

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



TESIS DE GRADO

CRECIMIENTO Y BIOMASA DEL TARWI SILVESTRE
(*Lupinus montanus* Kunth) CON FERTILIZANTES FOLIARES EN
K'IPHAK'IPHANI-VIACHA

Olivia Vargas Luque

LA PAZ – BOLIVA

2016

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

CRECIMIENTO Y BIOMASA DEL TARWI SILVESTRE
(*Lupinus montanus* Kunth) CON FERTILIZANTES FOLIARES EN
K'IPHAK'IPHANI-VIACHA

*Tesis de Grado presentado como
requisito parcial para optar al
grado de Ingeniera Agrónoma*

Asesor :

Ing. Ph. D. Alejandro Bonifacio Flores

Revisores:

Ing. Ph. D. Abul Kalam

Ing. René Calatayud Valdez

Ing. MSc. Juan José Vicente Rojas

APROBADA

Presidente Tribunal Examinador

2016

DEDICATORIA

El presente trabajo dedico en primer lugar a Dios por la vida, la salud por ser mi esperanza y mi salvador.

A mis padres Gregorio Vargas Flores y Carmen Luque de Vargas por el apoyo incondicional, por la confianza depositada en mi, gracias por buscar lo mejor para nosotros guiándonos por el mejor camino, por enseñarnos a nunca rendirse a pesar de las circunstancias y por ser unos papas amorosos.

A mis hermanos Josué, Edwin y Fernando (+) (Dios los tenga en su santa gloria), a mis queridos hermanitos Verta, Palmira, Bequer y Job, por darme palabras de aliento, apoyo incondicional, por sus comprensión y compañía.

A mi tío Reynaldo Cornejo y familia, quienes en una parte de mi vida me inculcaron buenos valores y principios.

Mira que te mando que te esfuerces y seas valiente; no temas ni desmayes, porque Jehová tu Dios estará contigo en donde quiera que tu vayas.... (Josué 1:9)

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mis sinceros agradecimientos a las siguientes instituciones y personas, quienes en su momento me brindaron apoyo para la realización de este trabajo de investigación.

En primer lugar a Dios, por permitirme cumplir una de mis metas en la vida.

Agradecer a las autoridades y docentes de la Facultad de Agronomía, Carrera de Ingeniería Agronómica, perteneciente a la prestigiosa Universidad Mayor de San Andrés.

A Fundación para la Promoción e Investigación de Productos Andinos (PROINPA) y su personal profesional, por brindar la posibilidad de realizar diferentes temas de investigación.

Mi gratitud especial a mi asesor y docente el Ing. Ph. D. Alejandro Bonifacio Flores, por el asesoramiento, orientación y apoyo en este tema de investigación.

A los miembros del tribunal revisor: Ph. D. Abul Kalam, Ing. René Calatayud e Ing. Ms. Juan José Vicente, por sus respectivas observaciones sugerencias.

Mi gratitud a Oscar Gerónimo Vargas y Janneth Quispe, por su colaboración y apoyo durante este proceso de investigación.

ÍNDICE DE CONTENIDO

<i>Dedicatoria</i>	<i>i</i>
<i>Agradecimientos</i>	<i>ii</i>
<i>Índice de contenido</i>	<i>iii</i>
<i>Índice de cuadros</i>	<i>vi</i>
<i>Índice de figuras</i>	<i>vii</i>
<i>Resumen</i>	<i>viii</i>
<i>Summary</i>	<i>x</i>
1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS	3
2.1. General	3
2.2. Específicos	3
2.3. Hipótesis	3
3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
3.1. Importancia del género <i>Lupinus</i>	4
3.1.1. Requerimientos climáticos	5
3.2. Investigaciones sobre tarwi silvestre en Bolivia	5
3.3. Origen y distribución tarwi silvestre	6
3.3.1. Descripción morfo-botánico de <i>Lupinus montanus</i> Kunth	7
3.3.2. Taxonomía del tarwi silvestre	9
3.3.3. Principales usos del tarwi silvestre	9
3.4. Fertilización foliar	11
3.4.1. Factores que afectan la fertilización foliar	11
3.5. Nutrición de las leguminosas noduladas.....	12
3.6. Dinámica del nitrógeno en el suelo	14
3.6.1. Ganancias del nitrógeno por el suelo	14
3.6.2. Transformaciones del nitrógeno en el suelo.....	15
3.6.3. Nodulación de las leguminosas.....	16
3.6.4. Efecto de los factores físicos sobre la simbiosis de las leguminosas.....	17
3.7. Dormición y propagación de semillas	18
3.7.1. Dormición	18
3.7.2. Escarificación	20
3.8. Heladas.....	21
4. LOCALIZACIÓN.....	22
4.1. Ubicación geográfica	22
4.2. Características ecológicas	23
4.2.1. Clima	23
4.2.2. Precipitación pluvial.....	23

4.3. Vegetación.....	23
4.4. Suelo.....	24
4.5. Fisiografía.....	24
4.6. Hidrografía.....	24
5. <i>MATERIALES Y MÉTODOS</i>	25
5.1. Materiales.....	25
5.1.1. Material vegetal.....	25
5.1.2. Fertilizantes foliares y su composición química.....	25
Composición.....	26
5.1.3. Material de campo.....	27
5.1.4. Material de laboratorio.....	27
5.1.5. Material de escritorio.....	27
5.2. Métodos.....	27
5.2.1. Muestreo y análisis de suelo.....	28
5.2.2. Delimitación del terreno.....	28
5.2.3. Asignado de las unidades experimentales.....	28
5.2.4. Aplicación de los fertilizante foliar.....	28
5.3. Labores culturales.....	29
5.3.1. Riego.....	29
5.3.2. Desmalezado.....	29
5.3.3. Controles de plagas.....	29
5.4. Evaluación de tolerancia a heladas.....	30
5.5. Toma de muestras para el cálculo de acumulación de biomasa.....	30
5.6. Peso fresco y seco de nódulos.....	31
5.7. Colecta de semillas del tarwi silvestre.....	31
5.7.1. Cantidad de vaina y semillas por planta.....	31
5.7.2. Tratamientos pre germinativos en semillas.....	31
5.8. Toma de muestras de suelo para la evaluación de aporte de nitrógeno, fosforo y potasio.....	32
5.9. Diseño experimental.....	32
5.9.1. Modelo lineal aditivo.....	32
5.10.2. Croquis experimental.....	33
5.10. Variables de respuesta.....	33
5.10.1. Altura de planta.....	33
5.10.2. Número ramas.....	33
5.10.3. Número de inflorescencia por planta.....	34
5.10.5. Evaluación de biomasa y mejor respuesta ante los fertilizantes foliares.....	34
5.10.5.1. Peso de materia fresca.....	34
5.10.5.2. Porcentaje de materia seca.....	34
5.10.5.3. Porcentaje de contenido de humedad.....	35

5.10.6. Cantidad de vaina y semillas por planta.....	35
5.10.7. Tratamiento pre germinativo	35
5.10.7. Evaluación de la tolerancia a heladas.....	35
5.10.8. Evaluación de presencia de nódulos.....	36
5.10.9. Longitud de raíz.....	36
5.10.10. Evaluación del efecto en el suelo	36
6. <i>RESULTADOS Y DISCUSIONES</i>	37
6.1. Condiciones meteorológicas.....	37
6.2. Altura de planta.....	38
6.3. Número de ramas primarias y secundarias	42
6.4. Número de inflorescencia por planta	43
6.5. Evaluación de biomasa en tarwi silvestre	45
6.5.1 Rendimiento de materia verde	45
6.5.2. Contenido de humedad	47
6.5.3. Porcentaje de materia seca.....	48
6.6. Longitud de raíz alcanzada.....	51
6.7. Grado de nodulación del tarwi silvestre en fase de plena fructificación	53
6.8. Cantidad de vaina y semillas por planta.....	55
6.8.1. Número total de vaina por planta	55
6.8.2. Número total de semilla por planta.....	56
6.9. Tratamientos pre germinativos	58
6.10. Evaluación de la tolerancia a heladas.....	61
6.1. Evaluación del efecto en el suelo	62
7. <i>CONCLUSIONES</i>	65
8. <i>RECOMENDACIONES</i>	66
9. <i>BIBLIOGRAFÍA</i>	67

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Composición del Fertilizante Calcio-Boro	25
Cuadro 2. Composición del vigor top	26
Cuadro 3. Análisis de varianza para altura al ápice y altura a la hoja de la última toma de dato (25-01-2015).....	38
Cuadro 4. Análisis de varianza para número de ramas primarias y secundarias	42
Cuadro 5. Análisis de varianza para número de ramas con inflorescencia	44
Cuadro 6. Análisis de varianza para producción de biomasa en la fase de inicio de floración y fase de fructificación.....	45
Cuadro 7. Análisis de varianza para contenido de humedad evaluadas en fase de floración y fase de fructificación (parte aérea, raíz mas nódulos y nódulos)	47
Cuadro 8. Análisis de varianza para porcentaje (%) materia seca a la floración y fase de fructificación (parte aérea, raíz mas nódulos y nódulos).....	49
Cuadro 9. Análisis de varianza para longitud de raíz en fases de floración y plena fructificación	52
Cuadro 10. Análisis de varianza para peso fresco de nódulo en la fase de fructificación	53
Cuadro 12. Análisis de varianza para número total de vaina por planta	55
Cuadro 13. Análisis de varianza para número de semillas por planta.....	57
Cuadro 14. Análisis de varianza para métodos pre germinativos evaluadas a 24 y 48 horas	58
Cuadro 15. Análisis de varianza para la tolerancia a heladas en periodo de invierno... ..	61
Cuadro 16. Análisis del aporte de nitrógeno fósforo y potasio al suelo con la implementación de tarwi silvestre (<i>Lupinus montanus</i> Kunth) con fertilizantes foliares.....	63

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución del género <i>Lupinus</i> a nivel mundial (Pérez 2013).....	6
Figura 2. Hojas, flores y vainas de <i>Lupinus montanus</i> (Artemiza 2004).....	8
Figura 3. Ubicación geográfica de la Estación Experimental K'iphak'iphani	22
Figura 4. Croquis experimental	33
Figura 5. Comportamiento de la temperatura ambiental durante el tiempo de la investigación.....	37
Figura 6. Comportamiento de la precipitación durante el tiempo de evaluación	37
Figura 7. Altura al ápice y altura a la hoja con la fertilización foliar en tarwi silvestre...	39
Figura 8. Comportamiento del crecimiento en altura de planta (hasta el ápice) con fertilización foliar en tarwi silvestre (<i>Lupinus montanus</i> Kunth).	40
Figura 9. Comportamiento de crecimiento para altura a la hoja expandida con fertilización foliar en tarwi silvestre (<i>Lupinus montanus</i> Kunth).	40
Figura 10. Número de ramas primarias y ramas secundarias	43
Figura 11. Número de inflorescencia por planta con fertilización foliar	44
Figura 12. Rendimiento de biomasa en fases de inicio de floración y fructificación con fertilización foliar en tarwi silvestre (<i>Lupinus montanus</i> Kunth).....	46
Figura 13. Contenido de humedad en fase floración (planta completa), a la fructificación (parte aérea, raíz mas nódulos y nódulos) con fertilización foliar.....	48
Figura 14. Porcentaje (%) materia seca en la fase de floración y fase de fructificación con fertilización foliar	50
Figura 15. Longitud de raíz evaluadas en dos fases inicios de floración y fructificación con fertilización foliar en tarwi silvestre (<i>Lupinus montanus</i> Kunth).....	52
Figura 16. Peso de nódulos con fertilización foliar en tarwi silvestre (<i>Lupinus montanus</i> Kunth)	54
Figura 18. Número total de vaina por planta con fertilización foliar en tarwi silvestre (<i>Lupinus montanus</i> Kunth).....	56
Figura 19. Número de semilla por planta con fertilización foliar en tarwi silvestre (<i>Lupinus montanus</i> Kunth).....	57
Figura 20. Porcentaje de germinación mediante métodos pre-germinativos evaluadas a 24 y 48 horas.....	59
Figura 21. Porcentaje total de germinación mediante tratamientos pregerminativos	60
Figura 22. Porcentaje de de daño ocasionado por las heladas en tarwi silvestre (<i>Lupinus montanus</i> Kunth).....	62

RESUMEN

La presente investigación se realizó con el propósito de conocer el efecto de tres tipos de fertilizantes foliares en el crecimiento y formación de biomasa de tarwi silvestre (*Lupinus montanus* Kunth). Para la investigación se utilizó el diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. Las dosificaciones de fertilizantes foliares para cada tratamiento fueron T-1 = Testigo (no fue sometido a ningún tipo de tratamiento 0 / l), T-2 = Fertil-Calcio Boro (Fertilizante foliar químico con micronutrientes a la dosis de 50 ml / mochila de 20 l de agua), T-3 = Crecifol (Fertilizante foliar químico, con macro y micro nutrientes a la dosis de 50 ml / mochila de 20 l de agua) y T-4 = Vigor top (Fertilizante foliar orgánico a la dosis de 500 ml / 20 l de agua) en una superficie de 220,80 m². La aplicación de los tratamientos fue en tres ocasiones al inicio de formación de ramas, inicio de formación del escapo floral y en plena floración.

Los resultados y efecto de los fertilizantes foliares en el tarwi silvestre se evidenciaron en la acumulación de biomasa, mediante las siguientes variables evaluadas: altura de planta, número de ramas y número de ramas florales, peso de materia fresca de la planta, contenido de humedad y materia seca, longitud de raíz, peso de nódulos, aporte de nitrógeno, fósforo y potasio al suelo, tolerancia a heladas. Por otra parte ante la dormancia de la semilla que se traducen en bajo porcentaje de germinación, se aplicaron dos métodos de tratamientos pre-germinativos una de conservación de semilla fresca y otra de escarificación mecánicos consistentes en agitación en licuadora con y sin agua.

Entre las respuestas favorables en el comportamiento agronómico, se destacan principalmente en el número de ramas florales, como consecuencia se incrementó el número de vainas y cantidad de semillas por planta, también se incrementó la biomasa expresado en el porcentaje de materia seca. Se ha evidenciado aportes considerables de nitrógeno donde inicialmente reportaba 0.055 % incrementó a 0.18 % en uno de los tratamientos. El fósforo asimilable de 12.94 ppm a 15,87 ppm y el potasio de 0,48 Meq /100 g a 0.65 Meq /100 g.

Los resultados de escarificación mecánica registraron 74.3% y 83.7% de germinación con el método de conservación de semillas frescas se logró 96.7%, y finalmente el testigo alcanzó 13.3% de germinación.

SUMMARY

This research was conducted in order to determine the effect of three types of foliar fertilizers on growth and biomass formation wild lupine (*Lupinus montanus* Kunth). The experimental design of randomized complete block design with four treatments and four replications was used for research. Dosages of foliar fertilizer for each treatment were T-1 = Control (was not subjected to any treatment 0 / l), T-2 = Fertile-Calcium Boro (chemical foliar fertilizer with micronutrients dose of 50 ml / backpack sprayer 20 l water), T-3 = Crecifol (chemical foliar fertilizer with macro and micro nutrients at a dose of 50 ml / backpack 20 l water) and T- 4 = Vigor top (foliar fertilizer organic dose of 500 ml / 20 l of water) in an area of 220.80. The application of the treatments was three times at the beginning of formation of branches, beginning of flower stalk and the last in full blooming.

The results and effect of foliar fertilizers in the wild lupine is shown in biomass accumulation, using the following variables evaluated: plant height, number of branches and number of flowering branches, weight of fresh plant matter, moisture content and dry matter, root length, nodule weight, contribution of nitrogen, phosphorus and potassium to the ground frost tolerance. Moreover before the seed dormancy which translate into low percentage of germination, two methods of treatments were applied pre-germination of fresh seed conservation and other mechanical scarification consistent stir in blender with and without water.

Among the favorable responses in the agronomic performance, stand mainly in the number of floral branches, as a result the number of pods and seed per plant amount was increased biomass expressed in percentage of dry matter was also increased. Has shown considerable input of nitrogen in the witness initially he reported 0.055 % which increased to 0.18%. The 12.94 ppm available phosphorus and potassium a15.87 ppm 0.48 meq / 100 g to 0.65 meq / 100 g. The results of mechanical scarification recorded 74.3% and 83.7% germination, with the method of preserving fresh seeds 96.7% was achieved, and finally the witness reached 13.3% germination.

1. INTRODUCCIÓN

La gran diversidad genética de los cultivos andinos encontrados en la zona del altiplano boliviano nos indica ser una de las áreas de mayor diversidad y variabilidad de especies nativas.

Las leguminosas son plantas autosuficientes en los requerimientos de nitrógeno, contribuye a reducir los efectos de los gases de efecto invernadero y propicia mayor absorción de carbono, algunas leguminosas de raíz profunda no compiten con otras plantas por agua, siendo acompañantes ideales para la asociación de cultivos (FAO, 2016).

El tarwi silvestre es una de las especies pertenecientes a la zona andina que tiene sus orígenes en esta región, en la que todavía no se ha logrado realizar estudios con respecto a su potencialidad de su aprovechamiento.

El tarwi silvestre revela buenas posibilidades para su implementación en la agroforestería, asimismo en la conservación de los suelos o parcelas en descanso, para una próxima campaña productiva, disminuyendo los costos en la incorporación de estiércoles y fertilizantes químicos, debido a las bondades que ofrece como leguminosa fijadora de nitrógeno y formadora de materia verde.

El tarwi silvestre pertenece a un género con muchas especies y eco tipos con alta variabilidad genética que facilitan la selección con fines de aprovechamiento dirigido.

La especie cultivada del género Lupino es el tarwi (*Lupinus mutabilis* Swet) que ha sido motivo de estudio en varios aspectos de interés agrícola y nutricional.

La planta del tarwi es una leguminosa que aporta nitrógeno enriqueciendo el suelo por excelencia. Las cuantificaciones realizadas reportan en 400 kg/Nitrógeno/ha/año debido a fijación de nitrógeno atmosférico. Es evidente que las especies de *Lupinus* silvestres ostentan también buenos niveles de aporte de nitrógeno al suelo constituyendo una excelente alternativa para la recuperación de terrenos degradados o empobrecidos. Por otra parte su rusticidad permite su crecimiento en suelos degradados a la vez tolerar

sequías y heladas que son factores predominantes en las estaciones del año donde no crecen plantas cultivadas.

Por otra parte se sabe que la fertilización foliar es una alternativa para elevar la producción, y brindar al cultivo la oportunidad de desarrollar todo su potencial ya que este puede proporcionar la rápida disponibilidad de los nutrientes necesarios para las plantas. El beneficio para las plantas de los fertilizantes foliares puede ser más efectiva cuando las plantas crecen en condiciones ambientales adversas.

Teniendo en cuenta los aspectos anteriormente mencionados respecto al tarwi, la presente investigación consiste en la evaluación del crecimiento y biomasa del tarwi silvestre (*Lupinus montanus* Kunth) con fertilizantes foliares en K'iphak'iphani, municipio de Viacha, provincia Ingavi, del departamento de La Paz.

2. OBJETIVOS

2.1. General

Evaluar las características de crecimiento y biomasa del tarwi silvestre (*Lupinus montanus* Kunth) con fertilizantes foliares en el Centro de Promoción e Investigación de Productos Andinos (PROINPA) K'iphak'iphani-Viacha.

2.2. Específicos

- Determinar la cantidad de biomasa generada por el tarwi silvestre en respuesta a tres tipos de fertilizantes foliares (Crecifol, Fértil-calcio boro y Vigortop Plus).
- Evaluar tres tipos de tratamientos pre-germinativos en la semilla de tarwi silvestre.
- Evaluar el grado de tolerancia a heladas del tarwi silvestre.
- Determinar la cantidad de nutrientes en el suelo con la implementación del tarwi silvestre.

2.3. Hipótesis

- La cantidad de biomasa generada por el tarwi silvestre en respuesta a tres tipos de fertilizantes foliares (Crecifol, Fértil-calcio boro y Vigortop Plus), no estuvieron influidos por los mismos.
- Los tratamientos pre-germinativos en la semilla de tarwi silvestre no rompen la dormancia en las semillas.
- El tarwi silvestre no presenta tolerancia a heladas.
- El tarwi silvestre, no incrementa el nivel de nitrógeno, fosforo ni potasio en el suelo

3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1. 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 lupinos 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)

Alderete, (2008) sobre el lupino indica que el género tiene entre 200 y 600 especies con sus centros de biodiversidad en Europa y América, siendo las especies de plantas perenes herbáceas de 0.3 – 1.5 m de alto, algunas son anuales y existe pocos arbustivos de hasta 3 m de altura. Indica también que el Lupino fija nitrógeno atmosférico y hace disponible fósforo potasio y otros nutrientes utilizando mecanismos diversos, lo cual produce un efecto positivo para las plantas que se encuentren en su periferia actuando como fertilizante del suelo.

