

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA INGENIERÍA AGRONÓMICA



TESIS DE GRADO

**CRECIMIENTO DE SUP`U T`ULA (*Parastrephia lepidophylla* Cabrera)
CON ABONAMIENTO ORGÁNICO EN EL CENTRO EXPERIMENTAL
K'IPHAK'IPHANI, VIACHA**

Janneth Mannina Quispe Yanahuaya

La Paz – Bolivia

2015

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS

FACULTAD DE AGRONOMÍA

CARRERA INGENIERÍA AGRONÓMICA

**CRECIMIENTO DE SUP'U T'ULA (*Parastrephia lepidophylla* Cabrera) CON
ABONAMIENTO ORGÁNICO EN EL CENTRO EXPERIMENTAL K'IPHAK'IPHANI,
VIACHA**

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

JANNETH MANNINA QUISPE YANAHUAYA

ASESORES:

Ing. Ph. D. Alejandro Bonifacio Flores

.....

COMITÉ REVISOR:

Ing. M.Sc. Eduardo Chilon Camacho

.....

Ing. M.Sc. Celia María Fernández Chávez

.....

Ph. D. Abul Kalam Kruban

.....

APROBADA

Presidente Tribunal Examinador

.....

2015

Dedicatoria:

A Dios, por su infinita bondad por ser luz en mi camino, por ser mi guía y darme la fuerza de voluntad para culminar mis estudios.

Con cariño, amor y respecto a mis padres Leoncio Quispe Ari y Clara Yanahuaya de Quispe y mis queridas hermanitas quienes fueron y serán pilares fundamentales en mi vida.

Agradecimientos

Al finalizar el presente trabajo de tesis deseo expresar mis más sinceros agradecimientos a las siguientes personas e instituciones:

A Dios, por estar a mi lado a lo largo de esta vida siempre llenándome de alegría y gozo.

En principio deseo agradecer a la Facultad de Agronomía, Carrera de Ingeniería Agronómica, por la enseñanza impartida en sus aulas durante mis años de estudio, permitiéndome plasmar mis sueños.

A la Fundación para la Promoción e Investigación de Productos Andinos (PROINPA), por el apoyo brindado, que hizo posible la culminación de la presente investigación.

Mi más profunda gratitud y agradecimiento a mi asesor y profesor el Ing. Ph. D. Alejandro Bonifacio Flores, por ser un gran maestro en mi formación, brindándome la orientación, asesoramiento y apoyo incondicional para la culminación de este trabajo.

Agradecer de manera especial al Ing. Eduardo Chilon Camacho por su colaboración en la obtención de datos en laboratorio.

Un agradecimiento a los miembros del tribunal revisor: Ing. M.Sc. Eduardo Chilon Camacho, Ing. M.Sc. Celia Fernández y Ph. D. Abul Kalam por las observaciones y sugerencias dadas.

Así mismo extender de forma particular mi gratitud a todas las personas mencionadas a continuación por su colaboración y ayuda como les fue posible durante el proceso de investigación: Fernando Pacasa Quisbert, Olivia Vargas Luque y Roberto Aguilar Mamani.

MUCHAS GRACIAS...

¡QUE DIOS LOS BENDIGA!

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>Abstract</i>	<i>ix</i>

1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS	3
2.1. Objetivo general	3
2.2. Objetivos específicos	3
2.3. Hipótesis.....	3
3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
3.1. Campos nativos de pastoreo (Canapas).....	4
3.1.1. Distribución de los t'ulares	4
3.1.2. Características de la sup'u t'ula (<i>Parastrephia lepidophylla</i> Cabrera)	4
3.1.2.1. Clasificación taxonómica	4
3.1.3. Descripción morfológica	5
3.1.4. Hábitat y usos	6
3.1.5. Fases fenológicas del t'ular y plantas asociadas	6
3.1.6. Biología reproductiva de la sup'u t'ula (<i>Parastrephia lepidophylla</i> Cabrera) ...	7
3.1.6.1. Propagación por semilla	7
3.1.6.2. Propagación vegetativa	8
3.2. Importancia de la t'ula.....	8
3.2.1. Deforestación de t'ulares.....	8
3.2.2. Consecuencias de la falta de t'ulares	9
3.2.3. Beneficios de los t'ulares.....	10
3.2.4. Descanso de las tierras agrícolas	11
3.3. Compost	11
3.3.1. Composición del compost	12
3.3.2. El proceso de compostación	12
3.4. Turba	13
3.5. Biosol.....	14
3.5.1. Ventajas en el uso del biosol.....	14
3.5.2. Composición del biosol	16
3.5.3. El biosol en el suelo	16
3.5.4. El biosol en cultivos en surco	17
3.6. Propiedades físicas del suelo	17

3.6.1. Densidad aparente	17
3.6.2. Densidad real	18
3.6.3. Porosidad	18
3.7. Propiedades químicas del suelo	19
3.7.1. Nitrógeno	19
3.7.2. Capacidad de intercambio catiónico (CIC)	20
3.7.3. pH	21
3.7.4. Conductividad eléctrica	22
3.7.5. Materia orgánica en el suelo	23
3.7.6. Relación carbono nitrógeno (C/N)	23
4. MATERIALES Y MÉTODOS	25
4.1. Localización	25
4.1.1. Ubicación geográfica	25
4.1.2. Características ecológicas	25
4.1.2.1. Clima	25
4.1.2.2. Precipitación pluvial	26
4.1.2.3. Temperatura y humedad relativa	26
4.1.3. Suelos	26
4.1.3.1. Principales características	26
4.1.3.2. Análisis inicial del suelo (iniciales)	26
4.1.4. Fisiografía	27
4.1.5. Hidrografía	28
4.2. Materiales	28
4.2.1. Material vegetal	28
4.2.2. Material orgánico (Abonos)	28
4.2.3. Materiales de campo	30
4.2.4. Material de laboratorio	30
4.2.5. Material de gabinete	30
4.3. Métodos	30
4.3.1. Muestreo de suelo	30
4.3.2. Demarcación del terreno	30
4.3.3. Aplicación de abonos	31
4.3.4. Prácticas culturales	31
4.3.5. Toma de muestras del suelo para la evaluación de las propiedades físicas y químicas	31
4.3.6. Diseño experimental	32
4.3.6.1. Modelo lineal aditivo	32
4.3.7. Características del Campo Experimental	32
4.3.8. Variables de respuestas	33
4.3.8.1. Variables de respuesta en la planta	33
4.3.8.2. Variables edáficas	36

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	38
5.1. Comportamiento agroclimático durante el periodo de investigación.....	38
5.2. Efecto sobre la emergencia y sobrevivencia.	39
5.2.1. Porcentaje de germinación.....	39
5.2.2. Porcentaje de emergencia	40
5.2.3. Porcentaje de sobrevivencia	42
5.3. Evaluación de las características agronómicas.....	43
5.3.1. Altura de planta	43
5.3.2. Diámetro de tallo	46
5.3.3. Longitud de raíz	48
5.3.4. Número de ramas basales	49
5.3.5. Número de ramas leñosas	50
5.3.6. Número de ramas apicales	51
5.3.7. Porcentaje de materia seca.....	53
5.3.8. Comparación entre las variables de la planta.....	54
5.4. Efecto de la incorporación de abonos sobre las propiedades del suelo	55
5.4.1. pH	55
5.4.2. Conductividad eléctrica (CE)	57
5.4.3. Densidad aparente (Dap)	58
5.4.4. Densidad real (Dr).....	59
5.4.5. Porcentaje de porosidad (%P).....	60
5.4.6. Análisis químico de suelos y abonos.....	61
5.4.6.1. Análisis de suelos posterior a la aplicación de abonos	61
6. CONCLUSIONES	65
7. RECOMENDACIONES	67
8. BIBLIOGRAFÍA	68

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Análisis físico – químico de los abonos.....	13
Cuadro 2. Composición del biosol puro y enriquecido.	16
Cuadro 3. Análisis de suelos previo a la aplicación de abonos.....	27
Cuadro 4. Análisis químico de los abonos orgánicos.....	29
Cuadro 5. Conteo de germinación por horas.....	39
Cuadro 6. Análisis de varianza para el porcentaje de emergencia	40
Cuadro 7. Análisis de varianza para % de sobrevivencia	42
Cuadro 8. Altura de plantas quincenales	44
Cuadro 9. Análisis de varianza para altura de planta última toma	44
Cuadro 10. Prueba Duncan de toma quincenal	45
Cuadro 11. Análisis de varianza para diámetro de tallo.....	47
Cuadro 12. Análisis de varianza para longitud de raíz.....	48
Cuadro 13. Análisis de varianza para número de ramas basales	49
Cuadro 14. Análisis de varianza para número de ramas leñosas	51
Cuadro 15. Análisis de varianza para número de ramas apicales	52
Cuadro 16. Análisis de varianza para % materia seca.....	53
Cuadro 17. ANVA para materia seca última toma	53
Cuadro 18. Análisis de varianza para el pH.....	56
Cuadro 19. Análisis de varianza para la conductividad eléctrica	57
Cuadro 20. Análisis de varianza para densidad aparente (Dap).....	58
Cuadro 21. Análisis de varianza para densidad real (Dr).....	59
Cuadro 22. Análisis de varianza para porcentaje de porosidad (%P)	60
Cuadro 23. Análisis químico de suelos sometidos al abonamiento orgánico	62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica de la Estación Experimental K'iphak'iphani	25
Figura 2. Croquis experimental	33
Figura 3. Distribución de las ramas de sup'u t'ula (<i>Parastrephia lepidophylla</i> Cabrera)	35
Figura 4. Comportamiento agroclimático durante el tiempo de evaluación	38
Figura 5. Porcentaje de germinación de sup'u t'ula por horas.	39
Figura 6. Prueba Duncan (5%), para el porcentaje de emergencia	41
Figura 7. Porcentaje de emergencia diario.	41
Figura 8. Promedios y prueba Duncan para % de sobrevivencia	43
Figura 9. Prueba Duncan evaluación final de altura	45
Figura 10. Curva de crecimiento en altura de planta a lo largo del año de evaluación.	46
Figura 11. Prueba Duncan (5%), diámetro de tallo (mm).....	47
Figura 12. Prueba Duncan (5%), longitud de raíz.....	48
Figura 13. Promedios de número de ramas basales	50
Figura 14. Prueba Duncan (5%), para número de ramas leñosas	51
Figura 15. Prueba Duncan (5%), para número de ramas apicales	52
Figura 16. Prueba Duncan (5%), para % materia seca.....	54
Figura 17. Comparación de las variables de altura, diámetro y longitud de raíz	54
Figura 18. Comparación de materia seca y numero de ramas	55
Figura 19. Prueba Duncan (5%), para pH	56
Figura 20. Promedios de conductividad eléctrica	57
Figura 21. Prueba Duncan (5%), para la Dap.....	58
Figura 22. Prueba Duncan (5%), para Dr	60
Figura 23. Prueba Duncan (5%), para porcentaje de porosidad	61
Figura 24. Proporción de los cationes de cambio (% de la CIC).....	63

RESUMEN

Los t'ulares desempeñan un rol muy importante en la cobertura vegetal de suelos en el altiplano. En los últimos años estas especies se han visto deforestadas por el hombre para la habilitación de tierras para la agricultura, los problemas causados a razón de esta actividad provoca la erosión eólica. El repoblamiento con sup'u t'ula (*Parastrephia lepidophylla*) es una alternativa ante esta problemática, el lento desarrollo de la sup'u t'ula nos lleva a buscar alternativas, para esto se busca acelerar el crecimiento de esta especie por medio del abonamiento orgánico (compost de estiércol de llama, turba y biosol). El objetivo del presente trabajo fue evaluar el crecimiento de sup'u t'ula (*Parastrephia lepidophylla* Cabrera) con abonamiento orgánico además del efecto que tuvieron los mismos sobre la emergencia, sobrevivencia y las características agronómicas, el efecto que tuvieron en las propiedades del suelo. Los abonos orgánicos tuvieron efecto sobre la emergencia (63,50 %), sobrevivencia aumentando su porcentaje en un 96,5 por ciento. Así mismo hubo un aumento de la altura (16,14 cm), diámetro de tallo (5,42 mm), número de ramas basales, leñosas, apicales (32 ramas), materia seca (58,9 %). El suelo también se vio favorecido por el abonamiento lo que se reflejó en variables como el pH 6,83; Dap 1,03; Dr 2,18 y la porosidad 56,91% con respecto al testigo. Estos resultados sugieren la aplicación de abonos orgánicos que aceleran el crecimiento de sup'u t'ula obteniendo plantas vigorosas en un menor tiempo y mejorando las propiedades del suelo.

