produce el mejoramiento de la fertilidad del suelo, con el cultivo mixto con leguminosas, como ejemplo pone frijoles, el cual mejora el suministro de nitrógeno para las no leguminosas. Según Bedoussac *et al* (2013), las asociaciones con leguminosas son capaces de fijar nitrógeno atmosférico,

presentándose como solución agronómica donde escasea el nivel de nitrógeno en el suelo.

2.2. MARCO CONCEPTUAL

CULTIVOS ASOCIADOS

La asociación de cultivos provee de ventajas debido a la acción que tienen las leguminosas en el suelo, incrementando los rendimientos, adicionan materia orgánica, se adaptan a suelos alcalinos contribuyendo al mejoramiento de las propiedades del suelo (Benites,2016)

LEGUMINOSAS

Las leguminosas son plantas que tienen la capacidad de fijar el nitrógeno atmosférico, por ser fijadoras de nitrógeno son muy importantes puesto que el empleo de las mismas disminuye el uso de fertilizantes químicos. (Benites,2016)

SUELO DEGRADADO

La degradación de los suelos, es el resultado de las acciones múltiples inducidos por el hombre que disminuyen la capacidad actual y/o futura del suelo, reduciendo la fertilidad y la desnitrificación del mismo (Orsag, 2009)

RESTAURACIÓN DE SUELOS

El concepto de “restauración” pueden interpretarlo de modo distinto los diferentes actores que intervienen en los diversos sectores: desde la “restauración” entendida como el retorno a un estado no degradado (por ejemplo, plenamente productivo) hasta el restablecimiento del estado primigenio o “natural” de un ecosistema (FAO,2021)

QUINUA (*Chenopodium quinoa W.*)

El grano andino por excelencia, con importancia alimenticia, es una planta anual, se desarrolló en suelos francos, con buen contenido de materia orgánica, pero también puede crecer en suelos pobres posee una gran adaptabilidad, lo que le da características para ser sembrado en las zonas altiplánicas (León,2017).

FIJACION DE NITROGENO

Es el proceso donde los microorganismos utilizan el nitrógeno del aire, transformándolo en amoníaco a través de una enzima llamada nitrogenasa para la generación de proteínas, estos microorganismo fijadores de nitrógeno son bacterias y cianobacterias, que viven en el suelo, en conjunto o en simbiosis con una planta (Paredes,2013)

2.3. HIPÓTESIS

2.3.1. HIPÓTESIS GENERAL

- El cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa W.*) responde favorablemente asociada a tres leguminosas (*Lupinus mutabilis S.*, *Vicia sativa L.* y *Medicago hispida G.*) restaurando los suelos degradados en Huancarani-Mañazo

2.3.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- Las tres leguminosas (*Lupinus mutabilis S.*, *Vicia sativa L.* y *Medicago hispida G.*) responden favorablemente asociadas al cultivo de quinua
- Las condiciones químicas del suelo mejoran al asociar tres leguminosas (*Lupinus mutabilis S.*, *Vicia sativa L.* y *Medicago hispida G.*) al cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa W.*)

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. ZONA DE ESTUDIO

El presente proyecto se desarrolló en la comunidad de Huancarani del distrito de Mañazo de la provincia de Puno, Departamento de Puno, está ubicada en las coordenadas UTM 354753.00 E, 8255200.00 S, con una altitud de 3930 msnm, dentro de la jurisdicción de la comunidad de Huancarani.

Es colindante por el norte, con el distrito de Cabanillas de la Provincia de San Román. Por el noreste con el distrito de Cabana, Provincia de San Román. Por el sur, limita con el distrito de San Antonio de Esquilache de la Provincia de Puno. Por el este, con el distrito de Vilque de la Provincia de Puno. Y por el oeste, con el distrito de Ichuña del departamento de Moquegua. Según el sistema de posicionamiento global

3.1.1. CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO

Demografía

Según el censo nacional de 2017 se tiene un total de 5144 habitantes, según se aprecia en la tabla 01.

Tabla 01. Habitantes del distrito de Mañazo

PROVINCIA, DISTRITO URBANA Y RURAL	TOTAL
Urbana	2,658
Rural	2486
Distrito de Mañazo	5144

Fuente: Censo nacional – INEI, 2017.

Socioambientales:

Como la gran mayoría de zonas de la región de Puno donde no prevalece al ámbito urbano, se aprecia en su extensión territorial la biodiversidad altiplánica, como los pastos naturales como el ichu, como también los cultivos de pan llevar como la papa, cañihua y quinua (*Chenopodium quinoa W.*), la interacción entre el habitante de esta zona y el entorno natural es estable e incluso amigable porque depende de la producción agrícola y pecuaria, siendo que las mismas no producen excesivos contaminantes para su entorno natural.

Socioeconómicas

Se aprecia que los pobladores del Distrito de Mañazo se dedican con exclusividad en su mayoría a la actividad agropecuaria, para su autoconsumo y también para la industrialización a mediana escala, siendo la crianza de animales como los camélidos, vacuno y ovinos los que resaltan, siempre condicionada a los factores climáticos que tienen estas zonas altiplánicas

Culturales

Celebran en su mayoría como los demás distritos los carnavales, semana santa, inicio de la siembra, año nuevo andino

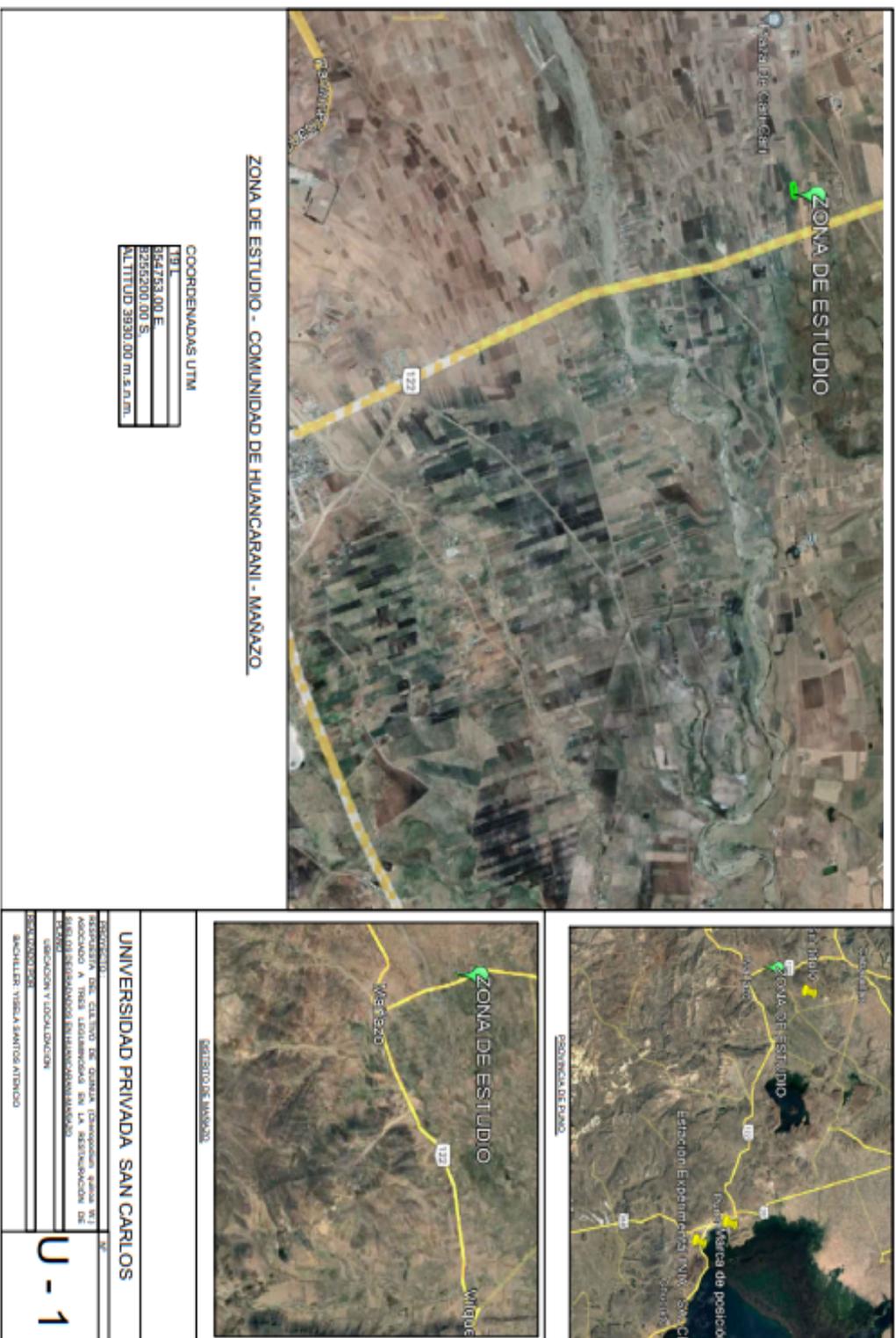


Figura 01. Mapa de ubicación de la zona de estudio

Fuente: Propia, realizada con imágenes extraídas de Google earth

3.2. TAMAÑO DE LA MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

El suelo de la localidad de Huancarani – Mañazo, en el departamento de Puno con un total de 0.5 hectáreas. Divididas en 16 parcelas de trabajo

La muestra del suelo será de 500 gr. que serán recogidos de los 16 puntos de muestreo donde se llevarán a cabo los tratamientos en las parcelas ya establecidas.

3.2.2. TAMAÑO DE LA MUESTRA

Se toma en cuenta que se tiene 4 tratamientos ya establecidos para las leguminosas y la quinua (*Chenopodium quinoa W.*), en total 01 muestras por cada parcela siendo un total de 4 parcelas para cada tratamiento, que al ser 4 tratamientos, el total de muestras a tomar en general son de 16 muestras en las fechas respectivas de la toma de datos

3.2.3. SELECCIÓN DE LA MUESTRA

Muestreo de probabilidad conglomerado, porque definimos la población cuantitativamente, elegimos los tratamientos en cada muestra siendo 16 puntos de muestreo, con un total de 4 para cada tratamiento.

Tratamiento en estudio

Los tratamientos a estudiar serán como indica el cuadro:

Tabla 02. Tipos de Tratamientos

TRATAMIENTO		LEGUMINOSAS
N°	Clave	
1	T1	Quinua (<i>Chenopodium quinoa W.</i>)
2	T2	Trébol carretilla (<i>Medicago hispida G.</i>)
3	T3	Vicia (<i>Vicia sativa L.</i>)
4	T4	Tarwi (<i>Lupinus mutabilis S.</i>)

Número de tratamientos

Tabla 03. Cantidad de tratamientos

N° trat.	Tratamiento		Bloque			
	Leguminosa	Variedad de quinua (<i>Chenopodium quinoa W.</i>)	L	II	LII	IV
T1	Sin cobertura vegetal(quinua(<i>C henopodium quinoa W.</i>) sola)	Variedad salcedo INIA	1.1	1.2	1.3	1.4
T2	Trébol carretilla (<i>Medicago hispida G.</i>)	Variedad salcedo INIA	2.1	2.2	2.3	2.4
T3	Vicia (<i>Vicia sativa L.</i>)	Variedad salcedo INIA	3.1	3.2	3.3	3.4
T4	Tarwi (<i>Lupinus mutabilis S.</i>)	Variedad salcedo INIA	4.1	4.2	4.3	4.4

3.3. METODOS Y TECNICAS

3.3.1. MATERIALES

MATERIALES E INSTRUMENTOS

Los instrumentos y materiales empleados son los siguientes

- Balanza analítica con aprox.0.01g
- Estacas - Wincha de 50 m.
- Cordel de 100 m
- Yeso
- Regla
- Bolsas
- Cinta Masking
- Taras
- Papel bond
- Agua destilada
- Lampa pequeña de jardinería

- Plumón indeleble
- Fichas de evaluación
- Costales
- Pico
- Azadón

3.3.2. METODOLOGIA EXPERIMENTAL

Siembra de cultivos

Se prepararon las semillas de quinua (*Chenopodium quinoa W.*) para la experimentación correspondiente, se hicieron los respectivos surcos en el suelo con un pico en cada una de las parcelas de experimentación ya distribuidas, se procedió a demarcar las parcelas. Como parte del procedimiento experimental se tomarán las muestras de testigo, muestra sin alteración o asociación a cultivos de leguminosas, suelo con quinua (*Chenopodium quinoa W.*) solamente, la cual servirá como punto de comparación para el análisis de los resultados finales. De igual manera se procedió a la siembra de las semillas de tarwi (*Lupinus mutabilis S.*), trébol carretilla (*Medicago hispida G.*) y vicia (*Vicia sativa L.*),



Figura 02. Cultivo de quinua asociado con trébol carretilla



Figura 03. Cultivo de quinua asociado con vicia



Figura 04. Cultivo de quinua asociado con tarwi

PROCESO DE EXPERIMENTACIÓN PARA LA RESPUESTA DEL CULTIVO DE QUINUA (*Chenopodium quinoa W.*)

Control de crecimiento

La quinua (*Chenopodium quinoa W.*) actúa como bioindicador debido a que el desarrollo de la planta está directamente influenciado por los nutrientes y la

calidad de suelo donde esta crece, por lo tanto, se tomó los datos del crecimiento de la quinua (*Chenopodium quinoa W.*) y de los cultivos asociados.