Los mecanismos involucrados, son la nodulación por bacterias (*Brady rhizobium*) raíces proteoideas, los cuales modifican el pH del suelo específicamente en el área de la rizósfera, lo cual por procesos químicos involucra la disposición de nutrientes como el fósforo y potasio.

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.

Además sostiene que en el nuevo mundo existen 225 especies del género *Lupinus* cuyo número de cromosomas predominan $2n = 48$, los mismos que pertenecen a dos eventos de distribución independiente, una en Norte América y otro en los Andes.

3.1.1. Requerimientos climáticos

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.

3.2. Investigaciones sobre tarwi silvestre 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.

3.3. Origen y distribución tarwi silvestre

Reynoso (2011) indica que los lupinos silvestres se distribuyen en amplio rango de zonas climáticas mediterráneas 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 (Figura.1).

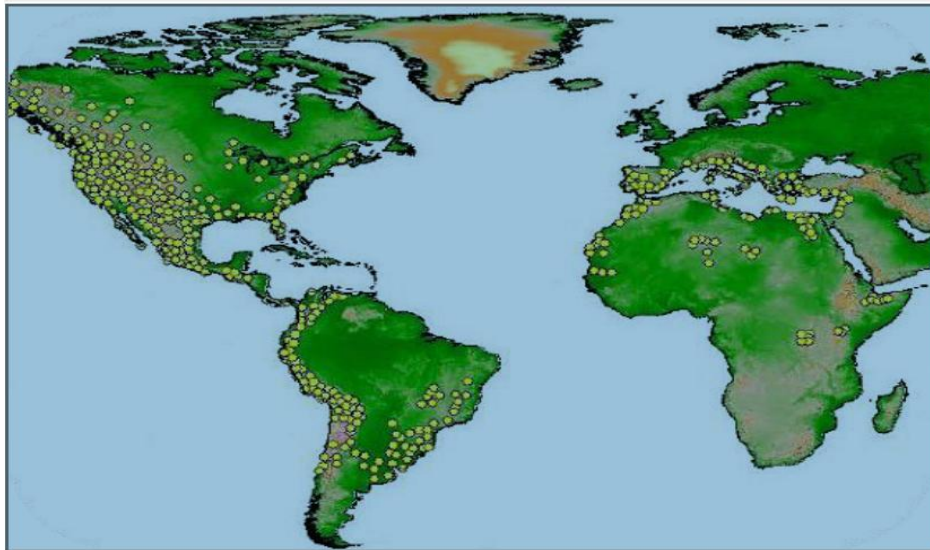


Figura 1. Distribución del género *Lupinus* a nivel mundial (Pérez 2013)

Para García y Bermúdez (sf) el *Lupinus montanus* es una planta herbácea que se desarrolla en zonas montañosas de gran altura donde hay condiciones extremas por lo que soporta múltiples presiones ambientales y climáticas a las que se ha adaptado a través de un proceso evolutivo. *L. montanus* para su adaptación a estas condiciones ha establecido relaciones multifuncionales eco-sistémicas de tipo sinecológico, dando como resultado un equilibrio ecológico dinámico. Otra adaptación importante de esta especie es su capacidad de sintetizar alcaloides quinolizidínicos como defensa contra los herbívoros, así como su asociación con bacterias fijadoras de nitrógeno, lo que le ha permitido colonizar amplias áreas. *L. montanus* forma densas poblaciones entre los 2500 y los 4200 metros sobre el nivel del mar (msnm), compartiendo su hábitat con

otras especies de gramíneas, herbáceas, helechos, cactáceas y comunidades diversas de flora y fauna.

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).

3.3.1. Descripción morfo-botánico de *Lupinus montanus* Kunth

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, celeste, rosado hasta el blanco. 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).



Figura 2. Hojas, flores y vainas de *Lupinus montanus* (Artemiza 2004).

Alderede (2008) 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. En condiciones de climas extremos logran reproducirse por medio de raíces, observándolos en la parte oriental del Tlalóc.

Fases fenológicas

Las fases fenológicas de *Lupinus silvestre* no han sido investigadas no se encuentran disponibles.

Según Izarra y López (2011) *Lupinus mutabilis* 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 del semilla característico.

3.3.2. Taxonomía del tarwi silvestre

Artemiza (2004) Ubica a los *Lupinus* en la siguiente categoría sistemática:

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Fabales

Familia: Leguminosae (Fabáceae)

Subfamilia: Papilionoideae

Género: *Lupinus*

Especie: spp.

3.3.3. Principales usos del tarwi silvestre

Artemiza (2004) indica que la utilidad de las leguminosas no se restringe solo al terreno de la alimentación, si no que existen especies que se utilizan como abono verde, para el control de la erosión, ornamentales, como insecticidas maderables y muchas de ellas son excelentes fuentes de materia prima para colorantes, para obtener taninos, fenoles, gomas, ceras o bien como portadoras de materias primas para la industria química y farmacéutica (laxantes, esteroides y antioxidantes).

Usos en la medicina

Jacobsen y Mujica (2006) señalan los usos medicinales, las posibles enfermedades que previenen y la capacidad curativa que presenta los parientes del terwi silvestre son diversos.

Diabetes (hervir harina de tarwi sin desamargar).

Males renales (agua de tarwi desamargado en forma de fomentos adicionando sal).

Eliminación de los efectos del consumo de alcohol mediante consumo directo de semillas de tarwi desamargado en frío, eliminando el desánimo, nerviosismo, cansancio y sed.

Mate de Kelas amarillas tomadas en infusión caliente, apuran el parto.

Kelas (*Lupinus silvestres*): hojas y semillas hervidas tomadas en infusión hacen que se elimine la retención menstrual de las mujeres.

Usos en la agricultura

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 organofosforados. Con ello se desarrollaría una agricultura basado en principios ecológicos, que mantendría la diversidad biológica en el suelo y que en un futuro, permita restaurar los efectos nocivos de la sequia, salinidad y daños de pesticidas.

3.4. Fertilización foliar

Villegas (2001) señala que la fertilización foliar se inició en las tres últimas décadas, en hortalizas, frutales y recientemente en cultivos anuales con aplicaciones que se han incrementado debido al bajo costo de aplicación ya que puede administrarse de manera conjunta con pesticidas y la asimilación es más rápida que con la forma tradicional (aplicado al suelo).

Chilón (1997) sostiene que la fertilización foliar es una práctica que está tomada auge en vista de los buenos resultados en los trabajos realizados. Argumenta que existen casos en que las plantas no pueden satisfacer sus necesidades nutritivas por absorción radicular por múltiples causas tales como lesiones en las raíces, carencia de elementos nutritivos en el suelo, efectos antagónicos de nutrientes, sequías muy prolongadas, elementos de poca solubilidad, etc. En estas circunstancias, lo más conveniente para corregir estas deficiencias es mediante la fertilización foliar. Su efectividad depende de la cantidad absorbida de la sustancia a través de la superficie foliar (dependiente de la composición química de las hojas) y su traslado por los conductos flemáticos.

Al respecto Mollericona (2013) sostiene que la fertilización foliar se realiza para el suministro de micronutrientes debido a que los mismos son requeridos en bajas cantidades y en momentos específicos del desarrollo de los cultivos, ya que los mismos presentan problemas de fijación cuando son aplicados al suelo (entre estos el Fe y Mn). Una de las ventajas de la fertilización foliar es, que permite una aplicación uniforme y la combinación de nutrientes con otros agroquímicos.

3.4.1. Factores que afectan la fertilización foliar

Chilon (1997) indica los factores más sobresalientes que deben ser considerados al implementar fertilizantes foliares:

La superficie mojada debe ser lo mayor posible. Considerando las tensiones superficiales de la gota del agua con la cutícula de la hoja, también la superficie inferior de la hoja absorbe de 3 a 5 veces más que la superficie superior.

La temperatura. Por ejemplo, a temperaturas de 20 y 26 °C la cutícula se ablanda y el agua es más fluida. Cuando la temperatura incrementa a 28°C se produce un secado superior disminuyendo la penetración de la solución.

Humedad relativa. Al incremento de la humedad relativa se posibilita la mayor permanencia de las gotas de solución en la superficie foliar, incrementando la probabilidad de absorción.

Edad de la hoja. Las hojas jóvenes tienen una mayor capacidad de absorción, respecto a las hojas viejas.

Características químicas de la solución aplicada. Por ejemplo, en un grado mayor se difunden a nivel foliar los fosfatos y citratos de potasio ante los cloruros y nitratos de potasio.

Luz. Al existir una óptima fotosíntesis, habrá energía disponible para la absorción activa de los nutrientes. La fertilización foliar debe realizarse durante el día.

3.5. Nutrición de las leguminosas noduladas

FAO (1991) sobre la nutrición de leguminosas indica:

Nitrógeno

Las pequeñas adiciones de nitrógeno aumentan la nodulación por las leguminosas. Las grandes adiciones parecen disminuir la fijación del nitrógeno, debido tal vez a una relación demasiado baja de hidrato de carbono-nitrógeno en la planta. La infección del pelo de la raíz se ve inhibida por una elevada proporción de nitrato. La fijación del nitrógeno atmosférico disminuye al aumentar las proporciones de fertilizante nitrogenado.

Fósforo

El número y densidad de los nódulos se ven considerablemente estimulados por el fósforo, que la proporción de fijación de nitrógeno por el nódulo se acrecienta añadiendo fósforo. En consecuencia, la adición de fósforo a un prado da por resultado un aumento en el porcentaje de leguminosas, ya que su capacidad competitiva se ve mejorada por el fósforo en relación con gramíneas asociadas.

Potasio

El potasio parece tener un efecto beneficioso para la nodulación, solamente si existen niveles suficientes de fósforo.

Manganeso

Los altos niveles de manganeso producen un efecto contrario en la simbiosis. El encalado contribuye a vencer esta toxicidad, y los altos niveles de fósforo tienden a incrementar la absorción de manganeso.

Magnesio

La principal necesidad de *Rhizobium* es el magnesio, antes que el calcio, por lo que la relación entre magnesio y el calcio debe ser de 8:1

Azufre

El azufre es importante en el metabolismo del nitrógeno porque es un componente de las proteínas y tiene importancia para la nodulación.

Boro

La falta de boro afecta al tejido nodular, la deficiencia de boro reduce la nodulación en plantas previamente inoculadas.

Cobre

Al elevar los niveles de cobre de 0,1 a 5 ^µmol por litro, aumentaba el peso de los nódulos de *Trifolium subterraneum*. Al parecer, la planta hospedante compite por el cobre con los nódulos.

Cobalto

La adición de cobalto a las soluciones de cultivo estimula la fijación del nitrógeno y aumenta el tamaño de los nódulos. Los nódulos contienen vitamina *B*₁₂ que en los nódulos rosa de *Medicago sativa* es cuatro veces más abundante que en los nódulos blancos ineficaces.

Molibdeno

El molibdeno es indispensable para la fijación del nitrógeno por las leguminosas. Las necesidades de molibdeno difieren según la especies.

Calcio

El calcio es indispensable para el crecimiento del *Rhizobium*. Estudios comprobaron que el proceso de la formación nodular depende del calcio tanto en leguminosas de clima templado como tropicales, pero la leguminosa hospedante morirá por deficiencia de calcio en el campo mucho antes de verse afectadas las bacterias.

3.6. 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.

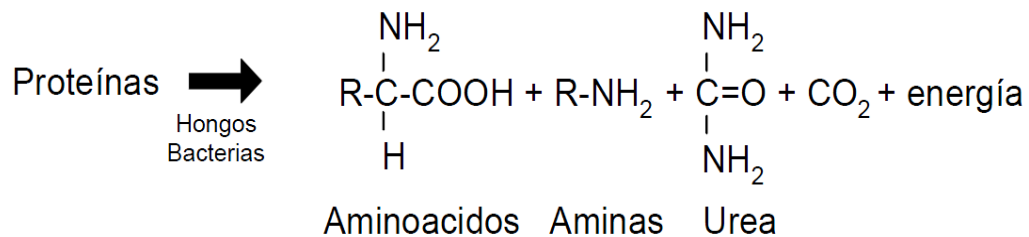
3.6.1. Ganancias del nitrógeno por el suelo

Según Caballero (2012) la fijación del nitrógeno atmosférico solo realizan algunos géneros de bacterias de actinomicetos y ciertas algas verde azuladas, una mayoría de estos procariontes fijadores viven libremente en el suelo. Estas bacterias fijadores tienen una enzima común, la nitrogenasa, que regula el proceso de fijación, transformando el nitrógeno atmosférico en amoníaco, en condiciones anaeróbicas ya que el oxígeno inactiva la nitrogenasa, logrando crear entornos internos anaeróbico en presencia de oxígeno.

3.6.2. Transformaciones del nitrógeno en el suelo

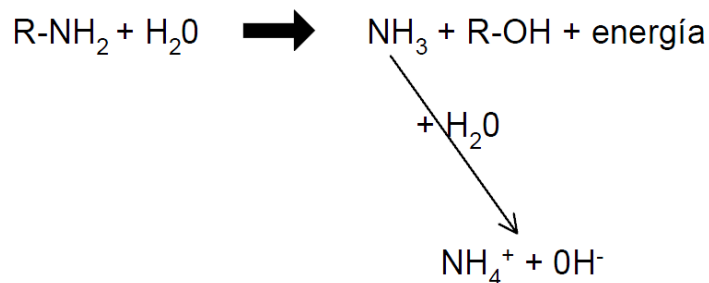
Aminización

Para Caballero (2012) la aminización es la primera etapa en el proceso de la mineralización de la materia orgánica, la materia nitrogenada que se deposita en el suelo de forma natural a la muerte del vegetal es utilizada por los microorganismos del suelo, entre ellas las bacterias que predominan en condiciones de pH neutro o alcalino, mientras que en condiciones de pH ácidas los primeros en atacar las proteínas son los hongos y como resultado de la digestión enzimática realizado por los mismos, sus componentes principales: proteínas y compuestos relacionados, son degradados a otros más simples, principalmente aminas y aminoácidos, con desprendimiento de CO₂.



Este proceso ocurre de acuerdo a la siguiente reacción (Soto, 2003):

Amonificación



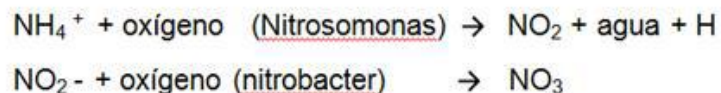
Según Caballero (2012) la amonificación comprende los primeros procesos de transformación hasta que las sustancias orgánicas llegan a presentarse como NH₄.

Los microorganismos que intervienen en estos procesos de degradación son muy variados, depende básicamente de la constitución química del material orgánico

incorporado al suelo, condiciones climáticas, y de las características del suelo donde los fenómenos de sinergia y competencia juegan un papel importante. Sin embargo las bacterias de los géneros *Pseudomonas*, *Proteus*, *Bacillus* y *Bacterium*, parecen ser los microorganismos amonificantes más extendidos, en notable proporción los distintos tipos de suelos. También intervienen muchas especies de actinomicetos y hongos.

Nitrificación

El amonio resultante de la mineralización de N orgánico y/o aplicado al suelo en forma de fertilizante, es oxidado en el suelo, pasando primeramente a nitrito (NO_2) y después se lleva a cabo la conversión de NO_2 a NO_3 . Al conjunto de estos procesos se llama nitrificación (Caballero, 2012).



En la primera reacción de transformación a nitritos la realizan los grupos: *Nitrosomonas*, *Nitrosococcus*, *Nitrosospira* y *Nitroglea*, en el segundo paso a nitratos la realizan bacterias como *Nitrobacter* y *Nitrosystis*.

3.6.3. 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. Entonces, las bacterias empiezan a penetrar las paredes de la raíz de la planta, estimulando con una sustancia hormonal el crecimiento de los nódulos. En estos nódulos viven, se reproducen e intercambian nutrientes con la planta.

En ese intercambio la planta da azúcares a las bacterias, y las bacterias toman nitrógeno del aire, lo transforman en nutriente aprovechable para la planta y de esa manera brindan este alimento básico a la planta.

Las bacterias se especializan en ciertas plantas, por ejemplo, la alfalfa convive con especies fijadoras distintas a las del frijol. Por lo mismo, cuando se siembra una leguminosa nueva en un terreno, tienen que desarrollarse bacterias adecuadas y la nodulación se tarda. Los resultados mejoran en los años siguientes.

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.

3.6.4. Efecto de los factores físicos sobre la simbiosis de las leguminosas

FAO (1991) señalan los factores físicos que influyen en la simbiosis son: el aire, la humedad, la luz, la temperatura y la reacción del suelo.

El aire

Un suelo de buena estructura que permite el libre acceso del aire tiene un efecto beneficioso sobre la actividad de los rizobios.

La humedad

El contenido de humedad del suelo influye en la viabilidad de los rizobios y estos son sensibles al secado excesivo cuando se exponen al aire libre. Sin embargo, un pequeño número de ellos sobreviven durante mucho tiempo en el suelo secado al aire, probablemente en las películas de humedad higroscópicas que rodean las partículas del suelo. El exceso de agua puede reducir la ventilación y por lo tanto la supervivencia de las bacterias.

El crecimiento máximo y la máxima nodulación de las leguminosas se producen por lo general en suelo con un contenido de agua del 75 al 85 por ciento de su capacidad de retención de agua.

La luz

Para obtener la máxima nodulación y fijación del nitrógeno es necesaria una intensidad de luz óptima. Se ha demostrado que el rociado con solución de azúcar aumenta la fijación del nitrógeno.

La temperatura

Un descenso de 5°C por debajo de la temperatura óptima del suelo reducía la cantidad de nitrógeno fijado en 4,5 por ciento, mientras que un aumento de 4°C por encima del óptimo hacía reducir la fijación del nitrógeno en 5 por ciento.

3.7. Dormición y propagación de semillas

3.7.1. Dormición

El *Lupinus montanus* presenta una dormición física, pues su semilla germina mejor después de aplicarle tratamientos pregerminativos escarificatorios destinados a reblandecer la cubierta seminal (Acosta y Rodríguez, 2005).

Martínez (2005) menciona que la dormición de semillas es una característica de algunas especies, estos impedimentos pueden deberse a dos causas:

- El medio no es favorable para el crecimiento vegetativo a causa de una escasa disponibilidad de humedad, aireación o por una temperatura inadecuada. Que a este tipo de inhibición se la llama *quiescencia*.
- Las condiciones del medio son adecuadas, pero el organismo tiene una combinación fisiológica tal que impide su crecimiento. Este tipo de inhibición se la denomina latencia, dormición, dormancia, o letargo.

Existiendo diferentes tipos de tipos de latencia.

1) Latencia por la cubierta de las semillas o exógena

Aunque existen otros tipos de latencia nos compete profundizar la latencia por la cubierta de las semillas o exógenas.

Latencia física. Característica de un gran número de especies de plantas, en las cuales la testa o secciones endurecidas de otras cubiertas de las semillas son impermeables. El embrión está quiescente, pero se encuentra encerrado dentro de una cubierta impermeable que puede preservar las semillas con bajo contenido de humedad durante varios años, aun con temperaturas elevadas.

Latencia mecánica. En esta categoría la cubierta de las semillas es demasiado dura (aunque no impermeable) para permitir que el embrión se expanda durante la germinación. Probablemente este factor no es la única causa de la latencia, ya en la mayoría de los casos se combina con otros tipos para retardar la germinación.

Latencia química. Corresponde a la producción y acumulación de sustancias químicas que inhiben la germinación, ya sea en el fruto o en la cubierta de las semillas.

2) Latencia morfológica o endógena

Se presenta en aquellas familias de plantas cuyas semillas, de manera característica en el embrión, no se han desarrollado por completo en la época de maduración. Como regla general, el crecimiento del embrión es favorecido por temperaturas cálidas, pero la respuesta puede ser complicada por la presencia de otros mecanismos de letargo. Dentro de esta categoría hay dos grupos

3) Latencia interna

En muchas especies la latencia es controlada en el interior de los tejidos. En el control interno de la germinación están implicados dos fenómenos separados. El primero es el control ejercido por la semi-permeabilidad de las cubiertas de las semillas, y el segundo es un letargo presente en el embrión que se supera con exposición a enfriamiento en húmedo.

4) Latencia combinada o morfofisiológica

Consiste en la combinación de subdesarrollo del embrión con mecanismos fisiológicos inhibidores fuertes.