Palabras claves: Sup'u T'ula, repoblamiento, erosión eólica, abonos orgánicos, aceleración del crecimiento.

ABSTRACT

The t'ulares play an important role in soil vegetation cover in the Altiplano. In recent years these species have been deforested by mankind for land clearance for agriculture, the problems caused at the rate of this activity causes wind erosion. The repopulation with sup'u t'ula (*Parastrephya lepidophylla* Cabrera) is an alternative to this problem, the slow development of the sup'u t'ula leads us to seek alternatives, this seeks allow to accelerate the growth of this species through organic fertilization (compost llama manure, peat and biosol). The aim of this study was to evaluate the growth of sup'u t'ula (*Parastrephia lepidophylla* Cabrera) with organic fertilization and the effect they had them on the emergence, survival and agronomic characteristics, the effect they had on the soil properties. Organic fertilizers had an effect on emergency (63.50%), increasing their survival rate 96.5 percent. Also there was an increase in height (16.14 cm), stem diameter (5.42 mm), number of basal branches, woody, apical (32 branches), dry matter (58.9%). The soil also was favored by composting which was reflected in variables such as pH 6.83; Dap 1.03; Dr porosity 2.18 and 56.91% compared with the control. These results suggest the application of organic fertilizers accelerate the growth of sup'u t'ula obtaining vigorous plants in less time and improving soil properties.

Keywords: Sup'u T'ula, repopulation, wind erodes, organic fertilizers, growth acceleration.

1. INTRODUCCIÓN

Los arbustos (t'ulas) y los pastos constituyen la vegetación predominante del Altiplano, la misma que está siendo removida con el propósito de habilitar tierras para la agricultura. La preocupante pérdida de la cubierta vegetal contribuye al deterioro de los ecosistemas. La reducción y pérdida de la cubierta vegetal aumenta los escurrimientos de agua de lluvia y por lo tanto la erosión del suelo. La erosión que provocan los vientos fuertes, es mucho más drástica sobre suelos sin cobertura vegetal, tal es el caso del altiplano sur. Estos problemas son los que aquejan al Altiplano boliviano, especialmente a las zonas productoras de quinua, por lo que urgen soluciones rápidas y efectivas.

Si bien existen recomendaciones para recuperar la cobertura vegetal, generalmente estos no ofrecen procedimientos técnicos y prácticos para repoblar especies nativas.

La situación previamente descrita, nos conduce a plantear el aprovechamiento de los recursos vegetales nativos existentes en estos lugares, siendo una buena alternativa el repoblamiento con sup'u t'ula o khiruta (*Parastrephia lepidophylla*).

La t'ula es abundante en el Altiplano, se conocen nombres como sup'u t'ula, uma t'ula, ñak'a t'ula, etc. Estas especies arbustivas tienen su presencia en los ecosistemas altiplánicos además que presentan diversos usos, entre ellos tenemos: cobertura del suelo, fuente de materia orgánica, medicinal, forrajera, combustible (leña), conservación de suelos, tintura, por lo que es importante su estudio para encaminar el manejo sostenible del suelo y otros usos potenciales.

Los pocos estudios realizados en t'ula, el desconocimiento sobre la biología reproductiva y mucho menos sobre el crecimiento de la especie, nos llevan a generar conocimientos para emprender la conservación de t'ulares, repoblamiento vegetal y aprovechamiento múltiple, especialmente en zonas de producción de quinua donde la remoción de las t'ulas es cada vez más extensiva y el repoblamiento natural es muy lenta.

Cuando se trata del repoblamiento vegetal en suelos propensos a erosión eólica, es deseable el rápido crecimiento de las especies vegetales, por lo que se busca alternativas para acelerar este proceso. Estudios realizados muestran que la incorporación de abonos tienen efecto favorable sobre el vigor de las plantas, estos

efectos favorables sobre especies nativas como de la t'ula no se conocen aunque se asume que podría tener efecto favorable, en el desarrollo acelerado de plantines y plantas de tal forma que el repoblamiento con arbustos pueda ser alcanzada en el menor tiempo.

El presente proyecto de investigación pretende acelerar el crecimiento de la t'ula mediante el abonamiento orgánico obteniendo plantas más vigorosas en el menor tiempo posible para facilitar y agilizar los proyectos de repoblamiento con especies nativas en suelos degradados y pobres en vegetación.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

- Evaluar el crecimiento de sup'u t'ula (*Parastrephia lepidophylla* Cabrera) con abonamiento orgánico en el Centro Experimental K'iphak'iphani, Viacha.

2.2. Objetivos específicos

- Evaluar la emergencia y sobrevivencia de plántulas de sup'u t'ula bajo diferentes tratamientos con los abonos orgánicos (compost, turba y biosol).
- Determinar el efecto de tres tipos de abonos orgánicos sobre las características agronómicas de la sup'u t'ula (*Parastrephia lepidophylla* Cabrera).
- Determinar el efecto de tres tipos de abonos orgánicos sobre las propiedades del suelo implantadas con la sup'u t'ula (*Parastrephia lepidophylla* Cabrera).

2.3. Hipótesis

- La sobrevivencia de las plántulas de sup'u t'ula, no presentan diferencias entre los tratamientos con abonamiento orgánico compost, turba y biosol.
- Los tres tipos de abonos orgánicos no presentan efectos sobre las características agronómicas de la sup'u t'ula (*Parastrephia lepidophylla* Cabrera).
- Los tres tipos de abonos orgánicos no presentan efectos sobre las propiedades del suelo implantadas con la sup'u t'ula (*Parastrephia lepidophylla* Cabrera).

3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1. Campos nativos de pastoreo (Canapas)

Según Alzérreca *et al.* (2002), las praderas o campos nativos de pastoreo (CANAPAS) del tipo t'ular, son comunidades de plantas compuestas por pastos, hierbas y arbustos leñosos (t'ular) que crecen en los campos sin haber sido sembrados, están muy bien adaptados al medio donde viven y proporcionan forraje, protección al ganado doméstico y fauna silvestre. Las t'ulas son plantas adaptadas a altitudes elevadas (3000 a 4500 msnm) distribuida en todo el altiplano. Los t'ulares pueden ser puros o asociados, los puros llamados así porque se observa mucho más t'ula que otros pastos, en cambio los t'ulares asociados comparten dominancia con otras especies como el t'ular-irual, t'ular-chijjal, t'ular-kaillar o el t'ular-kotal.

La palabra t'ula es una palabra quiere decir leña, la palabra está asociada a plantas o arbustos que dan leña como la sup'u t'ula, ñaka t'ula, tara t'ula, entre otros, sin embargo no todos los arbustos son conocidos como t'ula, así por ejemplo la kailla o añahuaya que dan leña pero no se las conoce como t'ula. Dentro de las t'ulas una de las más conocidas es la sup'u t'ula (Alzérreca *et al.*, 2002).

3.1.1. Distribución de los t'ulares

Alzérreca *et al.* (2002), indican que los t'ulares son propios de los Andes que cubren una extensa área en el Altiplano Central, Sur y Alto andino árido y semiárido. Las t'ulas tienen preferencia sobre la textura de este tipo de suelos (semiárido), sin embargo hay caso como en el de la sup'u t'ula que tiene amplio rango de adaptación puede encontrarse en suelos francos, franco arenosos y también en suelos franco arcillosos, también se pueden encontrar en áreas de abanico y de pampa se ubican con preferencia la sup'u t'ula.

3.1.2. Características de la sup'u t'ula (*Parastrephia lepidophylla* Cabrera)

3.1.2.1. Clasificación taxonómica

Según Rojas (2007), la clasificación taxonómica es la siguiente:

Nombre Científico	Parastrephia lepidophylla
Reino	Plantae
Phylum	Magnoliophyta

Clase	Magnoliopsida
Orden	Asterales
Familia	Asteraceae
Género	<i>Parastrephia</i>
Epíteto Específico	<i>Lepidophylla</i>
Autor Epíteto Específico	(Wedd.) Cabrera
Tipo	Isotype
Nombre común	Sup'u t'ula

3.1.3. Descripción morfológica

Paca *et al.* (2003), Alzérreca *et al.* (2002), indican que la t'ula es un arbusto, resinoso, lignificado, erecto, ramoso; misma que alcanza una altura de 0,5 - 2 m, con una cobertura aérea (Cobertura foliar) promedio de 1971 cm² y un área basal promedio de 106,4 cm². Tiene una raíz ramificada; con una raíz principal y de estas nacen las raíces secundarias, con una profundidad promedio de 40 a 80 cm.

La t'ula posee tallos basales más duros porque llevan en su interior el compuesto llamado lignina, las ramas terminales de color verde cenizo y cilíndricos (0,4 – 0,6 cm de diámetro), muy anudadas y agrietadas, se dividen en otras de menor diámetro (2 mm), las cuales portan las hojas. Las hojas son simples, alternas, escuamiformes (3 - 4 mm por 1 mm), sésiles y coriáceas, flores marginales: hermafroditas, estrechas (6 mm de longitud) y numerosas (Alzérreca *et al.*, 2002).

Con respecto a los tallos primarios no son notorios, los tallos secundarios son de forma cilíndrica, erectos, resinosos, lignificados en número de 18, con un grosor promedio de 1,8 cm, glabros. Las hojas son enteras semi agudas en el ápice y ensanchadas en la base, carnosas adosadas al tallo (imbricadas), albo tomentosas en la cara exterior en la nervadura central con 0,2 cm de largo y 0,1cm de ancho (Paca *et al.*, 2003).

En cuanto a las flores Paca *et al.* (2003), menciona que la inflorescencia está dispuesta en capítulos, cabezuelas solitarias en los ápices de las ramitas, sésiles; involucro acampanado de 0,5 - 0,64 cm de altura y un diámetro de 0,20 – 0,35 cm, son de color amarillas con 3 series de filarias, lanceoladas, enteras, curvadas hacia fuera, ovadas, obtusas, algo resinosas, glabras o pubescentes, las flores son dimorfas, las flores

femeninas vienen a ser las que se encuentra en el perímetro del capítulo o las marginales, que en su mayoría son un número de siete a ocho flores y una altura de 0,4 cm, estas presentan una corola tubulosa-filiforme-angostas, corta, estilo prolongado de 0,5 cm de largo, estigma bífido de 0,1 cm de largo. Las flores hermafroditas son las que se encuentran en el disco o en la parte central, presentan una corola tubular de 0,5 – 0,6 cm de altura, pentadentada-lobulada, comprendida entre ocho a diez flores por capítulo. Los aquenios son turbinados de 0,2 a 0,3 cm, de color marrón, veloso, con pappus de 0,3 a 0,4 cm de largo con cerdas ásperas de color blanquecino.

3.1.4. Hábitat y usos

Mercado (2013), indica que la t'ula crece en las zonas comprendida entre las altitudes de 3850 a 5000 msnm, en laderas montañosas, pedregosas y llanuras fluvio lacustres del altiplano central y sur, sobre suelos profundos, a menudo calcáreos o algo salobres de la puna seca.