Altura de planta

se evaluó cada treinta días con el flexómetro, de un total de 180 días de experimentación en los cuales se realizará la toma de datos y se registraron, tal como se muestra en la Figura 02 y 03 se realizó la medición de la altura la quinua (*Chenopodium quinoa W.*), en todos los tratamientos experimentales.



Figura 05. Medición de la altura de la quinua (*Chenopodium quinoa W.*)



Figura 06. Toma de datos de la altura (cm) de la quinua (*Chenopodium quinoa W.*) en la zona de estudio.

PROCESO DE EXPERIMENTACIÓN PARA LA RESPUESTA DEL EFECTO DE LAS LEGUMINOSAS EN EL SUELO.

Análisis de suelo

Para la recolección de las muestras del suelo se seguirá la guía del muestreo del suelo formulada por el Ministerio del Ambiente (MINAM 2014), a fin de analizar las características físico – químicas, muestreo inicial y muestreo final.

Humedad gravimétrica del suelo

Se toman las muestras en suelo con las taras, las cuales son selladas con cinta adhesiva, luego se procede a identificarlas en cada una de las taras, para luego para ser procesadas en el laboratorio. Estas son secadas en el horno de laboratorio por 24 horas, se determina el porcentaje con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de humedad} = \left(\frac{Ph - Ps}{Ps} \right) \times 100$$

Donde:

- PH: Peso húmedo del suelo

- Ps: Peso seco del suelo



Figura 07. Taras usadas para la determinación de contenido de humedad.

Temperatura

Con ayuda de un geotermómetro y un punzón se procede a realizar un agujero en el suelo y se coloca el termómetro, luego de 15 minutos se toma la lectura

PH

Se tomará la muestra de suelo en 50 gr de suelo y en un vaso de precipitado con 40 ml de agua destilada se mezclará, luego de 30 segundos se pondrá el PH – metro luego se tomará los valores del PH



Figura 08. Determinación del PH del suelo en laboratorio de suelos y agua INIA SALCEDO -PUNO

Los análisis de laboratorio para la conductividad eléctrica, materia orgánica, nitrógeno total, fósforo y potasio disponible se realizarán en el laboratorio de suelos y agua del Instituto Nacional de Innovación Agraria, con métodos de determinación de análisis como el método del Conductímetro, , para la materia orgánica el método de Walkley y Black, el nitrógeno con el método de micro-kiedalb, fósforo con el método de Olsen Modificado, el potasio disponible con el método de la extracción del acetato de amonio.



Figura 09. Análisis de laboratorio de las muestras de suelo experimental



Figura 10. Desarrollo de análisis de laboratorio en las muestras experimentales



Figura 11. Proceso de análisis en laboratorio de las muestras experimentales

3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

Tabla 04. Operalización de variables

VARIABLES	INDICADORES	UNIDADES MEDIDA
Variable independiente		
Efecto de tres leguminosas	Parámetros químicos del suelo	N,P,K,MO,P
	Altura de la quinua (<i>Chenopodium quinoa W.</i>) en T2,T3 y T4	cm
Variables dependientes		
Respuesta del cultivo de quinua (<i>Chenopodium quinoa W.</i>)	Altura de la planta	cm
	pH	rango 0-13
Suelos degradados	Conductividad eléctrica	mmhos/cm(.)
	Materia orgánica	Porcentaje
	Nitrógeno total	Porcentaje
	Fósforo disponible	ppm
	Potasio disponible	ppm

Fuente: Elaboración propia, 2021

3.5. DISEÑO ESTADÍSTICO

Se realizará el análisis estadístico contemplando la normalización de los datos obtenidos producto de los análisis de laboratorio, empleando transformaciones cuadráticas.

La contrastación de las hipótesis se realizará mediante el método estadístico del análisis de varianza (ANOVA), el cual, mediante los resultados obtenidos, ya normalizados de la fase experimental, nos permitirá corroborar si la hipótesis planteada tiene significancia, es decir si la investigación tiene relevancia o no, contrastando las hipótesis alterna y nula, luego mediante la prueba de Tuque al 5% de significancia el cual nos determinará cuál de los tratamientos empleados es el mejor.

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Variable de respuesta de la ij -ésima unidad experimental

μ = Media general de la variable de respuesta

τ_i = Efecto del i - ésimo tratamiento (nivel del factor) en la variable dependiente.

ϵ_{ij} = Error experimental asociado a la ij -ésima unidad experimental

CAPÍTULO IV

EXPOSICION Y ANALISIS DE LOS RESULTADOS

4.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1.1. NITRÓGENO

Como se aprecia en la tabla 05 se ha desarrollado el ANOVA estadístico para el contenido de Nitrógeno en el suelo, mediante el cual se determinó que el p-valor hallado es menor a 0.05 lo que revela que si hay significancia en el uso de los tratamientos.

Tabla 05. Análisis de varianza del Nitrógeno (%)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.01	3	2.0E-0.3	37.69	<0.0001
Leguminosa	0.1	3	2.0E-0.3	37.69	<0.0001
Error	6.5E-0.4	12	5.4E-0.5		
Total	0.1	15			

Al realizar el ANVA se presenta dos hipótesis respectivas del proceso estadístico, una que indica que hay significancia (h_1) y la otra que no lo hace (h_0), directamente relacionado al p-valor, que, si es menor, se toma la hipótesis que expresa la existencia de la significancia, precisando que los tratamientos si influyen en el proceso experimental que se lleva a cabo.

h_0 = El nitrógeno no tiene un incremento al asociarse con las leguminosas.

h_1 = El nitrógeno tiene un incremento al asociarse con las leguminosas.

Siendo el p-valor menor que 0.05 se debe a que hubo efecto de las leguminosas en un incremento en el nitrógeno

En la tabla 06 se aprecia que realizado la prueba Tukey para el contenido de nitrógeno donde los tratamientos con vicia (*Vicia sativa* L.), trébol carretilla (*Medicago hispida* G.) y tarwi (*Lupinus mutabilis* S.) tienen el mismo contenido de nitrógeno, con 0.12%, el tratamiento solo con quinua fue el de menor valor con 0.07% de nitrógeno

Tabla 06. Prueba Tukey para el contenido de nitrógeno (%) - comparación de tratamientos

Leguminosa	Medias	n	E.E.	
Normal	0.07	4	3.7 E-0.3	A
Vicia (<i>Vicia sativa</i> L.)	0.12	4	3.7 E-0.3	B
Tarwi (<i>Lupinus mutabilis</i> S.)	0.12	4	3.7 E-0.3	B
Trébol (<i>Medicago hispida</i> G.)	0.12	4	3.7 E-0.3	B

Hecho el análisis estadístico en el Programa Infostat el cual nos presenta las tablas anteriores, del cual se extrajo de manera de pictograma un gráfico de barras que nos precisa con mayor exactitud de manera gráfica que de los tres tratamientos con leguminosas que según su porcentaje son similares, pero en la proyección gráfica los decimales varían y generan el siguiente gráfico.

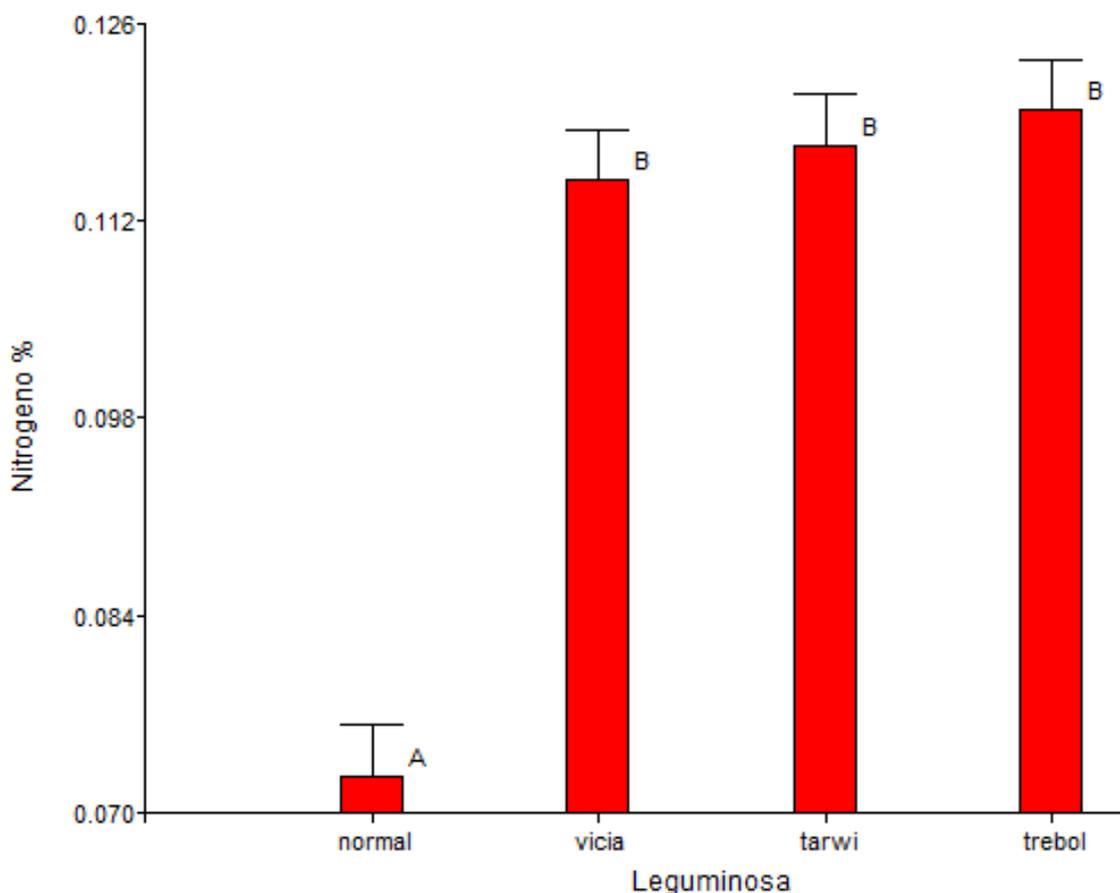


Figura 12. Gráfico de barras comparativo de los tratamientos con el Nitrógeno

Interpretación

Del proceso experimental se tiene que si existe la significancia, de la asociación de los cultivos con la quinua (*Chenopodium quinoa W.*) y su efecto en el suelo como fijadores de nitrógeno, en todos los tratamientos, donde queda demostrado que la fijación de nitrógenos y las leguminosas están relacionadas, siendo que el porcentaje de nitrógeno que se halla es similar solo se distingue la diferencia al generarse un gráfico con mayor precisión del cual el que tiene más porcentaje de los tres es el de trébol (*Medicago hispida G.*) solo con poca diferencia (decimales), pero el cual nos indica que el tratamiento con el trébol carretilla (*Medicago hispida G.*), es mucho más eficiente que en los demás tratamientos.

Discusión

El proceso de fijación de nitrógeno por parte de las leguminosas si es favorable Pozo (2015) establece que la leguminosa *Medicago hispida G.* contribuye a mejorar la fertilidad del suelo y la fijacion de nitrogeno tal como es comprobado con los resultados y análisis estadísticos, Castellano, et al (2016) reportó que las leguminosas aportan nitrógeno siendo de las tres empleadas en esta investigación y cuyos valores oscila de entre 0.12 % de N a diferencia de no emplear leguminosa 0.07 % de N, se contrasta dicha afirmación

4.1.2. FÓSFORO

Como se aprecia en la tabla 07, desarrollado el ANOVA estadístico para el contenido de Fósforo en el suelo, mediante el ANOVA donde el p-valor hallado es menor a 0.05 lo que revela que si hay significancia en el uso de los tratamientos.

Tabla 07. Análisis de Varianza del Fósforo (ppm)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	33.54	3	11.18	156.9	<0.0001
Leguminosa	33.54	3	11.18	156.9	<0.0001
Error	0.86	12	0.07		
Total	34.4	15			

ho= El fósforo no tiene un incremento al asociarse con las leguminosas.

h1 = El fósforo tiene un incremento al asociarse con las leguminosas.

Siendo el p-valor menor que 0.05 se debe a que hubo efecto de las leguminosas en un incremento en el Fósforo

En la tabla 08, se aprecia que realizado la prueba Tukey para el contenido de Fósforo donde el tratamiento con vicia (*Vicia sativa L.*) tiene un valor de 10.64 ppm de P, el trébol carretilla (*Medicago hispida G.*) tiene un valor de 11.12 ppm de P y con el mayor valor está el tarwi (*Lupinus mutabilis S.*) con 11.41 ppm de P, quedando el tratamiento solo con quinua fue el de menor valor con 7.77 ppm de fósforo.