5) Latencia combinada exógena – endógena

Se denomina así a las diversas combinaciones de latencia de la cubierta o el pericarpio con latencia fisiológica endógena.

3.7.2. Escarificación

La escarificación es cualquier proceso de romper, rayar alterar mecánicamente o ablandar las cubiertas de la semilla para hacerlas permeables al agua y a los gases, en semillas con latencia física la germinación es promovido por la escarificación física o química (Pérez y Pita, 1999)

A continuación un detalle algunos mecanismos de escarificado (Pérez y Pita, 1999 y Mérola y Díaz, 2012).

La escarificación mecánica consiste en raspar la cubierta de las semillas con lijas, limas o quebrarlas con un martillo. Si es a gran escala se utilizan máquinas especiales como tambores giratorios recubiertos en su interior con papel lija, o combinados con arena gruesa o grava.

- La escarificación con agua caliente consiste en colocar las semillas en un recipiente en una proporción de 4 a 5 veces su volumen de agua caliente a temperatura entre 77 y 100 °C. De inmediato se retira la fuente de calor y las semillas se dejan remojar durante 12 a 24 horas en el agua que se enfría gradualmente. Las semillas se deben sembrar inmediatamente después del tratamiento.
- La escarificación con ácido consiste en colocar las semillas en un recipiente no metálico y se cubren con ácido sulfúrico concentrados en proporción de una parte de semilla por dos de ácido. Durante el periodo de tratamiento las semillas deben agitarse regularmente con el fin de obtener resultados uniformes.

Según Lescano (1994) los alcaloides constituyen una protección natural de la planta, frente a determinados insectos.

3.8. Heladas

Siñani (2013) la helada es un fenómeno meteorológico, originado por el enfriamiento de la capa de aire próxima al suelo. Este enfriamiento se origina por la pérdida de calor del suelo, por irradiación nocturna en una noche despejada y con calma, a este fenómeno se denomina “inversión térmica”, por ser este un fenómeno contrario al de la gradiente vertical de temperatura disminuye con la altura, en cambio en el fenómeno de inversión térmica, la capa de aire en contacto con el suelo es más fría que la capa inmediatamente superior.

Proinpa (2009) indica que las pérdidas en la producción por las heladas en los Andes cuando alcanzan temperaturas de (-3°C a -4°C) causan una reducción estimada anual de 30% en promedio; este fenómeno ocurre cuando se forman cristales de hielo dentro del protoplasma de las células (congelación o helada intracelular), mientras que el daño indirecto puede ocurrir cuando se forma hielo dentro de las plantas pero fuera de las células. Lo que realmente daña las plantas no son las temperaturas frías sino la formación de hielo

Snyder y De Melo-abreu (2010) definen la helada en dos ámbitos: “advectica” y “radiativa”.

a) Heladas de radiación: Son acontecimientos usuales. Se caracterizan por presentar un cielo despejado, en calma o con poco viento, inversión de temperatura; temperaturas del punto de rocío bajas y temperaturas del aire que normalmente caen por debajo de 0°C durante la noche pero que están por encima de 0°C durante el día.

b) Heladas de advección: Se producen cuando el aire frío fluye en un área, para remplazar el aire más caliente que estaba presente antes del cambio meteorológico. Está asociada con condiciones de nubosidad, vientos de moderados a fuertes, sin inversión de temperatura y baja humedad. A menudo las temperaturas caerán por debajo del punto de fusión (0°C) y permanecerán así todo el día. Siñani (2013).

Según Matias *et al.* (2001) los tipos de heladas se clasifican según el origen climático (heladas por advección, por radiación y por evaporación), época de ocurrencia (helada primaveral, otoñal e invernal) y por el aspecto visual (helada negra y blanca).

4. LOCALIZACIÓN

La presente investigación se realizó en el centro experimental K'iphak'iphani, perteneciente a la institución, Fundación para la Promoción e Investigación de Productos Andinos (PROINPA).

4.1. Ubicación geográfica

El Centro de Facilidades para la Investigación y capacitación K'iphak'iphani se encuentra a 4 Km de la ciudad de Viacha. Esta comunidad pertenece a la Provincia Ingavi del departamento de La Paz. Geográficamente está situada a $16^{\circ} 40'30''$ Latitud Sur y $68^{\circ} 17'58''$ Longitud Oeste a una altitud de 3880 m.s.n.m. (www.proinpa.org.2013).

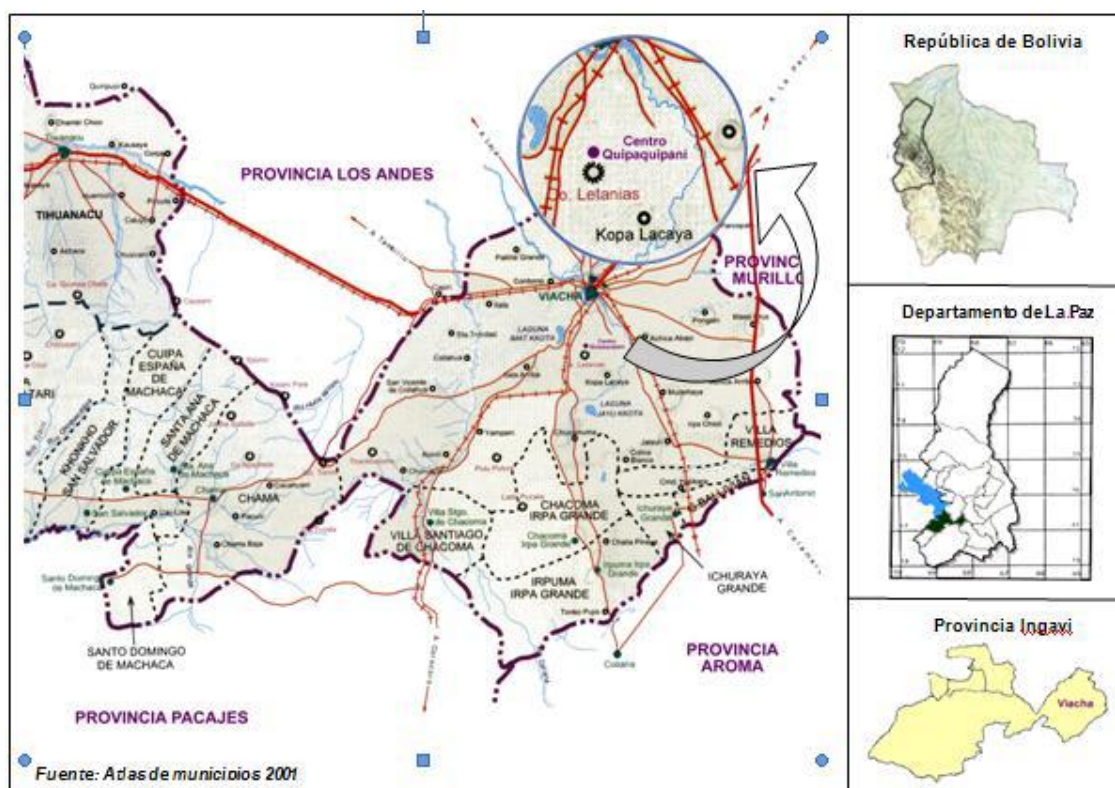


Figura 3. Ubicación geográfica de la Estación Experimental K'iphak'iphani

4.2. Características ecológicas

4.2.1. Clima

Según las características climáticas, K'iphak'iphani tiene un clima subtropical y se encuentra fuertemente influenciado por la altitud de 4000 msnm, factor que baja considerablemente las temperaturas (www.proinpa.org. 2013).

4.2.2. Precipitación pluvial

La estación húmeda se extiende generalmente durante cuatro meses, desde diciembre a marzo, con el 70% de precipitación anual. La estación lluviosa se acentúa durante los meses de diciembre, enero y febrero, con el 20% de lluvia en cada uno (PDM Municipio de Viacha, 2006- 2010)

4.3. Vegetación

La zona presenta predominio de vegetación en especies nativas de tipo herbáceo y perene arbustivas, con predominio pertenecientes a la familia Poaceas (gramíneas).

Entre especies cultivadas:

- Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd)
- Cañahua (*Chenopodium pallidicaule* A.)
- Papa (*Solanum tuberosum* L.)
- Cebada (*Hordeum vulgare*)
- Oca (*Oxalis tuberosa*).

Principales especies silvestres:

- *Erodium cicutarium* (reloj - reloj)
- *Eragrostis curvula* (pasto llorón)
- *Bromus uniloides* (Cebadilla)
- *Distichlis unilis* (Chiji)
- *Stipa ichu* (paja brava)
- *Chenopodium* sp. (Quinoa silvestre o ajara)
- *Solanum* sp. (papa silvestre)
- *Taraxacum officinalis* (Diente de león)

- *Brassica campestris* L. (Mostaza blanca)
- *Parastrephia lepidophylla* (T'ola)

Huanca (2007) y Orihuela (2008).

4.4. Suelo

Según el Instituto de Ecológico de la UMSA los suelos de Viacha presentan una textura franco arcillo arenoso, con un pH ligeramente básico con contenido de materia orgánica moderado, con una relación de nitrógeno total baja y alta en cuanto al fósforo y potasio (Orihuela, 2008).

Los suelos de la zona son de origen coluvial con deposiciones finas, presentan una profundidad efectiva de 25 a 32 cm, ofreciendo bastante facilidad de laboreo y que responde adecuadamente a la incorporación del material orgánico e inorgánico. Los suelos son normalmente muy poco permeables en todo el perfil (PDM Municipio de Viacha, 2006-2010).

4.5. Fisiografía

La fisiografía comprende algunas colinas, entre ellas la colina de Chonchocoro Santa Bárbara y también el sistema de colinas cruzando el río Pallina, al oeste se ubica la principal cantera de explotación de piedra caliza de la industria cementera Viacha (PDM Municipio de Viacha, 2006-2010).

4.6. Hidrografía

Los principales ríos que lo atraviesan son: El río Katari que atraviesa la parte Oeste del municipio de sur a norte, el río Jach'a Jahuirá, el mismo que divide en dos al municipio de Viacha, este río en su cauce por el territorio municipal cambia de nombre a río Pallina. Por otra parte Viacha cuenta también con otros ríos como: Wia Vinto, Achicala, Kollpa Jahuirá, Collana. Así mismo presenta lagos y lagunas como: Khala Chaka, Viliroco, Imat Kota o agua Milagro, laguna de Jayu Puchu, Jayu Kota, Lago Sojaria (PDM Municipio de Viacha, 2006-2010).

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Materiales

5.1.1. Material vegetal

El material vegetal en estudio fue tarwi silvestre perteneciente a la especie (*Lupinus montanus* Kunth) proporcionado por PROINPA.

5.1.2. Fertilizantes foliares y su composición química

Cuadro 1. Composición del Fertil Calcio-Boro

Composición Química	Proporciones	Descripción	Mecanismo de acción
Calcio (CaO)	110 g/ L	FCB, es un fertilizante foliar líquido totalmente asimilable a través de las hojas y talos verdes. Ideal para prevenir y corregir las deficiencias y reducir la caída de flores y frutos donde se presentan los periodos más críticos.	FCB, ayuda al crecimiento de la planta, aumenta la energía, acelera el flujo de nutrientes hacia la célula, forma pectatos de calcio en la pared celular. Activa las funciones catalíticas y neutraliza algunos ácidos orgánicos. El boro es esencial en el metabolismo del nitrógeno y los carbohidratos.
Boro (B)	10 g/ L		
Molibdeno (Mo)	52 mg/ L		
Cobalto (Co)	13 mg/ L		
Ácidos húmicos	1.3 g/ L		
Vitaminas C y E	2.6 g/ L		

Fuente: Fertil Calcio-Boro.

Composición del Crecifol

Crecifol 10-30-10 es un fertilizante foliar líquido que contiene además de los tres elementos mayores, nitrógeno, fosforo y potasio, diez (10) elementos menores y un adherente especial.

Se recomienda para ser aplicado durante las etapas de desarrollo, floración y fructificación de las plantas. Ayuda a impedir la caída de las flores, la mala formación y la caída de los frutos, corrige los defectos de una excesiva fertilización de nitrógeno. En general el Crecifol 10-30-10 se recomienda en todos aquellos casos en que se requiere la aplicación de fertilizantes completos.

Composición del Vigor top

Vigor Top. Es un abono líquido que está compuesto por ácidos orgánicos (húmicos y fúlvicos) extraído del humus de lombriz e ingredientes complementarios, ricos en fitohormonas obtenidas del Marat (*Moringa olerifera*) complementada con brasinoloideos extraídos de la mostacilla

Sus principales características son:

- Promueve el crecimiento, el aumento y fortalecimiento de la raíz, el follaje y mejora la tasa fotosintética.
- Disminuye la caída de flores y estimula el cuajado de frutos, incrementando los rendimientos de los cultivos.
- Estimula el crecimiento de plantas afectadas por la sequía o la helada, porque promueve un rebrote vigoroso del follaje.

Modo de acción

Vigor Top Atrapa los micronutrientes disponibles en el medio (efecto de quelato), estabiliza el pH (efecto tampón) y genera condiciones para el crecimiento de microorganismos.

Cuadro 2. Composición del vigor top

Composición	(%)	Compatibilidad
Ácidos húmicos y fúlvicos	95%	Es compatible con todos los insumos orgánicos y sintéticos.
Extracto de brasicas	4%	
Extracto de Marat	1%	
TOTAL	100%	

Fuente: Vigor top Plus.

5.1.3. Material de campo

- Equipo de aspersión (Mochila)
- Aspersor de agua
- Picota
- Pala
- Azadón
- Letreros
- Estacas
- Bolsas plásticas
- Sobres de papel
- Máquina fotográfica y otros

5.1.4. Material de laboratorio

- Balanza de precisión.
- Estufa.
- Las muestras obtenidas de suelo fueron analizadas en predios de laboratorio perteneciente al (IBTEN) Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear.

5.1.5. Material de escritorio

Material de gabinete tales como equipo de computación con procesador de texto y programa estadístico.

5.2. Métodos

La investigación se realizó entre el mes de marzo de 2014 a febrero de 2015, aprovechando un campo previamente establecido con lupino silvestre. Cabe recalcar que la aplicación de tratamiento y las evaluaciones se realizaron en periodo que incluyen invierno, primera y verano caracterizados por sequía, helada, y periodo lluvioso.

El presente trabajo de investigación se realizó de acuerdo a la siguiente sucesión de actividades:

5.2.1. Muestreo y análisis de suelo

El muestro de suelo se realizó: empleando el método de zig-zag, posteriormente, se procedió a mezclar las muestras para luego ser cuarteada de esa forma se obtuvo una mezcla homogénea a una proporción de 1 kg aproximadamente.

El análisis del suelo se efectuó en el Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear (IBTEN).

5.2.2. Delimitación del terreno

La delimitación del terreno se realizó de acuerdo al croquis del ensayo, para este propósitos emplearon, cinta métrica, estacas y chuntillos. Primeramente se han trazado los bloques Seguidamente las unidades para los cuatro tratamientos con sus respectivos pasillos.

Para la distribución de los respectivos tratamientos a ser incluidos en los respectivos bloques, se los realizó mediante el método completamente al azar, cuidando que no se repitan el orden dentro de cada bloque.

La parcela experimental ocupó un área total de 220.80 m².

5.2.3. Asignado de las unidades experimentales

Cabe recalcar que la investigación se dio inicio cuando las plantas presentaban una longitud aproximada de 5 a 7 cm con presencia de hojas verdaderas y algunas ramas primarias. Cuidando la homogeneidad de las plantas se procedió a colocar los marbetes respectivos de las unidades en estudio. Dichas plantas fueron casi homogéneas se utilizó un promedio estándar de altura y número de hojas.

5.2.4. Aplicación de los fertilizante foliar

La aplicación de los insumos propuestos, se realizó durante tres veces en las diferentes etapas fenológicas de la planta en estudio.

Mediante el uso de una probeta graduada se ha dosificado los insumos, luego preparado la mezcla en una mochila aspersor. La primera aplicación se realizó en la fase inicio de ramificación, la segunda aplicación fue entre las fases de inicio de

formación del escapo floral y botón floral, y la tercera aplicación fue al inicio de formación de vaina.

Cuadro 3. Composición y dosis de los fertilizantes foliares

TRATAMIENTO	NOMBRE COMERCIAL	COMPOSICIÓN	DOSIS
T1 (testigo) No fue sometido a ningún tipo de tratamiento			
T2	Férril-Calcio Boro	macro nutrientes	50 ml/mochila de 20 l de agua.
T3	Crecifol	macro y micro nutrientes,	50 ml/mochila de 20 l de agua.
T4	Vigor top	Fertilizante foliar orgánico	500 ml/mochila de 20 l de agua.

5.3. Labores culturales

Las labores más relevantes que se realizaron durante la etapa de estudio fueron riego, control de malezas y control de plagas y enfermedades.

5.3.1. Riego

Para el normal crecimiento y desarrollo de la planta se procedió al respectivo suministro de agua durante diferentes épocas, especialmente en las de otoño invierno y parte de la primavera. El riego fue mediante aspersión procurando el riego uniforme en la parcela ya que este factor no fue objeto de estudio.

5.3.2. Desmalezado

Con el fin de evitar la competencia por nutrientes entre maleza y cultivo se procedió al desmalezado en forma manual para rebajar la densidad de las malezas, específicamente aquellos próximos a la planta. Esta labor se realizó en dos oportunidades según la presencia de malezas.

5.3.3. Controles de plagas

Conociendo los antecedentes de posible presencia de plagas, se procedió a realizar tratamientos preventivos contra plagas, para lo cual se aplicó un repelente compuesto

por aceite de eucalipto, a una dosis de 3ml en 10 litros de agua y adherente-emulsionante comercial Gomax. Dicha actividad se realizó una vez por semana en el primer mes del trabajo.

Pese a los tratamientos preventivos aplicados en la etapa de elongación del tallo principal se presenció el ataque del gorgojo barrenador (*Apion* spp.) lo cual se logró controlar.

5.4. Evaluación de tolerancia a heladas

Una vez llegado la época de invierno se procedió con la evaluación de daño en las plantas mediante una escala simple porcentual de severidad, ya que autores indican que el tarwi silvestre es tolerante a heladas y no tiene un método específico para evaluar.

5.5. Toma de muestras para el cálculo de acumulación de biomasa

Se consideró lo siguiente, peso de materia fresca, porcentaje de contenido de humedad y porcentaje de materia seca, los mismos fueron evaluados en la fase de floración y fase final de fructificación.

Se procedió con la extracción 5 plantas por unidad experimental en época de plena floración, cuando más del 50% de las plantas presentaron el escape floral. Las muestras obtenidas fueron de la parte aérea y la parte radicular.

Con la ayuda de herramientas como: picota, chontilla, palas, etc. se procedió a extraer muestras debidamente identificadas por marbetes. En esta etapa se logró identificar el inicio de desarrollo de los nódulos, por tanto la práctica se realizó con mucho cuidado evitando que la raíz y los nódulos no se dañen. Posterior a ello se procedió con el lavado de las raíces, con el fin de eliminar presencia de suelo que se encuentran adheridos a la raíz y nódulos.

Las muestras fueron pesados y registradas para obtener el peso de materia fresca, posteriormente fueron introducidas a un estufa eléctrica en el laboratorio, perteneciente a la Estación Experimental de Choquenaira con el fin de obtener los datos del porcentaje de materia seca y por diferencia el porcentaje de contenido de humedad.

Reiterar que en la fase final de fructificación del cultivo se realizó el anterior método con la diferencia que las muestras fueron divididos en diferentes componentes de la planta: parte aérea, raíz mas nódulos y nódulos, esto con el fin de lograr mayor detalle especialmente en el área de la raíz ya que se pudo presenciar mayor cantidad de nódulos.

5.6. Peso fresco y seco de nódulos

Una vez extraída las muestras de raíces con nódulos se procedió al separado de los nódulos de raíces. Mediante la ayuda de un bisturí posterior a ello se registraron los pesos frescos y secos tras ser sometidos a temperaturas de 70°C por un lapso de 72 horas.

5.7. Colecta de semillas del tarwi silvestre

La recolección de las vainas, se realizó de día por medio aproximadamente, debido a que la planta presenta maduración gradual de semilla y las vainas son dehiscentes.

Las vainas maduras fueron colectadas manualmente y depositadas en sobres de papel para cada planta de cada unidad experimental correspondiente.

5.7.1. Cantidad de vaina y semillas por planta

Se recolectó las vainas mismas que fueron evaluadas en base al número de vainas y número de semillas por planta.