El mismo autor señala que algunas especies de arbustos se utilizan como forrajera para ganado ovino y camélido, también es utilizada para rituales, como medicinal y para tinturas, además que es empleada como combustible de primera importancia en el altiplano.

3.1.5. Fases fenológicas del t'ular y plantas asociadas

Las fases fenológicas, son denominadas a los diferentes estados fisiológicos en las que se encuentran las plantas (arbustos, pastos y otros) a lo largo de su ciclo de vida. La etapa reproductiva de las especies arbustivas, comprende desde la formación del botón floral hasta la producción de semillas y esta ocurre en plena época seca, en cambio las gramíneas plurianuales y anuales como los pastos y forbias ocurre al final de la época de lluvias (abril y mayo) (Alzérreca *et al.*, 2002).

Las primeras especies que llegan al inicio de la etapa reproductiva son las arbustivas sup'u t'ula, cheka t'ula, alpacht'ula y la semi arbustiva añahuaya. Las t'ulas florecen entre los meses de septiembre hasta noviembre y se pueden cosechar las semillas entre los meses octubre y noviembre, excepto *Fabiana densa* (amamay t'ula o tara t'ula) que se puede cosechar en enero y febrero (Alzérreca *et al.*, 2002).

La floración, según la FAO (1994), es en el mes de septiembre, con frutos y semillas en octubre y noviembre, posteriormente vuelve a florecer en abril-mayo, aunque con menor intensidad.

Pérez (1994), en la estación experimental de Patacamaya y el cantón Santiago de Collana, efectuó un estudio en las especies de *Baccharis incarum* y *Parastrephia lepidophylla*, por medio del cual se obtuvo observaciones fenológicas en plántulas, a partir del almacigo, durante doce meses. Las plantas fueron evaluadas desde la formación de yemas hasta la formación de semillas.

3.1.6. Biología reproductiva de la sup'u t'ula (*Parastrephia lepidophylla* Cabrera)

Paca *et al.* (2003), indican que la t'ula puede ser propagada por semilla botánica (reproducción sexual) o a través de la multiplicación de partes de la planta como esquejes (reproducción asexual o vegetativa). Los métodos básicos de propagación son:

- El sexual o gámico (reproducción por semilla)
- El asexual o agámico, vegetativo o somático (multiplicación por partes de la planta).

3.1.6.1. Propagación por semilla

Para la propagación por semilla Paca *et al.* (2003), indican que la recolección de semilla se debe realizar entre los meses de octubre a diciembre, los primeros brotes observaron a los 14 y 18 días.

Pérez (1994) y Ramos *et al.* (2013), indican que la floración de la sup'u t'ula inicia en septiembre y octubre, las semillas maduras se presentan a partir de la última semana de octubre hasta diciembre.

Según Ramos *et al.* (2013) mencionan que las pruebas de germinación demostraron que de la semilla de una t'ula, titi t'ula y sup'u t'ula germinan inmediatamente después de la cosecha obteniendo un 95%. Las semillas emergen en un periodo de 7 a 10 días en siembra en almacigo y siembra directa en maceta, en cambio, en campo se registró entre 15 a 20 días, por lo que sugieren como método apropiado para la multiplicación masiva de t'ulas.

3.1.6.2. Propagación vegetativa

Paca *et al.* (2003), indica que la multiplicación en el caso de la t'ula se produce generalmente utilizando los métodos de propagación vegetativa mediante brinzales y estacas.

Los brinzales son plantas que se generan en forma natural en las praderas de t'ulares a partir de la semilla que es propagada por el viento. La talla promedio del brinzal es de 15 cm de los cuales 5 cm es raíz y 10 cm es el tallo y hojas. Se colecciona los brinzales de las praderas de t'ular entre los meses de octubre y noviembre y se realiza el trasplante de los brinzales en las platabandas (Paca *et al.*, 2003).

El método de propagación por estacas se realiza recolectando las plántulas entre los meses de octubre y noviembre se procede a la colección de estacas de aproximadamente de 20 a 30 cm los que se obtienen de la parte media de la planta. Se sumerge por menos de 15 segundos en una fuente con una solución de ácido indol butírico. Para el enraizamiento las estacas se envuelve en una bolsa de plástico con sustrato de aserrín y arena por un periodo aproximado de 21 a 25 días (Paca *et al.*, 2003).

Los estudios existentes sobre propagación tenemos la investigación realizada en ambiente atemperado por Cussi (2013), quien probó enraizadores en sup'u t'ula (*Parastrephia lepidophylla*) determinando que un mayor porcentaje de prendimiento 68 % con la aplicación de la fitohormona enraizadora con ácido indol butirico (AIB) y una mortandad del 32 %. La autora indica que se consiguió mejores resultados con la fitohormona auxina, con un tiempo de inmersión de 15 minutos teniendo un desarrollo de la raíz del 27,75%, en relación a la citoquinina que llegó al 22,50 % de número de raíces y el testigo alcanzó a un número de 19,06 % de número de raíces.

3.2. Importancia de la t'ula

3.2.1. Deforestación de t'ulares

Entre los pocos estudios realizados de la t'ula tenemos el efectuado por Quelca (1998) el cual menciona que el total de consumo de la t'ula en la localidad de Calacoto es de 274375,67 fardos de t'ula al año, el cual resulta del consumo en las estuquerías del Cantón José Manuel Pando que es de 96228,83 fardos, los hornos de pan de Calacoto

consumen 819,84 fardos y el consumo doméstico es de 177327,00 fardos por año. Por tanto el consumo anual de la t'ula cuantificada en la zona de estudio se traduce en la deforestación de 1371,87 ha/año, tomando en cuenta que de una hectárea se recogen como promedio 200 fardos de t'ula de 20 a 25 kg. Al ritmo de explotación de la t'ula y tomando en cuenta la estimación de 14864,01 ha de pradera nativa tipo t'ula estimada en el Municipio de Calacoto, de aquí a un corto tiempo solo se ve grandes espacios físicos deforestados como consecuencia del manejo y la explotación irracional de los recursos naturales renovables que se resume en la degradación paulatina del ecosistema de la región.

3.2.2. Consecuencias de la falta de t'ulares

Las principales consecuencias de la falta de t'ulares según Alzérreca *et al.* (2002), son las siguientes: erosión de suelos por viento y lluvias, factores de microclima ante falta de cobertura por t'ulares.

a) Erosión de suelos por viento y lluvias

El altiplano está afectado por un proceso erosivo y degradativo de sus recursos naturales, debido a una intervención antrópica (hombre) en diferentes grados y formas, mal uso de suelos, entre otros. Se estima que un 80% de los pastizales de esta región se encuentran en un proceso de erosión (Alzérreca *et al.* 2002).

b) Factores de microclima ante falta de cobertura por t'ulares

La falta de cobertura vegetal (t'ulares) provoca cambios del microclima para la producción de especies de estrato bajo como son las gramíneas y otras especies palatables para el ganado. Los t'ulares proporcionan ambiente apropiado para la reproducción y establecimiento de estas plantas creando condiciones micro climático favorable (Alzérreca *et al.*, 2002).

Los mismos autores señalan que las t'ulas y t'ulares son de importancia económica y biológica relevante en las tierras altas de Bolivia por las siguientes razones:

- * La estructura de los t'ulares como comunidades vegetales posibilita a que estas actúen como eficientes cortinas rompe vientos.

- * Los ecosistemas de t'ulares aportan protección a los animales domésticos y fauna silvestre.
- * La vegetación de los t'ulares estabiliza y protege los suelos contra todo tipo de erosión.
- * Entre las t'ulas, la sup'u t'ula, ñaka t'ula y lampaya t'ula forman parte de la dieta de llamas y ovejas, aunque estos porcentajes están por debajo del 4%.

En cuanto a la erosión existente por falta de t'ulares Ramos *et al.* (2013), mencionan que el avance de la frontera agrícola de la quinua implica la remoción de la vegetación (arbustos y pastos) sin tomar medidas de repoblamiento naturales o dirigido. Esta actividad antrópica está conduciendo a la pérdida de vegetación que incluye la microflora y microfauna asociada a esta. La erosión de suelos, la pérdida de fertilidad del suelo, en conjunto conduce hacia la reducción de los rendimientos unitarios y al riesgo de insostenibilidad de la producción de quinua orgánica.

3.2.3. Beneficios de los t'ulares

Los beneficios de los t'ulares según (Alzérreca *et al.*, 2002), son los siguientes: conservación de suelos, terrazas de formación lenta y trasplante con t'ulas.

a) Conservación de suelos

Los t'ulares forman barreras naturales contra los vientos y el agua. Cuando las condiciones de suelo y clima son favorables para realizar la siembra de cultivos es recomendable dejar bandas de plantas de t'ula, para contrarrestar los vientos fuertes, de esta manera evitar que el viento y agua se lleve la capa de suelo más fértil (Alzérreca *et al.*, 2002).

b) Terrazas de formación lenta y trasplante con t'ulas

Según Alzérreca *et al.* (2002), para la protección de suelos y cultivos, una de las prácticas es establecer barreras de t'ulas con la finalidad de proteger al suelo de la erosión y crear microclima, esta combinación permite que la terraza tenga mayor humedad para el suelo.

3.2.4. Descanso de las tierras agrícolas

Los estudios referidos a la importancia del descanso de las tierras agrícola, se destaca el realizado por Ciro (1994) en el Cantón San José Langa. Donde el uso dado a las parcelas por la población local, varía de un tipo de suelo a otro. En Luvisoles las secuencias de cultivo varían de 1 a 3 años e involucran primariamente cultivos de consumo humano (cebada, papa, quinoa). La densidad de población de *Parastrephia lepidophylla* aumenta paulatinamente con la duración del periodo de descanso. Sin embargo, en Luvisoles se estabiliza alrededor de los 10 años de descanso. En la zona de Fluvisoles el valor más elevado de *Parastrephia lepidophylla* en parcelas de 10 a 15 años de descanso 14852 plantas/ha, lo mismo ocurre en las parcelas de suelos salinos donde la densidad más alta fue de 15861 plantas/ha. Periodos de descanso superior a 15 años están asociados a una disminución en la densidad del arbusto. Los factores que influyen en la densidad del arbusto muestran que la duración del periodo de descanso asociado al descanso anterior de duración inferior a 5 años, el uso de maquinaria y el tipo de suelo tienden a soportar densidades más altas de *Parastrephia lepidophylla*, la remoción del suelo favorece al establecimiento del arbusto.

El mismo autor indica que los periodos de descanso y erosión eólica revelaron una pérdida del material edáfico en parcelas con menos de 4 años de descanso y una deposición neta en parcelas de más de 4 años de descanso. Mientras que en parcelas con 4 años de descanso no hubo pérdidas ni ganancias de suelos. Esto a razón del incremento de la cobertura con el alargamiento del periodo de descanso y propone que la acción del viento resulte en la redistribución local del material edáfico. Parcelas con más de 4 años de descanso ganan material edáfico decremento de parcelas con menos de 4 años de descanso.

3.3. Compost

Chilon (2010) y Urquiaga y Mota (2004), indican que el compost es un abono orgánico pre-humificado, que resulta de la descomposición y transformación biológica aeróbica de residuos orgánicos echa por los organismos descomponedores (bacterias y hongos). El producto final es un compost rico en nutrientes que son asimilados paulatinamente por las plantas, lo que garantiza buenas cosechas, además de mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, alimentando continuamente la vida del suelo.

Así mismo la presencia del compost garantiza a las plantas una reserva de sustancias nutritivas; favorece la absorción y la retención del agua; facilita la circulación del aire; limita los cambios bruscos de temperatura y humedad que tanto dañan a las plantas; bloquea y desactiva un gran número de compuestos tóxicos y provee alimentos a los animales minúsculos que son la base de toda la cadena alimenticia. Si las plantas crecen y los animales viven es debido al trabajo secreto de los organismos descomponedores, de forma que sin ellos no había vida sobre la tierra (Chilon, 2010 y Urquiaga y Mota 2004).

