

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES
FACULTAD DE AGRONOMIA
INGENIERÍA AGRONÓMICA



TESIS DE GRADO

**FIJACIÓN DE NITRÓGENO EN LAS FASES FENOLÓGICAS DEL TARWI
SILVESTRE Q'ILA Q'ILA (*Lupinus* sp.) EN EL MUNICIPIO DE QUIME
COMUNIDAD CAMILLAYA PROVINCIA INQUISIVI**

PRESENTADO POR:

EDDY JUAN MAMANI CHOQUE

LA PAZ-BOLIVIA
2023

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**FIJACIÓN DE NITRÓGENO EN LAS FASES FENOLÓGICAS DEL TARWI
SILVESTRE Q'ILA Q'ILA (*Lupinus sp.*) EN EL MUNICIPIO DE QUIME
COMUNIDAD CAMILLAYA PROVINCIA INQUISIVI**

Tesis de grado presentado como requisito
parcial para optar el Título de
Ingeniero Agrónomo

EDDY JUAN MAMANI CHOQUE

ASESORES:

Ing. M.Sc. Hugo Daniel Bosque Sánchez

Ing. Rodrigo Quispe Pérez

COMITÉ REVISOR:

Ing. M. Sc. Celia Fernández Chávez.....

Ing. M. Sc. Rubén Trigo Riveros

Ing. Willams Alex Murillo Oporto

APROBADO

Vo.Bo.

DEDICATORIA

Al ser supremo por su divino amor y vida

A toda mi familia, a mis padres Juan Mamani Fernández (Q.E.P.D.) y

Betty Choque Vda. De Mamani por su gran apoyo, el esfuerzo y

sacrificio que me brindo. A mi hermana Juana Mamani y un

agradecimiento especial a mi tía Gregoria y mi tío José por todo su apoyo

y cariño.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Mayor de San Andrés, a la Facultad de Agronomía, a todos los docentes, quienes forjaron mis estudios en el transcurso de toda la carrera.

A mis asesores: Ing. M.Sc. Hugo Daniel Bosque Sánchez e Ing. Agr. Rodrigo Quispe Pérez, por toda la colaboración que me brindaron asesorando y orientándome, durante toda la etapa de investigación, un agradecimiento muy especial.

Al tribunal examinador: Ing. M. Sc. Rubén Trigo Riveros, Ing. M. Sc. Rubén Trigo Riveros e Ing. Willams Alex Murillo Oporto, por las correcciones y observaciones realizadas en la elaboración del documento de tesis.

Un agradecimiento muy especial al señor Frotasio Choque por cederme su terreno, por el apoyo y colaboración en todo el proceso de trabajo de campo y por el tiempo que me brindo muchas gracias.

A mi tía Gregoria Mamani F. y a mi tío José Mamani F. por brindarme su cariño y apoyo en los momentos buenos y malos que pase en los años de estudio de la Universidad sino también por brindarme un hogar donde pude descansar, mis sinceros agradecimientos a ellos y a toda su familia.

A mis padres Juan Mamani Fernández (Q.E.P.D.) y Betty Choque Vda. De Mamani por su constante apoyo, cariño y comprensión que pase a lo largo de mis estudios y a mi queridísima hermana Juana Mamani por darme ánimos a seguir con los estudios estoy eternamente agradecido.

ÍNDICE

| Pág. | | |
|---------|--|-----------|
| | 1. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 1.1. | Antecedentes | 2 |
| 1.2. | Justificación | 3 |
| | 2. OBJETIVOS..... | 4 |
| 2.1. | Objetivo General..... | 4 |
| 2.2. | Objetivos Específicos | 4 |
| 2.3. | Hipótesis..... | 4 |
| | 3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA..... | 5 |
| 3.1. | Taxonomía del Tarwi Silvestre (<i>Lupinus</i> sp.)..... | 5 |
| 3.2. | Descripción Morfo-Botánico de <i>Lupinus</i> sp..... | 5 |
| 3.3. | Fases Fenológicas del Tarwi silvestre (<i>Lupinus</i> sp.)..... | 6 |
| 3.4. | Origen y Distribución del Tarwi Silvestre | 6 |
| 3.5. | Ecotipos de Tarwi silvestre (<i>Lupinus</i> sp.)..... | 8 |
| 3.6. | Importancia del género <i>Lupinus</i> | 9 |
| 3.7. | Investigaciones sobre Tarwi Silvestre (<i>Lupinus</i> sp.) en Bolivia..... | 10 |
| 3.8. | Requerimientos climáticos del Tarwi silvestre (<i>Lupinus</i> sp.) | 10 |
| 3.9. | Usos en la Agricultura del Genero <i>Lupinos</i> | 11 |
| 3.10. | Dinámica del Nitrógeno en el Suelo | 11 |
| 3.11. | Nodulación de las Leguminosas..... | 12 |
| 3.12. | Funcionamiento de los Nódulos | 13 |
| 3.13. | Fijación Biológica de Nitrógeno (FBN) | 13 |
| 3.14. | Factores que influyen en la fijación biológica del nitrógeno..... | 15 |
| 3.14.1. | Factores intrínsecos de planta y bacteria..... | 15 |
| 3.14.2. | Factores climáticos | 15 |
| 3.14.3. | Dinámica de descomposición de la materia orgánica (compost) en Tarwi silvestre | 16 |
| | 4.LOCALIZACIÓN..... | 18 |

| | | |
|--|---|-----------|
| 4.1. | Ubicación Geográfica..... | 18 |
| 4.2.1. | Clima | 19 |
| 4.2.2. | Suelo | 19 |
| 4.2.3. | Flora..... | 19 |
| 5.... MATERIALES Y MÉTODOS..... | | 20 |
| 5.1. | Materiales | 20 |
| 5.1.1. | Vegetal..... | 20 |
| 5.1.2. | De campo..... | 20 |
| 5.1.3. | De gabinete..... | 21 |
| 5.2. | Metodología | 21 |
| 5.2.1. | Preparación de las macetas..... | 21 |
| 5.2.2. | Siembra | 22 |
| 5.2.3. | Labores culturales..... | 22 |
| 5.2.4. | Riego | 22 |
| 5.2.5. | Control de Malezas | 22 |
| 5.2.6. | Muestreo de Suelos | 23 |
| 5.2.7. | Conteo de nódulos | 23 |
| 5.2.8. | Relación carbono nitrógeno (C/N)..... | 23 |
| 5.2.9. | Distribución de los tratamientos | 24 |
| 5.2.10. | Diseño Experimental..... | 25 |
| 5.2.11. | Variables de respuesta..... | 26 |
| 5.2.12. | Relación carbono nitrógeno | 26 |
| 6.... RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | | 27 |
| 6.1. | Análisis de variables en la máxima fijación de nitrógeno, relación carbono nitrógeno y el número de nódulos | 27 |
| 6.1.1. | Máxima fijación de nitrógeno en cada fase fenológica | 27 |
| 6.1.2. | Relación carbono nitrógeno C/N | 30 |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 6.1.3. | Número de nódulos en cada fase fenológica..... | 33 |
| 7. | CONCLUSIONES..... | 37 |
| 8. | RECOMENDACIONES..... | 38 |
| 9. | BIBLIOGRAFÍA..... | 39 |

ÍNDICE DE CUADROS

| <u>Cuadros</u> | Pág. |
|---|-------------|
| Cuadro 1. Coeficiente Carbono – Nitrógeno | 29 |
| Cuadro 2. Análisis de Varianza: Máxima Fijación de Nitrógeno en las Fases F..... | 30 |
| Cuadro 3. Prueba de Duncan: Máxima Fijación de Nitrógeno en las Fases F | 32 |
| Cuadro 4. Análisis de varianza: en relación C/N en las Fases Fenológicas..... | 33 |
| Cuadro 5. Prueba de Duncan en Relación de C/N en las Fases Fenológicas | 35 |
| Cuadro 6. Análisis de varianza: Número de Nódulos en las Fases Fenológicas..... | 36 |
| Cuadro 7. Prueba de Duncan: Número de Nódulos en Cada Fase Fenológicas | 38 |

INDICE DE FIGURAS

| <u>Figura</u> | Pág. |
|---|-------------|
| Figura 1. Tarwi Silvestre q'ila q'ila (<i>Lupinus</i> sp.)..... | 11 |
| Figura 2. Imagen satelital de la ubicación del experimento..... | 18 |
| Figura 3. Sacando muestra de suelo en forma de “X” | 43 |
| Figura 4. Mezclando la muestra de suelo | 43 |
| Figura 5. Preparación de las macetas | 43 |
| Figura 6. Sacando muestra de suelo para el análisis químico | 43 |
| Figura 7. Distribución de los tratamientos T1, T2, T3, T4 y T5 | 44 |
| Figura 8. Siembra de Tarwi Silvestre..... | 44 |
| Figura 9. Aplicamos riego a las macetas | 44 |
| Figura 10. Muestra de suelo a nivel de la raíz | 45 |
| Figura 11. Muestras de suelo de cada planta | 45 |
| Figura 12. Distribución de las unidades experimentales | 27 |
| Figura 13. Máxima Fijación de Nitrógeno en las Fases Fenológicas | 31 |
| Figura 14. En Relación al C/N en las fases fenológicas | 34 |
| Figura 15. Número de nódulos en cada fase fenológica..... | 37 |

INDICÉ DE ANEXOS

| <u>Anexos</u> | Pág. |
|---|-------------|
| Anexo 1. Fisiografía del municipio de Quime..... | 46 |
| Anexo 2. Análisis de laboratorio porcentaje de nitrógeno en el suelo | 47 |
| Anexo 3. Relación Carbonó/Nitrógeno | 48 |
| Anexo 4. Números de nódulos | 49 |
| Anexos 5. Extracción de suelo en forma de “X” de la parcela | 49 |
| Anexo 6. Mezclando las muestras de suelo que se extrajo de la parcela | 50 |
| Anexo 7. Llenando muestras de suelo en las Bolsas de polietileno..... | 50 |
| Anexo 8. Sacando muestra de suelo para el análisis en laboratorio..... | 50 |
| Anexo 9. Selección de semillas de Tarwi Silvestre antes de la siembra | 51 |
| Anexo 10. Extrayendo muestras de suelo de las macetas..... | 51 |
| Anexo 11. Extracción de muestra de...a nivel de la raíz en la Emergencia T-1 | 52 |
| Anexo 12. Muestras de suelo listos para el análisis en laboratorio | 52 |
| Anexo 13. Comportamiento entre el T-1, T-2 y conteo de nódulos | 53 |
| Anexo 14. Extracción de muestra... Fase de primera hoja verdadera T-2..... | 53 |
| Anexo 15. Comportamiento entre el T-2, T-1 y conteo de nódulos | 53 |
| Anexo 16. Deshierbe y aplicando riego a cada maseta | 54 |
| Anexo 17. Extracción de muestra de suelo del Tratamiento 3 | 54 |
| Anexo 18. Muestras de suelo al nivel de la raíz..... | 54 |
| Anexo 19. Conteo de nódulos en la raíz del tratamiento 3..... | 55 |
| Anexo 20. Extracción de suelo a nivel de raíz del Tratamiento 4..... | 55 |

| | |
|--|----|
| Anexo 21. Conteo de nódulos y observando de la raíz del Tratamiento 4 | 55 |
| Anexo 22. Extracción de muestras de suelo a nivel de la raíz del Tratamiento 5..... | 56 |
| Anexo 23. Conteo nódulos en la raíz en el Tratamiento 5 | 56 |
| Anexo 24. Muestras de plantas de Tarwi...en su Fase de madurez fisiológico..... | 56 |

RESUMEN

FIJACIÓN DE NITRÓGENO EN LAS FASES FENOLÓGICAS DEL TARWI SILVESTRE Q'ILA Q'ILA (*Lupinos sp.*) EN EL MUNICIPIO DE QUIME COMUNIDAD CAMILLAYA PROVINCIA INQUISIVI

El cultivo Tarwi Silvestre *Lupinos sp.* A tomado mucho la importancia en los últimos años debido a su contribución en la Fertilidad de Suelo de las cuales existen varios Ecotipos de Tarwi Silvestre en las cuales se pueden determinar cómo Especies Silvestres, semi silvestres y otros Ecotipos de *Lupinos* que son ecotipos fijadoras de Nitrógeno ya que es una opción ante los fertilizantes nitrogenados, porque respetan la fertilidad del suelo como medio de sustento en la región del Altiplano y Valle. El presente trabajo se dio inicio en la Gestión 2022, llevado a cabo en el Municipio de Quime, Comunidad Camillaya de la Provincia Inquisivi, La Paz, donde se registró una Temperatura máxima de 24° C y mínima de 3° C son datos aproximados que se sacó en la estación más próxima ya que la Comunidad no cuenta con una estación meteorológica. Esta planta Leguminosa aporta Nitrógeno al suelo se da a través de los nódulos del genero *Rhizobium*, para analizar con los estudios de este cultivó no se incorporó ninguna materia orgánica, ya que esta planta Silvestre no es muy exigente en cuestión de abonos. Entre los resultados que se manejó en base a los Tratamientos que fueron las Fases Fenológicas tardo más tiempo en completar las Fases, de las cuales se pudo rescatar resultados favorables al estudio donde se obtuvo los Tratamientos 3 y 4 que son Racimo Floral y Floración dando como resultado de 2,32-3,01% de Nitrógeno llegando a comprender que en esta Fase Fenológica llega a su Máxima Fijación de Nitrógeno, para luego consumir el Nitrógeno fijado para formar frutos hasta la maduración fisiológica. Con estos resultados pudimos relacionar lo que es Carbono/Nitrógeno llegando a obtener lo que es el porcentaje de carbono orgánico, dando lugar al Tratamiento 3 que es Racimo Floral llegando a obtener un 30,23%, lo que nos indica en base a la relación C/N la Fase Racimo Floral entra en Equilibrio. En cuanto al número de Nódulos fue diferente en cada Fase Fenológica llegando a obtener una mayor cantidad de nódulos fue en el Tratamiento 5 que es formación de frutos con 50-74 nódulos luego se mantuvo constaté hasta la madures

fisiológica. Lo que nos indica que en cada Fase Fenológica del Tarwi Silvestre *Lupinus* sp. La máxima fijación de nitrógeno se da en la Fase de Racimo Floral luego la misma planta va consumiendo lo necesario para poder formar los frutos dejando un porcentaje mínimo que puede ser aprovechado por otros cultivos.