5.7.2. Tratamientos pre germinativos en semillas

Conociendo que la semilla de tarwi silvestre presenta dormición y con finalidad de generar procedimientos para manejo dirigido de la especie, se los sometió a tres diferentes métodos de tratamientos pre-germinativos: método escarificado por agitación en licuadora con y sin agua y método de semillas frescas conservadas. De esta forma fueron sometidos a germinación en laboratorio.

Para el método escarificado con licuadora, se procedió con el conteo respectivo de 150 semillas, los cuales sumergidos en 1/3 de agua fue licuado en un tiempo promedio de 7.5 segundos, para posteriormente ser sometidos a pruebas de germinación en

laboratorio. Donde fueron evaluadas a las 24 y 48 horas. El mismo método se empleó para el método de escarificado sin agua.

El método de semillas frescas refrigerado o conservado consistió, en la colecta de vainas maduras y frescas, las cuales extraídas las semillas, fueron colocadas en pequeños frascos de vidrio cerrados herméticamente para luego ser refrigerado por un lapso de tiempo de 185 días. Posterior a este se sacaron las muestras para ser sometidos a pruebas de germinación en laboratorio.

5.8. Toma de muestras de suelo para la evaluación de aporte de nitrógeno, fosforo y potasio

Se extrajo muestras de suelo a la finalización de la parte experimental de la investigación, el muestro fue en forma de zigzag, en cada una de las unidades experimentales Las mismas se las extrajo a una profundidad aproximada de 15 a 20 cm de profundidad, se procedió con la mezcla de suelo por tratamiento para luego ser cuarteada así se obtuvo una mescla homogénea así obtener una muestra única de 1 kg. Las muestras fueron identificas por tratamientos y enviadas al laboratorio de suelos del IBTEN para su análisis químico.

5.9. Diseño experimental

Para el presente trabajo de evaluación de crecimiento y formación de biomasa con fertilizantes foliares de tarwi silvestre, se estableció el Diseño de Bloques Completos al Azar, con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones.

5.9.1. Modelo lineal aditivo

Según Arteaga (2004) el modelo estadístico es el siguiente:

$$X_{ij} = \mu + \beta_j + \alpha_i + \varepsilon_{ijk}$$

Dónde:

X_{ij} =Cualquier observación

μ =Media aritmética poblacional

β_j =Efecto j – ésimo del bloque

α_i =Efecto i – ésimo de tratamiento

ε_{ijk} =Error experimental

5.10.2. Croquis experimental

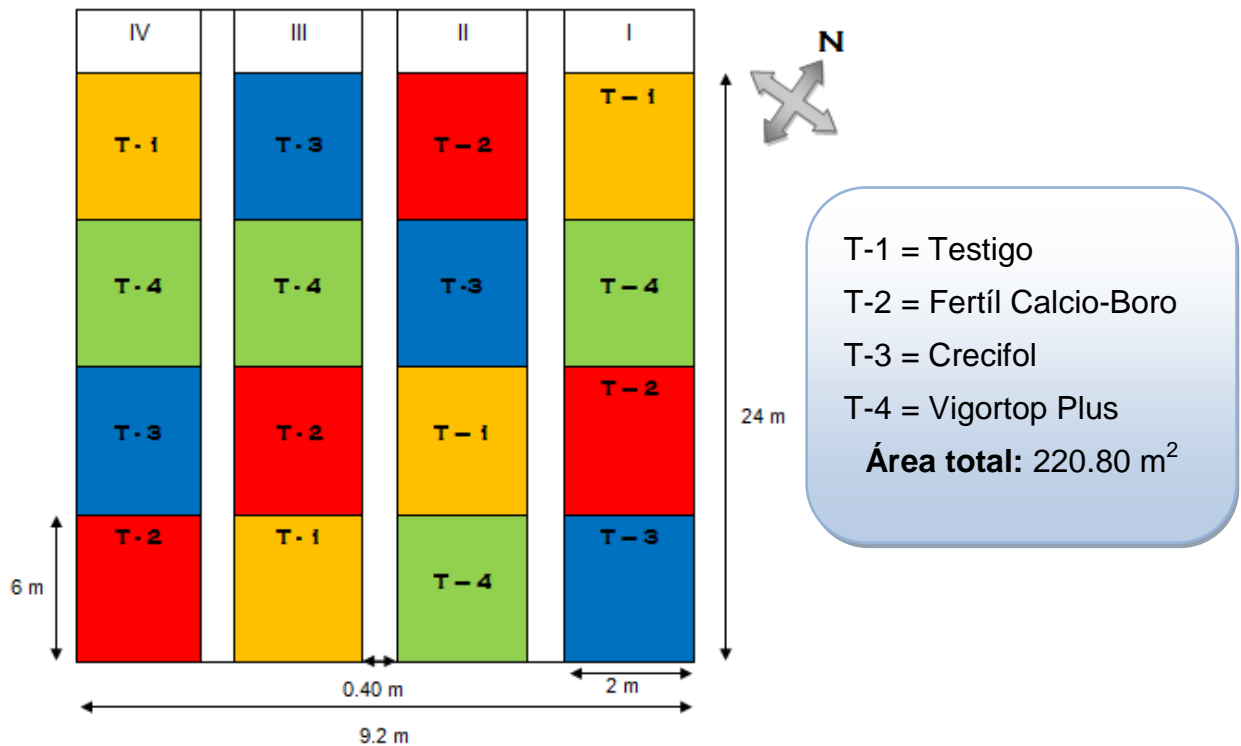


Figura 4. Croquis experimental

5.10. Variables de respuesta

5.10.1. Altura de planta

Para determinar esta variable se procedió con la toma de datos a lo largo del ciclo fenológico de plantas, lo cual consistió en la toma de datos semanales, utilizando una regla graduada en centímetro, registrando dos alturas: una desde el cuello hasta la última hoja expandida y otra que constó midiendo desde el cuello de la planta hasta el ápice tras encontrarse en la fase de madurez fisiológica.

5.10.2. Número ramas

Se hizo el conteo del número de ramas primarias y secundarias por planta para cada tratamiento, tomando 5 plantas por tratamiento, elegidas al azar.

Cuando las plantas llegaron a la fase de inflorescencia de las ramas primarias y ante la evidencia de ramas secundarias, se contó con la presencia de ramas secundarias y terciarias.

5.10.3. Número de inflorescencia por planta

El número de inflorescencia por planta se presentó en función del número de ramas, se evaluó esta variable cuando más del 50% de las plantas iniciaron la floración. Donde el comportamiento de la aparición de ramas con inflorescencia mostró un comportamiento gradual, primeramente en ramas primarias y posteriormente, la aparición de inflorescencia en ramas secundarias y de otros órdenes.

5.10.5. Evaluación de biomasa y mejor respuesta ante los fertilizantes foliares

La determinación del peso de materia fresca, porcentaje de humedad y materia seca se evaluó en dos fases, una en la fase de inicios de floración y otra en la fase de madurez fisiológica.

5.10.5.1. Peso de materia fresca

Inicialmente se identificaron 5 muestras de plantas por tratamiento, las mismas que fueron tomadas aleatoriamente. Las muestras fueron extraídas en forma íntegra empleando una picota y una pala cuidando de no dañar las raíces.

Una vez extraídas las muestras se realizó el respectivo lavado de la parte radicular de la planta, con el fin de eliminar restos de suelo, separándolos en diferentes componentes (parte aérea) y (raíz, nódulos) Posteriormente se obtuvo el peso fresco de toda la planta en una balanza digital.

5.10.5.2. Porcentaje de materia seca

Las muestras fueron colocadas en bolsas de papel con sus respectivos marbetes para luego ser trasladados a la estufa eléctrica a una temperatura de 75 °C por el lapso de 72 horas.

Posteriormente se obtuvo el peso seco de toda la planta en una balanza analítica, de esta manera obtener el porcentaje de materia seca, en base a la fórmula planteada por Cañas (1995), para especies forrajeras la cual se detalla a continuación.

$$\% MS = \frac{\text{Pesodelforrajesecho (g)}}{\text{Pesodelforrajefresco (g)}} \times 100$$

5.10.5.3. Porcentaje de contenido de humedad

Conociendo en porcentaje de acumulación de materia seca, por diferencia se registró el porcentaje de contenido de humedad por plantas pertenecientes a los respectivos tratamientos.

5.10.6. Cantidad de vaina y semillas por planta

Se recolectó las vainas mismas que fueron evaluadas en base al número de vainas y número de semillas por planta.

5.10.7. Tratamiento pre germinativo

Tras evidenciar la madurez fisiológica de vainas, a las cuales se procedió a la recolección de vainas maduras, donde la madurez fue de forma gradual iniciando desde el tercio inferior hacia el tercio superior del racimo.

La formación de semillas fue evaluada mediante el conteo de vainas por planta, semillas por vaina, longitud de vaina y número de gramos por planta.

Una vez obtenido la semilla fue sometido a tratamientos pregerminativos, mediante tres métodos, a) Semilla seca escarificado en licuadora con agua, b) Semilla seca escarificado en licuadora sin agua y c) semilla fresca conservada en refrigerador tras un lapso de 185 días, fueron sometidos a tratamiento pregerminativos en laboratorio.

5.10.7. Evaluación de la tolerancia a heladas

La evaluación del efecto de las heladas sobre las plantas se llegó a realizar en función de las temperaturas por debajo de 0 °C registrados en la zona de trabajo. Lo cual fue específicamente durante la estación de invierno, la severidad fue registrada mediante una escala de severidad porcentual, donde se consideraron hojas y ramas quemadas por las heladas.

5.10.8. Evaluación de presencia de nódulos

Tras ser extraídas las raíces se procedió a la evaluación de la presencia de nódulos, se registró el peso de la raíz con nódulos y luego peso de nódulos por planta y por tratamiento.

5.10.9. Longitud de raíz

La longitud de raíz se midió en plantas extraídas del suelo, las mismas que fueron consideradas desde el cuello de la planta hasta la punta de la raíz, para esto se empleó una regla graduada en cm.

5.10.10. Evaluación del efecto en el suelo

Se evaluó en dos etapas: una antes de realizar la investigación y otra al finalizar la investigación, con el fin de determinar específicamente el contenido y aporte de tres elementos como son el Nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) que fue analizado mediante procedimiento estándar de laboratorio.

6. RESULTADOS Y DISCUSIONES

6.1. Condiciones meteorológicas

En base a la información obtenida de SENAMHI, se presenta el registro de las temperaturas y precipitaciones pluviales registradas mensualmente durante la investigación.

A continuación en la figura 5 y 6 se muestra el comportamiento de temperatura y precipitación, durante el periodo de la investigación, que corresponde a los meses de abril del año 2014 a marzo del año 2015.

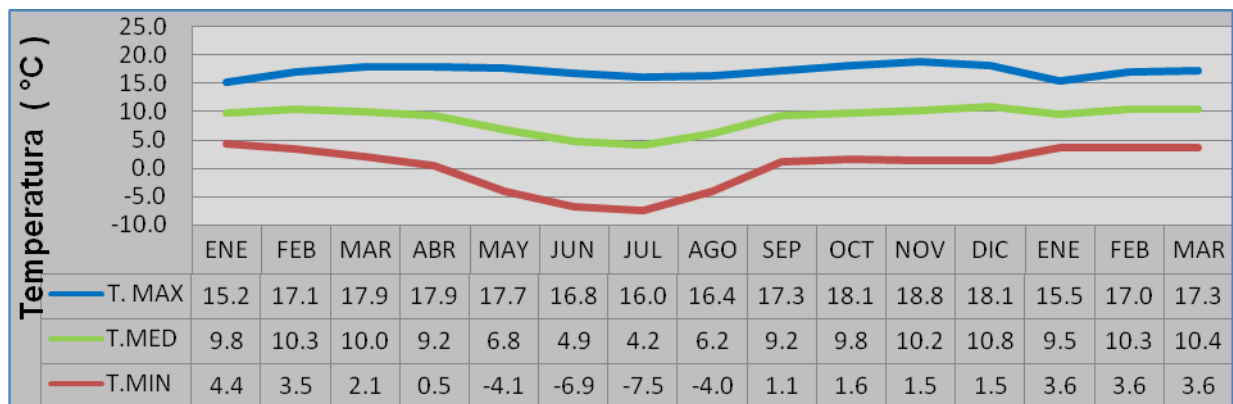


Figura 5. Comportamiento de la temperatura ambiental durante el tiempo de la investigación

Las temperaturas registradas en Viacha, presentaron una variación térmica mayor en la época de invierno, donde se alcanzó una temperatura máxima de 16 °C en el mes de agosto y una temperatura mínima de -7,5 °C en el mes de julio.

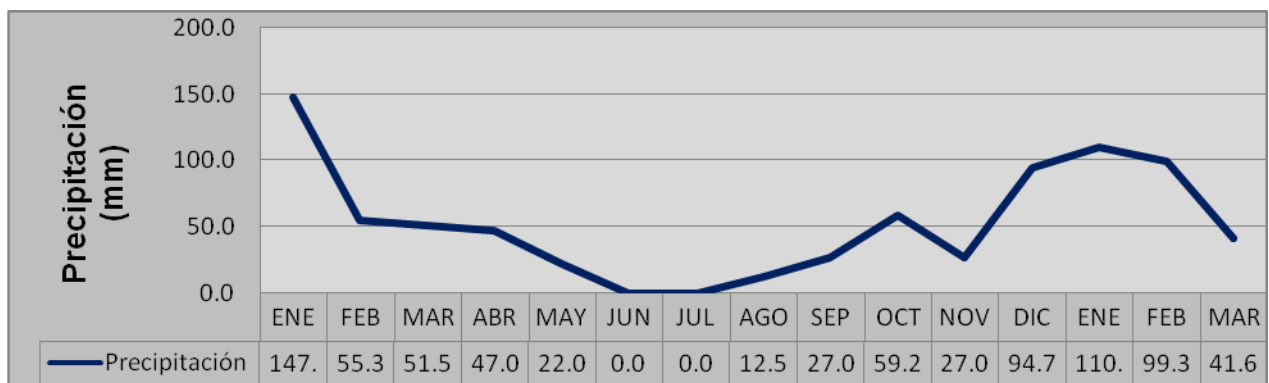


Figura 6. Comportamiento de la precipitación durante el tiempo de investigación

La curva de precipitación de la localidad de Viacha muestra el pico más alto en el mes de Enero con 147 mm con una disminución gradual y ausencia del mismo en el mes de Junio y Julio, posteriormente se presenciaron las primeras lluvias en el mes de Agosto hasta Octubre, ingresando a la estación de primavera verano.

6.2. Altura de planta

En el siguiente cuadro, se presenta el análisis de varianza para alturas al ápice y altura a la hoja expandida, donde se analiza el efecto de la fertilización foliar en el tarwi silvestre.

Cuadro 3. Análisis de varianza para altura al ápice y altura a la hoja de la última toma de dato (25-01-2015)

ALTURA AL ÁPICE							
F V	G L	S.C.	C M	F C	5%	1%	SIG.
BLOQ	3	32.449	10.816	0.423	3.86	6.99	NS
TRAT	3	180.324	60.108	2.349	3.86	6.99	NS
ERROR	9	230.285	25.587	C V = 12.3 %			
TOTAL	15	443.059					

ALTURA A LA HOJA							
F V	G L	S.C.	C M	F C	5%	1%	SIG.
BLOQ	3	17.875	5.958	0.328	3.86	6.99	NS
TRAT	3	109.625	36.542	2.011	3.86	6.99	NS
ERROR	9	163.500	18.167	C V = 13.31 %			
TOTAL	15	291.000					

* = Significativo,

Ns = No significativo,

CV = Coeficiente de variación

El cuadro 3, muestran el análisis de varianza donde las diferencias observadas en altura de planta para la fuente de variación fertilizantes foliares no son significativas tampoco existen diferencias significativas entre bloques. El valor del coeficiente de variación para la variable altura al brote es de 12.33 % y 13.31 % para la variable altura a la hoja, mismos que da confiabilidad al manejo de datos del ensayo.

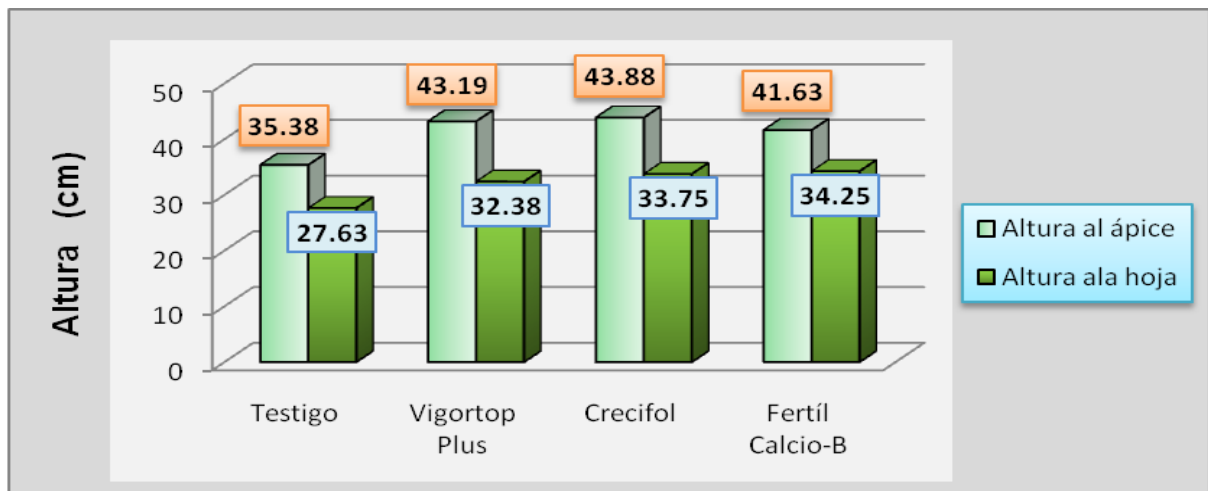


Figura 7. Altura al ápice y altura a la hoja con la fertilización foliar en tarwi silvestre

En la figura 7, se tiene la representación gráfica de los valores promedios de altura en la planta, siendo similares en todos los tratamientos, aunque en altura al ápice los tratamientos con fertilizantes foliares son superiores numéricamente al testigo específicamente el fertilizante foliar Crecifol con un promedio de 43.88 cm en altura al brote y 33.75 cm altura a la hoja.

Alderete (2008) en México evaluó la distribución altitudinal de *Lupinus* sp. El mismo registró 36 cm de altura en plantas suprimidas y 159 cm de altura en las que mejor se desarrollaron sin contar la inflorescencia, evaluadas a los 160 días de edad.

Las bondades que caracterizan a los fertilizantes foliares, permitió la superioridad en alturas con respecto al testigo, sin embargo el fertilizante Crecifol se manifestó con una superioridad en cuanto a longitud del escapo floral que fue considerado como altura al ápice ya que una de sus peculiaridades de este fertilizante es impedir la mala formación y posterior caída de flores en plantas.

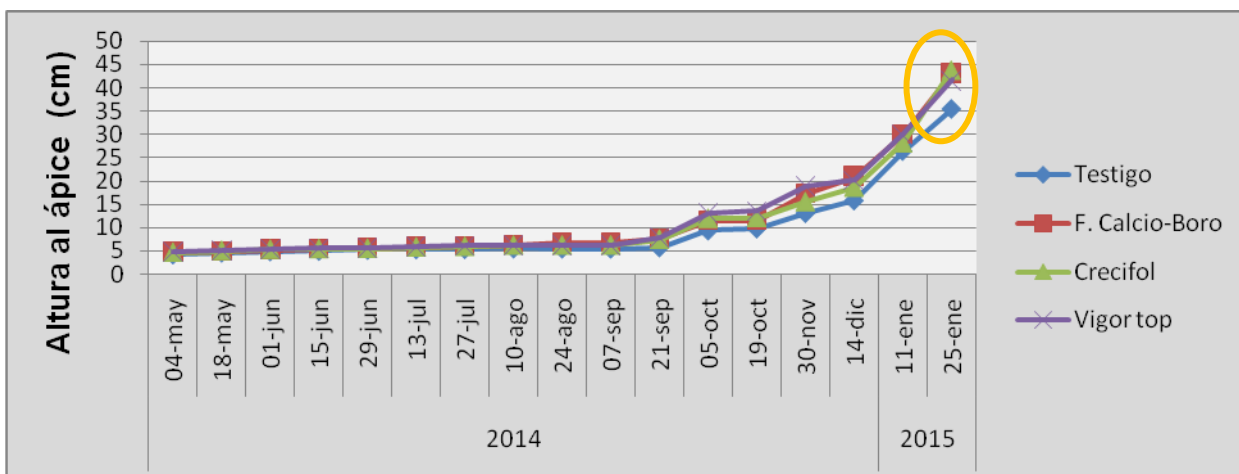


Figura 8. Comportamiento del crecimiento en altura de planta (hasta el ápice) con fertilización foliar en tarwi silvestre (*Lupinus montanus* Kunth).