Los microorganismos capaces de sobrevivir a temperaturas elevadas son en su mayoría desintegradores de materia orgánica ya que se alimentan de ella, los microorganismos que perjudican las plantas no sobreviven con altas temperaturas y lo hacen si la temperatura es entre 15 y 25 °C (Meléndez, 2003).

3.3.1. Composición del compost

Un gramo de compost, contiene más de 200 millones de microorganismos entre bacterias aeróbicas, actinomicetos, hongos, y otros organismos benéficos para el suelo y la planta, además contiene nutrientes, vitaminas, hormonas y sustancias mucilaginosas que favorecen el crecimiento y desarrollo de las plantas, y la estabilización de los agregados del suelo. Dependiendo de los materiales locales que se utilice para enriquecer el compost, se puede obtener diversos tipos de compost (Chilon, 2010).

El mismo autor indica que el compost se puede enriquecer con la adición de feldespato potásico natural ortoclasa, finamente molido se tiene el ortocompost, si se aplica roca fosfórica natural finamente molida se obtiene el fosfocompost, que es el compost enriquecido con roca fosfórica natural.

3.3.2. El proceso de compostación

Chilon (2010), menciona que los materiales y métodos para la elaboración del compost varían de acuerdo con las características del ecosistema donde se va a fabricar, en el altiplano, valles y llanos tropicales, presentan diferentes características climáticas y consecuentemente diversos materiales vegetales e insumos propios, lo que define la modalidad de elaboración del compost.

No existen restricciones sobre la modalidad de compostaje, pero en el caso de zonas *semi-áridas* se considera la “*modalidad de compostaje a bajo relieve*” o en pozas para disminuir la pérdidas de humedad por evapotranspiración, llenado en sentido vertical sólo la mitad de la poza, para facilitar los volteos y en el caso de zonas *húmedas tropicales* se puede hacer en la “*modalidad a alto relieve*” para evitar los excesos de humedad y facilitar los volteos (Chilon, 2010).

Equise (s.f.), realizó investigaciones con abono natural de camélidos y ovinos, los resultados del análisis físico y químico se muestra en el cuadro 1.

Cuadro 1. Análisis físico – químico de los abonos

Parámetros	Unidad	Suelo	Estiércol Camélido	Estiércol Ovino
pH pasta	-	7,8	7,7	8,4
Conductividad	uS/cm	108	7490	16970
Cobre (Cu)	mg/kg	< 0,5	1,1	1,1
Hierro (Fe)	mg/kg	< 0,3	6,3	4,5
Manganeso (Mn)	mg/kg	1,3	11,3	18,2
Potasio (K)	meq/100g	0,4	13,2	5,6
Zinc (Zn)	mg/kg	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Fósforo (P)	mg/kg	8,5	554,4	592,8
Nitrógeno (N)	%	0,06	1,82	1,53
Materia Orgánica (MO)	%	2,8	50,35	28,05
Arena	%	89,05	76,83	84,05
Limo	%	9,45	17,67	12,91
Arcilla	%	1,5	5,5	3
Clasificación Tex.	-	Arena	Arenoso Franco	Arenoso Franco

Fuente: Equise (s.f.)

3.4. Turba

Guerrero (2000), menciona que los histosoles, turberas o suelos turbosos son la acumulación de materia orgánica de origen vegetal en descomposición, debido a que se forman en condiciones limitantes para la biodegradación, bajas temperaturas, elevada humedad y medios anaeróbicos o semi anaeróbicos. Dependiendo del origen botánico de la materia orgánica vegetal y de las condiciones climáticas predominantes en el momento de su formación, se forma un tipo de turba u otro. Fundamentalmente se

distinguen dos tipos principales de turberas: baja y alta, siendo esta última de la que se saca la turba que se emplea en la fabricación de sustratos de alta calidad.

Las turberas altas se alimentan exclusivamente del agua de las precipitaciones, creándose un medio oligotrófico y ácido, donde sólo pueden crecer especies poco exigentes como el musgo del género *Sphagnum*, principal formador de este tipo de turberas (Guerrero, 2000)

3.5. Biosol

Chávez *et al.* (2010), mencionan que los biosoles son líquidos extraídos del biodigestor y que luego de ser tratado y oreados, se emplean como abono orgánico y como estimulante de crecimiento de las plantas. El biosol es la separación de la parte sólida del fango resultante de la fermentación anaeróbica dentro del biodigestor, el biosol puede alcanzar entre 25% a 10% de materia seca su composición depende mucho de los residuos que se emplean para su fabricación.

Generalmente el biosol se aplica en el campo de la misma manera que se utiliza el compost sin embargo la dosificación varía. Las cantidades de biosol usualmente empleadas se encuentran entre 2 a 4 t/ha, con esta dosificación se obtiene los mismos resultados que las del compost de 10 a 20 t/ha y guano de 15 a 30 t/ha las cuales dependen de la calidad del suelo (Chávez *et al.*, 2010).

Con respecto a lo mencionado anteriormente, Aparcana y Jasen (2008), reportan el empleo del biosol entre 2 a 4 t/ha y depende del tipo de cultivo y del suelo.

También se puede incluir el biosol en la preparación del suelo antes de colocar las semillas. En este caso deberá ser puesto a una profundidad de entre 10 – 20 cm. Luego de la germinación y crecimiento de la planta se puede seguir abonando el suelo con el biosol, el cual puede ser reforzado con fertilizantes químicos; en este caso las cantidades de fertilizantes químicos a emplear son muchos menores a las que se usan normalmente. Para la agricultura orgánica el biosol es empleado sin fertilizantes químicos (Aparcana y Jasen, 2008).

3.5.1. Ventajas en el uso del biosol

Aparcana y Jasen (2008), mencionan las siguientes ventajas en el uso del biosol:

- El uso de este abono hace posible regular la alimentación de la planta. Los cultivos son fortalecidos y ocurre una mejora del rendimiento. El uso del biosol permite el uso intensivo del suelo mejorando a la vez la calidad del mismo.
- El biosol confiere a los suelos arenosos una mayor cohesión mejorando con ello la retención de los nutrientes en el suelo.
- El biosol mejora la estructura del suelo y la capacidad de retención de la humedad del mismo, esto favorece la actividad biológica en el suelo. Mejora la porosidad y por consiguiente la permeabilidad y ventilación.
- También el biosol puede ser combinado con la materia que va a ser compostada, con el fin de acelerar el proceso de compostaje.
- Una de las ventajas de usar el biosol como fertilizante es que se reduce la necesidad del abono, es decir solo se necesitaría de 2 – 4 toneladas/ha. Si se empleara solo estiércol se necesitaría 15 – 30 t/ha y si se empleara compost se necesitaría 10 – 20 t/ha. No hay que olvidar que estas cantidades son relativas y dependen mucho del tipo de suelo y del cultivo.
- Inhiben el crecimiento de hongos y bacterias que afectan a las plantas.
- Reduce la erosión del suelo.
- El biosol cuenta con una mayor disponibilidad de nutrientes (nitrógeno, fósforo, potasio, hierro y azufre) a comparación con el estiércol, entonces esto mejora la disponibilidad del nutriente para la planta.
- En general todos los bioles y biosoles, muestran excelentes cualidades como abonos independientemente de su origen. Todos tienen mejor disponibilidad de los nutrientes, retención de humedad del suelo, mayor poder de absorción por la planta, etc.
- Mejora la disponibilidad de nitrógeno y mejor absorción si se compara con estiércol fresco o compost.
- Aumenta la disponibilidad del Fósforo, Calcio, Potasio, Magnesio, entre otros.

- Otra de las cualidades del biol y biosol es que ambos productos están libres de microorganismos patógenos, gracias al proceso de fermentación anaeróbica. Las bacterias fermentativas (hidrolíticas, acetogénicas, homoacetogénicas y metanogénicas).

3.5.2. Composición del biosol

Medina (1992), muestra la composición del biosol puro (BS), con superfosfato triple (BS1) y otro con úrea, superfosfato y sulfato de potasio (BS2) (Cuadro 2)

Cuadro 2. Composición del biosol puro y enriquecido.

Componentes	U	BS	BS1	BS2
Sólidos totales	%	88,1		
Materia orgánica	%	74,6		
Nitrógeno amoniacal	%	0,3		
Nitrógeno total	%	2,0		
Fósforo	%	0,4	90,1	92,5
Potasio	%	0,5	76,2	75,8
Ácido indol acético	ng/g	15,2	1,9	2,7
Giberelinas	ng/g	18,0	3,8	5,1
Purinas	ng/g	14,4	1,1	1,1
Tiamina (B1)	ng/g	240,0	0,6	1,1
Riboflavina (B2)	ng/g	50,6		
Piridoxina (B6)	ng/g	10,6		
Ácido fólico	ng/g	16,0		
Triptófano	ng/g	36,0		

BS: Biosol puro
 BS1: Biosol + Superfosfato
 BS2: Biosol + Superfosfato + Úrea + Sulfato de potasio

Fuente: Medina, 1992

3.5.3. El biosol en el suelo

Medina (1992), sostiene que el biol como el biosol que se incorporan al suelo, favorecen por su composición biogénica, la dinámica, multiplicación y desarrollo de la microflora del suelo; estos producen grandes cantidades de material aglutinante que forman agregados o grumos, determinando así cambios favorables en su estructura. En estos grumos se atrapan cantidades considerables de humus, micro-humus y otros compuestos que aumentan la capacidad de intercambio del suelo. El terreno así

mejorado, promueve un mejor aprovechamiento de los fertilizantes químicos, ya que al ser retenidos en esta red biológica, no se fijan al suelo, ni entran a formar complejos que los vuelvan inasimilables por las plantas; el biosol y el biol, actúan como verdaderos activadores biológicos del suelo.

3.5.4. El biosol en cultivos en surco

Medina (1992), recomienda que para los cultivos el abonamiento inicial se lleva a cabo distribuyendo el biosol al fondo del surco; luego se cubre con tierra retirada con un horquillón de los camellones. Posteriormente, se puede seguir abonando con biosol enriquecido, sin embargo no siempre cubre las necesidades nutricionales de las plantas, en cuyo caso se reforzara con abonamientos a base de fertilizantes químicos, pero en menores proporciones que cuando no se emplea biosol.

Dicho autor menciona que los estudios llevados a cabo hasta el momento, han demostrado que el biosol enriquecido manifiesta resultados expectantes, especialmente en papa, camote, maíz, cebolla, ajo, puerro, beterraga, espárragos, apio, arveja, vainitas, haba, melón zapallo, sandia, pepino, calabazas, alcachofa, fresa, ají, locoto, pimiento, tomate, berenjena, rábanos, zanahoria, coles brócoli, nabos y frutales en general.

3.6. Propiedades físicas del suelo

3.6.1. Densidad aparente

Jaramillo (2002), indica que la densidad aparente es la densidad del suelo que se calcula teniendo en cuenta el espacio ocupado por los poros, al cuantificar el volumen de la muestra de suelo, razón por la cual depende de la organización que presente la fracción sólida del mismo y está afectada por su textura, su estructura, su contenido de materia orgánica, su humedad (en especial en suelos con materiales expansivos) y su grado de compactación, principalmente.

La densidad aparente se define como la masa por unidad de volumen, incluyendo los espacios de poros, mientras que la densidad real no incluye el espacio poroso del suelo, es decir, es la densidad de las partículas que lo forman (Sena, 2000).