SUMMARY

NITROGEN FIXATION IN THE PHENOLOGICAL PHASES OF WILD TARWI Q'ILA Q'ILA (*Lupinus* sp.) IN THE MUNICIPALITY OF QUIME CAMILLAYA COMMUNITY INQUISIVI PROVINCE

The cultivation of Wild Tarwi *Lupinus* sp. It has taken on a lot of importance in recent years due to its contribution to soil fertility, of which there are several ecotypes of Wild Tarwi in which it can be determined how Wild, semi-wild Species and other Ecotypes of *Lupinus* that are Nitrogen-fixing ecotypes since it is an option before nitrogen fertilizers, because they respect the fertility of the soil as a means of livelihood in the Altiplano and Valle region. The present work began in Management 2022, carried out in the Municipality of Quime, Camillaya Community of the Inquisivi Province, La Paz, where a maximum temperature of 24 ° C and a minimum of 3 ° C were recorded, they are approximate data that it was taken at the nearest station since the Community does not have a weather station. This Leguminous plant contributes Nitrogen to the soil through the nodules of the *Rhizobium* genus, to analyze with the studies of this crop no organic matter was incorporated, since this Wild plant is not very demanding in terms of fertilizers. Among the results that were managed based on the Treatments that were the Phenological Phases, it took longer to complete the Phases, from which it was possible to rescue favorable results for the study where Treatments 3 and 4 were obtained, which are Floral Cluster and Flowering, giving as result of 2.32-3.01% of Nitrogen coming to understand that in this Phenological Phase it reaches its Maximum Nitrogen Fixation, to then consume the fixed Nitrogen to form fruits until physiological maturation. With these results we were able to relate what Carbon/Nitrogen is, obtaining what is the percentage of organic carbon, giving rise to Treatment 3, which is Floral Cluster, obtaining 30.23%, which indicates based on the relationship C/N the Flower Cluster Phase enters Equilibrium. Regarding the number of Nodules, it was different in each Phenological Phase, obtaining a greater number of nodules was in Treatment 5, which is fruit formation with 50-74 nodules, then it remained constant until physiological maturity. Which indicates that in each Phenological Phase of the Wild Tarwi *Lupinus* sp. The maximum nitrogen fixation occurs in the Floral Cluster Phase, then the same plant

consumes what is necessary to form the fruits, leaving a minimum percentage that can be used by other crops.

1. INTRODUCCIÓN

El deterioro de los suelos en los Valles es consecuencia de la sobreexplotación de producir un solo producto. El uso de fertilizantes químicos para poder acelerar la producción, así también como la producción de maíz, trigo y otros como el exceso de plantación de eucaliptos ase que los suelos pierdan nutrientes y baje los rendimientos en la producción de otros productos es por eso que me incentivó a estudiar al cultivo de Tarwi Silvestre ya que el cultivó es de un tipo leguminosa que puede fijar nitrógeno. Con el fin de fertilizar y mejorar el suelo en la base de su Textura para que haya mayor actividad microbiana para que los cultivos puedan aprovechar los nutrientes y mejorar en su rendimiento de forma orgánica y saludable.

Sin embargo nos permite notar una amplia diversidad de la flora en los Valles, con especies Silvestres como las Leguminosas. Estas especies son viables para su domesticación en la agricultura, pero aún no han sido valoradas en sus bondades actuales y mucho menos apreciadas para la producción sostenible como asociación en cultivos como Papa, Maíz, Trigo y otros productos. Los Tarwis Silvestres de acuerdo a su lugar de origen, se caracterizan por su adaptación a las condiciones ambientales adversas, el crecimiento en estaciones secas y frías le permite la formación de materia verde, sin olvidar la actividad de toda leguminosa como la fijación de nitrógeno atmosférico mediante la simbiosis con rizobias específicas. Sin embargo, las leguminosas nativas fueron desplazadas por la introducción de cultivos foráneos, conduciéndolos a la marginación, por lo que las especies silvestres han sido las más afectadas.

Una opción para reponer la materia orgánica y la fertilidad del suelo, es mediante la inclusión de especies leguminosas propias del lugar, entre ellas está la especie de Tarwi Silvestre (*Lupinus* sp.), en el idioma Aymará también es conocida como q'ila q'ila, que crece y se desarrolla en la zona de los Valles.

1.1. Antecedentes

Alcon et al., (s.f.), estudiaron la distribución de los parientes silvestres del tarwi, por ser una fuente interesante de materia orgánica y por la fijación de nitrógeno, en los cuales, encontraron que las leguminosas silvestres presentan una diversidad de ecotipos en zonas productoras de quinua El tarwi silvestre (*Lupinus* sp.) no cuenta con mucha información documentada, pero se tiene experiencias con la especie cultivada de tarwi (*Lupinus mutabilis*). El Tarwi Silvestre es poco exigente en nutrientes, se desarrolla en suelos marginales, con poca humedad en el suelo; no obstante su aporte a la agronomía es valioso, por cuanto preserva la fertilidad de los suelos mediante la fijación de nitrógeno y su incorporación a la tierra como abono verde. La especie cultivable en hectáreas determinado incrementos en la producción de papa y cereales, además mejoró la disponibilidad de materia orgánica con mayor retención de humedad y optimizando la estructura de los suelos (Enríquez 2004).

El reporte según Choque (2012), encontró rendimientos de 3651 kg/ha de papa (*Solanum tuberosum*) en asociación de 50 % con Tarwi Silvestre (*Lupinus* sp.) y beneficios de mejor cobertura foliar (2305,5 cm²).

1.2. Justificación

Conociendo los problemas en los suelos de los Valles, es necesario la incorporación de enmiendas orgánicas, por medio de prácticas y cuidados de bajo costo que sean accesibles para los agricultores de la región. Muchos de ellos están dedicados a la producción de Papa, Maíz, Trigo y a la cría del ganado vacuno. Los Valles de origen de varias especies que aún no han sido estudiadas o tomadas en cuenta; para luego ser aprovechadas en la producción y el manejo de una agricultura sostenible en el tiempo. La mayor parte de las especies vegetales registran crecimiento y desarrollo en la época de lluvias o estación de cultivo. Sin embargo, las especies Silvestres del Género *Lupinus* están adaptadas para sobrevivir y crecer aún en estación fuera de cultivo, generando materia verde y fijando nitrógeno atmosférico en condiciones adversas para la mayoría de las especies vegetales, pero esta característica no ha sido documentada y menos aprovechada por los agricultores, el desgaste de los suelos en los Valles es consecuencia de la sobreexplotación de producir un solo producto. El uso de fertilizantes químicos para poder acelerar la producción, así también como la producción excesiva de Maíz, Trigo y otros, como el exceso de plantación de eucaliptos ase que los suelos pierdan nutrientes y baje los rendimientos en la producción de otros productos es por eso que me incentivó a estudiar al cultivo de Tarwi Silvestre ya que el cultivó es de un tipo leguminosa que puede fijar nitrógeno. Con el fin de fertilizar y mejorar el suelo en la base de su Textura para que haya mayor actividad microbiana para que los cultivos puedan aprovechar los nutrientes y mejorar en su rendimiento de forma orgánica y saludable.

Una de estas alternativas es la implementación y el uso del Tarwi Silvestre (*Lupinus* sp.), como fuente de abono verde y por su capacidad de fijación de nitrógeno atmosférico en los suelos degradados por efectos antrópicos y atmosféricos.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

Evaluar la fijación de nitrógeno en las fases fenológicas del Tarwi silvestre Q'ila Q'ila (*Lupinus* sp.) en el municipio de Quime comunidad Camillaya provincia Inquisivi.

2.2. Objetivos Específicos

- Indicar cuantitativamente la máxima fijación de nitrógeno en las fases fenológicas del Tarwi Silvestre.
- Calcular la relación carbono nitrógeno para cada fase fenológicas del Tarwi silvestre.
- Realizar el conteo de nódulos en cada fase fenológicas del Tarwi Silvestre.

2.3. Hipótesis

Ho: La incorporación de Tarwi silvestre (*Lupinus* sp.) no tendrá efectos en la fijación de nitrógeno en cada fase fenológica del Tarwi Silvestre

3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1. Taxonomía del Tarwi Silvestre (*Lupinus sp.*)

Según Bonifacio (2015), sugiere nombrarlas como especies plurales (*Lupinus sp.*), hasta que su identificación específica sea establecida, por tanto el tarwi silvestre (q'ila q'ila) no presenta clasificación documentada.

Rojas (2014) Ubica a los *Lupinus* en la siguiente categoría sistemática:

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Fabales

Familia: Fabáceae

Subfamilia: Papilionoideae

Género: *Lupinus*

Especie: sp.

3.2. Descripción Morfo-Botánico de *Lupinus sp.*

Planta anual de tamaño variable de 0,4 – 2,5 m, características dominadas por el genotipo y medio donde se cultive. Presentando:

- **Tallos** cilíndricos, leñosos.
- **Hojas** palmadas, digitadas.
- **Inflorescencia** racimosa con varios verticilos florales, cada uno de 5 flores, cuyos colores varían desde el azul, morado, hasta celeste. Androceo formado por 10 estambres dorsifijos y 5 basifijos; las flores en 50 a 70% no llegan a formar frutos, especialmente en ramas secundarias y terciarias, debido a la abscisión floral.
- **Las semillas** presentan latencia por inmadurez, ya que requieren de una fase de post maduración antes de germinar tiende a forma oval, de longitud aproximada de 3,7 a 5mm, ancho de 2,3 a 3,7mm y el grosor es de 1,9 a 2,6 mm, las variaciones en el tamaño depende tanto de las condiciones de crecimiento como del ecotipo y variedad, en especies silvestres la dispersión es espontanea por la dehiscencia, alcanzando

varios metros.

- **Raíz** pivotante con eje principal grueso, alcanza hasta 3 metros; las raíces secundarias ramificadas tienen nódulos simbióticos con bacterias del género *Rhizobium*. (Izarra y López, 2011).

Bonifacio et al., (2014). Indica que las raíces en algunas especies son fibrosas y en otras rizomáticas, una vez cortadas el tallo los mismos tienen la capacidad de dar origen a una nueva rama ubicada en la base del tallo.

3.3. Fases Fenológicas del Tarwi silvestre (*Lupinus sp.*)

Según Izarra y López (2011). El Tarwi Silvestre (*Lupinus sp.*). Presenta las siguientes fases fenológicas:

- **Emergencia o fase cotiledonal** caracterizado por el despliegue horizontal de los cotiledones.
- **Fase de primera hoja verdadera** que se caracteriza por la primera hoja verdadera completamente desplegada.
- **Fase de racimo floral** cuando aparece el racimo floral en el racimo central. Fase de floración caracterizada por la primera flor abierta en el racimo principal.
- **Fase de fructificación** caracterizada por la aparición de las primeras vainas en el racimo principal.
- **Fase de maduración** que se diferencia por el tamaño y color de la semilla característico.