En la figura 8, se muestra la curva de crecimiento de plantas de tarwi silvestre con tratamientos de fertilización foliar, observándose que en los meses de invierno el crecimiento fue similar y constante, sin embargo a partir del mes de septiembre, noviembre hasta finales del mes de enero que constituyó la época de lluvias, se puede notar un mayor crecimiento frente al testigo.

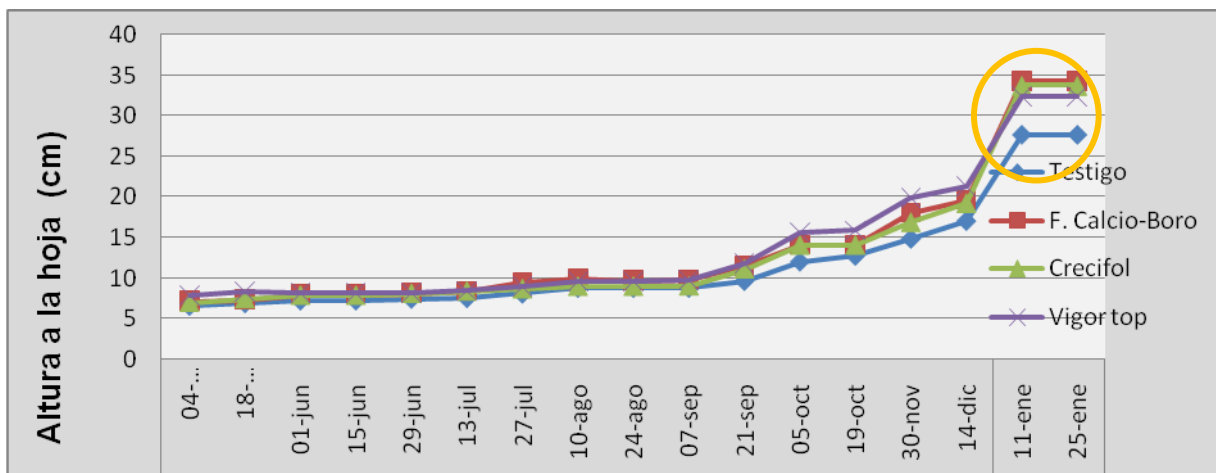


Figura 9. Comportamiento de crecimiento para altura a la hoja expandida con fertilización foliar en tarwi silvestre (*Lupinus montanus* Kunth).

En la figura 9, se observa el efecto de la influencia de los fertilizantes foliares con respecto a la altura hasta la hoja expandida. Entre los meses de mayo, julio y agosto se

tiene un crecimiento moderado debido a la estación de invierno. Entrando al mes de septiembre claramente se puede observar un mayor crecimiento. Es importante destacar en ambas figuras que el tarwi silvestre presenta un crecimiento lento en los tres primeros meses, así lo corrobora Hernández (2015) el mismo analizaba la acumulación de materia seca y fijación de nitrógeno en especies silvestres de *Lupinus*, obteniendo resultados después de los 93 días con una altura promedio de 10 cm y una escasa acumulación de materia seca, el mismo justifica que el lento crecimiento de las especies silvestres tolerantes al estrés tienen bajas tasas de crecimiento (incluso en condiciones favorables) pero una capacidad elevada de tolerar el estrés, como son las bajas temperaturas que se presentaron durante las etapas iniciales de de crecimiento. Por otro lado el mismo sostiene las especies silvestres en etapas tempranas de crecimiento sintetizan mayores contenidos de compuestos químicos como alcaloides los cuales los protegen contra los herbívoros y agentes patógenos.

Los resultados obtenidos respecto al lento crecimiento en la etapa inicial se deba probablemente a la asimilación del nitrógeno por parte de la planta, en el estudio realizado por Hernández (2015) quien demostró que en las etapas iniciales de crecimiento de *Lupinus sp.* no registró nitrógeno fijado al suelo, sin embargo encontró nitrógeno acumulado en los tejidos. Justifica que los mismos lo obtuvieron directamente del suelo y probablemente del nitrógeno almacenado en las semillas por lo que no hubo fijación de nitrógeno en los primeros 90 días. Ante la mejora de condiciones de temperatura hubo un incremento a altura probablemente a la asimilación de nutrientes por la parte foliar de la planta, la altura a la hoja expandida que fue en un inicio la máxima, se mantuvo constante ante la aparición del escapo floral.

6.3. Número de ramas primarias y secundarias

En el siguiente cuadro, se presenta el análisis de varianza para número de ramas primarias y secundarias donde se analiza el efecto de la fertilización foliar en la formación de ramas.

Cuadro 4. Análisis de varianza para número de ramas primarias y secundarias

RAMAS PRIMARIAS								
F V	G L	S.C.	C M	F C	5%	1%	SIG.	
BLOQ		3	1.688	0.563	1.976	3.86	6.99	NS
TRAT		3	3.687	1.229	4.317	3.86	6.99	*
ERROR		9	2.563	0.285	C V = 14.96 %			
TOTAL		15	7.938					
RAMAS SECUNDARIAS Y OTROS ÓRDENES								
F V	G L	S.C.	C M	F C	5%	1%	SIG.	
BLOQ		3	7.428	2.476	0.095	3.86	6.99	NS
TRAT		3	742.848	247.616	9.453	3.86	6.99	**
ERROR		9	235.762	26.196	C V = 19.47 %			
TOTAL		15	986.037					

Los resultados del análisis de varianza (cuadro 4), indican que para el factor bloques no mostró significancia para ambas variables, sin embargo para los tratamientos se mostró un valor significativo para ramas primarias, y un valor altamente significativo para el número de ramas secundarias y otros órdenes. El valor del coeficiente de variación es 14.96 %, y 19.47 %, lo cual nos demuestra confiabilidad de resultados.

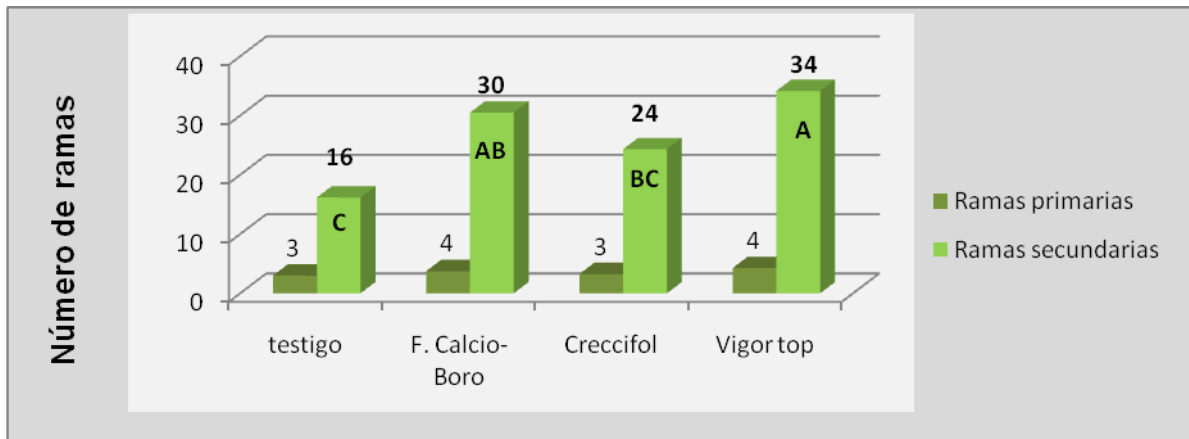


Figura 10. Número de ramas primarias y ramas secundarias

La figura 10, muestra los resultados de la prueba Duncan para el número de ramas primarias y secundarias, respecto a ramas primarias existe una ligera diferencia, lo que se debe a un proceso de inicios de asimilación de nutrientes. Con respecto a ramas secundarias, claramente se observa que los tratamientos con fertilizantes foliares tuvieron mejores respuestas en relación al testigo logrando los mejores resultados el Vigortop Plus.

Por lo tanto se puede decir que por las bajas temperaturas en la época de invierno el tarwi silvestre desarrolló ramificación basal, existiendo ligera diferencias entre ramas primarias, probablemente estas bajas temperaturas influenciaron en el desarrollo de ramas secundarias y otros órdenes, por otra parte ante la mejora de las condiciones climáticas, tales como humedad relativa, mayor asimilación de nutriente y aumento de temperatura ayudo a continuar con el desarrollo de la planta.

6.4. Número de inflorescencia por planta

En el siguiente cuadro, se presenta el Análisis de varianza para número de ramas con inflorescencia y el efecto de fertilizantes foliares aplicados al tarwi silvestre.

Cuadro 5. Análisis de varianza para número de ramas con inflorescencia

F V	GL	S.C.	C M	F C	5%	1%	SIG.
BLOQ	3	32.688	10.896	1.167	3.86	6.99	NS
TRAT	3	192.187	64.062	6.859	3.86	6.99	**
ERROR	9	84.063	9.340				
TOTAL	15	308.938					
C V = 17.93 %							

El cuadro 5, se muestra un valor no significativo para bloques, lo que representa que el efecto de la pendiente no se ha expresado, deduciendo que el suelo fue relativamente homogéneo.

Sin embargo, para los tratamientos de la variable número de ramas con inflorescencia estadísticamente presentan alta significancia. Lo que quiere decir que los tratamientos foliares han influido en el número de inflorescencias por planta.

El valor del coeficiente de variación es 17.93 % permitiéndonos confiabilidad en los resultados.

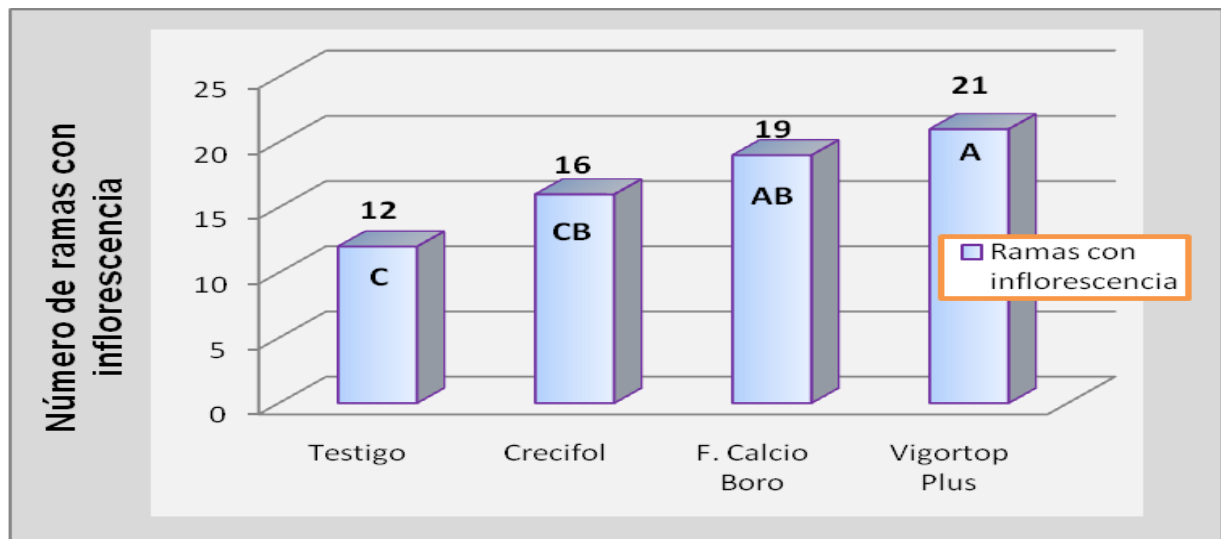


Figura 11. Número de inflorescencia por planta con fertilización foliar

La figura 11, muestra la representación gráfica de la comparación múltiple Duncan, observándose dos grupos de medias similares y detectándose el mayor número de inflorescencias con la aplicación de Vigortop Plus frente al testigo.

De lo anterior se deduce el efecto favorable de los fertilizantes foliares en la formación de ramas con inflorescencia, por lo tanto se puede determinar la importancia del papel que desempeña los nutrientes esenciales presentes en los diferentes fertilizantes foliares empleados.

6.5. Evaluación de biomasa en tarwi silvestre

6.5.1. Rendimiento de materia verde

En el siguiente cuadro, se presenta el análisis de varianza para rendimiento de biomasa en la etapa de inicios de floración y fase de fructificación.

Cuadro 6. Análisis de varianza para producción de biomasa en la fase de inicio de floración y fase de fructificación

BIOMASA EN LA FASE INICIO DE FLORACIÓN							
F V	G L	S.C.	C M	F C	5%	1%	SIG.
BLOQ	3	13.221	4.407	0.054	3.86	6.99	NS
TRAT	3	1472.375	490.792	6.043	3.86	6.99	**
ERROR	9	730.929	81.2	C V = 26.3 %			
TOTAL	15	2216.5					
BIOMASA EN LA FASE DE FRUCTIFICACIÓN							
F V	G L	S.C.	C M	F C	5%	1%	SIG.
BLOQ	3	668.078	222.693	0.511	3.86	6.99	NS
TRAT	3	20542.688	6847.563	15.701	3.86	6.99	**
ERROR	9	3925.04	436.12	C V = 21.3 %			
TOTAL	15	2216.52					

El cuadro 6, muestra las diferencias entre tratamientos para la variable producción de biomasa en dos fases. Los resultados en la evaluación en ambas fases, inicio de la

floración y fructificación reportan estadísticamente alta significancia. Lo que quiere decir que los tratamientos foliares influyen en la formación de biomasa por planta.

Las diferencias entre bloques no son significativas, lo que representa que el efecto del bloque no se ha expresado, deduciendo que el suelo fue relativamente homogéneo. El valor del coeficiente de variación en la fase inicios de floración fue de 26.32 % y 21.3 % en plena fructificación, permitiéndonos confiabilidad de resultados.

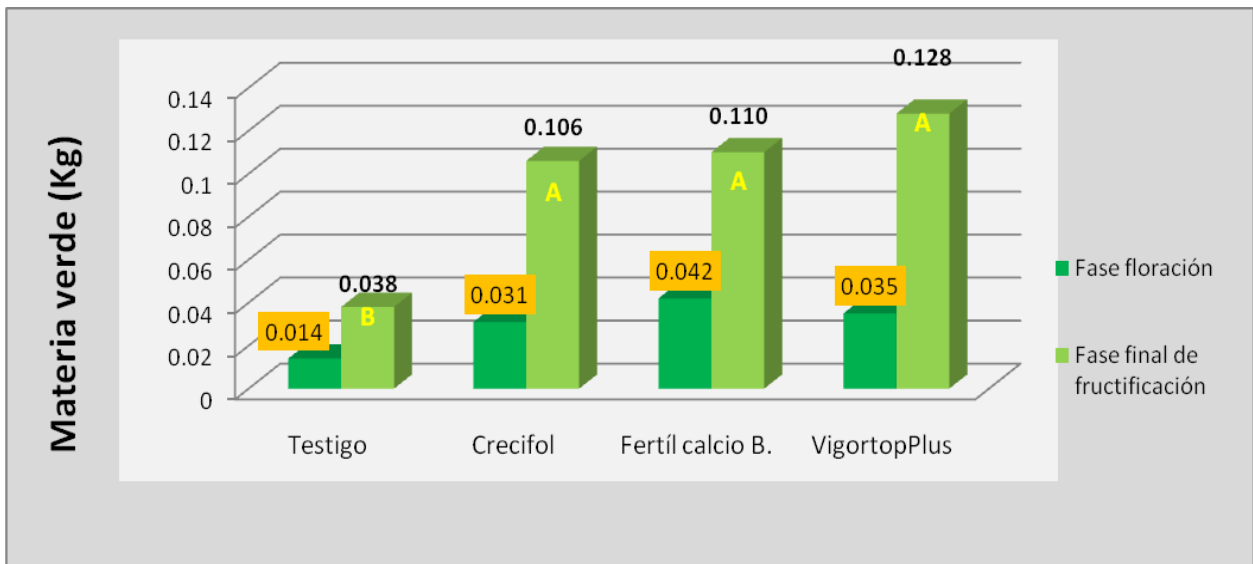


Figura 12. Rendimiento de biomasa en fases de inicio de floración y fructificación con fertilización foliar en tarwi silvestre (*Lupinus montanus* Kunth).

En la figura 12, se observa los resultados de la prueba Duncan, donde se presenta el peso fresco acumulado por la planta (biomasa), en el mismo se muestra que los tratamientos con fertilizantes foliares mostraron mejores resultados frente al testigo, En la fase de inicios de floración, el Ferríll Calcio-boro ha reportado un mayor peso promedio de 0.042 kg, el Vigortop Plus con 0.035 kg seguido del Crecifol 0.031 kg, frente al testigo que alcanzo 0.014 kg. En la fase de fructificación registro mayor promedio el Vigor top Plus con un peso promedio de 0.128 kg, Fertil Calcio-Boro 0.110 kg y el Crecifol con un promedio en peso de 0.106 kg frente al testigo que presentó un peso promedio de 0.038 kg al finalizar la investigación. Este incremento de peso se debe a la influencia directa de los fertilizantes foliares en la formación de biomasa, recibiendo calificaciones de A los tratamientos con fertilizantes foliares.

La diferencia existente entre tratamientos se debió a la influencia de los fertilizantes foliares, que contribuyeron en la formación de la totalidad de materia orgánica obtenidas por la fotosíntesis.

Alcon *et al.* (2013) respecto al rendimiento de materia verde para el ecotipo local del Altiplano Sur (*Lupinus subcaulis*) en plantas adultas los mismos alcanzan un promedio de 3 kg de materia verde por planta y 42 ton/ ha.

6.5.2. Contenido de humedad

En el siguiente cuadro, se presenta los análisis de varianza para las evaluaciones del contenido de humedad de la planta, evaluadas en fase de inicios de floración, (planta completa) y fase de fructificación (parte aérea, raíz mas nódulos y nódulos) donde se analiza la influencia de la fertilización foliar en el tarwi silvestre.

Cuadro 7. Análisis de varianza para contenido de humedad evaluadas en fase de floración y fase de fructificación (parte aérea, raíz mas nódulos y nódulos)

F V	G L	% DE HUMEDAD EN LA FLORACION		% DE HUMEDAD EN LA MADUREZ FISIOLÓGICA					
		C M	SIG.	PARTE AÉREA		RAÍZ MAS NÓDULO		NÓDULOS	
				C M	SIG.	C M	SIG.	C M	SIG.
BLOQ	3	0.166	NS	21.437	**	2.624	NS	37.882	NS
TRAT	3	2.876	NS	3.945	NS	0.633	NS	5.739	NS
ERROR	9	6.084		1.827		15.073		14.398	
TOTAL	15								
C.V.		3.36%		1.77 %		4.91 %		4.69 %	

El cuadro 7, muestra las diferencias entre tratamientos en la etapa de inicios de floración, donde estadísticamente no son significativas de igual manera ocurrió para bloques.

Para la variable contenido de humedad en la madures fisiológica en la parte aérea, reportó un valor altamente significativo entre bloques y no significativo entre tratamientos.

También muestra el análisis de varianza para contenido de humedad de la raíz con presencia de nódulos y nódulos donde se observa que no son significativas a nivel estadístico, de igual manera para bloques.

El valor del coeficiente de variación para la fase inicios de floración es 3.36 % y para la fase de fructificación (parte aérea 1.77 %, raíz mas nódulos 4.91% y nódulos 4.69 %) lo cual se encuentra en el rango permisible.

El análisis de varianza mostró un valor no significativo para esta variable por lo cual no se realizó la prueba de Duncan, sin embargo se mostró una leve diferencia en los diferentes componentes de la planta que se muestran en la figura 13.