3.6.2. Densidad real

La densidad real es el peso de las partículas sólidas del suelo, relacionado con el volumen que ocupan, sin tener en cuenta su organización en el suelo, es decir, sin involucrar en el volumen el espacio ocupado por los poros; se deduce, entonces, su dependencia de la composición mineral del suelo y del contenido de algunos sólidos especiales en él, como la materia orgánica y los óxidos de hierro (Jaramillo, 2002)

Sánchez (2007), complementa que la densidad real (Dr), mide el grado de compactación de un determinado suelo cuando éste ha sido sometido a trabajos constantes de maquinaria pesada sobre la capa arable, pudiendo mostrarse esa compactación en esa misma capa o en la subyacente. Hernández (2013), menciona que la densidad real al contrario de la densidad aparente o es una característica menos variable, presentando un valor medio de 2,65 g/cc, aunque los suelos ricos en óxidos de hierro pueden presentar valores mayores de 3 g/cc.

3.6.3. Porosidad

Jaramillo (2002), indica que la porosidad define la capacidad de aire y capacidad de agua, de acuerdo con la distribución de poros por tamaño y fenómenos de capilaridad. La capacidad de aire del suelo define el suministro de oxígeno a las raíces, el intercambio gaseoso con el medio ambiente y favorece la formación del sistema radical que facilita la absorción de agua y nutrientes por las raíces de las plantas. Un suelo normal en buenas condiciones debe presentar una porosidad cercana al 50%, donde el agua y el aire forman la porosidad total. Los macro poros son responsables de la capacidad de aire y cualquier proceso que tienda a disminuirlos influirá en esta característica; uno de los procesos que los afecta negativamente es la degradación estructural. Los requerimientos de aireación para el crecimiento de las plantas que se reportan varían considerablemente; así, tomate, frijol, papa, remolacha azucarera y cebada tienen necesidades altas de oxígeno, mientras que muchos pastos parecen tenerlas al abastecerse del aire externo y hacer que este llegue hasta su sistema radical, pudiendo desarrollarse en medios reducidos. La incorporación de materiales orgánicos al suelo y las labores de preparación y cultivo con contenidos adecuados de humedad son los mejores métodos para crear zonas bien agregadas, que influyen directamente sobre la aireación.

Según Sánchez (2007), la porosidad, es el porcentaje de espacios vacíos (poros) con respecto del volumen total del suelo (volumen de sólidos + volumen de poros). A su vez, la porosidad incluye macro porosidad (poros grandes donde se ubica el aire) y la micro porosidad (poros pequeños, que definen los capilares donde se retiene el agua).

Además el mismo autor menciona que consecuentemente se puede deducir que los suelos arenosos tienen excelente capacidad de aireación, pero mínima capacidad de retención de agua. En el extremo, los suelos arcillosos, retienen gran cantidad de agua, pero muestran deficiente aireación.

3.7. Propiedades químicas del suelo

3.7.1. Nitrógeno

Pereyra (2001), menciona las plantas superiores son organismos autotróficos que pueden sintetizar sus componentes moleculares orgánicos a partir de nutrientes inorgánicos obtenidos del medio ambiente. Para muchos nutrientes minerales, este proceso involucra la absorción por las raíces desde el suelo y la incorporación en compuestos orgánicos que son esenciales para el crecimiento y desarrollo. Esta incorporación de nutrientes minerales en sustancias orgánicas tales como pigmentos, enzimas, cofactores, lípidos, ácidos nucleicos o aminoácidos se denomina asimilación de nutrientes. La asimilación del nitrógeno requiere una serie compleja de reacciones bioquímicas con un alto costo energético. La mayoría de los compuestos presentes en las células vegetales contienen nitrógeno, tales como: aminoácidos, nucleótidos fosfatos, componentes de fosfolípidos, clorofila. Solamente el oxígeno, carbono, y el hidrógeno son elementos más abundantes en las plantas que el nitrógeno. La mayoría de los ecosistemas naturales y agrícolas, al ser fertilizados con nitrógeno inorgánico, muestran importantes incrementos en la productividad, poniendo en evidencia la importancia de este elemento.

Perdomo, *et al.* (2000), nos mencionan que el nitrógeno (N) es un nutriente esencial para los seres vivos, ya que es uno de los constituyentes principales de compuestos vitales como aminoácidos, proteínas, enzimas, nucleoproteínas, ácidos nucleicos, así como también de las paredes celulares y clorofila en los vegetales. Debido a la importancia del N en las plantas, junto al fósforo (P) y al potasio (K) se lo clasifica como

macronutriente. Es además, el nutriente que en general más influye en el rendimiento y calidad del producto a obtener en la actividad agropecuaria.

El NO_3^- y NH_4^+ disueltos en la solución del suelo, pueden ser tomados directamente por las raíces de la planta. El nitrato, por su elevada movilidad en el suelo, debido a que no es adsorbido por los coloides y a que sus sales son solubles, se transporta hasta alcanzar los pelos radiculares por mecanismos de flujo de masa o por difusión. El NH_4^+ presente en la solución del suelo, que se transporta por difusión solamente, se encuentra en equilibrio con el NH_4^+ adsorbido por los coloides del suelo. En suelos bien aireados, la cantidad de NH_4^+ de la solución del suelo es muy baja y puede ser despreciable a la hora de estimar el nitrógeno disponible en el suelo. Sin embargo, en aquellos suelos con abundante illita o vermiculita como componente de la fracción arcilla, el NH_4^+ penetra en sus espacios interlaminares (= específicamente combinado) en cuya forma pueden contabilizarse varios miles de kg N ha^{-1} hasta una profundidad de 1 m. Este NH_4^+ es sólo parcialmente asimilable para los cultivos. Como estos suelos arcillosos, se presentan con relativa frecuencia en regiones aptas para el cultivo, la asimilabilidad del NH_4^+ interlaminares requiere una atención particular, ya que en ocasiones puede ser más importante para la nutrición del cultivo que el NO_3^- presente en primavera. El procedimiento del nitrógeno mineral (N_{min}), está basado en la extracción de la muestra de suelo fresco, con objeto de obtener el NO_3^- y el NH_4^+ no específicamente combinado, a la profundidad radicular del suelo, al comienzo de la estación de crecimiento del cultivo (Mengel, citado por Díez, 1999).

3.7.2. Capacidad de intercambio catiónico (CIC)

Según Jaramillo (2002), indica que la capacidad de intercambio catiónico es la medida de la capacidad que posee un suelo de adsorber cationes y es equivalente a la carga negativa del suelo. Esta propiedad es la que define la cantidad de sitios disponibles para almacenar los cationes en el suelo. Los cationes que son sometidos a esta retención quedan protegidos contra los procesos que tratan de evacuarlos del suelo, como la **lixiviación**, evitando así que se pierdan nutrientes para las plantas. Además, como la retención se hace superficialmente obedeciendo a diferencias de carga electrostática, los cationes adsorbidos pueden ser intercambiados por otros de la solución del suelo, convirtiéndose en **cationes intercambiables**, necesarios en los

procesos de nutrición de la planta. Los cationes más importantes en los procesos de intercambio catiónico, por las cantidades de ellos que participan en dichos procesos, son Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^{+} y Na^{+} (las **bases del suelo**) y NH_4^{+} ; en suelos ácidos, a partir de ciertos valores de pH, el Al^{3+} juega un papel muy importante en el complejo de intercambio catiónico del suelo constituyendo, junto con el H^{+} , la **acidez intercambiable** del mismo.

Al respecto Sánchez (2007), menciona que CIC es una propiedad química que designa los procesos de: (a) Adsorción de cationes por el complejo de cambio desde la solución suelo y (b) Liberación de cationes desde el complejo de cambio hacia la solución suelo.

Los suelos arcillosos y con alto contenido de materia orgánica generalmente tienen una mayor CIC que los suelos arenosos o limosos y pobres contenidos orgánicos. Esto se debe a que la fracción fina del suelo (arcilla) y humus, tienen propiedades coloidales y por lo tanto presentan cargas (negativas o positivas) que le permite retener los nutrientes del suelo en forma intercambiable. Sin embargo, también el tipo de arcilla define la mayor o menor capacidad de disponibilidad de nutrientes del suelo. Los suelos que presentan una CIC por debajo de $12 \text{ cmol (+) kg}^{-1}$ tienen una fertilidad pobre debido a la escasa capacidad para retener nutrientes (Orsag, 2010).

3.7.3. pH

El pH es la medida de la concentración de iones de hidrógeno (H^{+}). Según este valor, un suelo puede ser ácido, neutro o alcalino. Las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo están influenciadas por la acidez o basicidad del medio, que a su vez condicionan el uso agronómico del suelo. El pH influye sobre la movilidad de los diferentes elementos del suelo: en unos casos disminuirá la solubilidad, con lo que las plantas no podrán absorberlos; en otros el aumento de la solubilidad debido al pH, hará que para determinados elementos sea máxima (por ejemplo, cuando hay mucha acidez se solubiliza enormemente el aluminio pudiendo alcanzarse niveles tóxicos). Cada planta necesita elementos en diferentes cantidades y esta es la razón por la que cada planta requiere un rango particular de pH para optimizar su crecimiento. Por ejemplo, el hierro, el cobre y el manganeso no son solubles en un medio alcalino (Marin, 1986).

El mismo autor menciona que la mayoría de las plantas prefieren rangos de pH de 5,5 a 7,5, pero algunas especies prefieren suelos ácidos o alcalinos. Sin embargo, cada planta necesita un rango específico de pH para poder expresar mejor su potencialidad de crecimiento. Del pH también dependen los procesos de humificación. En función del pH se producen distintos tipos de materia orgánica del suelo y propiedades que influyen directamente sobre el crecimiento vegetal como el movimiento y disponibilidad de los nutrientes o los procesos de intercambio catiónico.

Según Orsag (2010), las condiciones externas de pH en el suelo (muy ácido o muy alcalino) determinan sobre una menor disponibilidad de la mayoría de los macronutrientes y algunos micronutrientes para la mayor parte de los cultivos y por consiguiente incide en una menor producción. En ese sentido, los suelos más fértiles presentan reacciones cercanas al valor neutro.

3.7.4. Conductividad eléctrica

Hernández (2013), indica que se utiliza como una medida de la cantidad de sales solubles del suelo. Generalmente se expresa en mmhos (mili mohos). Se incrementa a medida que el contenido de sales solubles es mayor. 1 mmhos/cm es igual al decisiemen por metro (dS/m) y corresponde a la conductividad eléctrica de una solución que contiene aproximadamente 640 ppm de sales totales disueltas. El porcentaje de saturación de sodio es un índice de la sodicidad del suelo. Una excesiva concentración de sales se puede dar por el desarrollo natural del suelo, o ser el resultado de deficientes sistemas de riego, excesiva fertilización o contaminación por residuos químicos o industriales. La alta concentración salina produce en el cultivo un estado de estrés hídrico la cual puede generar marchites o aun la muerte de la planta.

Según Orsag (2010), la conductividad eléctrica es la presencia de sales en exceso en el suelo, particularmente por encima de 4dS m^{-1} , perjudica el crecimiento de las plantas, por su incidencia directa sobre el metabolismo de las mismas y por su efecto osmótico (aumento del potencial matricial del suelo que afecta la disponibilidad de agua para las plantas).

3.7.5. Materia orgánica en el suelo

Sánchez (2007), menciona que la cantidad de materia orgánica (MO), está ligada a la cantidad, tipo y actividad microbiana. De este modo el mantenimiento de la “fertilidad biológica” sugiere inalterabilidad del ambiente sobre todo microbiológico del suelo.