Tabla 08. Prueba Tukey para el Fósforo (ppm) - comparación de tratamientos

Leguminosa	Medias	n	E.E.		
Normal	7.77	4	0.13	A	
Vicia (<i>Vicia sativa</i> L.)	10.64	4	0.13		B
Trébol (<i>Medicago hispida</i> G.)	11.12	4	0.13	B	C
Tarwi (<i>Lupinus mutabilis</i> S.)	11.41	4	0.13		C

Se presenta una gráfica proyectada a partir de los datos de la Prueba Tukey, donde el mayor valor lo obtuvo el tratamiento con tarwi (*Lupinus mutabilis* S.) seguido del trébol carretilla (*Medicago hispida* G.), luego la vicia (*Vicia sativa* L.), como se aprecia a continuación.

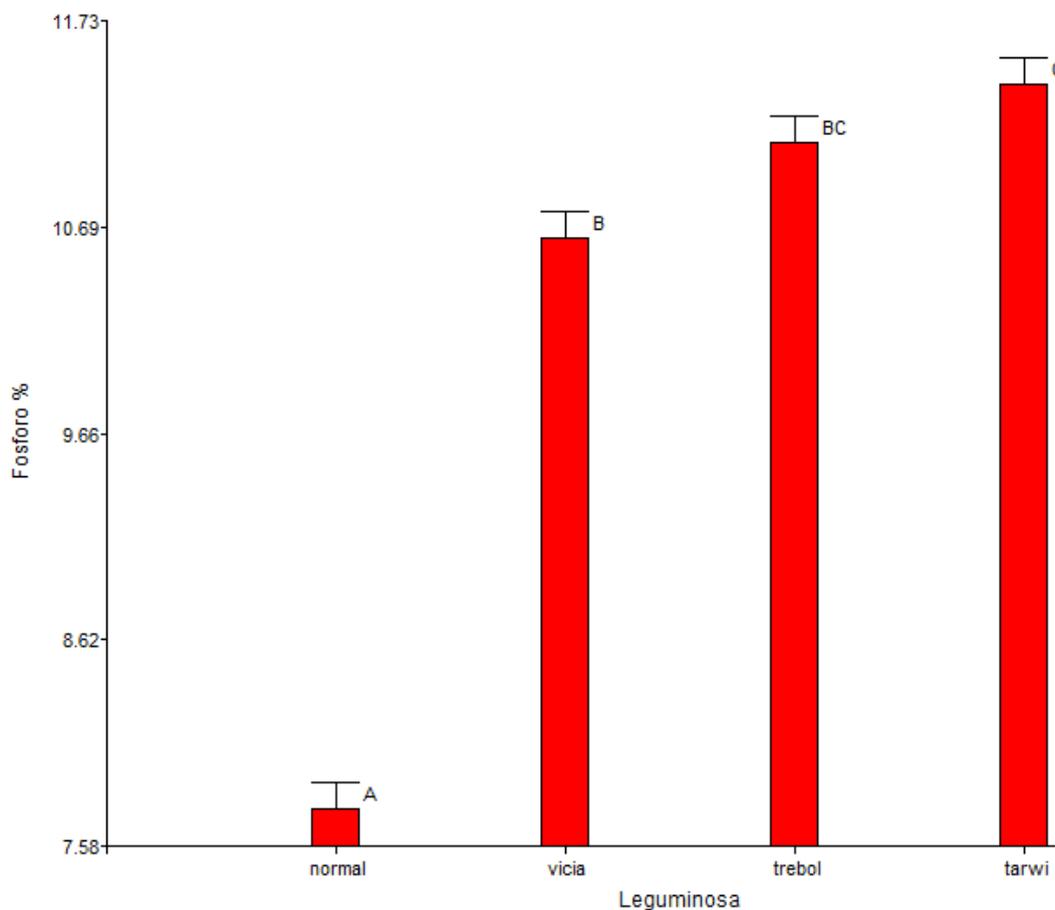


Figura 13. Gráfico de barras comparativo de los tratamientos para el Fósforo (ppm)

Interpretación

Del proceso experimental se tiene que si existe la significancia de la asociación de los cultivos con la quinua (*Chenopodium quinoa W.*) y su efecto en el suelo para el aporte de fósforo, en todos los tratamientos, siendo que el aporte de Fósforo es mucho mayor cuando se emplea el tarwi (*Lupinus mutabilis S.*) y menor cuando se emplea la Vicia (*Vicia sativa L.*) siendo el término medio el trébol carretilla (*Medicago hispida G.*), la variación de los valores hallados determina que el mejor tratamiento para el incremento de Fósforo es el que emplea el tarwi (*Lupinus mutabilis S.*).

Discusión

Como se expuso en el nitrógeno anteriormente, de que las leguminosas aportan nutrientes en el suelo donde son cultivadas y que esto se ve reflejado en que el fósforo obtuvo un valor de 11.41 ppm en comparación al que se desarrollo sin leguminosas con un valor de 7.77 ppm, el cambio e incremento son apreciables, es concordante con la afirmación ya antes mencionada anteriormente.

4.1.3. POTASIO

Como se aprecia en la tabla 09, desarrollado el ANOVA estadístico para el contenido de Fósforo en el suelo, mediante el ANOVA donde el p-valor hallado es 0.0631, lo que indica que tiene muy poca significancia.

Tabla 09. ANVA para el Potasio(ppm)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
			23362.3		
Modelo	70087.18	3	9	3.18	0.0631
			23362.3		
Leguminosa	70087.18	3	9	3.18	0.0631
Error	88063.36	12	7338.61		
Total	158150.54	15			

En la tabla 10, se aprecia que realizado la prueba Tukey para el contenido de Potasio donde los tratamientos con Trébol carretilla (*Medicago hispida G.*) tiene un valor de 661.28 ppm de K, la vicia (*Vicia sativa L.*) tiene un valor de 685.56 ppm de k y con el mayor valor está el tarwi (*Lupinus mutabilis S.*) con 731.02 ppm de k, quedando el tratamiento solo con quinua fue el de menor valor con 551.13 ppm de Potasio.

Tabla 10. Prueba tukey para el Potasio (ppm)- comparación de tratamientos

Leguminosa	Medias	n	E.E.		
Normal	551.13	4	42.83	A	
Trébol (<i>Medicago</i> <i>hispida G.</i>)	661.28	4	42.83	A	B
Vicia (<i>Vicia sativa</i> L.)	685.56	4	42.83	A	B
tarwi (<i>Lupinus</i> <i>mutabilis S.</i>)	731.02	4	42.83		B

Con el mismo procedimiento realizado anteriormente se presenta una gráfica proyectada a partir de los datos de la Prueba Tukey, donde el mayor valor lo obtuvo el tratamiento con tarwi (*Lupinus mutabilis S.*) seguido de la vicia (*Vicia sativa L.*), siendo último el trébol carretilla (*Medicago hispida G.*), como se aprecia a continuación.

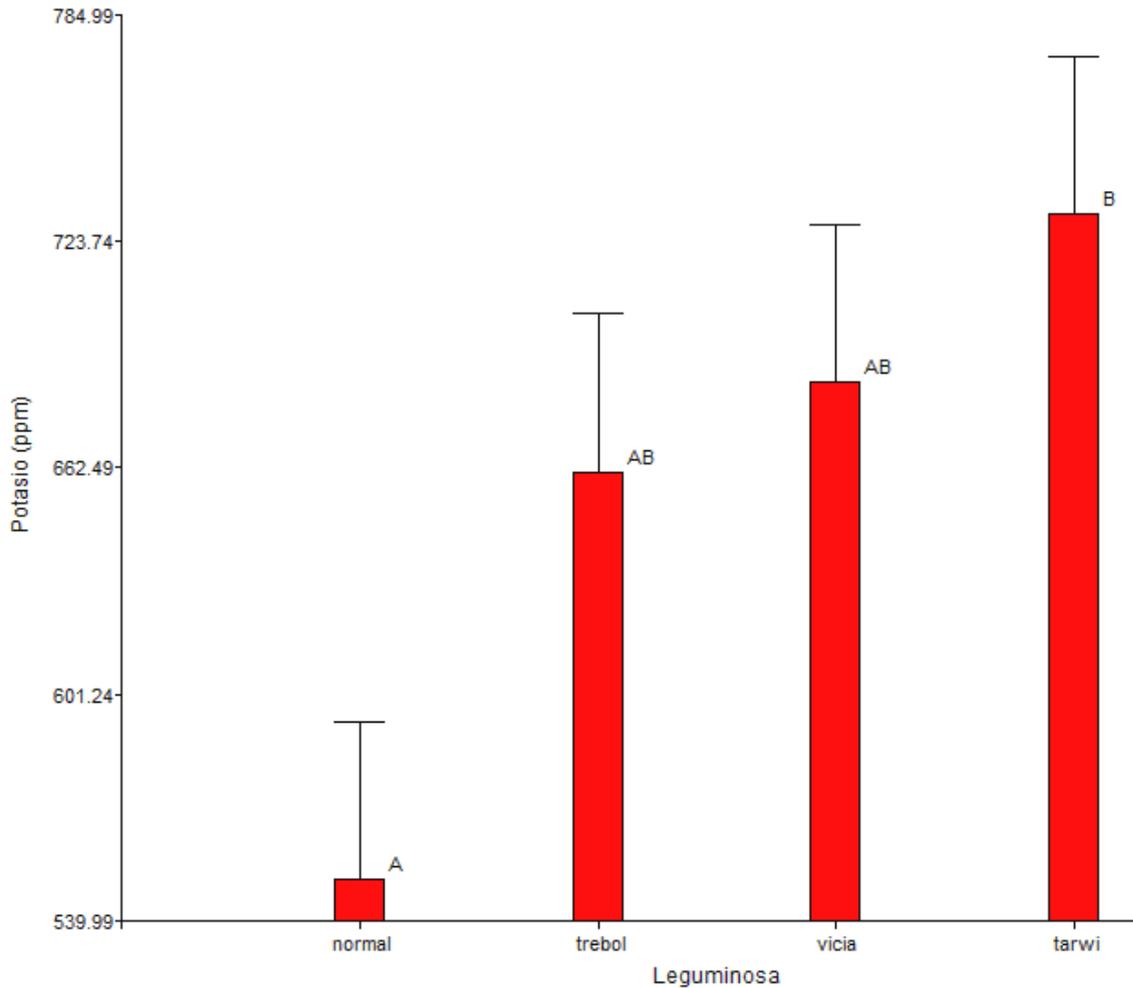


Figura 14. Gráfico de barras comparativo de los tratamientos para el Potasio (ppm)

Interpretación

Del proceso experimental se tiene que la significancia es mínima en la asociación de los cultivos con la quinua (*Chenopodium quinoa W.*), pero que en su efecto real en el suelo es el incremento casi de un 100 ppm hasta casi 200 ppm de Potasio, de los cuales el que presenta más aporte es el tratamiento con tarwi (*Lupinus mutabilis S.*), seguido de la vicia (*Vicia sativa L.*) y el trébol (*Medicago hispida G.*), por lo que la variación de los valores hallados determinar que el mejor tratamiento para el aporte de Potasio es el tratamiento que emplea tarwi (*Lupinus mutabilis S.*).

Discusión

El incremento en los valores de potasio con la utilización de leguminosas se aprecia 731.2 ppm con tarwi (*Lupinus mutabilis S.*) , 685.56 ppm con vicia (*Vicia sativa L.*) y 661.28ppm con trebol (*Medicago hispida G.*) a comparación de la que no emplea nada con valor de 551.13 ppm, , siendo la que mas incremento es la que utiliza tarwi (*Lupinus mutabilis S.*) y que Quispe (2017) expresa que el Tarwi (*Lupinus mutabilis S.*), presenta aportes a los nutrientes en el suelo

4.1.4. MATERIA ORGÁNICA (%)

Como se aprecia en la tabla 11, desarrollado el ANOVA estadístico para el contenido de Materia Orgánica en el suelo, mediante el ANOVA donde el p-valor hallado es menor a 0.05 lo que revela que si hay significancia en el uso de los tratamientos.

Tabla 11. ANVA de la Materia Orgánica (%)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4.33	3	1.44	77.14	<0.0001
Leguminosa	4.33	3	1.44	77.14	<0.0001
Error	0.22	12	0.02		
Total	4.56	15			

ho= El contenido de MO no tiene un incremento al asociarse con las leguminosas.

h1 = El contenido de MO tiene un incremento al asociarse con las leguminosas.