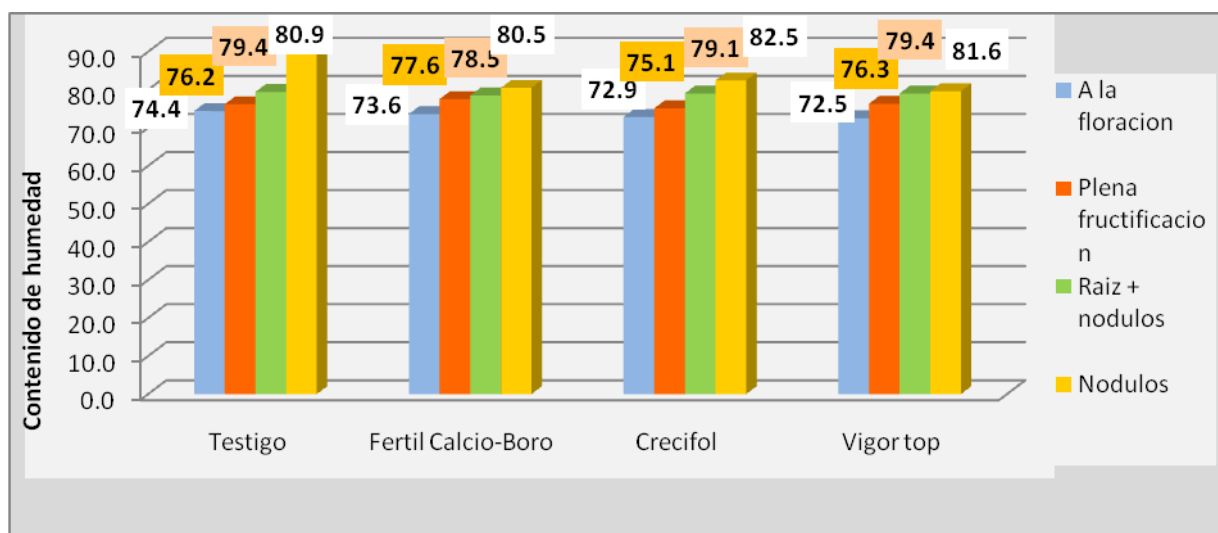


Figura 13. Contenido de humedad en fase floración (planta completa), a la fructificación (parte aérea, raíz mas nódulos y nódulos) con fertilización foliar

En la fase de inicios de floración no mostró variabilidad en cuanto al porcentaje de humedad, en la fase de plena fructificación la parte aérea compuesta de tallo mas hojas registró valores (de 77.6 % a 75.1% de humedad respectivamente), en la raíz mas nódulos (79.4% a 78.5%de humedad respectivamente) y nódulos (82.5% a 80.5% de humedad respectivamente). Por lo tanto los nódulos presentaron mayor porcentaje de contenido de humedad.

Pérez (2013) evaluó la caracterización del valor nutritivo de cinco especies perteneciente al género *Lupinus*, Donde en la fase de floración registró porcentajes de humedad en hojas mas tallo de 68.7% (*Lupinus sp.*) a 82.6% (*Lupinus exaltatus*).

Mediante los resultados obtenidos se logró determinar que el contenido de humedad en la planta no se mostró influenciados por los tipos de fertilizantes foliares, sin embargo presenta variabilidad de contenido de humedad en los diferentes componentes de la planta, registrando mayor porcentaje en los nódulos debido a que el principal componente de los nódulos son bacterias fijadoras del nitrógeno.

6.5.3. Porcentaje de materia seca

En el siguiente cuadro, se presenta los análisis de varianza para las evaluaciones del porcentaje de materia seca en fase de inicios de floración, y fase de fructificación (parte aérea, raíz mas nódulos y nódulos) donde se analiza la influencia de la fertilización foliar en el tarwi silvestre.

Cuadro 8. Análisis de varianza para porcentaje (%) materia seca a la floración y fase de fructificación (parte aérea, raíz mas nódulos y nódulos)

F V	G L	MS. A LA FLORACION		MS. A LA MADUREZ FISIOLÓGICA					
		C M	SIG.	PARTE AÉREA		RAÍZ MAS NÓDULO		NÓDULOS	
				C M	SIG.	C M	SIG.	C M	SIG.
BLOQ	3	0.165	NS	21.824	**	2.688	NS	37.868	NS
TRAT	3	2.884	NS	4.084	NS	0.501	NS	5.732	NS
ERROR	9	6.081		1.825		14.667		14.4	
TOTAL	15								
C.V.		9.2%		5.7 %		18.2 %		19.8 %	

El cuadro 8, muestra las diferencias entre tratamientos en la etapa de inicios de floración, donde estadísticamente no son significativas y tampoco presentó significancia en los bloques.

En el mismo cuadro se observa los resultados del análisis de varianza de materia seca para la fase de fructificación donde los mismos fueron sometidos en diferentes

componentes parte aérea (hojas mas tallo, raíz con nódulos y nódulos) donde se observa que las diferencias atribuibles al factor tipos de de fertilizantes foliares no son significativas a nivel estadístico, y tampoco lo son entre bloques.

El valor del coeficiente de variación para la fase inicios de floración es 9.2 % y para la fase de fructificación (parte aérea 5.7 %, raíz mas nódulos 18.2% y nódulos 19.8 %) lo cual se encuentra en el rango permisible para trabajos de campo ya que es menor al 30 %.

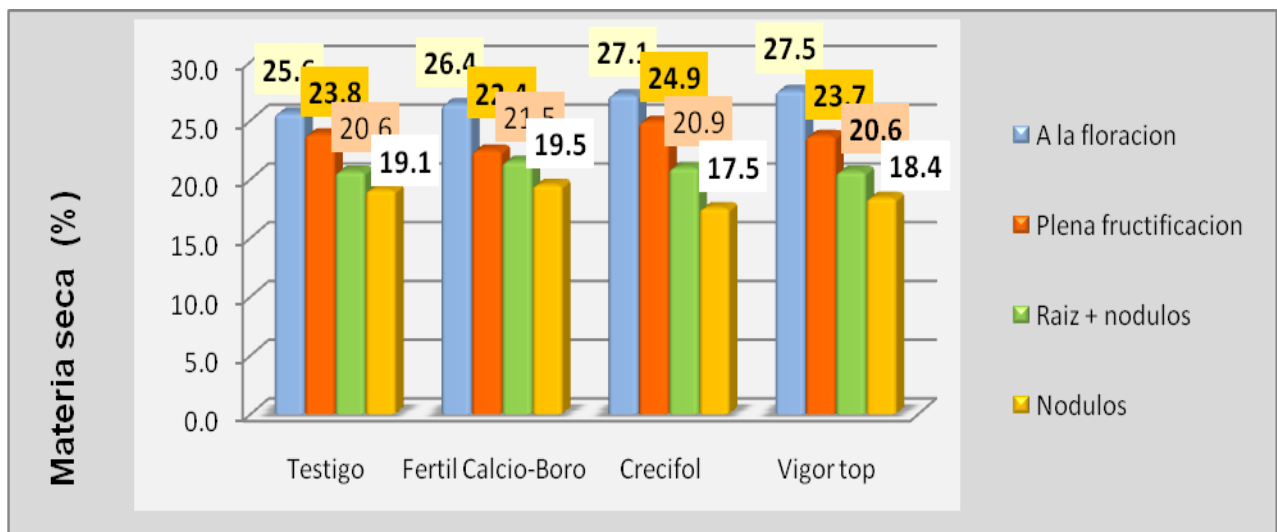


Figura 14. Porcentaje (%) materia seca en la fase de floración y fase de fructificación con fertilización foliar

La figura 14, muestra la representación gráfica de promedios donde muestra el porcentaje de acumulación de materia seca en ambas fases. En la fase de inicios de floración reportó mayores promedios con la aplicación de Vigor top reportando 27.5 % de materia seca, Crecifol con 27.1 % y el Fertil Calcio-Boro con 26.4 %, frente al testigo con 25.6% de materia seca.

En la fase de fructificación los diferentes componentes registraron para la parte aérea mostrando superioridad el Crecifol con 24.9% de materia seca, el Vigor top 23.7% y Fertil Calcio-Boro 22.4%, frente al testigo que acumuló 23.8% de materia seca.

En la misma figura se tiene el porcentaje de materia seca para la raíz mas nódulos donde se observa que las medias de tratamientos son similares aunque numéricamente

el tratamiento Fertil calcio- boro fue superior con un promedio de 21.5%, Crecifol 20.9% y el Vigortop Plus con 20.6%, frente al testigo que acumuló 20.6% de materia seca.

Finalmente se tiene el porcentaje de materia seca de nódulos por planta, evaluadas en época de plena fructificación, donde se observa que las medias de tratamientos numéricamente el Fertil calcio- boro reportó superioridad con 19.5% de materia seca, el Vigor top 18.4% y el Crecifol con 17.5% frente al testigo que reportó 19.1% de materia seca.

Pérez (2013) evaluó en cinco especies de *Lupinus*, la composición química de planta completa y semillas, registrando porcentajes materia seca de hojas mas tallo 31.3 a 17.4 % por planta en *Lupinus sp.*

León *et al.* (2001) evaluó la inoculación en dos especies de *Lupinus albus* L. y *Lupinus angustifolius* L. donde obtuvieron mejores rendimientos de materia seca bajo la influencia de tratamientos nitrogenados e inoculación.

Por consiguiente la acumulación de materia seca puede encontrarse íntimamente relacionado con la disponibilidad de macro y micro nutrientes tanto en el suelo como en la parte foliar de las plantas.

6.6. Longitud de raíz alcanzada

El siguiente cuadro, corresponde al análisis de varianza para la longitud de raíz bajo la influencia de la aplicación de fertilizantes foliares.

Cuadro 9. Análisis de varianza para longitud de raíz en fases de floración y plena fructificación

LONGITUD DE RAÍZ EN INICIOS DE FLORACIÓN							
F V	GL	S.C.	C M	F C	5%	1%	SIG.
BLOQ	3	55.344	18.448	1.736	3.86	6.99	NS
TRAT	3	108.875	36.292	3.415	3.86	6.99	*
ERROR	9	95.656	10.628	C V = 11 %			
TOTAL	15	259.875					

LONGITUD DE RAÍZ EN PLENA FRUCTIFICACIÓN							
F V	GL	S.C.	C M	F C	5%	1%	SIG.
BLOQ	3	15.652	5.217	0.316	3.86	6.99	NS
TRAT	3	19.438	6.479	0.392	3.86	6.99	NS
ERROR	9	148.680	16.520	C V = 12.9 %			
TOTAL	15	183.770					

Los resultados del cuadro 9, indican las diferencias entre tratamientos, en la primera etapa estadísticamente presentan significancia y en la segunda etapa estas diferencias no son significativas, el factor bloques en ambas etapas no presentaron significancia.

El valor del coeficiente de variación para la longitud de raíz registrados en la fase de inicios de floración es de 11%, y 12.9 % en plena fructificación, permitiéndonos confiabilidad de resultados.

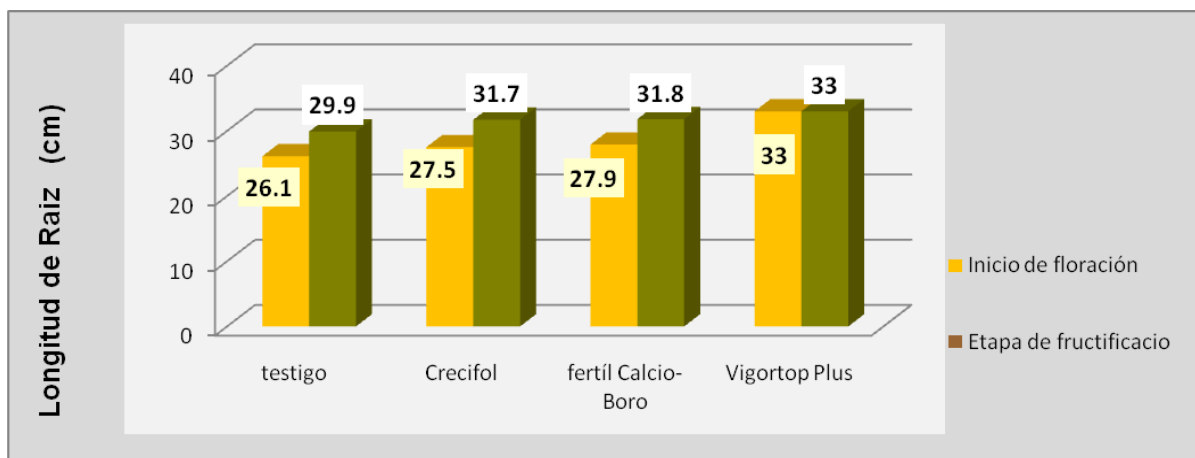


Figura 15. Longitud de raíz evaluadas en dos fases inicios de floración y fructificación con fertilización foliar en tarwi silvestre (*Lupinus montanus* Kunth).

En la Figura 15, se muestra la representación gráfica de comparación múltiple Duncan, destacándose la mayor longitud con la aplicación de Vigor top que alcanzó 33 cm de longitud en comparación al testigo en la etapa de inicios de floración. En la fase de fructificación no se realizó la prueba Duncan, debido a que el ANVA reportó no significancia. Sin embargo existió una leve diferencia entre tratamientos, donde el vigor top plus alcanzó una mayor longitud de raíz en comparación al testigo.

León *et al.* (2001) indican que los suelos de texturas finas comúnmente están asociados con problemas de drenaje, afectando la aireación del sistema radicular como el proceso de fijación de nitrógeno y a la penetración de la raíz en el perfil.

Mediante los resultados obtenidos, se puede determinar la importancia del papel que desempeña los nutrientes esenciales presentes en los diferentes fertilizantes, ya que el efecto fue de promover el crecimiento de la planta, aumentando y fortaleciendo de la raíz, lo que permitió el mayor alcance en profundidad con capacidad de traspasar las diferentes estructuras del suelo, por lo contrario probablemente ante el bajo contenido de nutrientes disponible para el testigo y baja permeabilidad del suelo, influyó en menor desarrollo de la raíz, el (PDM Municipio de Viacha, 2006-2010) afirma que la zona es de origen coluvial con deposiciones finas, de profundidad efectiva de 25 a 32 cm muy poco permeables en todo el perfil.

6.7. Grado de nodulación del tarwi silvestre en fase de plena fructificación

En el siguiente cuadro. Se presenta el análisis de varianza para en peso de nódulo donde se analiza el efecto de la fertilización foliar en el tarwi silvestre.

Cuadro 10. Análisis de varianza para peso fresco de nódulo en la fase de fructificación

F V	GL	S.C.	C M	F C	5%	1%	SIG.
BLOQ	3	0.861	0.287	0.463	3.86	6.99	NS
TRAT	3	5.250	1.750	2.825	3.86	6.99	NS
ERROR	9	5.576	0.620				
TOTAL	15	11.688					
C V = 22.7 %							

El cuadro 10, muestra los resultados del análisis de varianza para la fuente de variación tipos de fertilizantes foliares donde los mismos no presentan diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, tampoco mostro diferencias entre bloques. El coeficiente de variación es 22.7 % lo cual demuestra confiabilidad de los datos.

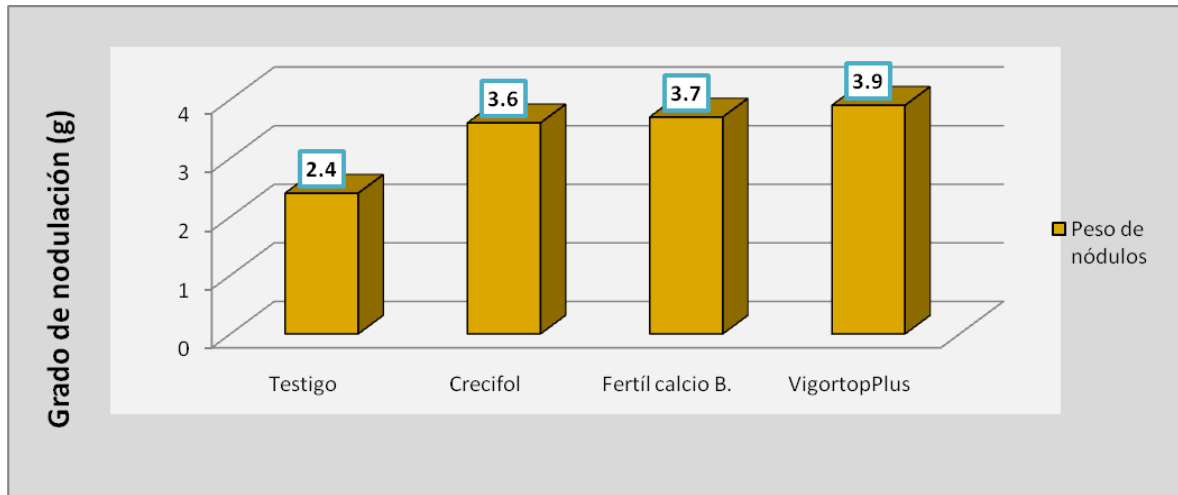


Figura 16. Peso de nódulos con fertilización foliar en tarwi silvestre (*Lupinus montanus* Kunth)

En la Figura 16, se observa el peso fresco de los nódulos por planta que muestra los tratamientos con fertilizantes foliares con mejores resultados frente al testigo específicamente el Vigor top ha reportado un peso promedio de 3.89 g seguido del Crecifol con 3.7 g y el Fertil Calcio-Boro con 3.6 g esto registrado en la época de plena fructificación, frente al testigo que presento un peso promedio de 2.42 g.

Los factores edáficos tienen efectos importantes sobre la formación de los nódulos, ensayos realizados por White y Robson (1989) demostraron cómo la textura juega un papel primordial sobre la nodulación y crecimiento del *Lupinus* sp., pues la falta de aireación y estructura física de un suelo franco arcillo arenoso retardo el crecimiento de los nódulos, produciendo nódulos delgados de bajo peso seco comparado con los nódulos grandes y globosos obtenidos en un suelo arenoso.

Mediante los resultados obtenidos, se puede determinar la importancia de la disponibilidad de nutrientes para la planta. También podríamos argumentar que una mala estructura del suelo podría impedir la formación y el desarrollo de los nódulos.

6.8. Cantidad de vaina y semillas por planta

6.8.1. Número total de vaina por planta

En el siguiente cuadro, se presenta el análisis de varianza para número de vaina por planta con fertilización foliar en el tarwi silvestre.

Cuadro 11. Análisis de varianza para número total de vaina por planta

F V	GL	S.C.	C M	F C	5%	1%	SIG.
BLOQ	3	2340.179	780.060	0.792	3.86	6.99	NS
TRAT	3	21663.088	7221.029	7.328	3.86	6.99	**
ERROR	9	8868.665	985.407				
TOTAL	15	32871.931					
C V = 24 %							

En el análisis estadístico, presentado en el (Cuadro12) se observa que el factor de fertilizantes foliares han reportado diferencias altamente significativas en cuanto al número de vainas por planta, lo que significa que los tratamientos han influido en el número total de vainas por planta. En el mismo cuadro no presentó diferencias estadísticas entre bloques.

El valor del coeficiente de variación es 24 % mismo que da confiabilidad a los resultados al ser menor al límite permitido para trabajos de campo que es de 30 %.

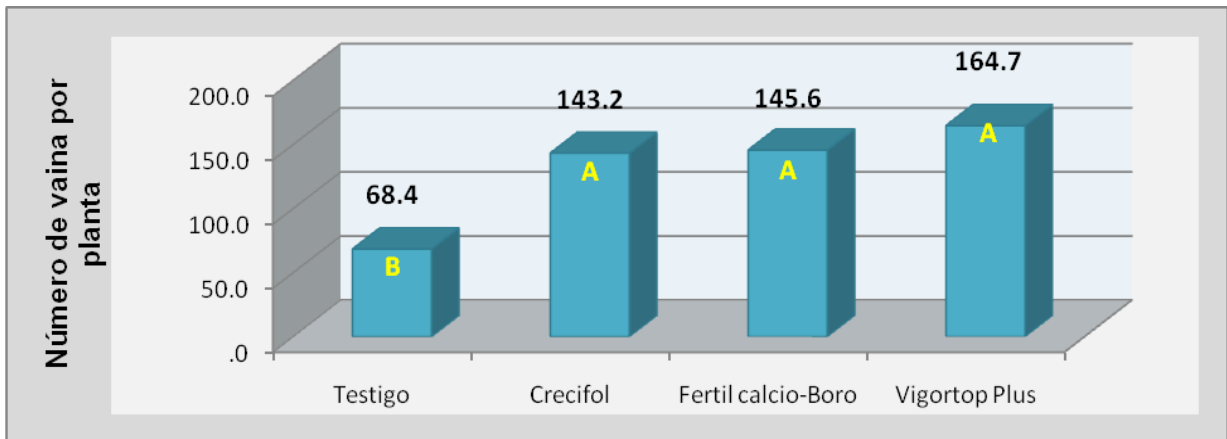


Figura 17. Número total de vaina por planta con fertilización foliar en tarwi silvestre (*Lupinus montanus* Kunth).