3.4. Origen y Distribución del Tarwi Silvestre

Reynoso (2011) indica que los lupinos silvestres se distribuyen en amplio rango de zonas climáticas mediterráneo y semidesértico, regiones altas y montañosas del este de África, México y los Andes, superiores a 1500 m.s.n.m. también en tierras altas de los Andes de Perú y regiones vecinas,

Brasil, Uruguay y Argentina como también en la región de clima templado-cálido del sureste de los Estados Unidos.

Después de la colonización y el transcurso del tiempo, los pueblos indígenas han logrado conservar su identidad e idioma, conjuntamente el conocimiento ancestral, permitiendo al tarwi silvestre que se las conozcan como “q’ila q’ila”, “salqa o salquiri” en Aymara y “ckera” en el Quechua.

El Tarwi Silvestre “q’ila q’ila”, “salqa o salquiri”, según Bonifacio (s.f.), es el nombre nativo del lupino silvestre cuya traducción literal al idioma español es incierta, probablemente proviene de la palabra qhilla-qhilla que quiere decir ceniciento, por la apariencia de sus hojas y tallos de las especies. Los nombres de salqa y salqiri se refieren al comportamiento errático de su reproducción, dado por la dormancia y dispersión de semillas en colonias con crecimiento de cada tres o cuatro años tiempo en que tiene lugar el escarificado natural.

Bonifacio et al., (2013) Indica que las especies de *Lupinus* Silvestre presenta una diversidad amplia y se encuentran distribuidos en colonias dispersas en el altiplano donde cada una de las especies presenta morfotipos o ecotipos con adaptación específica a las zonas o micro-zonas del altiplano o laderas de la cordillera Oriental. Argumentan haberse identificado especies bianuales y plurianuales que crecen en diferentes ecoregiones del Altiplano (ladera y planicie).

Hughes y Eastwood (2006), resaltan la importancia de los Andes por contener la mayor diversidad de géneros como parientes silvestres del cultivo de Tarwi.

Al respecto Alcon et al., (2013), reportan la diversidad de leguminosas en la zona Alto Andina, aunque mencionan que la taxonomía de las especies es aun compleja.

Según Mujica y Jacobsen (2006), en el Altiplano las leguminosas silvestres presentan una amplia diversidad, reportando 83 especies diferentes por fisiología de semilla y distribución geográfica, pudiendo ser partícipes en los sistemas de rotación de cultivos como papa, quinua y cebada.

Las investigaciones conducidas por Bonifacio et al. (2015) y Bonifacio (s.f.), valoriza a los lupinos silvestres q'ila q'ila por su crecimiento, que va desde 30 cm hasta los 1.2 m de altura adaptándose a diversos escenarios topográficos (laderas, cerros y dunas de arena), donde pueden desarrollarse en suelos arenosos, franco-arenosos, arcillosos, franco-arcillosos, gravosos, pedregosos y hasta rocosos del Altiplano boliviano, muy aparte de la disponibilidad de humedad.

3.5. Ecotipos de Tarwi silvestre (*Lupinus sp.*)

La región andina de la cual forma parte nuestro país, posee una gran gama de especies silvestres, muchas de estas especies son parientes de las especies cultivables, como es el caso de *Lupinus mutabilis Sweet*.

Machaca (2012) menciona que las especies silvestres son un conjunto de plantas silvestres que son fitogenéticamente y filogenéticamente parecidas a las plantas cultivables. Sin embargo, la taxonomía de las especies es aun compleja.

Bonifacio et al., (2014) reportan sobre la diversidad genética de los ecotipos y morfotipos de leguminosas silvestres en el Altiplano de Bolivia, mencionan que las especies reportadas para los Andes no especifican la zona de

colecta de las muestras, por lo que la identificación de especies y ecotipos no está clara.

3.6. Importancia del género *Lupinus*

Las especies de *Lupinus* presenta procesos biológicos diferentes a otras especies vegetales, entre ellos dormancia de la semilla, alta tolerancia a heladas, nodulación abundante (fijación de nitrógeno), amplia adaptación ecológica y alta capacidad de diversificación. La semilla de los lupinus silvestres es viable llegando a germinar al alcanzar la madurez fisiológica, antes de secarse, de ser así, entra en dormancia prolongada de tres a cuatro años, tiempo en el que se quiebra la dormancia y pueda germinar naturalmente. Con fines de aprovechamiento dirigido, la semilla debe ser previamente tratada antes de realizar la siembra. Las plántulas de q'ila q'ila emergen a fines de diciembre y enero, se establecen entre enero y febrero, crecen lentamente en invierno, florecen en noviembre y diciembre y fructifican entre diciembre y enero, según las zonas y ecotipos. Destacando su adaptación al Altiplano, su tolerancia a heladas de invierno (-18°C entre mayo a septiembre) y su resistencia a sequías prolongadas (entre marzo a diciembre). Al permanecer viva durante el invierno, proporciona cobertura al suelo, forma abundante materia verde y fija nitrógeno. Todos estos procesos benéficos tienen lugar en el periodo fuera del cultivo, cuando el suelo está en descanso. (Bonifacio et al. 2014).

Eastwood et al., (2008) indican que el género *Lupinus* comprende alrededor de 280 especies anuales y perenes con mayoría de las especies que se encuentran en América, con dos principales centros de diversidad de especies: en el oeste de América del Norte (aproximadamente 100 especies) y los Andes (cerca de 85 especies) y solo 13 especies se encuentran alrededor del Mediterráneo.

3.7. Investigaciones sobre Tarwi Silvestre (*Lupinus* sp.) en Bolivia

Alcon et al., (2013) en el altiplano Sur de Bolivia el cultivo de Quinoa es el único cultivo adaptado a la zona, identificando así la problemática de ausencia de especies para la rotación de cultivo para el mismo, o ingresar en descanso mejorado. Lo cual convierte en un monocultivo riesgoso, con mayor incidencia de plagas, pérdida de la fertilidad de suelo presentando riesgo en la sostenibilidad productiva. Enfocados en esta problemática realizaron investigaciones en especies silvestres de *Lupinus* sp. (Localidades del Altiplano Norte, Central y Sur) en aspectos de diversidad de especies silvestres, ecotipos, opciones de recolección de semillas y fisiología de semillas como uno de los resultados identificaron poblaciones naturales de plantas silvestre, conocido con nombres nativos de, q'ila-q'ila, salqa o salqiri.

3.8. Requerimientos climáticos del Tarwi silvestre (*Lupinus* sp.)

Alderete (2008) haciendo referencia sobre el género *Lupinus* sostiene que los mismos pueden crecer en temperaturas de 0 a 28 °C, prefieren suelos ligeramente ácidos, bien drenados y bien estructurados, sin embargo, las especies silvestres crecen y se adaptan bien a suelos pobres o de reciente formación, en altitudes que van desde el nivel del mar hasta los 4000 m de altitud y no resiste heladas prolongadas, por lo tanto tiene una amplia adaptación climática.



Figura 1. Tarwi Silvestre q'ila q'ila (*Lupinus* sp.). (Bonifacio, 2014).

3.9. Usos en la Agricultura del Genero *Lupinus*

Martinez (2005) la planta completa, cortada e incorporada al suelo se usa como fertilizante mejorador del suelo. Alderete (2008) también señala que el *L. montanus* y otras especies han sido utilizadas en Sudamérica y específicamente en Guatemala para mejorar la fertilidad en suelos forestales.

Lezama (2010) indica que el género *Lupinus* tiene gran potencial como mejoradores del suelo al incrementar la cantidad de nitrógeno en el suelo sería una alternativa para rotación de cultivos y cultivos asociados. También se demostró que los rizobios son capaces de participar en la biorremediación del suelo al eliminar residuos de insecticidas.

3.10. Dinámica del Nitrógeno en el Suelo

Caballero (2012) indica la disponibilidad del nitrógeno es de gran importancia para las plantas. Tanto el hombre como los animales aprovechan en su nutrición, los productos nitrogenados vegetales. Cuando

los restos animales y vegetales vuelven al suelo, son objeto de numerosos procesos de transformación, en su mayoría de carácter biológico. Todos estos procesos dinámicos conllevan a una serie de transformaciones de los compuestos nitrogenados en los suelos. Así las formas del nitrógeno en el suelo presentan una naturaleza dinámica. La dinámica del nitrógeno en el suelo está influenciada por tres procesos:

- Ganancias de nitrógeno por el suelo.
- Transformaciones del nitrógeno en el suelo.

3.11. Nodulación de las Leguminosas

Guerrero (2010) menciona que las leguminosas conviven con bacterias del tipo "Rhizobium", A esta forma de convivencia se le llama "Simbiosis", lo que significa que ambas (leguminosas y bacterias) obtienen beneficios de esta convivencia. Las bacterias "Rhizobium" se encuentran en el suelo, cuando no hay leguminosas sembradas están "descansando" Cuando una planta leguminosa germina, le envía señales estimulantes a las bacterias y, éstas, una vez que reciben la información, empiezan a moverse hacia las raíces de esa planta.

López et al., (2013) indica que *Lupinus* establece relaciones simbióticas con rizobacterias que generan nódulos en sus raíces, se han reportado principalmente los géneros *Rhizobium* y *Bradyrhizobium*. Los mismos argumentan que se han realizado diversos estudios sobre la asociación simbiótica que establece *L. montanus* y las bacterias fijadoras de nitrógeno; que sin embargo son escasos los estudios orientados a conocer la microbiota asociado a la rizósfera. Que este conocimiento sería de gran interés ya que estas bacterias pueden tener actividad como promotoras del crecimiento vegetal o como agentes del control biológico.

3.12. Funcionamiento de los Nódulos

Entre los grupos de bacterias solo algunos géneros determinados son capaces de efectuar el proceso de fijación, estos géneros son conocidos como *Rhizobium*, que a diferencia de las cianobacterias y bacterias del género *Frankia* no pueden generar un ambiente anaeróbico donde poder realizar la fijación de nitrógeno por ellas mismas (Bautista y Valdés, 2008).

La simbiosis de hongo – bacteria del género *Actinomicete* junto a *Frankia* también puede formar nodulaciones en algunas *Betuláceas* del Altiplano, como en las raíces del Aliso (*Alnus acuminata*), esta interacción es considerada como una *Actinorriza* (Rodríguez, 2000).

El mismo autor menciona a Reynel y León (1990), afirmando que, la especie puede fijar nitrógeno en una cantidad de 280 kg por ha con un tamaño promedio de 6,2 m y de densidad de 1600 árboles, por lo que recomiendan la siembra de esta especie en la recuperación de los suelos con problemas de erosión.

3.13. Fijación Biológica de Nitrógeno (FBN)

La atmosfera tiene como principal componente al nitrógeno de forma molecular N_2 armonizada con el oxígeno O_2 o hidrógeno H para formar óxidos de amonio que se puede incorporar a la biosfera. Se estima que la fijación global (biótica y abiótica) es importante, siendo de unos 250 millones de toneladas al año, de las cuales 150 corresponden a la fijación biológica (Smil, 2000).

El mismo autor menciona dos tipos de fijación, la abiótica; tiene lugar por medio de sucesos de descargas eléctricas, combustión y agua de lluvia que va arrastrando compuestos hacia el suelo. La fijación biológica más

conocida como FBN; ocurre en simbiosis de bacterias de vida libre con especies vegetales (leguminosas entre otras).

El sistema de la FBN está compuesta de tres partes: macro simbiote (La planta), el micro simbiote (La bacteria), y el órgano donde sucede el proceso de la fijación (El nódulo), componentes indispensables que influyen en la fijación de nitrógeno (FAO, 1999).

Es un proceso que consume mucha energía, ocurre con mediación de la enzima nitrogenasa, como se la presenta en la siguiente ecuación:



Cabe notar que el amoníaco (NH_3) es el primer producto de la reacción, se ioniza de inmediato en amonio (NH_4) disponible, que ayudan a crecer la planta (Smil, 2000), es después de la fotosíntesis, la ruta metabólica necesaria para el mantenimiento de la vida en la biosfera llevada por unos pocos grupos de procariotas (Olivares, 2008).

La fijación biológica de nitrógeno es un gran aliado de interés económico y ecológico. Como ejemplo, se tiene a la soja con altísimos niveles de producción mundial debido a inoculantes microbianos de calidad, haciendo que las leguminosas sean importantes para la alimentación humana y animal, además, pueden contribuir a la eliminación en parte o completa de fertilizantes nitrogenados, por lo que la FBN es estudiado e investigado a lo largo de los años (Smil, 2000).

Según Allen y Allen (1981), Medeiros (1985), MacColl (1989) y Giller et al. (1994) citado por Sivila y Hervé (2006), indican que la contribución de nitrógeno al suelo por plantas leguminosas, se debe a la capacidad de fijación de nitrógeno atmosférico, caracteres edáficas y climatológicas del lugar.