Siendo el p-valor menor que 0.05 se debe a que hubo efecto de las leguminosas en un incremento de Materia Orgánica

En la tabla 12, se aprecia que realizado la prueba Tukey para el contenido de Materia Orgánica donde el tratamiento con vicia (*Vicia sativa L.*) tiene un valor de 2.98 % de MO, el tarwi (*Lupinus mutabilis S.*) tiene un valor de 3.17 % de MO y con el mayor valor está el Trébol carretilla (*Medicago hispida G.*) con 3.25 % de

MO, quedando el tratamiento solo con quinua fue el de menor valor con 1.95 % de Materia Orgánica.

Tabla 12. Prueba Tukey para la Materia Orgánica (%) - comparación de tratamientos

Leguminosa	Medias	n	E.E.	
Normal	1.95	4	0.07	A
Vicia (<i>Vicia sativa</i> L.)	2.98	4	0.07	B
Tarwi (<i>Lupinus mutabilis</i> S.)	3.17	4	0.07	B
Trébol (<i>Medicago hispida</i> G.)	3.25	4	0.07	B

Se presenta una gráfica proyectada a partir de los datos de la Prueba Tukey, donde el mayor valor lo obtuvo el tratamiento con trébol carretilla (*Medicago hispida* G.), seguido del tratamiento con Tarwi (*Lupinus mutabilis* S.), siendo último el que emplea a la Vicia, como se aprecia a continuación.

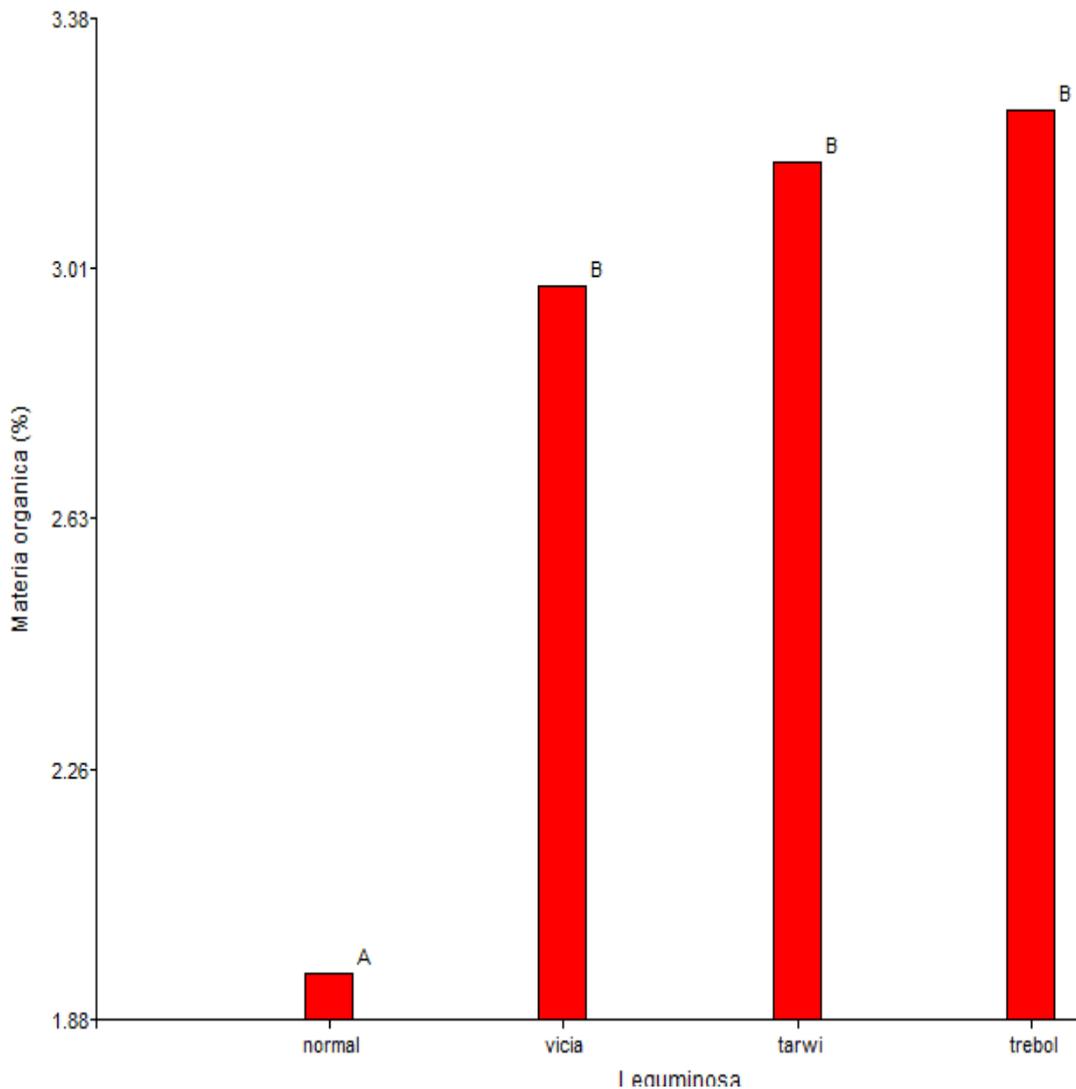


Figura 15. Gráfica de barras comparativo de los tratamientos para la Materia Orgánica (%)

Interpretación

Del proceso experimental se tiene que, si existe la significancia de la asociación de los cultivos con la quinua (*Chenopodium quinoa W.*) y su efecto en el suelo para el aporte más Materia Orgánica, en todos los tratamientos, siendo que el aporte de MO es mucho mayor cuando se emplea el trébol carretilla (*Medicago hispida G.*), seguido del tarwi (*Lupinus mutabilis S.*) y la vicia (*Vicia sativa L.*) respectivamente, por lo cual el mejor tratamiento respecto al incremento

porcentual de Materia Orgánica es el que emplea Trébol Carretilla (*Medicago hispida G.*).

Discusión

Se aprecia que el incremento en la materia orgánica se da al emplear trébol carretilla (*Medicago hispida G.*) con valor de 3.25 % de MO, seguido de tarwi (*Lupinus mutabilis S.*) con valor de 3.17 % de MO, la vicia (*Vicia sativa L.*) con 2.98% de MO y sin leguminosas presenta un valor de 1.95% de MO y según Saldaña (2014) que expresa que emplear y asociar cultivos en suelos degradados incrementa su contenido de humedad y se incrementa la materia orgánica, lo cual conlleva a la mejora en la composición química del suelo, lo cual queda demostrado al apreciarse según los datos obtenidos que se incrementa la MO que va de un 1.95% MO, sin leguminosa a 3.25% de MO con leguminosa, y se contrasta dicha afirmación.

4.1.5. PH

En la tabla 13, desarrollado el ANOVA estadístico para el PH del suelo, donde el p-valor hallado es mayor a 0.05, lo que significa que el PH no presenta un cambio significativo.

Tabla 13. ANVA para el PH

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.15	3	5.00E-02	0.71	0.565
Leguminosa	0.15	3	5.00E-02	0.71	0.565
Error	0.86	12	7.00E-02		
Total	1.02	15			

En la tabla 14, se aprecia que realizado la prueba Tukey para el PH donde en todos los tratamientos no tienen significancia y es visible por los valores

proyectados, pero la diferencia numérica si existe y es apreciable con una simple observación, tal cual se presenta el tratamiento con mayor valor es el que emplea la vicia (*Vicia sativa* L.) con un PH de 8.45, el menor valor lo presenta el tratamiento con trébol (*Medicago hispida* G.) siendo el de un valor intermedio es del Tarwi (*Lupinus mutabilis* S.).

Tabla 14. Prueba Tukey para el PH. - comparación de tratamientos

Leguminosa	Medias	n	E.E.	
Normal	8.2	4	0.13	A
Trébol (<i>Medicago hispida</i> G.)	8.23	4	0.13	A
Vicia (<i>Vicia sativa</i> L.)	8.3	4	0.13	A
Tarwi (<i>Lupinus mutabilis</i> S.)	8.45	4	0.13	A

Se presenta a continuación la gráfica de barras proyectadas en conjunto con la Prueba Tukey tal como se aprecia.

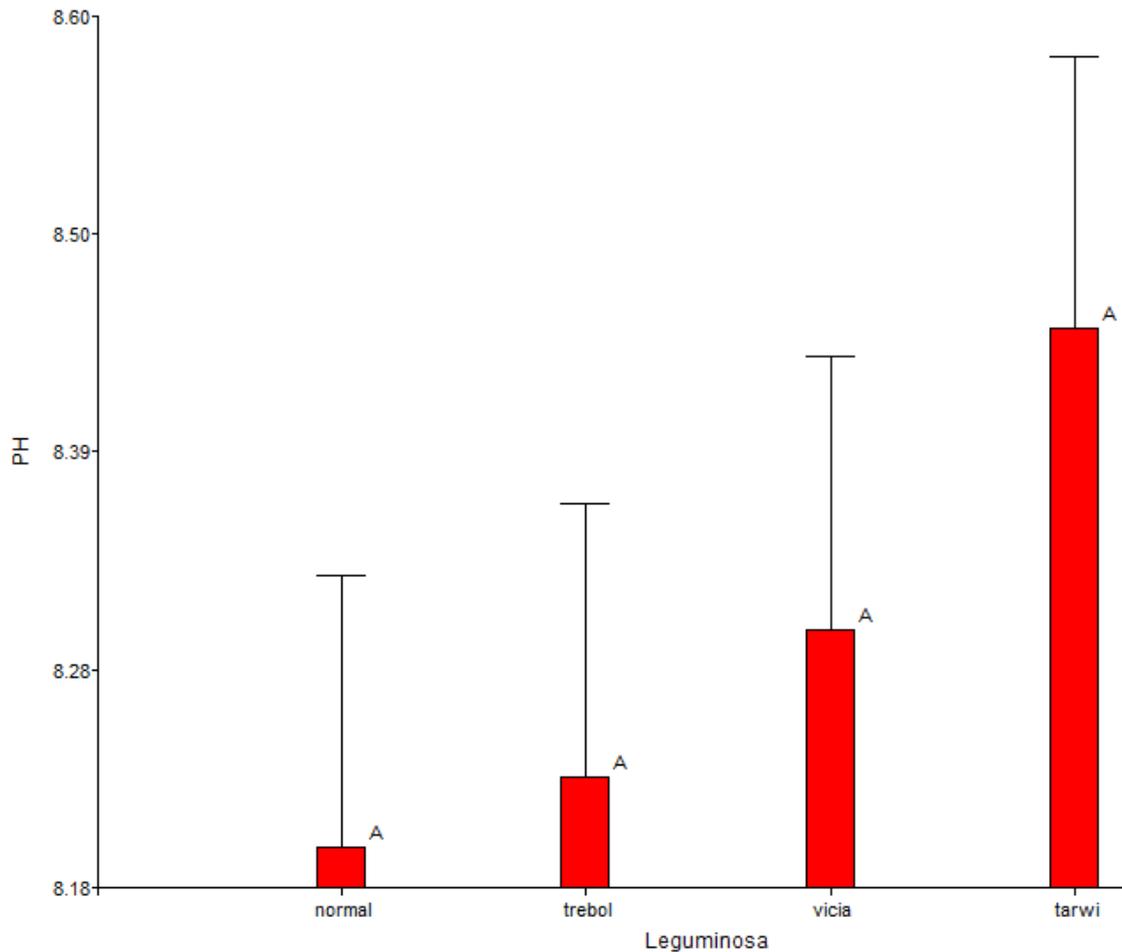


Figura 16. Gráfico de barras comparativo de los tratamientos para el PH.

Interpretación

Del desarrollo del análisis estadístico para el PH se presenta que no existe la significancia correspondiente, lo que significa que el valor del PH entre los tratamientos experimentales son similares, pero la variación numérica es visible siendo los valores máximos y mínimos lo de relevancia porque un PH alcalino o ácido dice mucho del propio suelo.

Discusión

Según Olivera (2018) en general el pH óptimo nos permite obtener mejores rendimientos y la mayor productividad, dicho pH óptimo nos permitirá la asimilación de nutrientes con mucha mayor facilidad, siendo los valores

determinados los siguientes: El tarwi (*Lupinus mutabilis* S.) con un PH de 8.45, la vicia (*Vicia sativa* L.) y trébol (*Medicago hispida* G.) con 8.30 y 8.23 de PH, respectivamente, siendo el suelo moderadamente alcalino.

4.1.6. CONDUCTIVIDAD

En la tabla 15, desarrollado el ANOVA estadístico para la Conductividad Eléctrica del suelo, donde el p-valor hallado es mayor a 0.05, lo que significa que la conductividad eléctrica no presenta un cambio significativo.

Tabla 15. ANVA para la conductividad eléctrica

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2.1E-03	3	7.00E-04	0.97	0.4395
Leguminos					
a	4.33	3	7.00E-04	77.14	0.4395
Error	0.01	12	7.20E-04		
Total	0.01	15			

En la tabla 16, se aprecia que realizado la prueba Tukey para la conductividad eléctrica los tratamientos tienen similares valores, no presenta significancia es decir que los tratamientos no varían la conductividad eléctrica en el suelo de experimentación de manera visible, pero la data numérica y su diferencia proyecta que el mayor valor es el de la Vicia (*Vicia sativa* L.) con 0.15 mmhos/cm, los demás tratamientos tienen el mismo valor de conductividad eléctrica que es de 0.12 mmhos/cm.