Por su parte Hernández (2013) indica que la materia orgánica tiene un efecto altamente positivo sobre la fertilidad del suelo, ya que interviene en la configuración de numerosas características físicas y químicas de los suelos, ya que actúa como agente cementante de las partículas de arcilla floculada y de las de tamaño de limo, formando macro agregados y dándole estabilidad. Así los suelos arcillosos pierden cohesión, lo cual favorece la porosidad, la aireación y la circulación de agua, contrariamente la cohesión entre partículas resulta potenciada por la materia orgánica en suelos limosos y arenosos. La materia orgánica incrementa el agua disponible de los suelos, esto es especialmente importante en los arenosos. La materia orgánica posee una capacidad de intercambio catiónico muy superior a la arcilla. La materia orgánica favorece la asimilación de los elementos nutritivos (en especial de los oligoelementos). La mineralización de la materia orgánica libera nutrientes (en particular N y S) La materia orgánica humificada aporta H⁺ ya que su estructura molecular contiene grupos ácidos, carboxílicos (-COOH) y fenólicos (-C₆H₄-OH) aporta NH₄⁺ que también produce iones H⁺ ácidos. La materia orgánica favorece la actividad biológica y microbiológica del suelo. La materia orgánica parece actuar como activadora del crecimiento vegetal. Contenidos de materia orgánica de medios a bajos pueden estar indicando procesos de lavado y/o erosión debidos al mal uso y manejo de los suelos.

Jaramillo (2002), indica que todos los residuos de origen vegetal y animal que llegan al suelo conforman la materia orgánica del mismo; la principal fuente de ella son los residuos vegetales, los cuales aportan energía y alimento a los organismos del suelo, al tiempo que son la materia prima para la formación de los coloides orgánicos (**humus**) que se acumulan en el suelo.

3.7.6. Relación carbono nitrógeno (C/N)

Hernández (2013), indica que la relación carbono nitrógeno constituye un buen indicador de la calidad de la materia orgánica. Es el parámetro que generalmente

permite detectar la actividad bioquímica y la evolución de la materia orgánica en el suelo. La técnica usual de determinación de nitrógeno del suelo cuantifica no sólo el nitrógeno orgánico, sino también el N – amoniacal y en condiciones normales el primero predominará de manera casi absoluta. La relación entre los contenidos medios de C y de N del humus es ligeramente inferior a 10, mientras que la de la materia orgánica es aproximadamente de 10; en cambio, si la actividad de la biomasa se encuentra frenada por algún motivo, la materia orgánica fresca no se mineralizará ni se humificará, y su acumulación provocará que la relación C/N puede considerarse entonces como un índice de la calidad de la materia orgánica. Relaciones C/N demasiado bajas también pueden ser nocivas o indeseables debido a que pueden indicar:

- Un agotamiento del suelo por procesos erosivos.
- Una acumulación de N-amoniacal que puede ser ocasionada por el cese del proceso microbiano de nitrificación.
- Una acumulación de N-amoniacal causada por fertilizaciones muy exageradas y frecuentes.
- El umbral a partir del cual la relación C/N se considera excesivamente baja en el suelo se encuentra entre los valores del 8 y 9.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Localización

El presente trabajo de investigación se realizó en el centro experimental K'iphak'iphani perteneciente a la fundación PROINPA, localizada en la comunidad Choquenaira del Municipio de Viacha, Provincia Ingavi.

4.1.1. Ubicación geográfica

El centro de investigación K'iphak'iphani se encuentra geográficamente en el Altiplano del departamento de La Paz. Está situada a 41 km de la ciudad de La Paz, a 4 km al sur de la ciudad de Viacha (Figura 1). Geográficamente situada entre los paralelos 16°40' 30" latitud sur y 68° 17' 58" longitud oeste (www.proinpa.org. 2013).

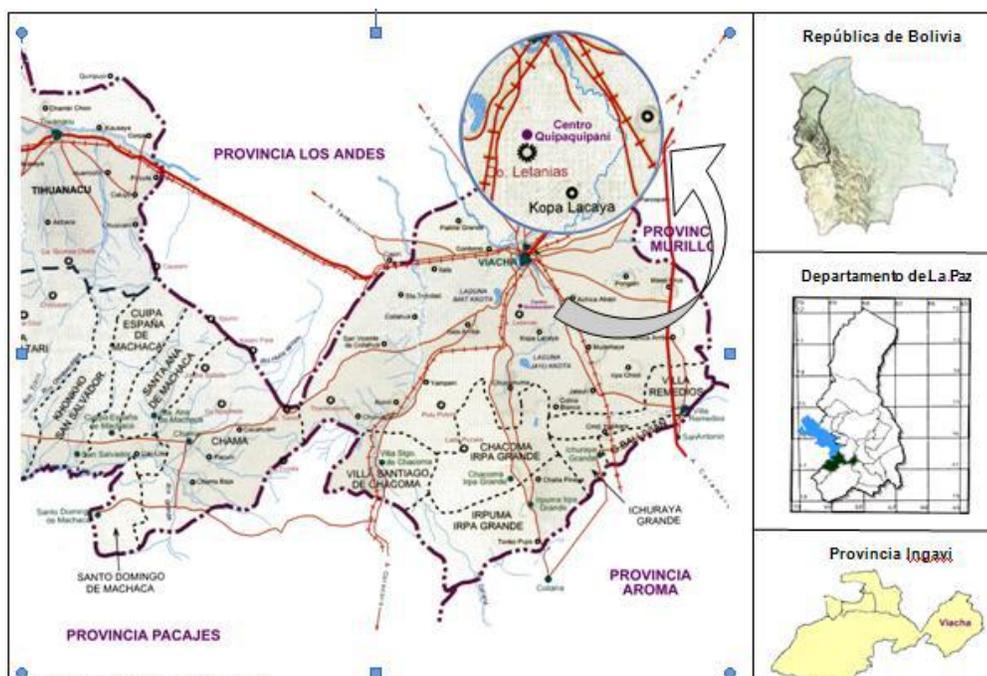


Figura 1. Ubicación geográfica de la Estación Experimental K'iphak'iphani

4.1.2. Características ecológicas

4.1.2.1. 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).

El clima es variable, con dos estaciones bien marcadas a lo largo del año, una época seca desde los meses de abril a septiembre y otra relativamente húmeda entre octubre a marzo (PDM Municipio de Viacha, 2006- 2010).

4.1.2.2. 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).

4.1.2.3. Temperatura y humedad relativa

Los datos proporcionados por SENAMHI (2014) para el sector de Viacha, reportan temperaturas en los rangos de -4,1 °C a 16 °C, la humedad relativa promedio anual es de 57%.

4.1.3. Suelos

4.1.3.1. Principales características

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).

Químicamente los suelos se caracterizan por la saturación de base alta y muy alta, con reacción neutra a muy alcalina, lo que significa que se encontraron suelos salinos con pH próximos a nueve (PDM Municipio de Viacha, 2006-2010).

4.1.3.2. Análisis inicial del suelo (iniciales)

El cuadro 3 muestra los resultados del análisis de laboratorio realizado en IBTEN, previo a la experimentación o a la aplicación de los abonos en la parcela de estudio.

Cuadro 3. Análisis de suelos previo a la aplicación de abonos

	Parámetro	Unidades	Resultado	Definición
Textura	Arena	%	54	
	Arcilla	%	25	
	Limo	%	21	FYA
	Clase textural	-	FYA	
	Grava	%	18,3	
	Nitrógeno	%	0,14	Medio
	Fósforo asimilable	Ppm	40,56	Alto
	Potasio intercambiable	meq/100 g	1,01	Alto
	CIC	meq/100 g	14,31	Medio
	Materia orgánica	%	2,73	Medio
	pH	-	7,12	Neutro
	Conductividad eléctrica	dS/m	0,156	No Salino
FYA: Franco Arcilloso Arenoso				

Fuente propia con base en los datos de laboratorio IBTEN

Con base en el análisis de laboratorio se puede establecer que la clase textural del suelo en el que se realizó el ensayo es franco arcilloso arenoso, el pH se encuentra en un rango neutro, por otro lado la CIC de acuerdo con Chilon (1997), se encuentra en un rango medio.

4.1.4. 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.

La cadena montañosa de la Cordillera Real se ubica al Oeste, constituye una barrera climática para el municipio durante la estación de lluvias, esta barrera frena intensamente las masas de aire húmedo que provienen de la cuenca amazónica. La zona de estudio corresponde al paisaje de planicie, no inseguro con una pendiente suave de 0,56 % de micro relieve, ondulación muy ligera, con un drenaje externo moderado y con drenaje interno moderadamente lento (PDM Municipio de Viacha, 2006-2010).

4.1.5. 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 Jahuira, 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 Jahuira, 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).

4.2. Materiales

4.2.1. Material vegetal

El material vegetal utilizado fue semilla botánica de sup'u t'ula (*Parastrephia lepidophylla* Cabrera) recolectada según el método que recomienda la FAO (1994), en los meses de octubre y noviembre del año 2013 en campos naturales de arbustos semilleros del altiplano (Rosa Pata, Sub Carangas del departamento de Oruro) Boliviano.

4.2.2. Material orgánico (Abonos)

Los materiales que se utilizaron fueron sustratos orgánicos como: compost de estiércol de llama, turba, biosol de turba, todos a una relación de 5 t/ha.

1) Compost de estiércol de camélido

El compost fue elaborado 2 meses antes de la siembra dando tiempo a su respectiva descomposición. Se utilizó estiércol fresco de llama (*Lama glama*) de animales criados en la estación experimental de K'iphak'iphani, para lo cual se emplearon activadores (levadura, yogurt, agua de chuño) de descomposición, este material fue empleado como fuente de abonamiento en la investigación.

2) Turba

La turba con la que se trabajó fue proveniente de la cumbre, misma que fue comprada de la feria 16 de Julio de la ciudad de El Alto.

3) Biosol de turba

El biosol de turba es un subproducto de la elaboración del biol, el mismo se lo obtuvo del área de bioinsumos de la estación experimental de K'iphak'iphani.

4) Análisis de abonos orgánicos

Los diferentes abonos orgánicos (turba, compost y biosol) fueron analizados en el laboratorio de IBTEN, con la finalidad de obtener los resultados químicos de Nitrógeno, Fósforo, Potasio, materia orgánica, humedad y materia seca (Cuadro 4).

Cuadro 4. Análisis químico de los abonos orgánicos

Parámetro	Unidades	Resultados		
		Turba	Compost	Biosol
Nitrógeno	%	1.81	0.08	0.09
		Alto	Bajo	Bajo
Fósforo	Ppm	0.12	0.48	29.76
		Bajo	Bajo	Alto
Potasio	meq/100 g	0.05	0.50	4,282
		Bajo	Bajo	Muy alto
Materia orgánica	%	20.67	27.07	6.05
		Alto	Alto	Alto
Humedad	%	5.38	30.33	82.60
Materia seca	%	94.62	69.67	17.4
pH	-	5.50	6.95	8.72
		Fuertemente ácido	Neutro	Fuertemente alcalino
CE	dS/m	0,543	4,12	5,860
		No salino	Salino	Salino

Fuente propia con base en los datos de laboratorio IBTEN

Los resultados muestran las diferencias en las propiedades químicas de los diferentes abonos, el biosol presenta altos contenidos de Fósforo y Potasio (29,7 y 4,28) a comparación de los otros abonos, en cambio la turba presentó el mayor contenido de Nitrógeno (1,81). Con respecto a la materia orgánica la misma presentó valores altos para todos los abonos. El rango de pH varía de fuertemente ácido (Turba) a fuertemente alcalino (Biosol y Compost de estiércol de llama). La conductividad eléctrica presentó salinidad en el biosol (5,86), seguido del compost (4,12) y por último la turba (0,586).

Tomando en cuenta los resultados de laboratorio con respecto al nitrógeno (1,81 %) y pH (5,5), se presume que esta turba ha sido mezclada con gallinaza ya que este

estiércol tiene un contenido de nitrógeno alto y pH ácido, esta turba fue adquirida en la 16 de julio de la ciudad de El Alto. Las características químicas y biológicas de los abonos orgánicos evaluados, varían con las condiciones de manejo, tipo de material utilizado en su preparación, condiciones ambientales y procesos de elaboración.

4.2.3. Materiales de campo

Los materiales de campo empleados los siguientes: regla metálica, vernier, flexómetro, picotas, palas, rastrillos, carretillas, letreros, entre otros.