Por otro lado los mismos autores citan a Reyes y Vargas (1999) y Tomasan et al., (1995), enfatizando la calidad de residuos por las leguminosas e influyendo directamente en la química como nutrientes esenciales, además de mantener la biomasa microbiana por la lignina contenida como en cacahuete y soya, degradables en largos tiempos.

3.14. Factores que influyen en la fijación biológica del nitrógeno

De acuerdo a Pijnenborg (1998), los factores que afectan la fijación biológica del nitrógeno atmosférico pueden ser agrupados en tres grupos: factores intrínsecos, climáticos y edáficos.

3.14.1. Factores intrínsecos de planta y bacteria

Existe una diferencia en la especificidad de relación entre planta y bacteria; sobre la base de esta especificidad se puede pronosticar el desarrollo de una simbiosis efectiva (Alta, Media y Baja especificidad), las cepas de rhizobium se caracterizan por cuatro propiedades. La especificidad es la propiedad por la que rhizobio infecta selectivamente una planta huésped. La infectividad es la capacidad de rhizobio de formar nódulos. La efectividad es la capacidad de fijar nitrógeno. La competitividad es el poder de sobrevivir en el suelo y competir con otras cepas para infectar la raíz.

3.14.2. Factores climáticos

La temperatura afecta tanto a la sobre vivencia de los rhizobios como en la nodulación, cuando la temperatura aumenta sobre los 40°C, la efectividad de los rhizobios disminuye considerablemente.

De acuerdo a la FAO (1991) citado por Orozco (1996), el contenido de humedad en el suelo influye en la viabilidad de los rhizobios, encontrándose una humedad optima entre el 60% y 70%, ya que estos son sensibles al secado excesivo cuando se exponen al aire libre; en cambio, el exceso de

agua puede reducir el aire en el suelo y comprometer la supervivencia de las bacterias.

Otros factores ambientales que limitan la fijación de nitrógeno según (www.grain.org) son: La sequía Inundación periódica. Presencia de compuestos fenológicos procedentes de materia orgánica en descomposición. Bajas temperaturas en invierno. Salinidad. pH bajo. Reducida disponibilidad de nutrientes. Defoliación debida al fuego, sequía y presencia de animales herbívoros. La formación de rocío, factor que puede provocar una fluctuación diaria en la actividad fijadora especialmente de las cianobacterias. Tanto la proliferación de *Rhizobium* como la formación de nódulos, requieren presencia de potasio, calcio, zinc, cobre y boro. El proceso de fijación en si demanda hierro, molibdeno, cobalto, zinc, fósforo y en menor grado cobre, azufre y calcio.

3.14.3. Dinámica de descomposición de la materia orgánica (compost) en Tarwi silvestre (*Lupinus sp.*)

La mineralización del Nitrógeno de la materia orgánica se lleva a cabo simultáneamente con la fijación o inmovilización del mismo, por los microorganismos. Estos necesitan también el nitrógeno de forma nítrica como amoniacal para su metabolismo, al tiempo que se mineraliza el nitrógeno, y es reutilizado por los microorganismos (Domínguez, 1997).

Según Fasbender (1986), la mineralización del nitrógeno consiste en una serie de procesos a través de los cuales los componente orgánicos, ya sea de la materia orgánica o de los residuos vegetales y animales recién incorporados al suelo se transforman a formas inorgánicas nitrogenadas tales como NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^- .

Los procesos de mineralización toman parte los microorganismos del suelo

y son de gran importancia, la amonificación comprende los primeros procesos para luego ir a la nitrificación.

La rapidez con que proliferan los microorganismos desintegradores y, por tanto, la rapidez con que se descompone la materia orgánica depende de la relación carbono/nitrógeno (C/N), Según el (Ministerio de Agricultura, Pesca y alimentación de Madrid, 1999).

El balance neto de estos procesos inversos depende de la relación de carbono nitrógeno (C/N) y de la materia orgánica en descomposición.

Chilon (1997), muestra la siguiente relación de C/N para el proceso de transformación de la materia orgánica:

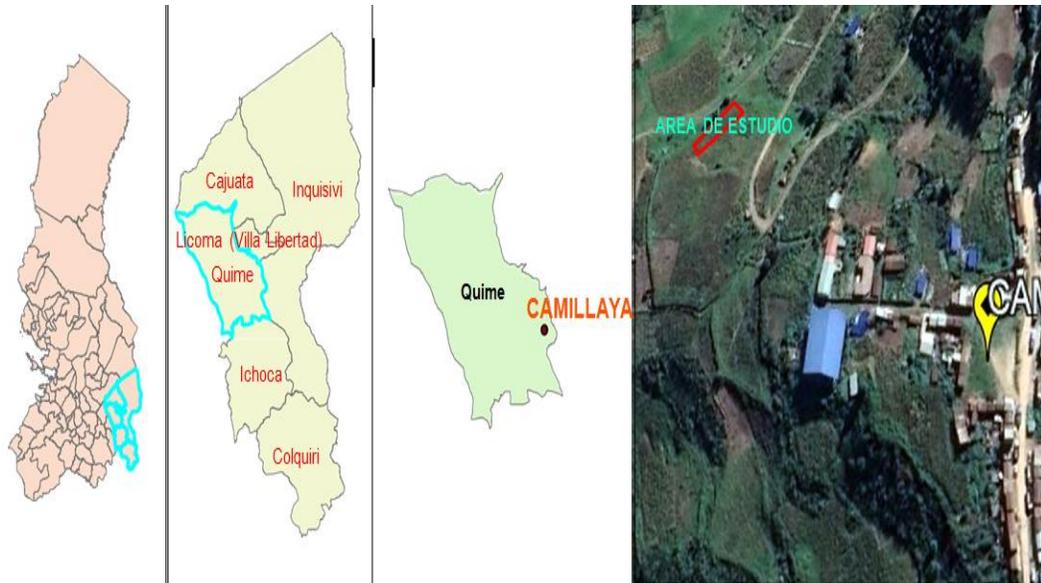
C/N < 17 = Mineralización; C/N 17 a 33 = Equilibrio; C/N > 33 = Inmovilización

Domínguez (1997) indica, que estos valores son solamente orientativos. La mineralización media de la materia orgánica estable se realiza a una tasa anual que oscila entre el 0,5 y el 2% del N total.

La tasa de mineralización no es constante y cambia bajo las mismas condiciones de humedad y temperatura, de acuerdo a las características del suelo, ambiente y sistema de producción, su magnitud varía en lapsos definidos (Deans et al., 1986, mencionado por Galvis y Hernández, 2004).

4. LOCALIZACIÓN

4.1. Ubicación Geográfica



FUENTE: Google Earth (2021)

Figura 2. Imagen satelital de la ubicación del experimento

El presente trabajo se realizó en el municipio de Quime comunidad Camillaya que se constituye en la segunda sección municipal de la Provincia Inquisivi, ubicado al Sur del departamento de La Paz a una distancia de 233 Km. Tiene como Sede de Gobierno a la Localidad de Quime en el Cantón del mismo nombre. La vía troncal de acceso, comenzando por La Paz pasa por Patacamaya, Konani y Tablachaca, atravesando la cordillera Tres Cruces a una altitud de 4700 m.s.n.m. descendiendo luego a la ciudad de Quime situada a una altitud de 2970 m.s.n.m. posteriormente a la comunidad Camillaya se encuentra a una altitud de 2889 m.s.n.m. Geográficamente, la Comunidad Camillaya se encuentra localizada entre las coordenadas geográficas $67^{\circ} 10' 28,91''$ de longitud oeste $16^{\circ} 56' 8,76''$ de latitud sur.

4.2. Características Ecológicas

4.2.1. Clima

Los diferentes pisos ecológicos, puna, cabecera de valle, valle y subtrópico determinan las condiciones climáticas presentándose climas fríos, templados, cálidos y cálidos húmedos de acuerdo a la ubicación geográfica de cada comunidad.

La comunidad Camillaya no cuenta con una Estación Meteorológica del SENAMHI en su territorio, siendo la más próxima la estación de Chorocona en el Municipio de Inquisivi, la información que se presenta en este documento es del año 2005. La temperatura promedio anual es de 15.7 °C, registrándose una temperatura máxima de 24° C y mínima de 3° C.

4.2.2. Suelo

La Comunidad Camillaya perteneciente al municipio de Quime presenta suelos francos, arcillosos y limosos en la parte de las cordilleras en la parte del Valle se encuentran suelos pedregosos, arenosos y arcillosos la cual es apta para la producción de cultivos como tubérculos, gramíneas como Maíz, Trigo, Cebada y otros, Leguminosas como Haba, Arveja, Tarwi, y otros, Hortalizas (Lechuga, Nabo, Coliflor, Repollo, etc.) y Frutales como el Durazno, Ciruelas, Peras, etc.

4.2.3. Flora

La comunidad de Camillaya presenta características vegetativas nativas que corresponde a un bosque en pendiente, mediano denso fuertemente intervenido. La altura promedio varía de 3 a 5 metros de alto en los árboles, encontrando especies de vegetación forestal que llegan alcanzar una altura

de 4 metros; los árboles de eucalipto principalmente, no sobre pasan de 5 a 7 metros de alto.

La plantación de eucaliptos abarca 1.814,4 hectáreas es decir el 18% del área forestal de todo la Comunidad, la principal especie de eucalipto plantado es el *Eucalyptus Glóbulos*. En cuanto a las otras especies maderables como las acacias y Aliso, su reproducción es natural y su ubicación es dispersa puesto que no es manipulada por el hombre para una explotación masiva si no para su uso personal.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Materiales

5.1.1. Vegetal

El material genético empleado fue el Tarwi Silvestre o q'ila q'ila que comúnmente se conoce a nivel poblacional (*Lupinus* sp.), correspondiendo al morfo tipo choclito que fue recolectado en la gestión 2022 de la localidad de Sallaytita del municipio de Quime (Valle) por mi persona un estudiante Investigador de la Carre de Ingeniería Agronómica UMSA.

5.1.2. De campo

- Herramientas; picotas, chontillas, azadones, palas, machete
- Estacas de madera
- Letreros y marbetes para identificar tratamientos
- Marcadores
- Regla y flexo
- Tijeras de podar
- Bolsas de polietileno de 40x30cm. 20 Unidades

5.1.3. De gabinete

- Ordenador Pc (Microsoft OFFICE, SAS) o laptop
- Flash memory 38G
- Cámara fotográfica
- Lápices, bolígrafos, marcadores, cuadernos, tableros, etc.

5.2. Metodología

5.2.1. Preparación de las macetas

Se elegirá para todos los Tratamientos un suelo de campo donde se extrajo muestras de suelo en forma de “X” de un Terreno de 300 m² para poder Analizar los estudios de Nitrógeno en el cultivo de Tarwi Silvestre (*Lupinus* sp.), el suelo del lugar era casi sobre explotado con cultivos Agrícolas; **Ver Anexos (Figura 3 y 4.)**

A este suelo no se le incorporará ninguna materia orgánica a la planta ya que el estudio se basa en Evaluar la cantidad de Nitrógeno que aporta al suelo, luego llenamos de suelo extraído de la parcela a las bolsas de polietileno que serán como macetas. **Ver Anexos (Figura 5.)**

Una vez llenado se sacara una muestra de suelo para realizar un análisis químico del suelo para determinar el nitrógeno inicial antes de la siembra en el laboratorio. **Ver Anexos (Figura 6.)**

A continuación se verá la distribución por cada tratamiento y número de repeticiones: **Ver Anexos (Figura 7.)**

5.2.2. Siembra

La siembra se realizó en la 1ra semana de mayo del año 2022 mediante el sistema de tres golpes por maceta (3 semillas), a una profundidad de 2-3cm aproximadamente, posteriormente colocamos marbetes para identificar a los tratamientos para cada maceta. **Ver Anexos (Figura 8.)**

5.2.3. Labores culturales

Las labores culturales fueron mínimas a fin de evaluar su comportamiento con los Tratamientos, 100 ml de agua por maceta al momento de la siembra, deshierbe en las macetas, quitamos todas las malas hierbas que perjudicaban en el desarrollo de la planta, se removió el suelo alrededor de la planta para que haya una buena filtración del agua hacia la raíz y por último se lo regara con 1lt. De agua a medida que la planta va creciendo.

5.2.4. Riego

Se realizó el riego desde que se empezó a sembrar ya que la temporada de lluvia había terminado, a medida que se desarrolló la investigación se aplicó riego cada tres días en la semana. **Ver Anexos (Figura 9.)**

5.2.5. Control de Malezas

El deshierbe fue de forma parcial, reduciendo la población de malezas hacia una población moderada y evitando la competencia por nutrientes y humedad.