Tabla 16. Prueba Tukey para la conductividad eléctrica - comparación de tratamientos .

Leguminosa	Medias	n	E.E.	
Normal	0.12	4	0.01	A
Trébol (<i>Medicago hispida G.</i>)	0.12	4	0.01	A
Tarwi (<i>Lupinus mutabilis S.</i>)	0.13	4	0.01	A
Vicia (<i>Vicia sativa L.</i>)	0.15	4	0.01	A

Se presenta a continuación la gráfica de barras proyectadas en conjunto con la Prueba Tukey tal como se aprecia.

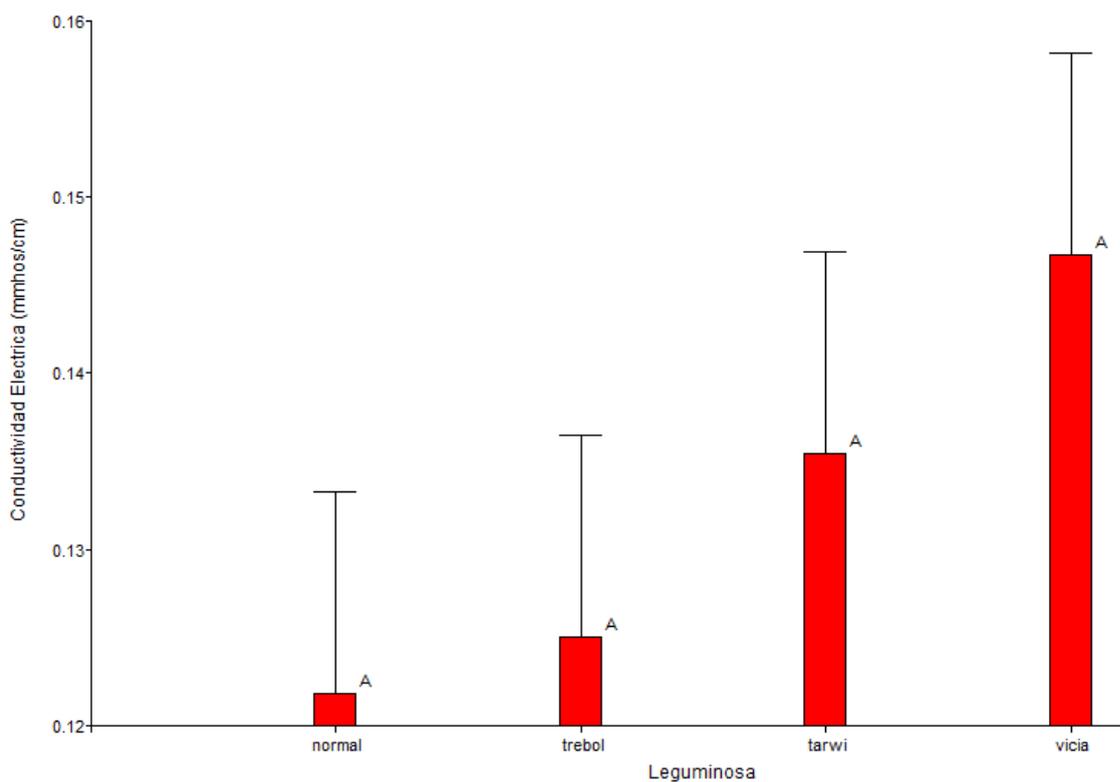


Figura 17. Gráfico de barras comparativo de los tratamientos para la Conductividad eléctrica

Interpretación

Producto del proceso estadístico cuyos valores indican que no difiere la conductividad eléctrica en la aplicación de los tratamientos, pero los valores numéricos determinan que el mayor valor es del tratamiento con Vicia (*Vicia sativa* L.) con 0.15 mmhos/cm, lo que precisa de que hay mayor concentración de sales y/o salinidad siendo esta misma no deseable, los demás tratamientos tiene una Conductividad eléctrica con el valor de 0.12 mmhos/cm siendo menor y se presenta una menor salinidad o concentración de sales, ya que una mayor concentración de sales afecta el rendimiento del suelo.

4.1.7. ALTURA DE LA PLANTA

Como se aprecia en la tabla 15, desarrollado el ANOVA estadístico de la Altura de la planta, donde el p-valor hallado es menor a 0.05 lo que revela que si hay significancia en el uso de los tratamientos relacionados a la asociación de cultivos

Tabla 17. ANVA para la altura de la planta (cm).

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	442.11	3	1.47E+02	5.13	0.0163
Leguminosa	442.11	3	1.47E+02	5.13	0.0163
Error	323.94	12	2.87E+01		
Total	766.05	15			

ho= La altura de la planta no tiene variación significativa con las leguminosas.

h1 = La altura de la planta si tiene variación significativa con las leguminosas.

Siendo el p-valor menor que 0.05 se debe a que hubo efecto de las leguminosas en la altura de la planta.

En la tabla 16, se aprecia que realizado la prueba Tukey para la altura de la planta se presenta a los tratamientos, donde el tratamiento que empleó el tarwi (*Lupinus mutabilis* S.), tiene un valor de 154.00 cm de altura de la planta siendo el mayor

valor, los tratamientos con trébol carretilla (*Medicago hispida G.*) y vicia (*Vicia sativa L.*) obtuvieron valores de 149.80 cm y 147.63 cm de altura de la planta, respectivamente.

Tabla 18. Prueba Tukey para la altura de la planta(cm). - comparación de tratamientos

Leguminosa	Medias	n	E.E.		
Normal	139.55	4	2.68	A	
Vicia (<i>Vicia sativa L.</i>)	147.63	4	2.68	A	B
Trébol (<i>Medicago hispida G.</i>)	149.80	4	2.68	A	B
Tarwi (<i>Lupinus mutabilis S.</i>)	154.00	4	2.68		B

A continuación, se presenta la gráfica de barras que se proyecta con los datos de la tabla anterior.

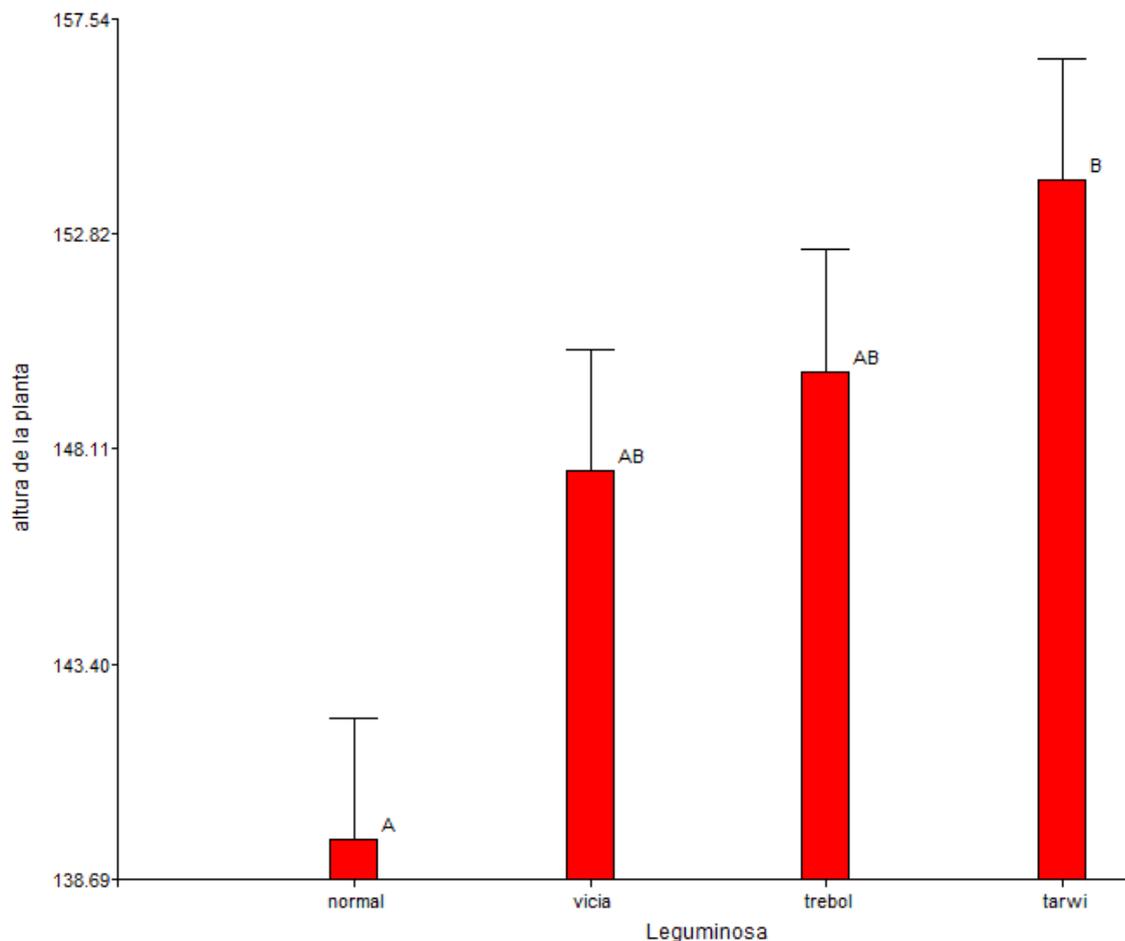


Figura 18. Gráfico de barras comparativo de los tratamientos para la altura de la planta (cm).

Interpretación

Del proceso experimental se tiene los tratamientos experimentales si tienen un efecto significativo, en relación a la altura de la planta y la asociación de cultivos, siendo el tratamiento que más influye es el que emplea el Tarwi (*Lupinus mutabilis* S.), con una altura de 154.00 cm, luego seguido respectivamente por el trébol carretilla (*Medicago hispida* G.) y la vicia (*Vicia sativa* L.) con valores de 149 cm y 147 cm, respecto a ello el mejor tratamiento en relación a la altura de la planta de Quinoa es el tratamiento con Tarwi (*Lupinus mutabilis* S.).

Discusión

El crecimiento de la planta de quinua (*Chenopodium quinoa W.*) presenta incremento y lo que significa que el aporte de nutrientes al suelo influyen en dicho crecimiento tal como lo expresa Olivera (2018) que el uso de la leguminosa vicia (*Vicia sativa L.*) mejora el rendimiento del cultivo asociado a ella que es la Cañihua (*Chenopodium pallidicaule A.*) concluyendo que favorece a la humedad y mejora la productividad del suelo, lo cual queda contrastado con los resultados obtenidos en esta investigación

4.1.8. CONTENIDO DE HUMEDAD

Como se aprecia en la tabla 19, desarrollado el ANOVA estadístico en el contenido de humedad, donde el p-valor hallado es menor a 0.05 lo que revela que si hay significancia en el uso de los tratamientos relacionados a la asociación de cultivos

Tabla 19. ANVA para el contenido de humedad (%).

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	25.54	3	8.51E+00	7.91	0.0035
Leguminosa	25.54	3	8.51E+00	7.91	0.0035
Error	12.91	12	1.08E+00		
Total	38.46	15			

ho= El contenido de humedad no tiene variación significativa con las leguminosas.

h1 = El contenido de humedad no tiene variación significativa con las leguminosas.

Siendo el p-valor menor que 0.05 se debe a que hubo efecto de las leguminosas en la altura de la planta.

En la tabla 20, se aprecia que realizado la prueba Tukey para el contenido de humedad, donde la asociación de cultivos con la quinua (*Chenopodium quinoa W.*) y el suelo produce variación del contenido de humedad siendo los valores en cuyo

contenido es mayor es el tratamiento que emplea el Tarwi (*Lupinus mutabilis* S.) con 17.86 %, le sigue la vicia (*Vicia sativa* L.) con 16.41%, el trébol carretilla (*Medicago hispida* G.) con 15.64% respectivamente.

Tabla 20. Prueba Tukey para el contenido de humedad (%) - comparación de tratamientos

Leguminosa	Medias	n	E.E.		
Normal	14.37	4	0.52	A	
Trébol (<i>Medicago hispida</i> G.)	15.64	4	0.52	A	
Vicia (<i>Vicia sativa</i> L.)	16.41	4	0.52	A	B
Tarwi (<i>Lupinus mutabilis</i> S.)	17.86	4	0.52		B

A continuación, se presenta la gráfica de barras que se proyecta con los datos de la tabla anterior.