En la figura 18, se muestra la prueba Duncan para número total de vaina por planta, donde se observa la conformación de dos grupos de medias, un grupo conformado por los tratamientos con fertilización foliar que reciben la calificación de A y el otro que corresponde al testigo con calificación de B. La aplicación de fertilizantes foliares reporta entre 143.2 y 164.7 vainas por planta respectivamente frente al testigo que solamente forma 68.4 vainas en promedio.

Los resultados obtenidos para esta variable nos permiten determinar, las bondades de los diferentes fertilizantes, la cual es de corregir las deficiencias de nutrientes y reducir la caída de flores y frutos.

6.8.2. Número total de semilla por planta

En el siguiente cuadro se presenta el análisis de varianza para número total de semilla por planta, con fertilización foliar en el tarwi silvestre.

Cuadro 12. Análisis de varianza para número de semillas por planta

F V	GL	S.C.	C M	F C	5%	1%	SIG.
BLOQ	3	72513.972	24171.324	1.024	3.86	6.99	NS
TRAT	3	607555.714	202518.571	8.579	3.86	6.99	**
ERROR	9	212461.889	23606.877				
TOTAL	15	892531.575					
C V = 24.6 %							

El cuadro13, muestra los resultados del análisis de varianza donde se observa que las diferencias para la fuente de variación de fertilizantes foliares presentan diferencias estadísticas altamente significativas en cuanto al número de semillas por planta por el contrario las diferencias entre bloques no son significativas. El valor del coeficiente de variación es 24.6 %, lo cual nos demuestra confiabilidad de resultados.

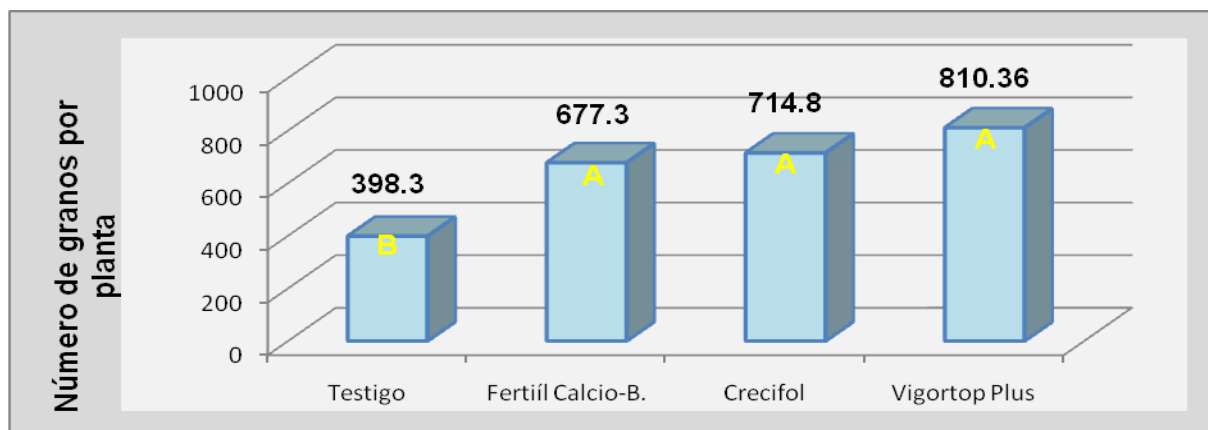


Figura 18. Número de semilla por planta con fertilización foliar en tarwi silvestre (*Lupinus montanus* Kunth).

La figura 19, muestra la prueba Duncan para el número total de semillas / planta, donde se observa la conformación de dos grupos de medias, uno de ellos conformado por los tratamientos de fertilizante foliar los mismos reciben calificación de A y el otro que corresponde al testigo con calificación de B. La aplicación del fertilizante Vigortop Plus alcanzó un mayor número de semillas por planta con 810.36 en promedio. Frente al testigo que alcanzó un promedio de 398, 3 semillas por planta.

Los valores anteriores reflejan el efecto valorable de la fertilización foliar para el número total de semillas, el mismo significa que aplicado fertilizantes foliares se puede obtener mayor cantidad de semilla.

Los valores obtenidos en cuanto al número total de semillas por planta, se encuentran íntimamente relacionado al manejo y colecta de semillas, ya que al presentar dehiscencia las vainas en esta especie silvestre, pueden afectar los resultados. No obstante destacamos la importancia del suministro de fertilizantes que influyeron directamente en el rendimiento de semillas por parte del tarwi silvestre.

6.9. Tratamientos pre germinativos

Los tratamientos pre germinativos empleados con el fin de romper la dormancia de las semillas del tarwi silvestre se presentan a continuación.

Cuadro 13. Análisis de varianza para métodos pregerminativos evaluadas a 24 y 48 horas

GERMINACIÓN A LAS 24 HORAS							
F V	GL	S.C.	C M	F C	5%	1%	SIG.
TRAT	3	11934.726	3978.242	253.674	3.86	6.99	**
ERROR	8	125.460	15.683				
TOTAL	11	37107.4					C V = 8.66 %
GERMINACIÓN A LAS 48 HORAS							
F V	GL	S.C.	C M	F C	5%	1%	SIG.
TRAT	3	5399.44	1799.810	253.153	3.86	6.99	**
ERROR	8	56.877	7.110				
TOTAL	11	5456.326					C V = 8.56 %
GERMINACIÓN TOTAL							
F V	GL	S.C.	C M	F C	5%	1%	SIG.
TRAT	3	16160.523	5386.841	460.77	3.86	6.99	**
ERROR	8	93.52	11.691				
TOTAL	11	16254.050					CV= 4.44 %

El cuadro 14, muestra los resultados del análisis de varianza donde se observa que las diferencias para la fuente de variación de tratamientos pregerminativos presentan diferencias estadísticas altamente significativas tras ser evaluadas a las 24 y 48 horas. El valor del coeficiente de variación es 8.66 % a las 24 horas y 8.56 % 48 horas. Lo cual nos demuestra confiabilidad de resultados realizados en laboratorio.

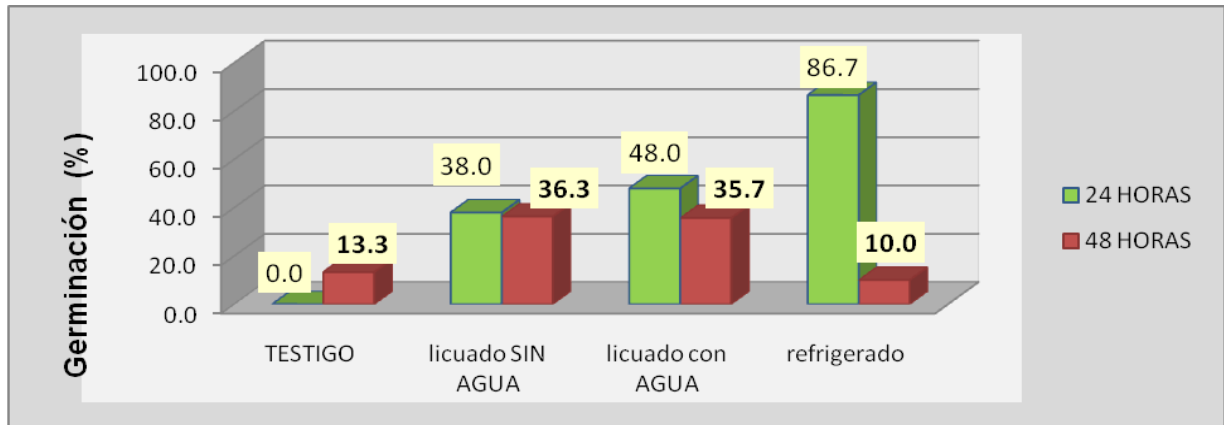


Figura 19. Porcentaje de germinación mediante métodos pre-germinativos evaluadas a las 24 y 48 horas

En la figura 20, se muestra los porcentajes de germinación periódicas a las 24 y 48 horas, misma que a las 24 horas tiene elevado porcentaje de germinación el tratamiento de semillas frescas conservadas con un 86.7%, seguido del tratamiento licuado con agua 48% y licuado sin agua 38%, frente al testigo que no reportó germinación a las 24 horas. En la misma figura se observa que a las 48 horas completan su germinación, el tratamiento refrigerado con un 10 %, seguido del tratamiento licuado con agua 35.7% y licuado sin agua 36.3%, frente al testigo que reportó un promedio de 13.3 % de germinación. Deduciendo que los tratamientos empleados alcanzaron buenos resultados frente al testigo, a la vez, las semillas en contacto con el agua y constante humedad tienden a acelerar el porcentaje de germinación.

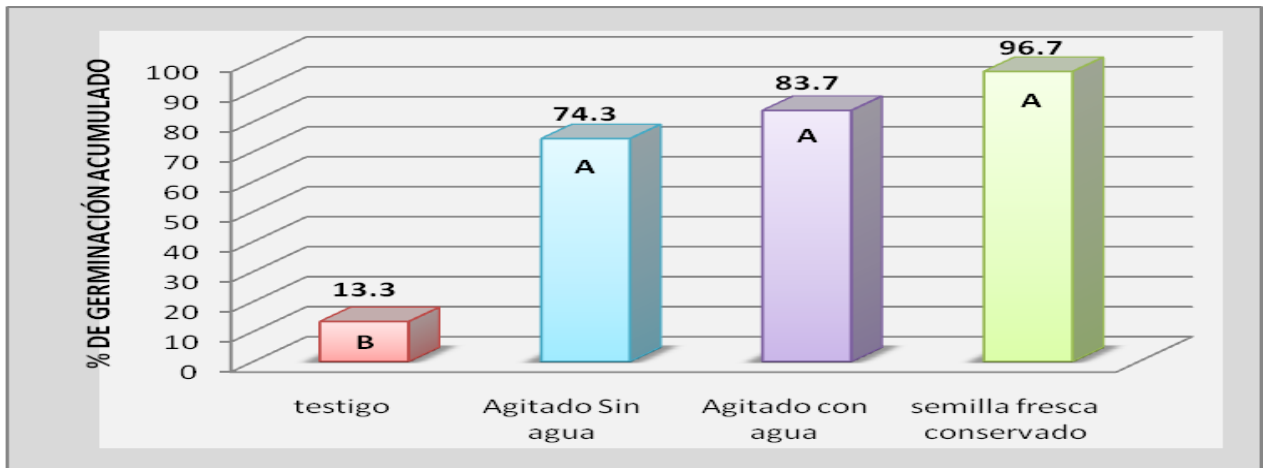


Figura 20. Porcentaje total de germinación mediante tratamientos pre-germinativos

En la figura 21, se muestra el porcentaje total acumulado de germinación, donde el tratamiento de semilla fresca y refrigerada obtuvo 96.7 %, seguido del método licuado con agua 83.7 % y método licuado sin agua 74.3 %, frente al testigo que alcanzó un promedio de 13.3 % de germinación.

Martínez (2005) reportó que el mejor tratamiento para la germinación de *Lupinus bilineatus*, fue la inmersión de las semillas en H_2SO_4 (ácido sulfúrico) por 40 minutos, con un régimen de temperatura día/noche 25/20, con luz, alcanzando un valor promedio de 82.5 %.

Por otro lado, Alcon *et al.* (2013) realizaron investigaciones en Uyuni con (*Lupinus chilensis* y *L. altimontanus*) donde las semillas fueron sometidos a solución de extracto acuoso de vainas de la especie *Lupinus silvestre* donde emplearon semilla fisiológicamente madura y sin una completa deshidratación, reportando un promedio de 65% de germinación frente a la prueba de germinación estándar que no alcanza ni el 5% de germinación. Argumentan que el resultado coincide con las observaciones en campo, donde que al pie de las plantas madre, la semilla derramada germina dando lugar a plántulas en la misma campaña contradiciendo la teoría de la dormancia de la semilla. De igual manera indican que las probables causas para este resultado probablemente radican en las sustancias orgánicas presentes en la vaina que pueden tener efecto estimulador de la germinación o por las sustancias que neutralizan a compuestos inhibidoras de la germinación.

Pérez, *et al.* (2013) indican que al aplicar tratamiento de escarificación, incrementaron la germinación a 48 % en *L. montanus* y 91,6 % en *L. exaltatus* observando una reducción en el tiempo total de germinación (12 días) con respecto al tratamiento sin escarificación (29 días).

Los resultados alcanzados probablemente estarían relacionados con el contenido de humedad presente en la semilla, los mismos no fueron factores de estudio, también las semillas sujetas a tratamientos pre-germinativos fueron de la misma campaña, donde el factor tiempo de almacenamiento cumple un papel importante en la deshidratación de semillas específicamente en el tegumento seminal impidiendo la germinación de las semillas.

6.10. Evaluación de la tolerancia a heladas

Las temperaturas registradas en el municipio de Viacha, presentaron una variación térmica mayor en la época de invierno, donde se alcanzó una temperatura máxima de 17 °C en el mes de agosto y una temperatura mínima de -7,5 °C en el mes de julio.

En el siguiente cuadro se presenta el análisis de varianza empleando una escala porcentual simple para tolerancia a heladas, donde se analiza el porcentaje de daño ocasionado por este fenómeno característico del altiplano Boliviano en la etapa del invierno.

Cuadro 14. Análisis de varianza para la tolerancia a heladas en periodo de invierno

F V	GL	S.C.	C M	F C	5%	1%	SIG.
BLOQ	3	126.688	42.229	0.481	3.86	6.99	NS
TRAT	3	118.188	39.396	0.449	3.86	6.99	NS
ERROR	9	790.063	87.785				
TOTAL	15	1034.938					
C V = 25.3 %							

El cuadro 15, muestra los resultados para la tolerancia a heladas, los mismos reflejan el notable efecto de las heladas a pesar de la aplicación de los fertilizantes, estadísticamente no son significativos y tampoco existe significancia entre bloques. El

valor del coeficiente de variación es 25.3 % lo cual se encuentra en el rango permisible para trabajos de campo.

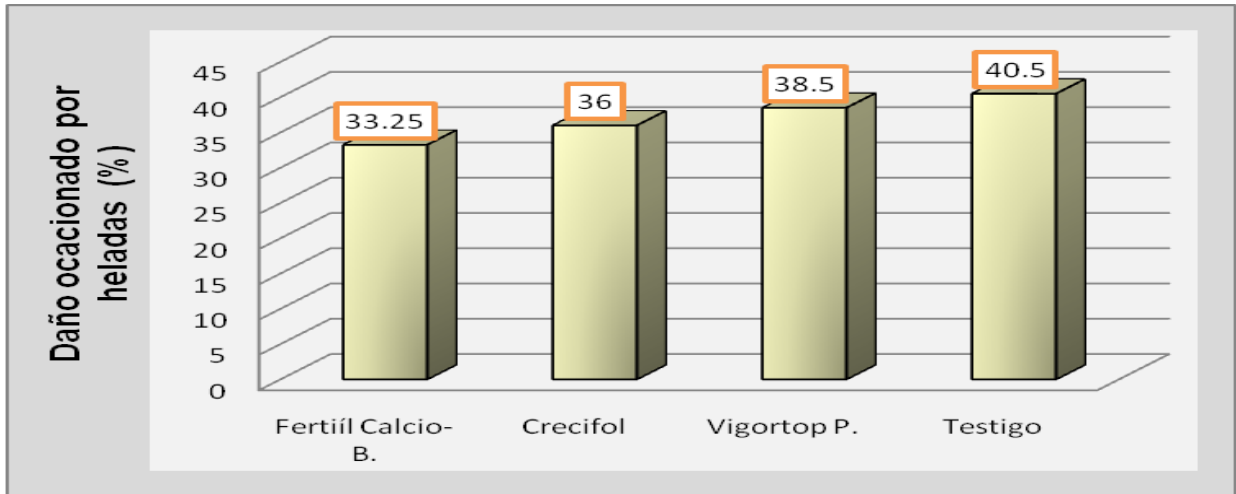


Figura 21. Porcentaje de de daño ocasionado por las heladas en tarwi silvestre (*Lupinus montanus* Kunth).

La figura 22, muestra los valores promedios del porcentaje de daño del área foliar por heladas, donde se observa que las medias de tratamiento son similares aunque numéricamente el tratamiento con Fertil Calcio-Boro presentó un porcentaje menor de daño en un 33.25% frente al testigo que alcanzo cerca 40.5 % de daño, si bien fueron sometidos a tratamientos no mostraron significancia.

Alderede (2008) indica que las especies del género *Lupinus* pueden crecer en temperaturas de 0-28°C. Al respecto Alcon *et al.* (2013) argumentan que las especies identificadas como bianuales (*Lupinus chilensis*) son altamente tolerantes a heladas y sequía, con regeneración natural cada tres o cuatro años.

De lo anterior se deduce que esta especie presenta la peculiaridad de tolerar las heladas, considerándolo una especie que cumple un rol importante en la implementación de los mismos como protectores de suelo, ya que después de la campaña agrícola estos suelos quedan descubiertos expuesto al desgaste de la capa superficial afectado por los fuertes vientos que se vive en los últimos años y lo más importante el aporte de nutrientes al suelo.

6.1. Evaluación del efecto en el suelo

Cuadro 15. Análisis del aporte de nitrógeno fósforo y potasio al suelo con la implementación de tarwi silvestre (*Lupinus montanus* Kunth) con fertilizantes foliares

Antes					
Parámetro	Unidades				
Nitrógeno total	%	0.055			
Fósforo asimilable	ppm	12.94			
Potasio intercambiable	meq/100 g	0.48			
Despues					
Parámetro	Unidades	Testigo	Fertil Calcio-Boro	Crecifol	Vigortop Plus
Nitrógeno total	%	0.09	0.07	0.18	0.07
Fósforo asimilable	ppm	15.87	10.36	13.26	12.36
Potasio intercambiable	meq/100 g	0.65	0.39	0.51	0.51

Partes por millón (Ppm), Mili equivalente (meq),
Laboratorio del instituto de Ciencia y Tecnología Nuclear (IBTEN).

De acuerdo con los resultados de laboratorio mostrados en el cuadro16, determinados antes y durante la investigación se llegó a determinar lo siguiente:

Para el caso del componente porcentaje de nitrógeno (%N), que fue evaluada antes de la investigación se tuvo un valor de 0.055%, categorizado como un nivel Bajo (< 0.1%). Sin embargo esta cifra llegó a aumentar con la implementación de los fertilizantes foliares, siendo este el caso para el Crecifol con un valor de 0.18% encontrándose en un nivel de Medio (0.1 a 0.2%).

Frente al testigo que presentó un aumento de cifra de 0.09%, se mostró mayor a los fertilizantes Fertil Calcio-Boro y Vigor Top con valores similares de 0,07%, de igual forma manteniéndose en un nivel Bajo.

Para el caso de fósforo asimilable los valores para antes de la investigación se registraron con un valor de 12.94 Ppm, ubicados en un nivel Medio (7 - 14ppm). Los resultados al finalizar la investigación con respecto al fosforo el testigo adquirió un valor de 15.87 ubicado en un nivel alto (>14 ppm), las muestras sometidos a tratamientos mostraron incremento respecto a los valores de antes de la investigación pero los mismos se encontraron en niveles Medio (Crecifol13.26, Vigor Top12, 36 y Fertil Calcio-Boro10.369).

Con respecto al componente potasio Intercambiable, el mismo antes de la investigación presento un valor de 0.48 Meq / 100g.el mismo llego a ser categorizado en un nivel Bajo (0-124 Meq / 100g). Incrementando así su valor para el caso del testigo de 0.65 Meq / 100g. Mayor a los tratamientos sometidos con fertilizantes foliares, pero manteniéndose en niveles de categoría Bajo.

Hernández (2015) Indica que la fijación biológica del nitrógeno disminuye cuando el cultivo se encuentra expuesto a ambientes con elevada disponibilidad de nitratos (NO_3) ya que existe un efecto inhibitorio del nitrato sobre la fijación biológica del nitrógeno, por lo que la planta utiliza preferentemente el nitrógeno inorgánico del suelo.

La presente investigación concluye que en cuanto al nitrógeno, existió similar aporte por parte del tarwi silvestre con la implementación de fertilizantes foliares hacia el suelo frente al testigo. Sin embargo ocurrió lo contrario con el fósforo asimilable y el potasio intercambiable con implementación de fertilizantes foliares el tarwi silvestre registró menores valores frente al testigo. Lo que podría atribuirse que los fertilizantes foliares tienen una influencia directa con respecto a la fijación biológica del fosforo y potasio.