5.2.6. Muestreo de Suelos

El método empleado para el muestreo de suelos fue al azar, tomando muestras de suelo para cada Tratamiento a nivel de la raíz, obteniendo la cantidad de 500g de suelo por cada muestra y conservando las mismas en bolsas de plástico ziploc con su respectiva identificación. **Ver Anexos (Figura 10 y 11.)**

5.2.7. Conteo de nódulos

El método empleado para el conteo de nódulos fue al azar para cada Tratamiento, tomamos la raíz de cada planta retirando cuidadosamente restos de suelo que se ha adherido alrededor del raíz sin desprender ningún nódulo, luego se procedió a contar con una pinza los nódulos que le rodeaban alrededor de la raíz de la planta así obteniendo resultados de cuantos nódulos puede generar esta planta en cada fase fenológica.

5.2.8. Relación carbono nitrógeno (C/N)

Para hallar la cantidad de carbono que puede transformarse al obtener nitrógeno se tomó dos parámetros los cuáles fueron 5-10% de los cuales se encuentran en un rango donde la planta no recurre al suelo para obtener nitrógeno, estos dos parámetros fue utilizado en la investigación y se sacó un cálculo para cada Tratamiento.

5.2.9. Distribución de los tratamientos

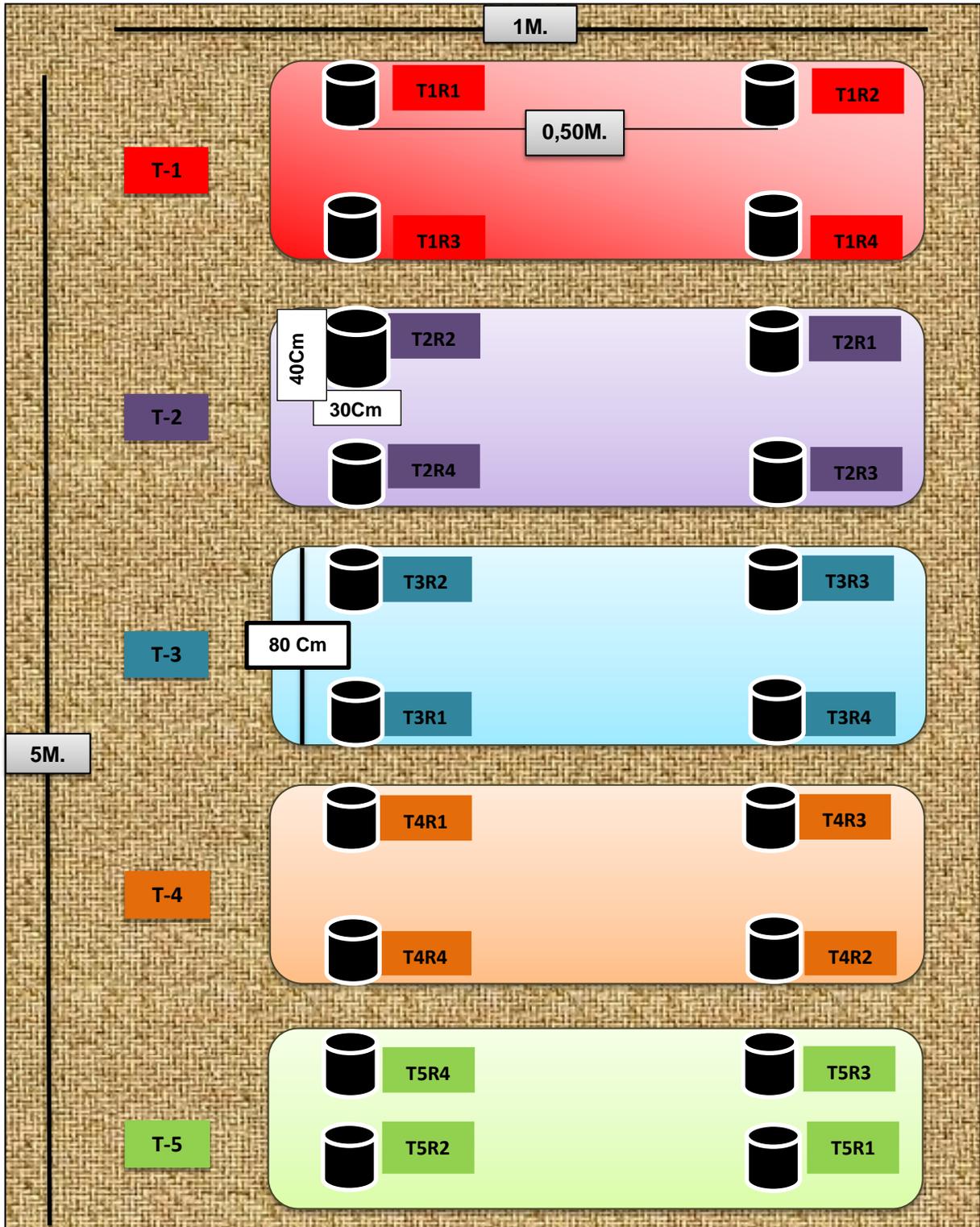


Figura 12. Distribución de las unidades experimentales

D.C.A.

Unidades Experimentales: 20

Tratamientos: 5

Plantas: 20 plantas/parcela

Dónde:

T1 = Emergencia o fase cotiledonal caracterizado por el despliegue horizontal de los cotiledones.

T2=Fase de primera hoja verdadera que se caracteriza por la primera hoja verdadera completamente desplegada.

T3=Fase de racimo floral cuando aparece el racimo floral en el racimo central. Fase de floración caracterizada por la primera flor abierta en el racimo principal.

T4=Fase de fructificación caracterizada por la aparición de las primeras vainas en el racimo principal.

T5=Fase de maduración que se diferencia por el tamaño y color de la semilla característico.

5.2.10. Diseño Experimental

Se utilizó un diseño estadístico completamente aleatorio con cinco tratamientos. En contexto se definió en función a los factores de estudio.

- **Modelo lineal aditivo**

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ij} + Z_f$$

Cuando:

Y_{ij} = Una observación cualquiera

μ = Media poblacional

α_i = Efecto de i-ésimo tratamiento

Z = Fijación de nitrógeno en cada etapa fenológica del Tarwi silvestre.

5.2.11. Variables de respuesta

- **Conteo de Nódulos**

Se realizará el conteo de nódulos de la raíz de Tarwi Silvestre (*Lupinus sp.*) en cada fase fenológica en cada tratamiento.

- **Fijación de Nitrógeno**

La cantidad fijado de nitrógeno en el suelo se analizó en la Escuela Industrial Superior Pedro Domingo Murillo – Achachicala.

5.2.12. Relación Carbono Nitrógeno

La relación Carbono-Nitrógeno (**Cuadro 1**) determina el proceso de transformación de minerales en sustancias orgánicas sobre los siguientes valores de referencia planteados por Chilon, (1997).

Cuadro 1. Coeficiente Carbono – Nitrógeno (Chilon, 1997)

| Relación C / N | Estatus |
|----------------|--|
| < 10 | Mineralización |
| 10-17 | Suficiente N para microorganismos que descomponen M.O. sin recurrir al N del suelo |
| 17 – 33 | N es tomado del suelo |
| > 33 | Inmovilización |

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Análisis de variables en la máxima Fijación de Nitrógeno, relación Carbono Nitrógeno y el Número de Nódulos

6.1.1. Máxima Fijación de Nitrógeno en cada Fase Fenológica

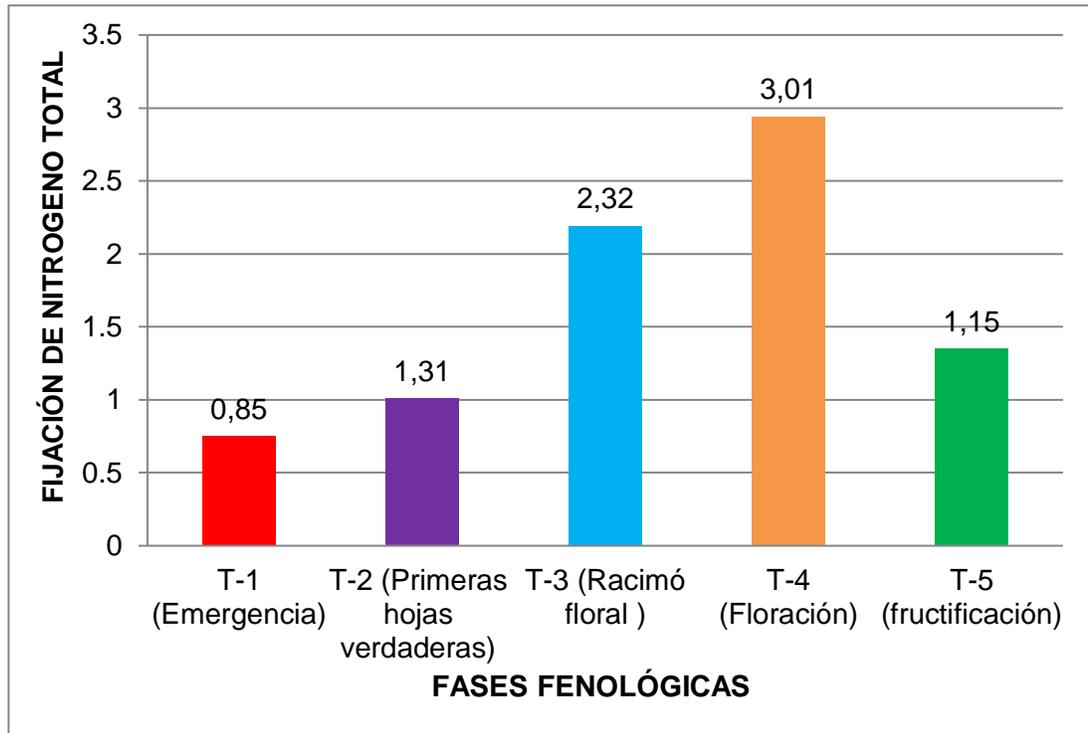
Cuadro 2. Análisis de Varianza: Máxima Fijación de Nitrógeno en las Fases Fenológicas.

| FUENTE DE VARIACIÓN | GL | SC | CM | Fc | Ft |
|---------------------|----|-------|------|--------|----------|
| FASES FENOLOGICAS | 4 | 13,04 | 3,26 | 210,87 | <0,0001* |
| Error | 15 | 0,23 | 0,02 | | |
| TOTAL | 19 | 13,27 | | | |
| CV=7,54% | | | | | |

(*)=significativo

El **Cuadro 2.** Muestra el análisis de varianza para la Máxima Fijación de Nitrógeno, donde se observa que existen diferencias significativas en cada fase fenológica del Tarwi Silvestre esto debido a que en la fase de emergencia se pudo observar que no logro fijar nitrógeno ya que en esta fase se encuentra en pleno desarrollo de la planta, en la fase de sus primeras hojas verdaderas si logra fijar nitrógeno ya que en esa fase se pude apreciar de su primeras hojas donde logra a obtener una cierta cantidad de nitrógeno para su desarrollo de la planta, ya para la fase de Floración es donde se obtuvo una máxima fijación de nitrógeno es donde la planta llega a un punto más alto de su desarrollo de sus órganos para luego formar el fruto, es donde va disminuir la cantidad de nitrógeno que fijo la planta porque sufrirá un desgaste de nutrientes para desarrollar los frutos.

Figura 13. Promedio en la Máxima Fijación de Nitrógeno en las Fases Fenológicas.



Según la **Figura 13.** nos muestra que el **Tratamiento 4 Floración** alcanzó su máxima fijación de nitrógeno llegando a obtener un 3,01% de nitrógeno lo que muestra una amplia diferencia a los demás **Tratamientos 1, 2 y 3** que son **Emergencia, Primeras hojas verdaderas y Racimó floral** llegado a obtener 0,85%, 1,31% y 2,32 de nitrógeno esto debido a que la planta está en su fase de crecimiento a diferencia del **Tratamiento 5** que es **fructificación** va desgastando el nitrógeno para formar los frutos hasta llegar a la fase de madurez fisiológica, para poder obtener la mayor cantidad de nitrógeno dependerá del lugar como nos indica Allen y Allen (1981), Medeiros (1985), MacColl (1989) y Giller et al. (1994) Sivila y Hervé (2006), que la contribución de nitrógeno al suelo por plantas leguminosas, se debe a la capacidad de fijación de nitrógeno atmosférico, caracteres edáficos y climatológicos del lugar.