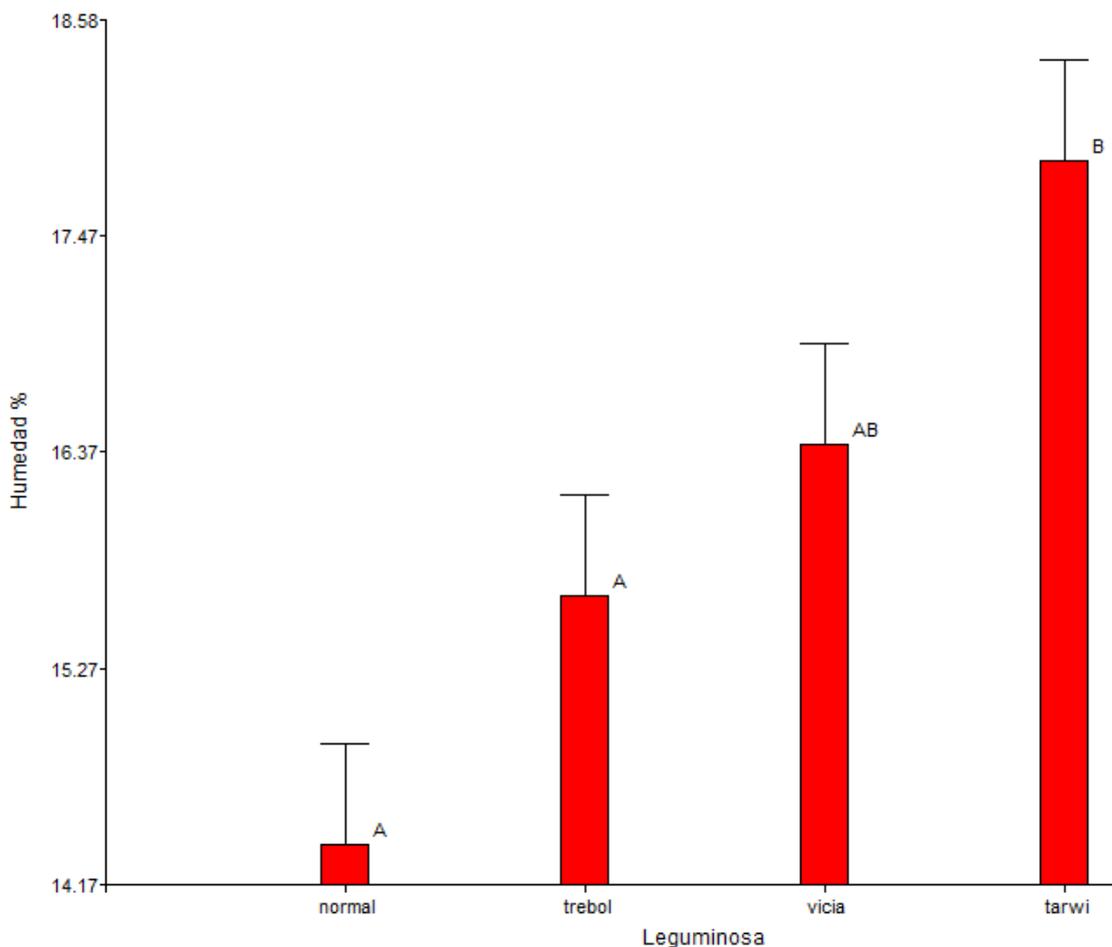


Figura 19. Gráfico de barras comparativo de los tratamientos para el Contenido de Humedad (%).

Interpretación

Del proceso experimental se tiene los tratamientos si tienen un efecto significativo, en el contenido de humedad y la asociación de cultivos, siendo el tratamiento cuyo valor es el mayor el que emplea Tarwi (*Lupinus mutabilis* S.), con la data de 17.86 % seguido de vicia (*Vicia sativa* L.) y trébol (*Medicago hispida* G.) con 16.41 y 15.64 % respectivamente, presentando a sí que la asociación con Tarwi (*Lupinus mutabilis* S.) permite incrementar el contenido de humedad con mayor eficacia que los demás tratamientos.

En el proceso del desarrollo experimental se tomó una muestra o testigo sin intervención de cultivo alguno para determinar el contenido de humedad 14.37 %.

Discusión

Existe el incremento en la humedad también es Olivera (2018) el que precisa que la asociación de cultivo de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* A.) con la vicia (*Vicia sativa* L.) que es una leguminosa favorece al almacenamiento de la humedad y esto es visible según los resultados obtenidos, quedando contrastado dicha afirmación.

4.1.9. TEMPERATURA

El desarrollo del análisis de temperatura del suelo realizada la experimentación con los cultivos asociados a la quinua y el suelo de la zona de estudio, determinado por la toma de datos se presenta a continuación

Tabla 21. Resultados de la data para temperatura (C°)

TRATAMIENTO	TOMA	TOMA	TOMA	TOMA	TOMA	TOMA	PROMEDIO
	1	2	3	4	5	6	
T1 Sin LEGUMINOSAS	14.75	15.75	14.75	15.25	15.50	15.00	15.17
T2 TRÉBOL(<i>Medicago hispida</i> G.)	15.50	15.00	15.25	15.50	14.50	15.25	15.17
T3 VICIA (<i>Vicia sativa</i> L.)	14.50	15.50	14.75	15.75	15.00	15.50	15.17
T4 TARWI (<i>Lupinus mutabilis</i> S.)	14.25	15.50	15.75	15.00	14.50	15.25	15.04

Respecto a los datos obtenidos el promedio realizado de los tratamientos (resultados en la tabla 25 de los anexos) oscila entre los 15.04 y 15.17, no siendo la variación significativa, teniendo en cuenta que la temperatura del suelo oscila en

promedio en 16 ° C, siendo el valor hallado 15° C, muy similar al valor ya predeterminado para el suelo.

4.2. COMPARATIVO DE RESULTADOS

La tabla siguiente presenta un comparativo de cuadros con los resultados analizados

Tabla 22. Comparativo final de resultados de la experimentación.

TRATAMIENTO	N	P	K	MO	PH	CONDUCT.	HUMEDAD
INICIAL	0.07	8.23	672.29	2.08	8.62	0.348	13.59
SIN LEGUMINOSAS							
SÓLO QUINUA (<i>Chenopodium quinoa W.</i>)	0.07	7.77	551.13	1.95	8.2	0.12	14.37
TRÉBOL (<i>Medicago hispida G.</i>)	0.12	11.12	661.28	3.25	8.23	0.12	15.64
VICIA (<i>Vicia sativa L.</i>)	0.12	10.64	685.56	2.98	8.3	0.15	16.41
TARWI (<i>Lupinus mutabilis S.</i>)	0.12	11.41	731.02	3.17	8.45	0.13	17.86
MAYOR VALOR	TARWI (<i>Lupinus mutabilis S.</i>)	TARWI (<i>Lupinus mutabilis S.</i>)	TRÉBO L (<i>Medicago hispida G.</i>)	TRÉBO L (<i>Medicago hispida G.</i>)		VICIA (<i>Vicia sativa L.</i>)	TARWI (<i>Lupinus mutabilis S.</i>)

RESULTADO FINAL.

En la cual se presenta una fila donde se pone el mayor valor de acuerdo a las columnas y valores tal cual se indica en la tabla anterior, siendo el valor mayor para el tratamiento que emplea Tarwi (*Lupinus mutabilis* S.), que concluye que es el mejor tratamiento al asociar esta leguminosa al suelo empleado y también este presenta en la quinua (*Chenopodium quinoa* W.) rendimiento eficiente tal como lo precisa las tablas anteriores.

CONCLUSIONES

La respuesta del proceso de asociación de leguminosas con el cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa W.*) y su influencia en las condiciones físico químicas del suelo es favorable según los resultados obtenidos, donde el tratamiento con mayor efectividad es el que emplea tarwi (*Lupinus mutabilis S.*), con valores en la fijación de nitrógeno en 0.12 %, potasio en 11.41 ppm, potasio en 731.02 ppm, materia orgánica 3.17 %, el Ph en 8.45 , la conductividad eléctrica 0.13 mmhos/cm y la humedad en 17.86 %, según se aprecia en la tabla 22, siendo el más efectivo en comparación a los dos tratamientos restantes, el crecimiento de la quinua (*Chenopodium quinoa W.*) asociado con el tarwi (*Lupinus mutabilis S.*) es de 154 cm siendo el más alto y comparado con el tratamiento sin leguminosas que es de 139.55, concluyendo que de los tres tratamientos asociados con el cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa W.*), el mejor es el que emplea tarwi (*Lupinus mutabilis S.*) .

El cultivo de Quinua (*Chenopodium quinoa W.*) en asociación con las leguminosas, Trébol Carretilla (*Medicago hispida G.*), Vicia (*Vicia sativa L.*) y Tarwi (*Lupinus mutabilis S.*), presentan variaciones relevantes, como se muestra en el incremento de la altura de la planta de Quinua (*Chenopodium quinoa W.*), siendo esta tomada como un indicador y para corroborar los resultados determinados en el suelo, que presenta de manera visible al aplicar las tres leguminosas, con la leguminosa Vicia (*Vicia sativa L.*) Se obtuvo 147 cm del crecimiento de la planta, 149 cm del empleo del Trébol Carretilla (*Medicago hispida G.*) y 154 cm, al

emplear el tratamiento con Tarwi (*Lupinus mutabilis* S.), siendo que la eficiencia de mayor relevancia en los resultados se presentan donde se aplicó la leguminosa Tarwi (*Lupinus mutabilis* S.).

Las asociaciones de los cultivos de leguminosas con la quinua (*Chenopodium quinoa* W.), en la restauración del suelo degradado es favorable, comparados con los resultados iniciales, tal como se aprecia en la tabla 22, con los macronutrientes como el nitrógeno en 0.12 % parejo en los 03 tratamientos, fósforo con el mayor valor de 11.41 ppm con tarwi (*Lupinus mutabilis* S.), potasio con el valor mayor de 731.02 ppm empleando tarwi (*Lupinus mutabilis* S.), materia orgánica con 3.25 % como mayor valor con el empleo de Trébol (*Medicago hispida* G.), el PH y la conductividad cuyos resultados no difieren entre sí de los resultados , la humedad porcentual, la cual tiene como mayor valor de 17.86 % empleando Tarwi (*Lupinus mutabilis* S.) , por lo que se concluye que el tratamiento más eficiente respecto a los tres empleados asociados al cultivo de Quinua (*Chenopodium quinoa* W.) y el suelo estudiado es el Tratamiento con Tarwi (*Lupinus mutabilis* S.).

RECOMENDACIONES

A la municipalidad de Mañazo se le recomendaría el empleo de leguminosas para el mejoramiento del suelo y por ende el mejoramiento de los cultivos perennes en la zona, debido a la intensa actividad agropecuaria.

Al Instituto Nacional de Innovación Agraria se le recomienda el uso de los cultivos asociados aun si el cultivo primario no sea quinua (*Chenopodium quinoa W.*), debido a que estos cultivos de leguminosas incrementan la fertilidad del suelo y mejoran el contenido de humedad lo que da respuesta de un cultivo primario más eficiente

A los pobladores de la zona se les recomienda emplear la leguminosa Tarwi (*Lupinus mutabilis S.*) en asociación de los cultivos en general, primero se planta el cultivo principal para luego plantar la leguminosa, la cual mejora el rendimiento de la fertilidad del suelo incrementando los valores nutritivos del suelo

Al Instituto Nacional de Innovación Agraria se le recomienda realizar estudios relacionados con cultivos asociados, con otras especies, lo que permitirá el mejoramiento del suelo y el mejoramiento del cultivo.

Para incrementar el contenido de nitrógeno se puede emplear tanto la leguminosa Tarwi (*Lupinus mutabilis S.*), Vicia (*Vicia sativa L.*) o Trébol carretilla (*Medicago hispida G.*) debido a que tienen similares incrementos del nitrógeno en el suelo utilizado para cultivos.