4.2.4. Material de laboratorio

Los materiales de laboratorio fueron: probetas, balanzas, potenciómetro electrónico, vasos precipitados, cajas Petri y varillas de vidrio.

4.2.5. Material de gabinete

Los materiales de gabinete fueron: computadora, impresora, cámara fotográfica, programas estadísticos y cuaderno de registro.

4.3. Métodos

El trabajo de investigación se desarrolló de acuerdo con la siguiente secuencia de actividades:

4.3.1. Muestreo de suelo

El muestreo de suelos en el terreno, fue realizado por el método de zig-zag, una vez obtenidas las muestras se mezclaron y posteriormente se cuartearon para obtener una muestra de suelo compuesta y homogénea de 1 kg aproximadamente.

4.3.2. Demarcación del terreno

La delimitación del terreno se lo efectuó de acuerdo al croquis del ensayo, el mismo especifica las dimensiones del área necesaria.

La parcela experimental fue 133 m², esta superficie fue dividida para establecer el ensayo según el croquis previamente elaborado.

La preparación del terreno consistió en la remoción del suelo dos semanas antes de la siembra, esto con el fin de facilitar la aireación y el aflojamiento del suelo para facilitar la siembra.

La demarcación de las unidades experimentales se realizó una vez concluida la preparación del terreno, se delimitaron las unidades experimentales y los bloques de acuerdo con el croquis experimental figura 2.

Los surcos estuvieron distribuidos en hileras a una distancia de 0,5 m, conteniendo 4 surcos por unidad experimental.

4.3.3. Aplicación de abonos

La aplicación de abonos orgánicos se la realizó después de la preparación del terreno y en una relación de 5 t/ha.

Los abonos se incorporaron directamente al suelo y en cada surco, para posteriormente realizar la siembra respectiva.

La siembra se realizó en diciembre del 2013, la misma fue de forma directa y a chorro continuo.

4.3.4. Prácticas culturales

Se estableció un cronograma de labores culturales, con el fin de lograr un buen desarrollo y crecimiento de las plantas, para esto se realizaron las siguientes labores culturales: riego y desmalezado.

El riego fue realizado aproximadamente una vez por semana en época seca, en cambio en la época húmeda fue de acuerdo con las precipitaciones.

El desmalezado se realizó con azadón y cuando fue necesario.

4.3.5. Toma de muestras del suelo para la evaluación de las propiedades físicas y químicas

Se colectaron muestras de suelo a la finalización de la parte experimental de la tesis, el muestro fue en forma de Z en cada una de las unidades experimentales, esto con el fin de reducir la variabilidad de las muestras, las mismas se las extrajo a una profundidad aproximada de 15 cm, posterior a la recolección, las muestras fueron depositadas en un balde, para poder ser mezcladas de manera homogeneizadas y 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.

La densidad aparente y real fue determinada mediante el método de la probeta. Se colectó muestras de cada unidad experimental.

La porosidad se determinó utilizando la fórmula respectiva.

4.3.6. Diseño experimental

Para la evaluación del crecimiento de plantines de sup'u t'ula con abonamiento, se empleó el Diseño de Bloques Completos al Azar, el cual es utilizado en trabajos en donde se desea bloquear un factor, en el caso del presente trabajo se bloqueó la pendiente del terreno (Calzada, 1982). Los tratamientos en estudio fueron cuatro tratamientos establecidos con cuatro bloques.

4.3.6.1. Modelo lineal aditivo

Según Calzada (1982), 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

Los tratamientos a ser estudiados fueron:

T_0 = Testigo

T_1 = Compost de Estiércol de Camélido

T_2 = Turba

T_3 = Biosol de Turba

4.3.7. Características del Campo Experimental

Número de surcos por Unidad Experimental (U.E.): 4

Largo del surco U.E.: 3.5 m

Ancho de U.E.: 2 m

Área de evaluación U.E.: 7 m²

Distancia entre surcos: 0.50 m.

Largo de bloque: 14 m

Ancho de pasillos: 0.50 m

Número de bloques: 4

Superficie cultivable: 112 m²

Área total del ensayo: 133 m²

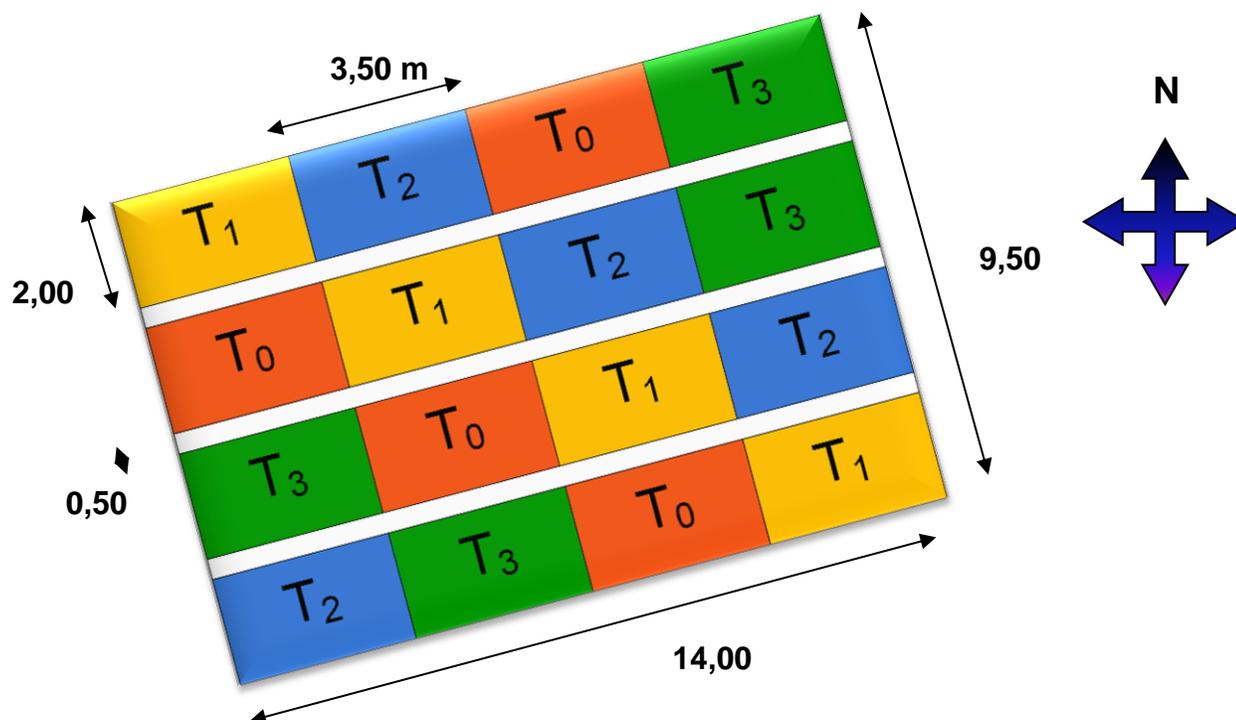


Figura 2. Croquis experimental

4.3.8. Variables de respuestas

4.3.8.1. Variables de respuesta en la planta

Porcentaje de germinación

El porcentaje de germinación fue evaluado en laboratorio, se contó 50 semillas por repetición las cuales se distribuyeron uniformemente en la cápsula Petri, teniendo el cuidado de que las semillas estén en contacto con el papel filtro humedecido. La evaluación fue diaria mediante el conteo de semillas germinadas hasta concluir germinación en un tiempo de seis días.

Porcentaje de emergencia

Para el porcentaje de emergencia se contó 50 semillas por repetición y tratamiento, estas fueron sembradas en surcos de 50 cm de largo, en cada unidad experimental según la distribución de los tratamientos pre-establecidos y donde los abonos fueron previamente incorporados de acuerdo con el croquis de campo establecido. La evaluación consistió en el conteo diario de plántulas emergidas desde la siembra hasta que ya no haya emergencia (18 días).

Porcentaje de sobrevivencia

El porcentaje de sobrevivencia se evaluó contando el número de plántulas en un metro lineal y repitiendo el conteo después de dos meses, determinando por diferencia el número de plantas vivas y muertas lo que permitió determinar el porcentaje de sobrevivencia.

Altura de planta

Antes de realizar las lecturas correspondientes. Se identificaron al azar plantas “muestra” por unidad experimental, las mismas que fueron marcadas con marbetes. En las plantas identificadas se realizaron la toma de datos semanalmente desde el ocho de marzo de 2014 hasta el mes de mayo, posteriormente las lecturas se realizaron a un intervalo de 15 días. La altura de las plantas se obtuvo, con una regla metálica desde el cuello de la planta hasta el ápice de la misma, registrándose este dato en centímetros.

Diámetro de tallo

La evaluación del diámetro de tallo se lo realizó en plantas previamente marcadas, utilizándose un vernier digital, registrando estos datos en milímetros.

Longitud de raíz

Para la evaluación de la variable de longitud de raíz se realizaron dos extracciones de plantas identificadas al azar, la primera extracción se realizó al finalizar la estación de invierno y la segunda a mediados de verano.

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

Número de ramas

El número de ramas se evaluó dividiendo en tres secciones la planta las cuales son: ramas basales, ramas leñosas y ramas apicales (Figura 3).

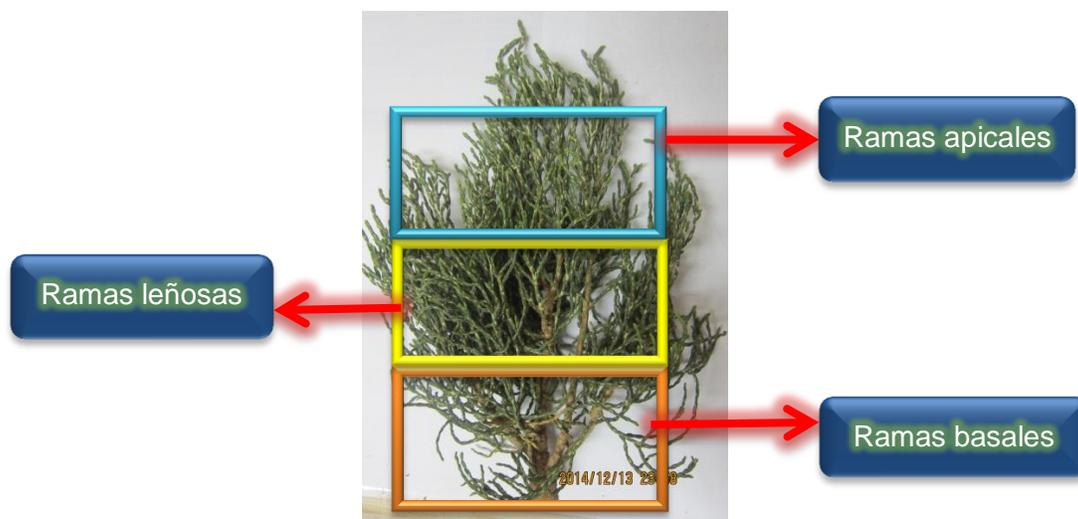


Figura 3. Distribución de las ramas de sup'u t'ula (*Parastrephia lepidophylla* Cabrera)

Ramas basales

El conteo del número de ramas basales de la planta (Figura 3), se las realizó a la conclusión del trabajo de campo.

Ramas leñosas

El número de ramas leñosas es la que corresponde a las ramas existentes en el área central de la planta como se muestra en la figura 3, el conteo fue efectuado al concluir la parte experimental de la tesis.

Ramas apicales

Las ramas apicales son las correspondientes a la parte superior de la planta (Figura 3), se realizó un conteo manual para obtener este dato.

Porcentaje de materia seca

La evacuación de esta variable se la realizó dos veces la primera a la conclusión de la estación de invierno y la segunda a la finalización de la evaluación de campo.