Cuadro 3. Prueba de Duncan: Máxima Fijación de Nitrógeno en las Fases Fenológicas.

| Fases Fenológicas | Media | Duncan ($\alpha=0,05$) |
|-------------------|--------------|-----------------------------|
| T-1 | 0,75 | A |
| T-2 | 1,01 | B |
| T-5 | 1,35 | C |
| T-4 | 2,19 | D |
| T-3 | 2,94 | E |
| Promedio | 1,648 | |

La prueba Duncan al 5% **Cuadro 3**. Nos indica para la máxima fijación de nitrógeno nos muestra una amplia diferencias en cada fase fenológica dando lugar a la fase de **Floración T-4** es donde obtiene la máxima fijación de nitrógeno total, llegando a disminuir el nitrógeno fijado en la fase de **fructificación T-5** hasta llegar a la fase de madurez fisiológico, en los demás tratamientos como **T-1** y **T-2** que son **emergencia y primeras hojas verdaderas** se obtuvo poco nitrógeno ya que en esa etapa se encuentra en pleno desarrollo de la planta.

En los resultados de la investigación se pudo apreciar que la Máxima fijación de nitrógeno en cada fase fenológica no coincide con las investigaciones de Caballero (2012) y López et al. (2013) esto se debe que en cada parte de su fase fenológica sufre una formación y desgaste de nitrógeno para su desarrollo de la planta dejando muy poco aporte para el suelo, ya que para poder fertilizar el suelo se debe incorporar todo el desechó de la planta como indica Martínez (2005).

6.1.2. Relación Carbono Nitrógeno C/N

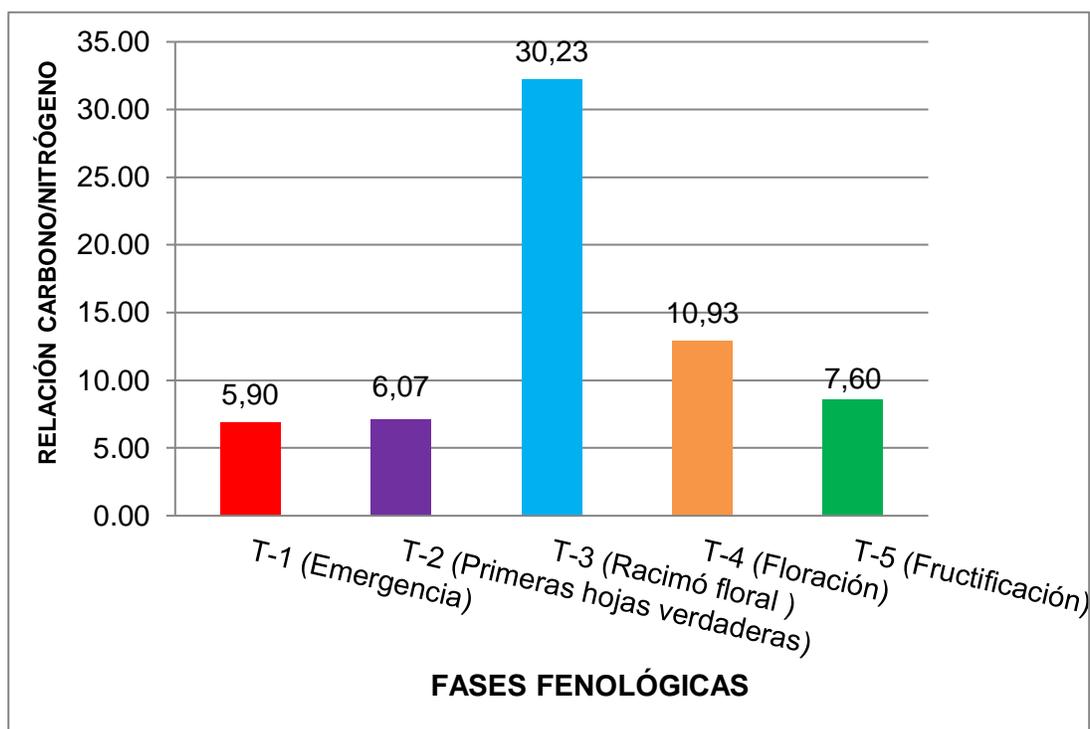
Cuadro 4. Análisis de varianza: en relación C/N en las Fases Fenológicas

| FUENTE DE VARIACIÓN | GL | SC | CM | Fc | Ft |
|---------------------|----|---------|--------|-------|----------|
| FASES FENOLOGICAS | 4 | 1840,03 | 460,01 | 62,24 | <0,0001* |
| Error | 15 | 110,87 | 7,39 | | |
| TOTAL | 19 | 1950,90 | | | |
| CV=7,54% | | | | | |

(*)=significativo

El análisis de varianza que nos muestra el **Cuadro 4**. En relación carbono/nitrógeno con los parámetros de 5-10% que nos indica **Cuadro 1**. Coeficiente Carbono – Nitrógeno (Chilon, 1997) presentan diferencias significativas en las fases fenológicas, esto se debe a que en diferentes fases fenológicas presenta una cantidad distinta a la de otra, como ser en la fase de emergencia no forma nitrógeno por ende no habrá carbono, ya que la planta está en el punto de desarrollo de sus órganos, ya en la fase de las primeras hojas se logra apreciar una cierta cantidad de nitrógeno por ende se obtendrá el carbono orgánico hasta llegar a un punto donde la planta llega a la fase de floración donde se obtendrá una cantidad alta de nitrógeno por ende se apreciará una cantidad alto en carbono esto sucede gracias a la mineralización del nitrógeno.

Figura 14. Promedio en Relación al C/N en las Fases Fenológicas



Observando la **Figura 14**. Podemos deducir que el **tratamiento 1 y 2** que son **emergencia y primeras hojas verdaderas** son donde empiezan a formar carbono orgánico a una escala de **5,90 y 6,07%** ya que en esta fase se encuentra en plena formación de sus órganos, donde se nota la amplia acumulación de carbono es el **tratamiento 3** que es **racimo foral** tiende a tener un mayor porcentaje de carbono orgánico alcanzando un rango de **30,23%** esto ocurre porque en esa fase logra fijar la mayor cantidad de nitrógeno total ya que sus órganos de planta ya están súper desarrolladas, por otro lado el **tratamiento 4 y 5** que son **floración y fructificación** nos muestra una disminución de carbono llegando a un rango de **10,93 y 7,6%** es donde la planta empieza a desgastar el carbono orgánico para poder formar el fruto hasta la madures fisiológico.

Cuadro 5. Prueba de Duncan en Relación de C/N en las Fases Fenológicas

| Fases Fenológicas | Media | Duncan ($\alpha=0,05$) |
|--------------------------|--------------|--|
| T-1 | 6,90 | A |
| T-2 | 7,07 | A |
| T-3 | 32,23 | B |
| T-4 | 12,93 | C |
| T-5 | 8,60 | A |
| Promedio | 33 | |

De acuerdo a los resultados obtenidos en cuanto a la relación Carbono/Nitrógeno la prueba de Duncan al 5%, el **Cuadro 5**. Muestra que hay diferencias estadísticas entre las fases fenológicas dando un resultado en la fase de Racimo Florar **Tratamiento 3** con un rango de 32,23% de carbono porque en esta etapa tiende a fijar mayor cantidad de Nitrógeno y por ello relacionando con **C/N** se podría decir que entra en equilibrio, posteriormente la cantidad de carbono va disminuyendo a medida que la planta ira formando el fruto como nos muestra el **Tratamiento 5** alcanzando un rango de 8,60% y seguirá disminuyendo hasta llegar a la madures fisiológico. Por otra parte la Relación carbono nitrógeno C/N si coincide con las investigaciones del (Ministerio de Agricultura, Pesca y alimentación de Madrid, 1999). La rapidez con que proliferan los microorganismos desintegradores y, por tanto, la rapidez con que se descompone la materia orgánica depende de la relación carbono/nitrógeno (C/N).

Chilon (1997), muestra la siguiente relación de C/N para el proceso de transformación de la materia orgánica:

C/N < 17 = Mineralización; C/N 17 a 33 = Equilibrio; C/N > 33 = Inmovilización

6.1.3. Número de Nódulos en cada Fase Fenológica

Cuadro 6. Análisis de varianza: Número de Nódulos en las Fases Fenológicas

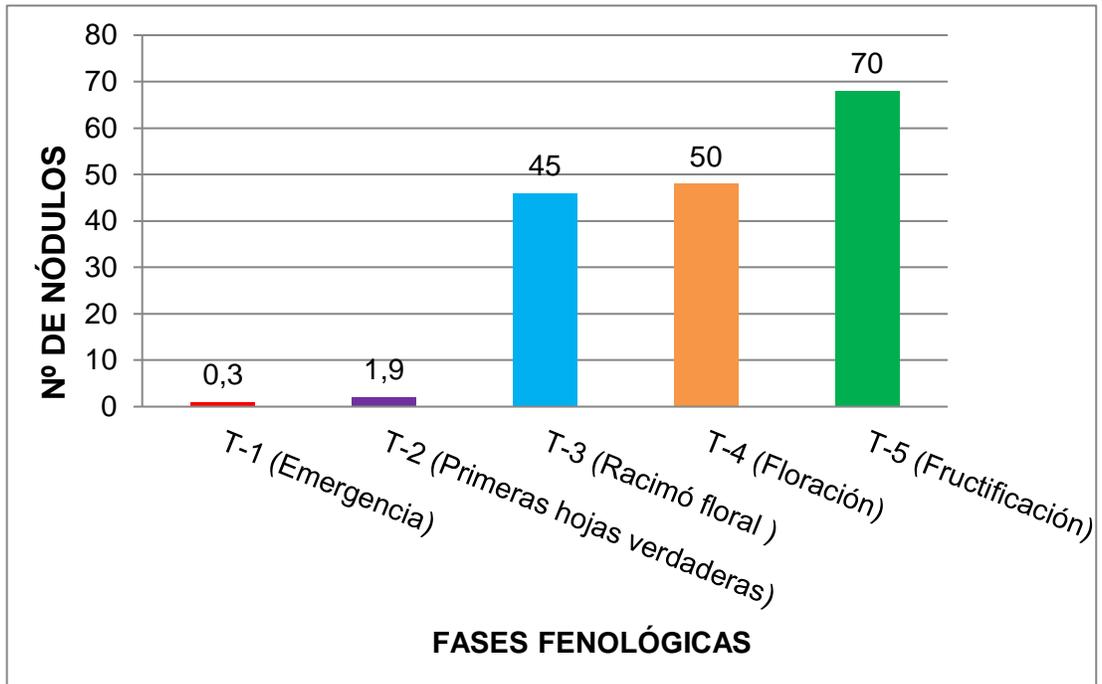
| FUENTE DE VARIACIÓN | GL | SC | CM | Fc | Ft |
|---------------------|----|-------|---------|-------|----------|
| FASES FENOLOGICAS | 4 | 14402 | 3600,68 | 32,65 | <0,0001* |
| Error | 15 | 1654 | 110,28 | | |
| TOTAL | 19 | 16056 | | | |
| CV=31,77% | | | | | |

(*)=Significativo

El **Cuadro 6.** Análisis de varianza en cada Fase Fenológica muestra el incremento de nódulos, indicándonos diferencias significativas entre la fase de emergencia y las primeras hojas verdaderas T-1 y T-2 no hubo formación de nódulos, en cambio sí hubo incremento de nódulos en las fases racimo floral, floración T-3, T-4 y hasta el fructificación T-5 llegando constante en la fase de maduración.

Estos resultados si concuerda con Guerrero (2010) donde nos indica que las leguminosas conviven con bacterias del tipo "*Rhizobium*", A esta forma de convivencia se le llama "Simbiosis", lo que significa que ambas (leguminosas y bacterias) obtienen beneficios de esta convivencia Las bacterias "*Rhizobium*" se encuentran en el suelo, cuando no hay leguminosas sembradas están "descansando" Cuando una planta leguminosa germina, le envía señales estimulantes a las bacterias y, éstas, una vez que reciben la información, empiezan a moverse hacia las raíces de esa planta.

Figura 15. Promedio en número de Nódulos en cada Fase Fenológica



En la **Figura 15**. Se observa el promedio de números de nódulos en cada Fase Fenológica, en este resultado muestra que en el **Tratamiento 1 y 2** que son Emergencia y Primeras hojas verdaderas se obtuvo un incremento de un promedio de **0,3 a 1,9** Nódulos. En la misma figura nos muestra que los **Tratamientos 3** alcanza con un promedio de 45 donde la planta ya empieza a formar sus primeras flores, en el **Tratamiento 4** llega a un promedio de **50 Nódulos** ya que en esta fase forma las Flores, la planta ya está súper desarrollado llegando a la etapa final que es la fructificación **Tratamiento 5** se obtuvo un promedio de **70 Nódulos**, es el punto donde logra alcanzar la máxima formación de nódulos hasta llegar la fase de maduración fisiológico, para luego convertirse en materia orgánica.