BIBLIOGRAFÍA

- Altieri M.& Nicholls C. (2000). Agroecología - Teoría y práctica para una agricultura sustentable. 1era Edición. México: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y Red de Formación ambiental para América latina y el Caribe.
- Bedoussac, Laurent & Journet, Etienne-Pascal & Hauggaard-Nielsen, Henrik & Naudin, Christophe & Corre-Hellou, Guénaëlle & Prieur, L. & ES, Jensen & Justes, Eric. (2013). Los cultivos asociados de cereales y de leguminosas: una forma de aumentar la productividad y la calidad de los cereales en agricultura ecológica. *Agricultura y Ganadería Ecológica*. 14. 24-26
- Benites J. (2016). Las leguminosas en la alimentación y en la fertilidad de los suelos. *Leguminosas y plantas silvestres en la alimentación y la agricultura*. Volumen 32 (Nº2), 5-6
- Calderon (2018). Restablecimiento de la fertilidad natural del suelo mediante el empleo de Trebol (*Medicago hispida G.*) asociado con Cañihua (*Chenopodium pallidicaulle A.*) en Chancarani – Mañazo. Universidad Nacional del Altiplano, Puno
- Castellano A., Contreras V. & Bedmar E. (2016). Sociedad de Ciencias de Galicia. *Utilización de plantas leguminosas en restauración medioambiental de taludes y suelos degradados*. *Mol* 16(48-59)
- Contreras, (2009). Efecto de los mejoradores de suelo Miyaorganic ® y Algaenzims ® en la disminución de la densidad aparente (Compactación) de un suelo arcilloso. Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”. México

- Chilón, E. (2014). Manual de fertilidad de suelo y nutrición de planta. 2da Ed. Editorial CIDAT. La Paz-Bolivia. pp. 140-142.
- Eyhorn F., Heeb M. & Weidmann G. (2000). IFOAM MANUAL DE CAPACITACIÓN en agricultura orgánica para los trópicos. Alemania: INFOAM Y FIBL.
- FAO, (2021). Restauración de los ecosistemas. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.
- Ferrari A. & Wall L. (2004). Revista de la facultad de Agronomía. *Utilización de árboles fijadores de nitrógeno para la revegetación de suelos degradados*. La plata 105 (02) [62-65].
- Gomez L. & Aguilar E. (2016). Guía de cultivo de la quinua . FAO y Universidad Nacional Agraria La Molina. *2da Edición 1-3*.
- INTAGRI. 2017. Fijación de Potasio en el Suelo. Serie Suelos Núm. 31. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 3 p.
- INTAGRI. 2017. La Conductividad Eléctrica del Suelo en el Desarrollo de los Cultivos. Serie Suelos. Núm. 26. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 5 p
- Jara A. (1997). Evaluación del aporte de tres leguminosas (*Canavalia ensiformis*, *Mucuna pruriens*, *Dolichos lablab*) usadas como abono verde sobre la recuperación de suelos degradados de ladera. (Tesis de Grado). Escuela Agrícola Panamericana Departamento De Desarrollo Rural. Honduras.
- Leon G. (2017). *Los biofertilizantes en el rendimiento de cuatro variedades de quinua (Chenopodium quinoa Willd) en el valle del Mantaro*. (tesis de grado). Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima. Perú
- Lima N. (2016). Mejoran praderas nativas a través de la introducción de Trebol Blanco (*Trifolium repens*): Efecto de la dosis de fósforo y distancia entre

- golpes. (Tesis de Grado). Universidad Nacional Agrario La Molina. Lima. Perú
- Lopez & Zamora, (2016). Diagnóstico de la fertilidad del suelo en el área de investigación, innovación y desarrollo de la ESPAM-MFL. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabi Manuel Feliz Lopez.
- Mendoza V. (2013). Comparativo de accesiones de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en condiciones de costa central.
- Mercado C. (2012). Caracterización de tecnologías del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd). Orgánica en la asociación de productores Tata Wilca- Puno (tesis de maestría). Universidad Nacional del Altiplano Puno
- Nestares A. (2014). Técnicas de Conservación de Forrajes para la Alimentación Animal. Manual N°3-14, Lima.: MINAGRI – INIA
- Olivera L. (2018). Restauración de la fertilidad natural de suelos agrícolas, mediante el empleo de Vicia (*Vicia sativa* Linneo) y guano de isla asociados a la Cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen). (Tesis de grado). Universidad Nacional del Altiplano Puno. Puno-Perú.
- Paredes, M. (2013). Fijación biológica de nitrógeno en leguminosas y gramíneas. Trabajo Final de Ingeniería en Producción Agropecuaria. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Católica Argentina. Disponible en: <http://bibliotecadigital.uca.edu.ar/repositorio/tesis/fijacion-biologica-nitrogeno-leguminosas.pdf>.
- Peña, T. (2016). Materia orgánica y humus del suelo: todo sobre la alquimia del suelo 1902. España.
- Plaster, J. (2000). La ciencia del suelo y su manejo. España: Editorial Paraninfo.

- Rojas, J., & S. Mayta, S. M. (2016). Nutrición y fertilidad de suelos. Puno - Perú: Instituto Nacional de Innovación Agraria - INIA, Estación Experimental Agraria Illpa- Puno, Programa Presupuestal 089: Reducción de la Degradación de Suelos Agrarios.
- Pozo M. (2015). Efecto del guano de islas y Trébol (*Medicago hispida G.*) en el rendimiento del cultivo de maíz morado (*Zea más L*) en condiciones de Azángaro – Huanta-Ayacucho. (Tesis de Grado). Universidad Nacional de Huancavelica. Huancavelica.
- Quispe R. (2017). Fijación biológica de nitrógeno en tres especies de Tarwi(*Lupinus mutabilis*) con abonamiento orgánico en el centro experimental de Cota Cota. (Tesis de grado). Universidad Mayor de San Andrés. La Paz – Bolivia.
- Rapoport E., Marzocca A. & Drausal B. (2009). Malezas comestibles del cono sur. Universidad Nacional de Comahue
- Rojas A. & Ibarra J. (2003). La degradación del suelo y sus efectos sobre la población. *Población y Desarrollo (05)*.
- Rzedowski, GC, Rzedowski J. (2006). Flora fanerogámica del Valle de México. 2a ed. Instituto de Ecología y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Pátzcuaro, Michoacán, México.
- Saldaña M. (2014). Tres tipos de cobertura vegetal y su efecto sobre las características en un suelo degradado. (Tesis de Grado). Universidad Nacional de la Amazonia Peruana. Iquitos- Perú.
- Sicard, TL. 2001. Relaciones agricultura-ambiente en la degradación de tierras en Colombia. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia. 32 p

- Silvia S. & Correa F. (2009). Análisis de la contaminación del suelo: Revisión de la normativa y posibilidades de regulación económica. Semestre Económico, Volumen 12, N°23 pp 13-34 Medellín, Colombia
- Tapia M. & Fries A. (2007). Guía de campo de los cultivos andinos. FAO y Asociación Nacional de Productores Ecológicos del Perú. *1ra Edición*. 74-75.
- Tapia E. (2015). EL TARWI, LUPINO ANDINO Tarwi, Tauro o Chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet). Perú: Fondo Italo Peruano
- Villareal, N & García, (2012). Monitoreo de cambios en la fertilidad de suelos por medio de análisis de laboratorio. *Agronomía Mesoamericana*, 23 (2), 301-309.
- Yanac M. (2018). Efecto comparativo de tres tipos de cobertura vegetal en el mejoramiento de suelos degradados en el distrito de Monzón 2017. (Tesis de Grado). Universidad Nacional "Hermilio Valdizan" – Huánuco. Huánuco – Perú.

ANEXOS

Anexo 01. Resultados de los análisis de suelo inicial – laboratorio de INIA-Salcedo



PERÚ Ministerio de Agricultura y Riego



ANÁLISIS DE CARACTERIZACIÓN

Nombre: Yisela Santos Atencio. "Respuesta del cultivo de quinua asociado a tres leguminosas en la restauración de suelos degradados en Huancarani-Mañazo"

Proyecto: Programa Presupuestal 0089: Reducción de la Degradación de Suelos Agrarios, EEA-ILLPA-INIA

Fecha de Recepción: 12 de Octubre del 2018 Fecha de Certificación: 31 de Octubre del 2018.

Caracterización de propiedades relativamente permanente del suelo.

Nº	Cod. Lab.	MARCAS	ANÁLISIS MECANICO				CO ₂ Ca %	Yeso me/100g	Mat. Org. %	N. TOTAL %
			Arena	Arcilla	Limo	Textura				
			%	%	%					
1	309N4	Huancarani	31	6	63	FL	1,98		2,08	0,07
2										
3										
4										

Caracterización del Estado de fertilidad y condiciones alterables del suelo.

Nº	Suelo: Agua 1:2.5		NUTRIENTES DISPONIBLES				Boro	CATIONES CAMBIABLES					CIC	Suma Cationes
	pH	C.E. mmhos/cm	P	K	Mn	Zn	Soluble	Al	Ca	Mg	Na	K		
			(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	me/100g	me/100g	me/100g	me/100g	me/100g	me/100g	
1	8,62	0,348	8,23	672,29				0,00	28,54	5,46	2,50	2,30	36,40	38,80
2														
3														
4														

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

Conclusiones:
La muestra analizada de SUELO CUMPLE con los requisitos de documentos referenciales. (El informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo).

Nota:
Cualquier corrección y/o enmendadura anula al presente documento.

Los resultados son aplicables a estas muestras.



INIA
ESTACIÓN EXPERIMENTAL ILLPA - PUNO

Ing° JORGE CANHUA ROJAS
Jefe Laboratorio Análisis
SALCEDO

Av. La Molina 181, La Molina
T: (051) 349 2600
www.inia.gob.pe

EL PERÚ PRIMERO

Anexo 02. Resultados de los análisis de suelo – con los tratamientos



PERÚ Ministerio de Agricultura y Riego



INIA Instituto Nacional de Innovación Agraria

ANÁLISIS DE CARACTERIZACIÓN

Nombre: Yisela Santos Atencio. "Respuesta del cultivo de quinua asociado a tres leguminosas en la restauración de suelos degradados en Huancarani-Mañazo"

Proyecto: Programa Presupuestal 0089: Reducción de la Degradación de Suelos Agrarios, EEA-Ilpa-INIA. Fecha de Recepción: 10 de Junio del 2019. Fecha de Certificación: 24 de Junio del 2019.

Caracterización de propiedades relativamente permanente del suelo.

N°	Cod. Lab.	MARCAS	ANÁLISIS		MECANICO		CO ₂ Ca %	Yeso me/100g	Mat. Org. %	N. TOTAL %
			Arena	Arcilla	Limo	Textura				
			%	%	%					
1	312B1	R1T1 Huancarani	19,44	5,84	74,72	FL	0,44		1,92	0,07
2	312B2	R1T2 Huancarani	25,44	3,84	70,72	FL	1,01		3,52	0,13
3	312B3	R1T3 Huancarani	27,44	3,84	68,72	FL	1,54		2,99	0,12
4	312B4	R1T4 Huancarani	31,44	7,84	60,72	FL	1,68		3,13	0,11
5	312B5	R2T1 Huancarani	25,44	15,84	58,72	FL	0,39		2,02	0,08
6	312C1	R2T2 Huancarani	27,44	15,84	56,72	FL	0,39		3,04	0,11
7	312C2	R2T3 Huancarani	27,44	9,84	62,72	FL	0,35		3,11	0,12
8	312C3	R2T4 Huancarani	29,44	9,84	60,72	FL	0,44		3,21	0,12
9	312C4	R3T1 Huancarani	17,44	13,84	68,72	FL	0,35		1,89	0,07
10	312C5	R3T2 Huancarani	29,44	13,84	56,72	FL	0,22		3,16	0,12

Caracterización del Estado de fertilidad y condiciones alterables del suelo.

N°	Suelo: Agua 1:2.5		NUTRIENTES DISPONIBLES				Boro Soluble (ppm)	CATIONES CAMBIABLES					CIC me/100g	Suma Cationes
	pH	C.E. mmhos/cm	P	K	Mn	Zn		Al	Ca	Mg	Na	K		
			(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)		(ppm)	me/100g	me/100g	me/100g	me/100g		
1	8,34	0,122	7,99	621,05			0,00	28,40	2,20	1,00	13,50	42,00	45,10	
2	8,52	0,134	10,98	703,76			0,00	23,10	2,80	0,80	16,30	40,00	43,00	
3	8,64	0,166	10,67	606,01			0,00	24,20	5,20	1,30	20,10	48,00	50,80	
4	8,67	0,171	11,30	684,21			0,00	24,00	5,00	1,00	14,00	40,00	44,00	
5	7,86	0,132	8,18	566,92			0,00	16,00	4,00	1,00	20,80	42,00	41,80	
6	8,06	0,088	11,13	645,11			0,00	19,50	4,90	1,30	17,70	40,60	43,40	
7	8,24	0,134	10,68	839,25			0,00	23,30	6,90	1,40	13,00	40,80	44,60	
8	8,48	0,127	11,60	860,15			0,00	22,50	6,10	0,90	15,80	44,00	45,30	
9	8,30	0,106	7,57	430,07			0,00	13,00	5,10	0,60	13,00	30,68	31,70	
10	7,94	0,148	11,06	606,01			0,00	15,90	4,10	1,40	20,90	42,00	42,30	

Referencias: Methods of analysis for soils, plants and waters. University of California, División de Agricultural Sciences E.U.A. Sexta reimpresión, Octubre 1988. 195p.

Conclusiones: La muestra analizada de SUELO CUMPLE con los requisitos de documentos referenciales. (El informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo).

Nota: Cualquier corrección y/o enmendadura anula al presente documento.

Los resultados son aplicables a estas muestras.