7. CONCLUSIONES

Los resultados logrados a lo largo de la investigación se concluyen en lo siguiente:

- El crecimiento y formación de biomasa se mostró influenciado por los diferentes tipos de fertilizantes empleados. Mostrando superioridad en peso el tratamiento con Vigortop plus alcanzando 0.128 kg /planta respectivamente, frente al testigo el cual alcanzó 0.038 kg / planta, evaluados en la fase de madurez fisiológica.
- Para la variable métodos pre germinativos empleados en semillas de tarwi silvestre, el método de semillas no deshidratada y conservadas reportó un mayor porcentaje que alcanzo un 96.7 % en comparación a los demás métodos.
- Con respecto a tolerancia a heladas el tratamiento que menor daño mostró fue el de Fertil Calcio-Boro con un 33.25 % de daño frente al testigo. Lo que demostró que esta especie presenta naturalmente tolerancia a las heladas.
- En cuanto a la cantidad de nutrientes en el suelo con la implementación del tarwi silvestre se pudo comprobar que el nivel del porcentaje de nitrógeno se incrementó de un nivel bajo a nivel medio específicamente con el tratamiento de Crecifol de un valor de 0.055 % a 0.18 %, para el caso del fósforo asimilable incrementó su nivel de medio a nivel alto, específicamente el testigo y respecto al potasio intercambiable el mismo se mantuvo en categoría baja.

8. RECOMENDACIONES

Debido a los resultados obtenidos a lo largo de la investigación sobre crecimiento y formación de biomasa de tarwi silvestre (*Lupinus montanus* Kunth) con fertilizantes foliares se recomienda:

- Sembrar especies de tarwi silvestre en parcelas de descanso o siembras intercaladas con cultivos, debido a que esta especie es tolerante a heladas a la vez incrementa los niveles del porcentaje de nitrógeno y fósforo y potasio.
- Aplicar fertilizantes foliares orgánicos, ya que incrementó el rendimiento de materia verde, incrementó el número de vainas y por lo tanto el número de semillas por plantas.
- Para tratamientos pre-germinativos, se recomienda continuar con la investigación sobre el método de semillas frescas conservadas, realizado con el fin de que la testa de las semillas no pierdan humedad, a la vez de realizar un previo desinfectado ya que el mismo puede ser afectado por hongos debido a la acumulación de humedad que existe dentro del recipiente o embase.
- Continuar con la investigación del implemento de variedades silvestres de tarwi silvestre en la agricultura para la recuperación de suelos degradados, implementación como forraje para el ganado en época de invierno.

9. BIBLIOGRAFÍA

- ACOSTA P., J. Y RODRÍGUEZ T., D. A. 2005. Ecología de la semilla de *Lupinus montanus* H. B. K., Factors affecting germination and pregerminative treatments of *Lupinus montanus* sedes. *Interciencia* 30(9):576-579. México. 55 p.
- ALCON MIRIAM B., PATRICIA RAMOS Y ALEJANDRO BONIFACIO Proyecto: desarrollo de innovaciones tecnológicas y agroecológicas sostenibles del sistema de producción comercial de quinua enero-junio. Oruro-Bolivia (2013).
- ALDERETE A. 2008. Distribución altitudinal, tratamientos pregerminativos e influencia del *Lupinus* spp. En la fertilidad de los suelos forestales. Montecillo, Texcoco, Estado de México. Tesis (Doctor en Ciencias). Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas, Campus Montecillo Postgrado de Edafología.133p.
- ARTEAGA, Y. 2004. Diseños experimentales. La Paz, Bolivia. 21 p.
- 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; SARAVIA R.; PEREIRA J.; GARCÍA J.; FUENTES W.; FLORES R.; VILLCA M.; ALANDIA G. 2013. Desarrollo de innovaciones tecnológicas y agroecológicas sostenibles del sistema de producción comercial de quinua. Programa de Apoyo al Sector Agropecuario y Productivo (ASAP). 64p.
- 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. 136 p.
- CHILON, E. 1997. Fertilidad de suelos y nutrición de plantas. Edición C.I.A.T. La Paz, Bolivia. 185 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.
- ESPINOZA, J. 2014. Efecto de *Lupinus montanus* sobre *Zea mays* L. empleando rizotronos. Tesis (Maestro en Ciencias) Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas, Campus Montecillo Postgrado de Edafología. 77p.
- FAO. 1999. Bolivia hacia una estrategia de fertilizantes. Informe preparado para el Gobierno de Bolivia, por el Proyecto Manejo de Suelos y Nutrición Vegetal en Sistemas de Cultivos GCPF/BOL/018/NET – Fertisuelos, FAO, Roma, Italia. 41 p.
- FAO. 2016. Legumbres semillas nutritivas para un futuro sostenible. Elaborado por el departamento de comunicación corporativa de la FAO. Consultado abril 2016. Disponible
- <http://WWW.Fao.org/pulces – 2016>
- FRIES, A. Y TAPIA, M. 1985. Proyecto PISA. Los cultivos andinos en el Perú. República de Chile. Editorial Adolfo Arteaga. 32 p.
- FUNDACIÓN PROINPA. 2013. Centro Quipaquipani. Consultado 23 mayo 2015. Disponible:
- http://www.proinpa.org/index.php?option=com_content&view=article&id=153&Itemid=173&lang=es
- 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.

- HERNÁNDEZ I. 2015. Acumulación de material seca y fijación biológica de nitrógeno en diferentes especies del genero *Lupinus* cultivadas en suelos de Zapopan, Jalisco. Tesis (Maestro en Ciencias en Biosistemática y Manejo de Recursos Naturales y Agrícolas) Universidad de Guadalajara. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y agropecuarias. Zapopan, Jalisco 92 p.
- HUGHES C. Y EASTWOOD, R. 2006. Island radiation on a continental scale: Exceptional rates of plant diversification after uplift of the Andes. *PNAs* 103 (27): 10334-10339.
- IZARRA W.J. Y LOPEZ F.M. S.A. Manual de observaciones fenológicas. SENAMHI, Ministerio de Agricultura, Lima, Perú. 98 p.
- JACOBSEN S.E. Y MUJICA A. 2006. El tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet.) y sus parientes silvestres. Botánica económica de los Andes Centrales. 25 p.
- LEÓN O., SILVA P. Y ACEVEDO E. 2001. Respuesta a la inoculación en dos especies de Lupino (*Lupinus Albus* L. y *Lupinus angustifolius* L.) Laboratorio de Relación Suelo-Agua-Planta Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad de Chile 23p.
- LESCANO, J. L. 1994. Genética y mejoramiento de cultivos altoandinos (Primera edición) editorial CIMA, La Paz-Bolivia. 459 1p.
- LEZAMA 2010. Las especies de *Lupinus* L. (*Fabaceae*) y de sus simbioses en el distrito de Corongo-Ancash. Tesis de grado (Ing. Agrónomo) Lima Perú. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Facultad De Ciencias Biológicas, Unidad de Postgrado. 139 p.
- LÓPEZ ÉRIKA LIZBETH JAIMES, KALINA BERMÚNDEZ TORRES Y ANA NIURKA HERNÁNDEZ LAUZARDO, 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.

- MATÍAS L.G., FUENTES O.A Y GARCÍA F. 2001. Heladas. Centro Nacional de Prevención de Desastres, Secretaría de Gobernación, México. Serie Fascículos 35 p.
- Mendoza, M. 2009. Cultivo del tarwi La Paz-Bolivia 69 p.
- MÉROLA R Y DIAZ S.S. 2012. Métodos, técnicas y tratamientos para inhibir dormancia en semillas de plantas forrajeras, Trabajo final de postgrado, Universidad de la empresa, facultad de ciencias agrarias, Montevideo, Uruguay. 35 p.
- MOLLERICONA P. 2013. Efecto de la fertilización nitrogenada y foliar en el cultivo de trigo (*Triticum aestivum L.*) en la localidad de Okinawa dos (Cetabol) Santa Cruz de la Sierra Bolivia. Tesis de grado (Ing. Agrónomo) La Paz-Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. 96 p.
- ORIHUELA, S., 2008. Control de la polilla de la quinua (*Eurysacca melanocampta*) con extractos naturales en la localidad de Quipaquipani-provincia Ingavi. Tesis de grado (Ing. Agrónoma) La Paz-Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. 31-32 p.
- PABLO, M.; LAGUNEZ, L. DEL C.; LÓPEZ, J.; RAMOS, J. Y ARANDA E. M. 2013. Morfometría, germinación y composición mineral de semillas de *Lupinus silvestres*. Bioagro 25(2):101-108
- PÉREZ F. Y PITA J.M. 1999. Dormición de semillas, Egraf. Madrid, España. Hojas divulgadoras Nro 2103. 19 p.
- PÉREZ 2009. Manual de praderas nativas, manejo y conservación (Primera edición) La Paz –Bolivia. 80 p.
- PÉREZ, *et al.* 2013. Caracterización del valor nutritivo de cinco especies de leguminosas del género *Lupinus*. Tesis (Maestro en ciencias) Colegio de postgraduados. Institución de enseñanza e investigación en ciencias agrícolas. 162p.
- Plan de desarrollo municipal 2006-2010. Municipio de Viacha.

- PROMOCIÓN E INVESTIGACIÓN DE PRODUCTOS ANDINOS (PROINPA). 2009. Informe. Compendio de la conservación de la riqueza genética de los cultivos andinos. Cochabamba, Bolivia, 12 p.
- REYNOSO S. 2011. Evaluación de la genotoxicidad de compuestos aislados de *Lupinus mexicanus* y *Lupinus montanus*. Tesis (Maestro en ciencias en Biosistemática manejo de Recursos Naturales y Agrícolas). Universidad de Guadalajara, Zapopan Jalisco. 79p.
- SIÑANI E. 2013. Efecto de bioinsumos en la respuesta agronómica de variedades nativas de papa (*Solanum* sp.) para mitigar el efecto de las heladas en el altiplano norte. En la comunidad Cariquina Grande, Provincia Camacho, La Paz. Tesis de grado (Ing. Agrónoma). Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia 104p.
- SNYDER R.L.Y DE MELO-ABREU J.P, 2010. Protección contra las heladas: Fundamentos, práctica y economía. Trad. Jose M. Milalar-Mir. FAO, Roma, Italia. Serie sobre el medio ambiente y la gestión de los recursos naturales 1 (10):1-241.
- SOTO, G. Y MELENDEZ, G. 2003. Taller de abonos orgánicos. Centro de investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica y la Cámara de Insumos Agropecuarios No sintéticos. 172 p.
- TAPIA M.E. Y FRIES AM. Guía de campo de los cultivos andinos. FAO-ANPE, Lima Perú, 209 p.
- VILLEGAS, L., 2001. Respuesta del cultivo de Sandía (*Citrullus lanatus*) a la fertilización foliar con la ayuda de surfactantes, en la comunidad “El Cebu”, Provincia Ballivian –Beni. Tesis de grado (Ingeniera Agrónoma) La Paz-Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. 66 p.
- WHITE, P.H., AND ROBSON, A.D. 1989. Effect of soil pH and texture on the growth and nodulation of lupins. Australian Journal of Agricultural Research. 40: 63 – 73.

ANEXOS

Anexo 1. Registro fotográfico de las actividades realizadas en la investigación.



Crecimiento del tarwi silvestre



Fase formación del escapo floral



Inflorescencia y cuajado de vainas



Extracción de muestras de planta completa y extracción de muestras de suelo



Codificación de muestras y secado de muestras




Método conservas de semillas



Método mecánico escarificado de semillas sometidas a proceso de germinación

Anexo 2. Registro de resultados de muestras de suelo por el IBTEN.



IBTEN

MINISTERIO DE HIDROCARBUROS Y ENERGÍA
 INSTITUTO BOLIVIANO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA NUCLEAR
 CENTRO DE INVESTIGACIONES Y APLICACIONES NUCLEARES
 UNIDAD DE ANÁLISIS Y CALIDAD AMBIENTAL

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE SUELOS

INTERESADO : OLIVIA VARGAS LUQUE

PROCEDENCIA : Departamento LA PAZ,
 Provincia INGAVI,
 Comunidad KIPHARKIHAN, VIACHA

NO SOLICITUD: 082A / 2015


FECHA DE RECEPCION : 14 / Abril / 2015

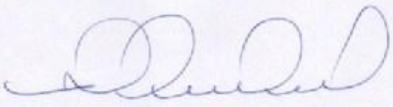
FECHA DE ENTREGA : 19 / Mayo / 2015

DESCRIPCIÓN : MUESTRA DE SUELO : Código TESTIGO

N° Lab.	PARAMETRO	Resultado	Unidades	Método
268-01 /2015	pH en agua 1:5	6,56	-	Potenciometría
268-02 /2015	Conductividad eléctrica en agua, 1:5	0,077	dS/m	Conductancia
268-03 /2015	Potasio intercambiable	0,65	meq/100 g	Emisión atómica
268-04 /2015	Nitrógeno total	0,09	%	Kjeldahl
268-05 /2015	Fósforo asimilable	15,87	ppm	Espectrofotometría UV-Visible

OBSERVACIONES,- Potasio intercambiable extraído con acetato de amonio 1N.





RESPONSABLE DE LABORATORIO
 JORGE CHUNGARA C.

Of. Av. 6 de Agosto 2905, Telf.: 2433481 - 2430309 - 2433877 - 2126383 Fax: (0591-2) 2433063, La Paz - Bolivia Casilla 4821, Telf. -2800095 CIN-VIACHA, E-mail: ibten@pentelnet.bo * Página Web: www.ibten.gob.bo


MINISTERIO DE HIDROCARBUROS Y ENERGÍA

INSTITUTO BOLIVIANO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA NUCLEAR
CENTRO DE INVESTIGACIONES Y APLICACIONES NUCLEARES
UNIDAD DE ANÁLISIS Y CALIDAD AMBIENTAL

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE SUELOS

INTERESADO : *OLIVIA VARGAS LUQUE*
 PROCEDENCIA : *Departamento LA PAZ,*
Provincia INGAVI,
Comunidad KIPHARKIHAN, VIACHA

NO SOLICITUD: *082C / 2015*
 FECHA DE RECEPCIÓN : *14 / Abril / 2015*
 FECHA DE ENTREGA : *19 / Mayo / 2015*

DESCRIPCIÓN : *MUESTRA DE SUELO : Código FERTIL CALCIO BORO*

N° Lab.	PARAMETRO	Resultado	Unidades	Método
270-01 /2015	pH en agua 1:5	6,62	-	Potenciometría
270-02 /2015	Conductividad eléctrica en agua, 1:5	0,104	dS/m	Conductancia
270-03 /2015	Potasio intercambiable	0,39	meq/100 g	Emisión atómica
270-04 /2015	Nitrógeno total	0,07	%	Kjeldahl
270-05 /2015	Fósforo asimilable	10,36	ppm	Espectrofotometría UV-Visible

OBSERVACIONES,- Potasio intercambiable extraído con acetato de amonio 1N.



RESPONSABLE DE LABORATORIO
JORGE CHUNGARA C.


MINISTERIO DE HIDROCARBUROS Y ENERGÍA

 INSTITUTO BOLIVIANO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA NUCLEAR
 CENTRO DE INVESTIGACIONES Y APLICACIONES NUCLEARES
 UNIDAD DE ANÁLISIS Y CALIDAD AMBIENTAL

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE SUELOS

 INTERESADO : OLIVIA VARGAS LUQUE
 PROCEDENCIA : Departamento LA PAZ,
 Provincia INGAVI,
 Comunidad KIPHARKIHAN, VIACHA

 NO SOLICITUD: 082B / 2015
 FECHA DE RECEPCIÓN : 14 / Abril / 2015
 FECHA DE ENTREGA : 19 / Mayo / 2015

DESCRIPCIÓN : MUESTRA DE SUELO : Código CRESIFOL

N° Lab.	PARAMETRO	Resultado	Unidades	Método
269-01 /2015	pH en agua 1:5	6,57	-	Potenciometría
269-02 /2015	Conductividad eléctrica en agua, 1:5	0,060	dS/m	Conductancia
269-03 /2015	Potasio intercambiable	0,51	meq/100 g	Emisión atómica
269-04 /2015	Nitrógeno total	0,18	%	Kjeldahl
269-05 /2015	Fósforo asimilable	13,26	ppm	Espectrofotometría UV-Visible

OBSERVACIONES,- Potasio intercambiable extraído con acetato de amonio 1N.



 RESPONSABLE DE LABORATORIO
 JORGE CHUNGARA C.


MINISTERIO DE HIDROCARBUROS Y ENERGÍA

 INSTITUTO BOLIVIANO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA NUCLEAR
 CENTRO DE INVESTIGACIONES Y APLICACIONES NUCLEARES
 UNIDAD DE ANÁLISIS Y CALIDAD AMBIENTAL

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE SUELOS

INTERESADO : OLIVIA VARGAS LUQUE

NO SOLICITUD: 082D / 2015

PROCEDENCIA : Departamento LA PAZ,

FECHA DE RECEPCIÓN : 14 / Abril / 2015

Provincia INGAVI,

FECHA DE ENTREGA : 19 / Mayo / 2015

Comunidad KIPHARKIHAN, VIACHA

DESCRIPCIÓN : MUESTRA DE SUELO : Código VIGOR TOP

N° Lab.	PARAMETRO	Resultado	Unidades	Método
271-01 /2015	pH en agua 1:5	6,63	-	Potenciometría
271-02 /2015	Conductividad eléctrica en agua, 1:5	0,124	dS/m	Conductancia
271-03 /2015	Potasio intercambiable	0,51	meq/100 g	Emisión atómica
271-04 /2015	Nitrógeno total	0,07	%	Kjeldahl
271-05 /2015	Fósforo asimilable	12,38	ppm	Espectrofotometría UV-Visible

OBSERVACIONES.- Potasio intercambiable extraído con acetato de amonio 1N.



RESPONSABLE DE LABORATORIO

JORGE CHUNGARA C.

Anexo 3. Registro de datos

Bloq	Trat	Altura al apice	Altura a la hoja expandida	Ramas primarias	Ramas secundarias y otras ordenes	Num. ramas con inflorescencia	Biomasa en la fluctificación	%Ms en la floración	%Ms parte aerea
1	1	31	21.5	4	20	11	38.53	22.80	23.56
1	2	45	33.5	4	32	16	136.295	30.58	24.45
1	3	44	31	3	22	15	134.6	25.65	27.75
1	4	45.5	35.5	4	28	19	107.21	28.41	25.27
2	1	36	28.5	2	14	11	37.35	26.83	25.96
2	2	38.25	30.5	4	29	18	99.89	26.59	25.52
2	3	50	39.5	3	29	18	107.4	25.81	25.00
2	4	46.5	33.5	4	33	20	152.22	27.88	25.00
3	1	39.5	31.5	3	12	12	34.89	25.55	25.49
3	2	41.5	33.5	4	30	20	120.8	23.11	20.66
3	3	44.5	35	4	23	16	86.37	29.93	25.35
3	4	39.5	31.5	5	44	29	106.89	27.10	23.61
4	1	35	29	3	19	14	37.33	27.17	20.18
4	2	48	39.5	3	31	22	156.56	25.23	19.02
4	3	37	29.5	3	23	15	110.69	27.17	21.44
4	4	35	29	4	31	17	101.15	26.59	20.80

Bloq	Trat	% Ms raiz+nodos	% Ms nodulos	Long de raiz fase de floracion	Long de raiz fase de fructificacion	Peso de nodulos	Num. vaina/planta	Num. semilla/planta	Tolerancia a heladas
1	1	14.97	17.81	30.5	28.2	2.92	48	215	38
1	2	21.85	22.31	28	40	4.24	150	633	31
1	3	24.82	21.60	31.5	34.5	2.72	151	745	33
1	4	22.43	26.74	33.5	25.8	4.48	152	685	33
2	1	27.19	25.54	26.25	32.3	2.42	86	362	43
2	2	21.81	23.65	28.5	29.6	3.18	106	524	22
2	3	16.70	15.04	27.5	31	5.34	184	939	44
2	4	20.57	21.48	27.5	36.1	3.52	183	912	46
3	1	19.98	17.14	24.75	29.66	2.43	54	258	52
3	2	20.54	11.93	28.5	30.7	3.06	128	605	31
3	3	21.73	18.21	26	33.4	3.46	92	436	38
3	4	24.08	18.19	40.5	34.6	3.2	178	891	42
4	1	20.33	15.77	23	29.4	1.94	85	359	29
4	2	21.71	20.10	26.5	31.6	3.82	198	947	49
4	3	20.53	15.24	25	28.3	3.32	146	739	29
4	4	16.77	15.14	30.5	30.2	4.36	146	753	33

%G a 24 hrs	0	90	42.65	60	0	80	36.49	53.93	0	90	34.94	60.23
%G a 48 hrs	10	10	59.88	37.5	14	10	62.16	42.94	16	10	65.06	36.36