Cuadro 7. Prueba de Duncan: Número de Nódulos en Cada Fase Fenológica

| Fases Fenológicas | Media | Duncan ($\alpha=0,05$) |
|--------------------------|--------------|--|
| T-1 | 1 | A |
| T-2 | 2 | A |
| T-3 | 46 | B |
| T-4 | 48 | B |
| T-5 | 68 | C |
| Promedio | 33 | |

La prueba Duncan al 5% de probabilidad estadística para cada Fase Fenológica en el **Cuadro 7.** se puede observar 3 grupos diferentes siendo en la fase de Emergencia (**T-1**) y Primeras hojas verdaderas (**T-2**) presenta una menor cantidad de Nódulos dando un valor de 1 a 2 Nódulos esto se debe a que la planta está en la fase de crecimiento, el siguiente grupo que son Racimo Floral (**T-3**) y Floración (**T-4**) se obtuvo una cantidad de 46 y 48 nódulos indicándonos que en esta fase es el punto de fijación de Nitrógeno para la planta y por último está el grupo de la fase de Fructificación (**T-5**) llegando a dar un valor de 68 Nódulos llegando a indicar que es la última fase que fija Nitrógeno previos a la Maduración Fisiológica.

La investigación concluye con el número de Nódulos (Rhizobium) la cantidad de nódulos es un factor muy importante ya que sin los nódulos la planta no puede fijar nitrógeno en este caso si concuerdan las investigaciones de Guerrero (2010), Rodríguez, 2000, Reynel y León (1990), indicándonos que a mayor cantidad de nódulos más alto será la Fijación de Nitrógeno, lo que no concuerda es en qué etapa de las Fases Fenológicas alcanza un mayor

número de nódulos. Ninguno de los autores estudio con exactitud en que parte de la fase fenológica logra obtener un mayor número de nódulos para poder comparar los resultados de la investigación.

7. CONCLUSIONES

- Los Tratamientos en los que se basó fue en cada Fase Fenológica dando a conocer los resultados en base a la máxima fijación de Nitrógeno tenemos el Tratamiento 3 y 4 que son racimo florar y floración con un promedio de 2,32 y 3,01% para alcanzar esta fase duro unos 70-80 días.
- Para la Fase de Emergencia y Primeras hojas verdaderas que son Tratamiento 1 y 2 para este punto el incremento de Nitrógeno en muy poco llegando a obtener de 0,85 a 1,31% ya que en esta etapa la planta está en pleno desarrollo, durando así unos 14-30 días.
- La Máxima Fijación de Nitrógeno tiende a disminuir ya que nos muestra en el Tratamiento 5 que es fructificación llegando a disminuir el 1,15% así sucesivamente hasta alcanzar la madures fisiológico que dura de los 200-220 días, logrando a obtener casi nada en el suelo dejándonos restos orgánicos de la planta que mediante la mineralización se convierte en Nitrógeno orgánico que posteriormente pueda ser asimilado por otro cultivó.
- En Cuanto a relación Carbono/ Nitrógeno (**C/N**) podemos hallar lo que es Carbono orgánico relacionando así aun rango de 5-10% dándonos como resultado con mayor cantidad de carbono es el tratamiento 3 que es Racimo Floral con un dato de 30,23%, comparando en base a la relación **C/N** se podría decir que en esta etapa entra en Equilibrio.
- Para el conteo de Nódulos en diferentes Fases Fenológicas es muy distinto llegando a obtener una mayor cantidad de 50 a 74 Nódulos en los tratamiento 4 y 5 que son Floración y Fructificación donde a partir de este punto la planta llega constante hasta la madures Fisiológica.
- Otro punto donde se observó que el Tratamiento 1 y 2 donde se encuentra la emergencia y primeras hojas verdaderas se pudo notar que no se encontró ningún nódulo llegando a obtener un promedio de 0-1 nódulos indicándonos que a medida que la planta va formando las hojas va incrementando los nódulos hasta que la planta se desarrolló por completo.

8. RECOMENDACIONES

El resultado de la investigación proporciona importante información sobre el cultivo de Tarwi Silvestre en la comunidad sin embargo los resultados obtenidos no son los definitivos por lo que se recomienda continuar con la investigación.

- Se recomienda evitar el uso de agroquímicos para no alterar la fertilización en el suelo.
- Realizar agricultura regenerativa dejando descansar el suelo cultivando Tarwi Silvestre para luego cortarlo y dejar que se descomponga en el suelo de esa forma se puede utilizar dicho cultivo para fertilizar los suelos.
- Se recomienda la asociación de Tarwi Silvestre con cultivos de mayor desgaste nutricional de los macro y micronutrientes que se encuentran en el suelo.
- Realizar estudios póstumos para observar en qué fase fenológico puede servir la planta de abono en el suelo utilizando sus desechos orgánicos (materia verde).
- Realizar trabajos de investigación aplicando los desechos de la planta de Tarwi Silvestre en otros cultivos con el fin de obtener resultados si son favorables o no en el rendimiento de su producción.

9. BIBLIOGRAFÍA

- ALCON MIRIAM B., PATRICIA RAMOS Y ALEJANDRO BONIFACIO (2013). Proyecto: desarrollo de innovaciones tecnológicas y agroecológicas sostenibles del sistema de producción comercial de quinua enero-junio. Oruro-Bolivia.
- ARTEMIZA B. (2004). Actividad fúngica In vitro de extractos con alto contenido de alcaloides obtenidos de *Lupinus silvestres* y esparteína sobre algunos hongos fitopatógenos. Zapopan, Jalisco. Tesis (Maestro en ciencias Agrícolas y forestales) Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. 69 p.
- BONIFACIO A.; ARONI G; VILLCA M.; RAMOS P.; ALCON M.; GANDARILLAS A. (2014). El rol actual y potencial de las q'ila q'ila (*Lupinus spp.*) en sistemas de producción sostenible de quinua. Revista de Agricultura, Nro. 54. Disponible en: WWW. Consultado en: abril, 2016.
- CABALLERO A. (2012). Comportamiento del nitrógeno y biomasa microbiana en suelos con diferente manejo, en la localidad de Villa Patarani (Altiplano Central). Tesis de grado (Ing. Agrónoma) La Paz - Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de agronomía. 136p.
- CHOQUE, D., 2012. Evaluación del cultivo de la Papa (*Solanum tuberosum*) en diferentes asociaciones con Tarwi (*Lupinus mutabilis*), en la comunidad de Patarani 102 - Patacamaya. Tesis de Grado. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. 105 p.
- EASTWOOD, R. Y HUGUES COLIN (2008). Origins of domestication of *Lupinus mutabilis* in the Andes. Department of Plant Sciences, University of Oxford, South Parks Rd, Oxford, OX1 3RB, U.K 2 Present address Millennium Seed Bank, Wakehurst Place, Ardingly, Haywards Heath, W. Sussex, RH17 6TN, U.k .7p.
- GUERRERO V. (2010). Manual de leguminosas y abonos verdes para una agricultura sostenible y soberanía alimentaria. Proyecto de desarrollo rural Vicente Guerrero, a.c. de taxcala. 9 p.
- IZARRA W.J. Y LOPEZ F.M. (2011). Manual de observaciones fenológicas.

SENAMHI, Ministerio de Agricultura, Lima, Perú. 98 p.

- LÓPEZ E. L., BERMÚDEZ K., HERNÁNDEZ A. (2013). Diversidad de bacterias asociadas a la rizosfera de *Lupinus montanus* Kunth. X Jornada Científica de la Maestría en Ciencias en Desarrollo de Productos Bióticos. Instituto politécnico nacional. Centro de desarrollo de productos bióticos. Morelos, México. 37p.
- MARTÍNEZ (2005). Ecología de la semilla de *Lupinus bilineatus* Benth. Tesis (Ingeniero forestal) Chapingo México. Universidad Autónoma de Chapingo. 62p.
- PABLO, M., LAGUNES, L., LÓPEZ, J., RAMOS, J. y ARANDA, E. (2013). Morfometría, germinación y composición mineral de semillas de *Lupinus silvestres*. *Bioagro* (vol. 25) Pp 101- 108.
- GANDARILLAS, A., 2015. El rol actual de las q'ila q'ila (*Lupinus* spp.) en sistemas de producción sostenible de quinua. *Revista de Agricultura*. Número especial dedicado a la fundación PROINPA en el marco de trabajo con *Chenopodium quinoa* en Bolivia. pp. 11 - 18.
- CABALLERO, M., A., 2012. Comportamiento de Nitrógeno y Biomasa microbiana en suelos con diferente manejo, en la localidad de Villa Patarani (Altiplano Central). Tesis de Grado. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. 136p.
- CAMPILLO, R., 2001. Estimación de la Fijación Biológica de Nitrógeno en Leguminosas Forrajeras Mediante la Metodología del 15N1. Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Temuco, Chile. Disponible en: www.scielo.cl.
- ENRIQUEZ, M., 2004. El potencial del "tarwi". CIPCA. Consultado 14 abril 2014. Disponible en: <http://cipca.org.bo> 118 p.
- FAO - FERTISUELOS, 1999. Los abonos verdes Ministerio de Agricultura, ganadería y en desarrollo rural GCPD/BOL/018 net Bolivia. 7 p.
- GIRALDO, G. sf. Abonos verdes. CIAT – Centro Internacional de Agricultura Tropical.
- LÓPEZ, J., y BORONAT, R., 2016. Aspectos básicos de la fijación de

nitrógeno atmosférico por parte de las bacterias. Estudio en laboratorio en educación secundaria. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias. Pp.203 – 209. Disponible en <http://hdl.hadle.net/10498/18024>

- MUJICA, A., y JACOBSEN, S., 2006. Botánica Económica de los Andes Centrales.El Tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet.) y sus parientes silvestres. Ed. Morales R. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. pp 458, 559, 460.
- OLIVARES, P., J., 2008. Fijación biológica de nitrógeno. Estación experimental del Zaidin, CSIC Granada. Disponible en <http://www.2eez.csic.es>. Consultado en 2015
- ORSAG, V., 2009. Degradación de suelos en el Altiplano boliviano. Causas y medidas de mitigación. Análisis – IBEP. Vol. 1, N° 3. pp. 27 – 30.
- GROSS, R., 1982. El cultivo y la utilización del Tarwi (*Lupinus mutabilis* sweet). Producción y protección vegetal. N° 36. Estudio FAO - Roma.
- CARHUAVILCA, M., 2015. Carreteras en la Amazonia un fuerte costo ambiental y social. La Revista Agraria - Los suelos en el Perú N°170 Ed. Especial. Publicación del Centro Peruano de Estudios Sociales (CEPES). 11 p.
- CHAMBI,L., 2013. La diversidad genética de lupino silvestre (*Lupinus* sp.) en el Altiplano:Tras la huellas de la domesticación.PROINPA. La Paz, Bolivia. pp1-12.
- AZCON, BIETO. J., y TALON, M., 1993. Fisiología y Bioquímica Vegetal. Mc Graw Hill – Interamericana de España. Primera Edición. Pg 345

ANÉXOS

FIGURAS DE LA METODOLOGÍA EN CAMPO



Figura 3. Sacando muestra de suelo en forma de "X".



Figura 4. Mezclando la muestra de suelo.