Av. La Molina 181, La Molina
T: (051) 349 2600
www.inia.gob.pe



INIA ESTACIÓN EXPERIMENTAL ILLPA - PUNO
Ing. JORGE CANHUA ROJAS
Jefe Laboratorio Análisis
SALCEDO

EL PERÚ PRIMERO



PERÚ Ministerio de Agricultura y Riego



Instituto Nacional de Innovación Agraria

ANALISIS DE CARACTERIZACION

Nombre: Yisela Santos Atencio. "Respuesta del cultivo de quinua asociado a tres leguminosas en la restauración de suelos degradados en Huancarani-Mañazo"

Proyecto: Programa Presupuestal 0089: Reduccion de la Degradación de Suelos Agrarios, EEA-Illpa-INIA

Fecha de Recepción: 10 de Junio del 2019

Fecha de Certificación: 24 de Junio del 2019.

Caracterización de propiedades relativamente permanente del suelo.

N°	Cod. Lab.	MARCAS	ANALISIS		MECANICO		CO ₂ Ca %	Yeso me/100g	Mat. Org. %	N. TOTAL %
			Arena	Arcilla	Limo	Textura				
			%	%	%					
1	312D1	R2T3 Huancarani								
2	312D2	R2T4 Huancarani	17,44	13,84	68,72	FL	0,22		2,88	0,11
3	312D3	R2T1 Huancarani	15,44	13,84	70,72	FL	0,39		3,00	0,11
4	312D4	R2T2 Huancarani	25,44	3,84	70,72	FL	0,35		1,98	0,07
5	312D5	R2T3 Huancarani	19,44	23,84	56,72	FL	0,35		3,27	0,12
6	312E1	R2T4 Huancarani	21,44	11,84	66,72	FL	0,39		2,95	0,11
7			27,44	7,84	64,72	FL	0,39		3,34	0,13
8										
9										
10										

Caracterización del Estado de fertilidad y condiciones alterables del suelo.

N°	Suelo: Agua 1:2,5		NUTRIENTES DISPONIBLES				Boro	CATIONES CAMBIABLES					CIC	Suma Cationes
	pH	C.E. mmhos/cm	P	K	Mn	Zn	Soluble	Al	Ca	Mg	Na	K		
			(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)		(ppm)	me/100g	me/100g	me/100g	me/100g		
1	7,93	0,101	10,96	703,76				0,00	11,30	4,90	0,70	16,60	30,80	33,50
2	8,06	0,114	11,23	686,47				0,00	10,20	7,90	0,80	21,40	40,00	40,30
3	8,28	0,113	7,34	586,47				0,00	19,90	7,50	2,60	17,60	46,00	47,60
4	8,40	0,118	11,29	690,98				0,00	15,60	6,00	2,00	23,90	46,00	47,50
5	8,40	0,189	10,23	593,23				0,00	14,00	6,00	1,00	11,90	34,00	32,90
6	8,59	0,125	11,50	693,25				0,00	14,30	6,20	1,10	12,30	34,10	33,90
7														
8														
9														
10														

Referencias:

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

Conclusiones:

La muestra analizada de SUELO CUMPLE con los requisitos de documentos referenciales. (El informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo).

Nota:

Cualquier corrección y/o enmendadura anula al presente documento.

Los resultados son aplicables a estas muestras.

Av. La Molina 181, La Molina
T: (051) 349 2600
www.inia.gob.pe



INIA ESTACIÓN EXPERIMENTAL ILLPA - PUNO

Jorge Canchua Rojas
Jefe Laboratorio Análisis

EL PERÚ PRIMERO



PERU
Ministerio de Agricultura y Riego



1. Textura: %de arena, limo y arcilla, método del hidrometro
2. Salinidad: medida de la conductividad eléctrica (CE) del extracto acuoso en la relación suelo: agua 1:1 ó en el extracto de pasta de saturación(es).
3. pH: medida en el potenciómetro de la suspensión suelo: agua relación 1:1 ó en suspensión suelo: KCl:N, relación 1:2.5.
4. Calcareo total (CaCO₃): método gaso-volumétrico utilizando un calcinómetro.
5. Materia orgánica: método Walkley Y Black, oxidación del carbono orgánico con dicromato de potasio.
6. Nitrogeno total: método del micro-Kjeldahl.
7. Fósforo disponible: método del Olsen modificado, extracción con NaHCO₃=0.5M, pH 8.5, Bray I, Bray II.
8. Potasio disponible: extracción con acetato de amonio (CH₃COONH₄) N, pH 7.0.

MÉTODOS SEGUIDOS EN EL ANÁLISIS DE SUELOS

9. Capacidad de intercambio catiónico (CIC): saturación con acetato de amonio (CH₃COONH₄) N, pH 7.0.
10. Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺ cambiables: reemplazamiento con acetato de amonio (CH₃COONH₄) N; pH 7.0 cuantificación por fotometría de llama y/o absorción atómica Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ EDTA.
11. Al³⁺-H: método de Yuan, Extracción con KOH, N.
12. Iones solubles: Ca²⁺, Mg²⁺ EDTA; Na⁺, K⁺ fotometría de llama y/o absorción atómica; Cl⁻, CO₃²⁻, HCO₃⁻, NO₃⁻ volumetría y colorimetría; SO₄²⁻ turbidimetría con óxido de bario.
13. Boro soluble: extracción con agua, cuantificación con curcumina.
14. Yeso soluble: solubilización con agua y precipitación con acetina.

TABLA DE INTERPRETACION

Salinidad	CE(es)	Clasificación	Nitrogeno %	Materia Orgánica %	Fósforo Disponible ppm P	Potasio Disponible ppm K	Clasificación	Relaciones Cationicas K/Mg	Ca/Mg
Muy ligramente salino	<2	Bajo	0 - 0,1	<2,0	<7,0	<100	Normal	0,2-0,3	5 a 9
Ligramente salino	2 a 4	Medio	0,1 - 0,2	2 a 4	7,0 a 14	100-240	Deficiente Mg	>0,5	
Moderadamente salino	4 a 8	Alto	>0,2	>4,0	>14	>240	Deficiente K	>0,2	
Fuertemente salino	>8						Deficiente Mg		>10

Reacción ó pH	pH	Clases Texturales	Distribución de Cationes
Fuertemente ácido	<5.5	A Arenia	Ca ²⁺ 60-75
Moderadamente ácido	5.5-6.0	AF Arenia franca	Mg ²⁺ 15-20
Ligramente ácido	6.1-6.5	FA Franco arenoso	K ⁺ 3 a 7
Neutro	7.0	Ft Franco	Na ⁺ <15
Ligramente alcalino	7.1-7.8	FL Franco limoso	
Moderadamente alcalino	7.9-8.4	L Limoso	
Fuertemente alcalino	>8.5	L Limoso	

Equivalencias:
 1 ppm = 1 mg/Kilogramo.
 1 mililitro (mmho/cm) = 1 deciSiemens/metro.
 1 meilequivalente/100g = 1 cmol(+)/kilogramo.
 Sales solubles totales (TDS) en ppm ó mg/kg = 640 x CEes.
 CE (1 : 2.5) mmho/cm x 2 = CE (es) mmho/cm.
 T= Trazas. *F= Floculo (excesiva presencia de sales; se sugiere realizar analisis de Salinidad por extracto de saturación).

www.inia.gob.pe
 Rinconada de Salcedo s/n
 Puno, Puno, Perú
 T: (051) 363-812

Anexo 03. Datos del proceso experimental

Tabla 23. Data de contenido de humedad del proceso experimental

		CONTENIDO DE HUMEDAD (%)					
TRATAMIENTO		14/11/2018	12/12/2018	13/01/2019	15/02/2019	12/03/2019	14/04/2019
T1	SIN LEGUMINOSA	15.2	17.2	18.31	19.34	16.07	14.85
T1	SIN LEGUMINOSA	15.43	17.36	18.04	19.6	18.08	14.05
T1	SIN LEGUMINOSA	15.38	16.95	17.56	18.59	15.32	14.1
T1	SIN LEGUMINOSA	15.65	17.64	17.94	18.97	15.7	14.48
T2	TREBOL	16.25	18.3	20.64	20.15	15.74	14.82
T2	TREBOL	17.1	18.58	20.63	21.23	19.02	16.88
T2	TREBOL	15.79	17.84	20.18	19.69	15.28	14.36
T2	TREBOL	16.72	18.2	20.25	20.85	18.64	16.5
T3	VICIA	16.45	18.46	21.17	20.98	16.64	17.38
T3	VICIA	17.36	18.36	17.07	19.8	19.34	15.66
T3	VICIA	16.16	18.17	20.88	20.69	18.89	17.09
T3	VICIA	17.21	18.21	16.92	19.65	19.19	15.51
T4	TARWI	17.46	17.25	18.39	20.45	18.96	16.85
T4	TARWI	16.49	17.95	18.97	20.1	19.71	18.89
T4	TARWI	17.22	17.01	18.15	20.21	18.72	16.61
T4	TARWI	16.68	18.14	19.16	20.29	19.9	19.08

Tabla 24. Data de medidas de la altura de la planta de quinua

		ALTURA DE LA PLANTA DE LA QUINUA					
TRATAMIENTO		14/11/2018	12/12/2018	13/01/2019	13/02/2019	12/03/2019	14/04/2019
T1	SIN LEGUMINOSA	3.7	20.1	69.1	90.9	119.9	141.4
T2	SIN LEGUMINOSA	2.7	18.9	64.3	87	114	137.5
T3	SIN LEGUMINOSA	3	20.7	71.5	87.7	115.7	138.2
T4	SIN LEGUMINOSA	2.7	16.5	54.7	90.6	121.6	141.1
T1	TREBOL	3.9	20.9	72.3	101.4	134.4	151.9
T2	TREBOL	3.7	21.3	73.9	94	124	144.5
T3	TREBOL	5.5	23.1	74.1	97.5	128.5	148
T4	TREBOL	5.3	25.3	82.9	104	136	154.8
T1	VICIA	3.9	23.6	78.6	85.6	115.6	136.1
T2	VICIA	3.3	21.1	74.6	97.2	130.2	147.7
T3	VICIA	5.1	27.3	79.9	100	131	152.6
T4	VICIA	4.3	24.5	79.7	103.6	135.6	154.1
T1	TARWI	4.1	19.7	78.9	96.8	128.8	147.3
T2	TARWI	3.5	24.5	79.7	103.2	135.2	153.7
T3	TARWI	4.7	25.3	82.9	108.2	142.2	158.7
T4	TARWI	3.8	24.9	81.3	105.8	138.8	156.3

Tabla 25. Data de temperatura del proceso experimental

TRATAMIENTO	TEMPERATURA (C°)					
	14/11/2018	12/12/2018	13/01/2019	15/02/2019	12/03/2019	14/04/2019
T1 SIN LEGUMINOSA	14	15	15	15	15	15
T1 SIN LEGUMINOSA	15	16	14	15	16	15
T1 SIN LEGUMINOSA	15	16	15	16	15	15
T1 SIN LEGUMINOSA	15	16	15	15	16	15
T2 TREBOL	15	15	16	15	15	15
T2 TREBOL	16	15	15	16	15	15
T2 TREBOL	16	15	15	16	14	15
T2 TREBOL	15	15	15	15	14	16
T3 VICIA	15	14	15	15	15	16
T3 VICIA	15	16	14	16	15	16
T3 VICIA	14	16	15	16	15	15
T3 VICIA	14	16	15	16	15	15
T4 TARWI	14	15	16	14	15	16
T4 TARWI	14	16	16	16	15	15
T4 TARWI	15	16	15	15	14	15
T4 TARWI	14	15	16	15	14	15

Anexo 04. Panel fotográfico

Figura 20. Zona de estudio y experimentación con los tratamientos visibles



Figura 21. Planta de quinua (*Chenopodium quinoa W.*) en pleno crecimiento.



Figura 22. Cultivos asociados - Leguminosas



Figura 23. Toma de leguminosas – cultivos asociados



Figura 24. Planta de quinua (*Chenopodium quinoa* W.) con crecimiento moderado



Figura 25. Trébol carretilla junto con la planta de la quinua (*Chenopodium quinoa*

W.).



Figura 26. Tratamientos T1 = quinua sin leguminosas, T2= quinua con trébol



Figura 27. Tratamientos T3= Quinoa (*Chenopodium quinoa W.*) con Vicia, T4= Quinoa(*Chenopodium quinoa W.*) con Tarwi



Figura 28. Tratamiento T4 = Quinoa (*Chenopodium quinoa W.*) con Tarwi



Figura 29. Medición de la altura de la quinua (*Chenopodium quinoa W.*)



Figura 30. Toma de medidas de la altura de la planta de quinua (*Chenopodium quinoa* W.).



Figura 31. Vista de la quinua (*Chenopodium quinoa* W.) con las leguminosas



Figura 32. Vista de quinua (*Chenopodium quinoa W.*) en fase de crecimiento.



Figura 33. Visita a la zona de experimentación para la toma de datos



Figura 34. Vista de la quinua (*Chenopodium quinoa W.*) asociado con las leguminosas



Figura 35. Medición de la quinua (*Chenopodium quinoa W.*) en la fase final del crecimiento.