Figura 5. Preparación de las macetas



Figura 6. Sacando muestra de suelo para el análisis químico



Figura 7. Distribución de los tratamientos T1, T2, T3, T4 y T5



Figura 8. Siembra de Tarwi silvestre



Figura 9. Aplicamos riego a las macetas



Figura 10. Muestra de suelo a nivel de la raíz



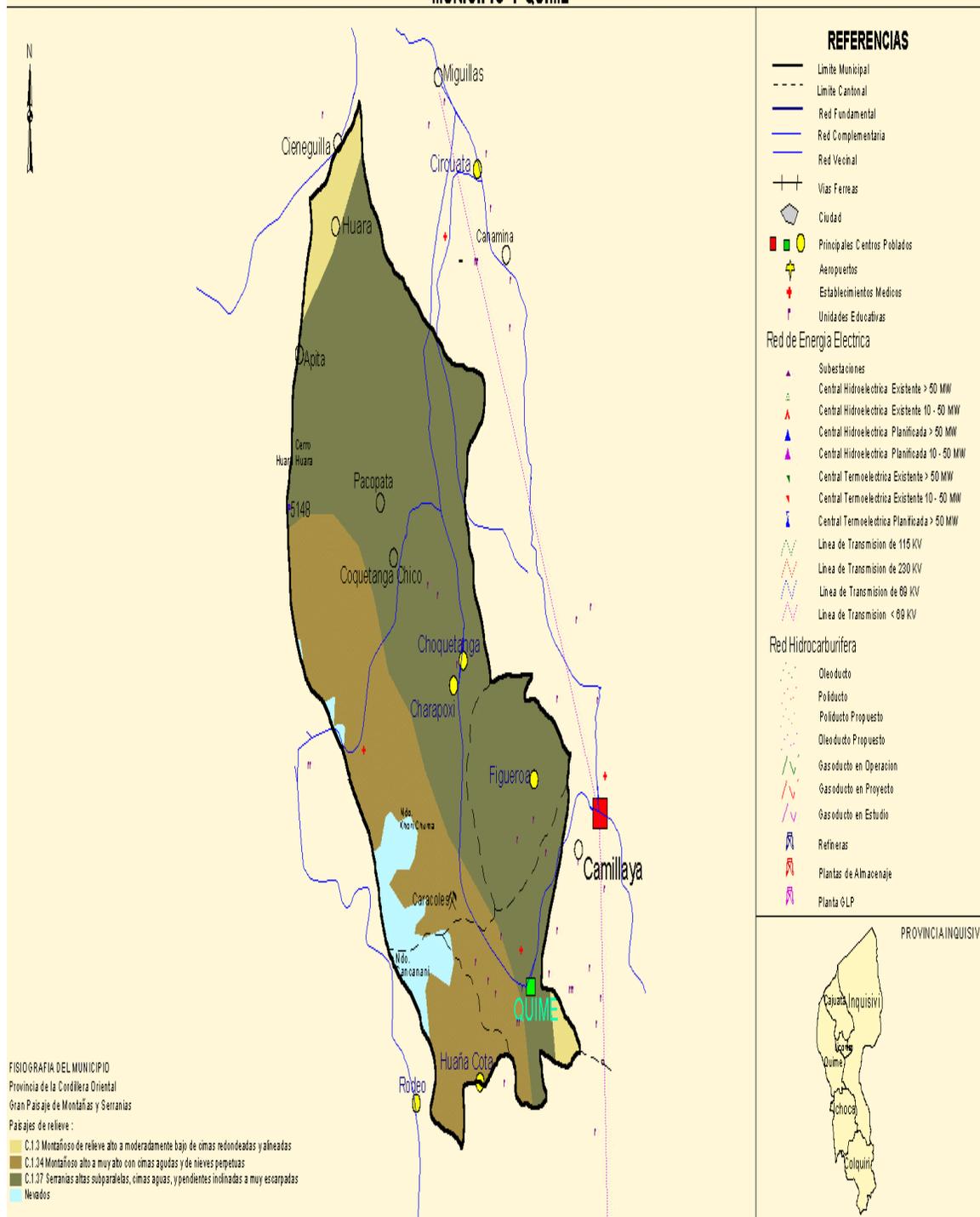
Figura 11. Muestras de suelo de cada planta

Anexo 1. Fisiografía del municipio de Quime

DEPARTAMENTO DE LA PAZ

MUNICIPIO : QUIME

PROVINCIA INQUISIVI



Elaborado en la División de Informática por el SIG-UDAPE

Fuentes : Mapa Físico del Instituto Geográfico Militar, División Política - Administrativa del INE-COMLIT
 Mapa Fisiográfico de Bolivia (GEOBOL). Sistema de Información en Salud (SNIS). Mapa Educativo Básico

Anexo 2. Análisis de laboratorio porcentaje de nitrógeno en el suelo



ESCUELA INDUSTRIAL SUPERIOR "PEDRO DOMINGO"
Resolución Suprema de Creación -10 de febrero de 1942
Resolución Suprema N° 150876-27 de abril 1968
Condecorado CONDOR DE LOS ANDES Grado Oficial
R.S.N°211445- 7 octubre 1992

CARRERA DE QUIMICA Y PROCESOS

ANALISIS QUIMICO-NITROGENO

CODIGO :EMERGENCIA T-1

| %N | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|
| R1 | 0,452 | 0,873 | 0,374 | 0,987 | 0,567 |
| R2 | 0,441 | 0,231 | 0,345 | 1,644 | 0,793 |
| R3 | 0,752 | 0,643 | 0,752 | 0,787 | 0,653 |
| R4 | 0,763 | 1,239 | 0,965 | 0,987 | 0,786 |

CODIGO :FORMACION DE HOJAS VERDADERAS T-2

| %N | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|
| R1 | 0,852 | 1,873 | 0,742 | 0,787 | 0,512 |
| R2 | 0,752 | 0,434 | 1,345 | 1,52 | 0,793 |
| R3 | 1,452 | 1,202 | 1,528 | 0,621 | 0,531 |
| R4 | 1,652 | 1,434 | 0,811 | 0,723 | 0,631 |

CODIGO:RACIMO FLORAL T-3

| %N | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|
| R1 | 1,453 | 1,145 | 2,365 | 2,913 | 2,632 |
| R2 | 2,234 | 1,872 | 2,234 | 1,982 | 2,261 |
| R3 | 2,652 | 2,842 | 2,631 | 1,542 | 2,143 |
| R4 | 2,892 | 1,521 | 3,512 | 1,642 | 1,253 |

CODIGO:FLORACION T-4

| %N | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|
| R1 | 3,453 | 3,145 | 2,561 | 3,913 | 2,541 |
| R2 | 1,234 | 3,872 | 3,123 | 1,982 | 3,512 |
| R3 | 3,652 | 2,842 | 2,561 | 3,542 | 2,651 |
| R4 | 2,892 | 3,521 | 3,631 | 1,642 | 2,541 |

CODIGO:FRUCTIFICACION T-5

| %N | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|
| R1 | 1,092 | 1,442 | 1,521 | 1,321 | 1,542 |
| R2 | 1,442 | 1,234 | 1,231 | 1,231 | 1,231 |
| R3 | 1,341 | 1,782 | 1,021 | 1,024 | 2,251 |
| R4 | 1,542 | 1,012 | 1,413 | 0,521 | 1,821 |

CODIGO:MADUREZ FISIOLÓGICA

| %N | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|
| R1 | 0,321 | 0,234 | 0,421 | 0,461 | 0,821 |
| R2 | 0,472 | 0,541 | 0,421 | 0,351 | 0,957 |
| R3 | 0,231 | 0,481 | 0,871 | 0,241 | 0,524 |
| R4 | 0,721 | 0,709 | 0,321 | 0,412 | 0,957 |

| %N | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|
| R1 | 0,651 | 0,953 | 2,102 | 3,123 | 1,384 |
| R2 | 0,691 | 0,969 | 2,117 | 2,745 | 1,274 |
| R3 | 0,717 | 1,067 | 2,362 | 3,050 | 1,484 |
| R4 | 0,948 | 1,050 | 2,164 | 2,845 | 1,262 |

TESTIGO :0,524

METODO USADO: Absorción atómica a la llama horno de grafito

MUESTRA*: Obtenidos según, DM1/cm²; DM2/cm²;DM3/cm²

Muestra disuelta con ataque ácido (1N H₃PO₄), Valoración FeSO₄, factor de corrección 0,89, indicador difenilamina sodica 10%.


ING. QMC. EDELMA RONQUILLO LIMA
DOCENTE DE ANALISIS INSTRUMENTAL I
ENCARGADA DE LABORATORIO



Av. Chacaltaya. 1001-2306553 - 2305533
eispdm@industrialmurillo.edu.b
La Paz-Bolivia

Anexo 3. Relación Carbonó/Nitrógeno



ESCUELA INDUSTRIAL SUPERIOR "PEDRO DOMINGO"
Resolución Suprema de Creación -10 de febrero de 1942
Resolución Suprema N° 150876-27 de abril 1968
Condecorado CONDOR DE LOS ANDES Grado Oficial
R.S.N°211445- 7 octubre 1992

CARRERA DE QUIMICA Y PROCESOS

ANALISIS QUIMICO- CARBON MINERAL

CODIGO:EMERGENCIA

| %C | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 |
|----|-------|--------|--------|--------|-------|
| RI | 1,282 | 12,739 | 12,758 | 1,501 | 0,013 |
| R2 | 4,951 | 10,608 | 12,663 | 13,514 | 4,402 |
| R3 | 3,959 | 8,098 | 13,646 | 2,412 | 2,985 |
| R4 | 4,075 | 10,746 | 6,521 | 6,819 | 4,325 |

CODIGO:FORMACION DE HOJAS VERDADERAS

| %C | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 |
|----|-------|--------|--------|--------|-------|
| RI | 5,807 | 10,524 | 9,104 | 7,793 | 2,097 |
| R2 | 4,524 | 12,182 | 12,663 | 11,552 | 5,031 |
| R3 | 3,401 | 11,558 | 11,674 | 3,085 | 2,256 |
| R4 | 3,401 | 12,182 | 5,262 | 4,182 | 3,185 |

CODIGO:RACIMO FLORAL

| %C | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 |
|----|--------|--------|--------|--------|--------|
| RI | 21,112 | 32,207 | 39,153 | 42,428 | 34,637 |
| R2 | 15,228 | 24,531 | 46,026 | 27,498 | 53,171 |
| R3 | 42,199 | 48,462 | 34,611 | 23,778 | 22,962 |
| R4 | 21,478 | 23,134 | 49,337 | 26,962 | 15,700 |

CODIGO:RACIMO FLORAL

| %C | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 |
|----|-------|--------|--------|--------|-------|
| RI | 1,832 | 18,198 | 18,225 | 18,225 | 0,018 |
| R2 | 7,073 | 15,154 | 18,090 | 18,090 | 6,288 |
| R3 | 5,655 | 26,994 | 27,291 | 27,291 | 4,264 |
| R4 | 5,822 | 15,351 | 9,316 | 9,316 | 6,178 |

CODIGO:FRUCTIFICACION

| %C | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 |
|----|-------|--------|--------|--------|-------|
| RI | 5,081 | 17,541 | 15,173 | 15,173 | 1,311 |
| R2 | 3,959 | 10,659 | 12,663 | 12,663 | 4,402 |
| R3 | 2,976 | 10,114 | 16,343 | 16,343 | 1,974 |
| R4 | 2,976 | 10,659 | 4,604 | 4,604 | 2,787 |

CODIGO:MADUREZ FISIOLÓGICA

| %C | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 |
|----|--------|--------|--------|--------|--------|
| RI | 8,445 | 18,404 | 22,373 | 22,373 | 27,710 |
| R2 | 6,091 | 14,018 | 27,615 | 27,615 | 31,902 |
| R3 | 21,099 | 24,231 | 20,766 | 27,689 | 18,370 |
| R4 | 10,739 | 6,940 | 37,002 | 37,002 | 6,280 |

METODO USADO: MUFLA CONTINUA (27 horas)

MUESTRA*: Obtenidos 1gr.12 %H2O.

Muestra disuelta con ataque acido sulfurico,

ING. QMC. EDELMÁ RONQUILLO LIMA
DOCENTE DE ANÁLISIS INSTRUMENTAL I
ENCARGADA DE LABORATORIO



Av. Chacaltaya. 1001-2306553 – 2305533
eispdm@industrialmurillo.edu.b
La Paz - Bolivia

Anexo 4. Números de nódulos

| Nº DE NODULOS | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 |
|---------------|----|----|----|----|----|
| R1 | 4 | 0 | 55 | 70 | 80 |
| R2 | 0 | 2 | 60 | 40 | 60 |
| R3 | 0 | 6 | 30 | 35 | 58 |
| R4 | 0 | 0 | 40 | 48 | 73 |
| PROMEDIO | 1 | 2 | 46 | 48 | 68 |

Anexos 5. Extracción de suelo en forma de “X” de la parcela



Anexo 6. Mezclando las muestras de suelo que se extrajo de la parcela



Anexo 7. Llenando muestras de suelo en las Bolsas de polietileno



Anexo 8. Sacando muestra de suelo para el análisis en laboratorio



Anexo 9. Selección de semillas de Tarwi Silvestre antes de la siembra



Anexo 10. Extrayendo muestras de suelo de las macetas



Anexo 11. Extracción de muestra de suelo a nivel de la raíz en la Emergencia o fase Cotiledonal T-1



Anexo 12. Muestras de suelo listas para el análisis en laboratorio



Anexo 13. Comportamiento entre el T-1, T-2 y conteo de nódulos



Anexo 14. Extracción de muestra de suelo a nivel de la raíz en la Fase de primera hoja verdadera T-2



Anexo 15. Comportamiento entre el T-2, T-1 y conteo de nódulos



Anexo 16. Deshierbe y aplicando riego a cada maseta



Anexo 17. Extracción de muestra de suelo del Tratamiento 3



Anexo 18. Muestras de suelo al nivel de la raíz



Anexo 19. Conteo de nódulos en la raíz del tratamiento 3



Anexo 20. Extracción de suelo a nivel de raíz del Tratamiento 4



Anexo 21. Conteo de nódulos y observando el comportamiento de la raíz del Tratamiento 4



Anexo 22. Extracción de muestras de suelo a nivel de la raíz del Tratamiento 5



Anexo 23. Conteo nódulos en la raíz en el Tratamiento 5



Anexo 24. Muestras de plantas de Tarwi silvestre en su Fase de madurez fisiológico