Inicialmente se identificó aleatoriamente las muestras a ser sacrificadas para posteriormente extraerlas del suelo empleando una picota, puesto que las plantas fueron extraídas incluyendo las raíces.

Con ayuda de una balanza se obtuvo el peso fresco de la planta, posteriormente se llevó las muestras a la estufa a una temperatura de 75 °C por el lapso de 48 horas, registrando así el peso seco de la planta, para luego determinar el porcentaje de materia seca, empleando la fórmula planteada por Cañas (1995), la cual se detalla a continuación:

$$\% MS = \frac{\text{Peso del forraje seco (g)}}{\text{Peso del forraje fresco (g)}} \times 100$$

4.3.8.2. Variables edáficas

Se realizó la toma de muestras del suelo para su respectivo análisis.

pH del suelo

El pH fue medido en laboratorio donde se utilizó un potenciómetro electrónico, para esto se mezcló 10 g de suelo con agua destilada a una proporción de 1:2,5 en un vaso precipitado posteriormente se agito por cinco minutos y se registró los valores de pH por unidad experimental.

Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica fue medida con un potenciómetro electrónico, se mezcló 10 g de suelo con agua destilada (1:2,5) en un vaso precipitado, agitando por cinco minutos y se registró el valor de CE.

Densidad aparente (Dap)

La densidad aparente se determinó por el método de la probeta. Se introdujo en una probeta 50 g de suelo, a continuación se golpeó la base de la probeta en la palma de la mano 10 veces para que las partículas se acomoden, posteriormente se registró el volumen final (partículas + espacio poroso) y finalmente se calculó la Dap mediante la siguiente fórmula:

$$Dap = \frac{\text{Muestra de suelo seco (g)}}{\text{Volumen total (cc)}}$$

Densidad real (Dr)

La densidad real se determinó por el método de la probeta, se introdujo 50 ml de agua destilada en una probeta, la que contenía 50 g de suelo, se registró el volumen total (suelo + agua), los datos de Dr se calculó con la siguiente fórmula:

$$Dr = \frac{\text{Muestra de suelo seco (g)}}{\text{Volumen del suelo (cc)}}$$

Porcentaje de porosidad (%P)

El porcentaje de porosidad se determinó mediante la siguiente formula:

$$\%P = \left(1 - \frac{Dap}{Dr}\right) \times 100$$

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Comportamiento agroclimático durante el periodo de investigación

Con base a la información obtenida de SENAMHI (Figura 4), se presenta las temperaturas y precipitaciones pluviales registradas mensualmente en la gestión 2014.

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.

La sup'u t'ula al ser una especie nativa resiste las temperaturas bajas, por esta razón no sufrió efecto adverso alguno, ya que se mostraron lozanas durante el invierno.

Al respecto Arica (2005), indica que la presencia de componentes forestales aumenta la temperatura generando un microclima dentro del sistema y protege al cultivo de los fríos y fuertes vientos, provee sombra ante la radiación solar intensa, actúa como una verdadera red de retención del suelo, mejora así las condiciones y el reciclaje de los nutrientes del suelo, fija carbono y protege las cabeceras de cuencas. Villalobos, *et al.* (2002), mencionan que la temperatura tiene efecto sobre la velocidad de crecimiento, germinación, transpiración, y absorción de agua y nutrientes. Bidwell (1999), señala que las reacciones enzimáticas dependen estrechamente de la temperatura.

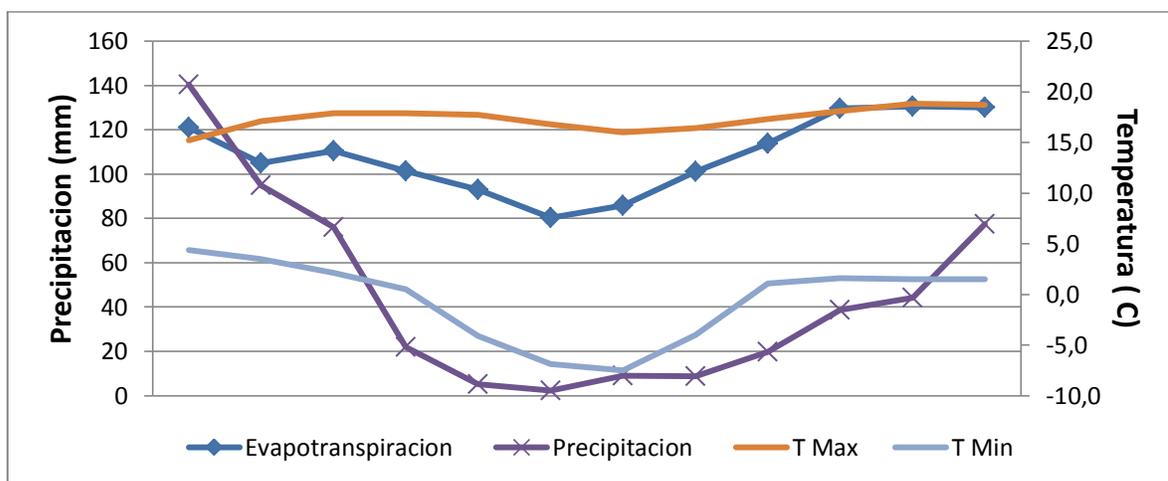


Figura 4. Comportamiento agroclimático durante el tiempo de evaluación

La curva de precipitación de la localidad de Viacha muestra el pico más alto en enero con 147,7 mm y una disminución gradual hasta junio, siendo ausente en los meses de junio y julio en donde también se evidencia una disminución de la evapotranspiración,

posteriormente se presentó un aumento en el mes de agosto y octubre, ingresando a la estación de primavera se registró un incremento. La mayor precipitación reportada fue la del mes de enero favoreció a la emergencia y crecimiento inicial de plántulas (Figura 5). Azcón y Talón (2000), señalan que el agua es el componente mayoritario de la planta afectando directa o indirectamente a la mayoría de los procesos fisiológicos.

5.2. Efecto sobre la emergencia y sobrevivencia.

5.2.1. Porcentaje de germinación

El porcentaje de germinación se muestra en el cuadro 5. La germinación de semillas de sup'u t'ula, alcanzó porcentajes de 98 y 100 a las 144 horas, con un promedio de 99,3% y una desviación estándar de 1,15.

Cuadro 5. Conteo de germinación por horas

Repeticiones	% Germ. a 48hrs	% Germ. a 72hrs	% Germ. a 96hrs	% Germ. a 120hrs	% Germ. a 144hrs
I	18	42	74	88	98
II	8	56	86	96	100
III	10	30	66	86	100
Promedio	99,3				
SD	99,3±1,15				

En la figura 5, se muestra los porcentajes de germinación diaria, misma que comenzó a las 48 horas con un 12%, posteriormente se produjo un aumento considerable a las 72 y 96 horas hasta el 32%. Finalmente hasta las 144 horas se obtuvo la germinación, alcanzando un promedio de 99,3.

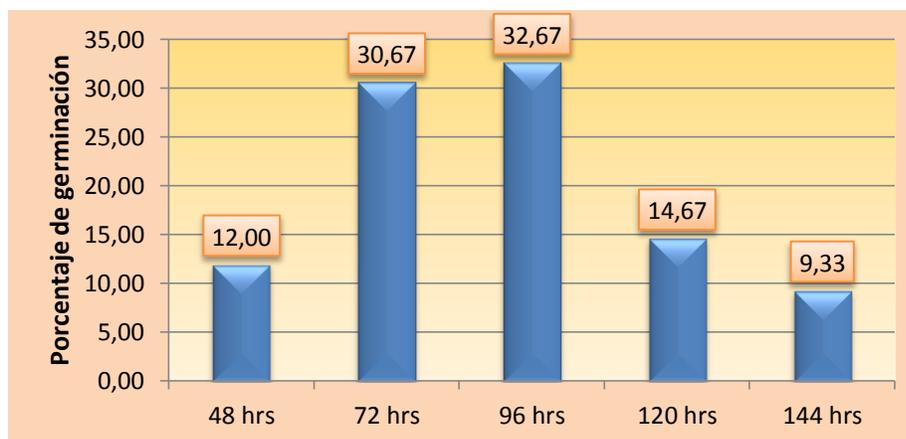


Figura 5. Porcentaje de germinación de sup'u t'ula por horas.

Ramos *et al.*, (2013) mencionan que las semillas de ñaka t'ula (*Baccharis incarum*), sup'u t'ula (*Parastrephia lepidophylla* Cabrera), Uma t'ula (*Parastrephia lucida*) no presentan dormancia, registraron porcentajes altos de germinación a las 120 horas, la sup'u t'ula alcanzó un 80 %. Por otro lado Martínez (2001) evaluó la calidad de semillas de sup'u t'ula registrando una germinación del 78%. En el presente trabajo se alcanzó un 99,3 % de germinación a las 144 horas (6 días).

La germinación depende de la viabilidad de la semilla, de un ambiente favorable y de los factores internos de las semillas que no impidan la germinación.

5.2.2. Porcentaje de emergencia

El análisis de varianza para el porcentaje de emergencia (Cuadro 6), nos muestra un coeficiente de variación del 23,1 %, lo que demuestra la confiabilidad de los datos. Con respecto a los bloques no existe diferencias significativas, lo que nos indica que la pendiente del terreno no tuvo influencia en el porcentaje de emergencia de la sup'u t'ula. En cambio, para los tratamientos las diferencias son estadísticamente significativas, lo que nos demuestra que hubo influencia de los abonos orgánicos en dicha variable.

Cuadro 6. Análisis de varianza para el porcentaje de emergencia

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft		Sig.
					5%	1%	
Bloque	3	302,750	100,917	0,753	3.86	6.99	NS
Tratamiento	3	2214,750	738,250	5,508	3.86	6.99	*
Error experimental	9	1206,250	134,028				
Total	15	3723,750					

** = Altamente Significativo; * = Significativo; NS=No Significativo
C.V.= 23.1 %

En la figura 6 se aprecia la prueba Duncan, donde se establece que el porcentaje de emergencia de los tratamientos; compost de estiércol de llama y biosol alcanzaron un promedio de 63,5 y 57,5 %, ambos son estadísticamente similares, el testigo presentó un valor bajo de 32,5 %.

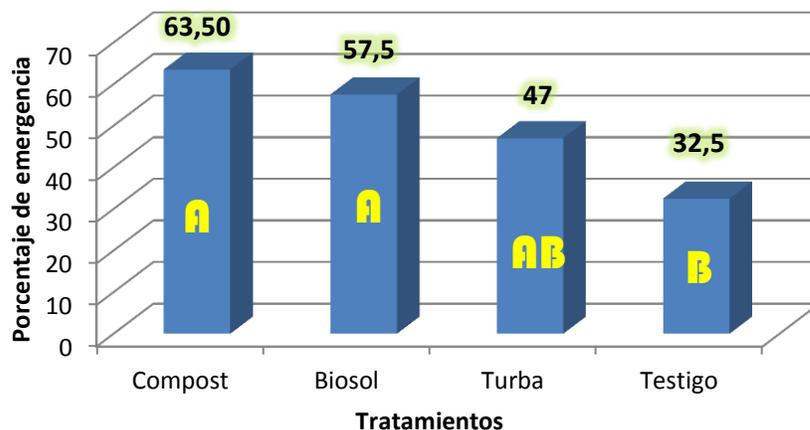


Figura 6. Prueba Duncan (5%), para el porcentaje de emergencia

La figura 7, muestra las barras porcentuales de emergencia diaria, se observa un mejor comportamiento inicial de los tratamientos de biosol y compost al quinto día desde la siembra, la mayor emergencia se reportó el sexto día con el tratamiento de biosol con 28 %, el testigo presentó menor emergencia a lo largo de la evaluación, con lo que se evidencia un favorable resultado con la incorporación del abonamiento orgánico para la emergencia de sup'u t'ula puesto que se alcanzó mejores resultados frente al testigo.

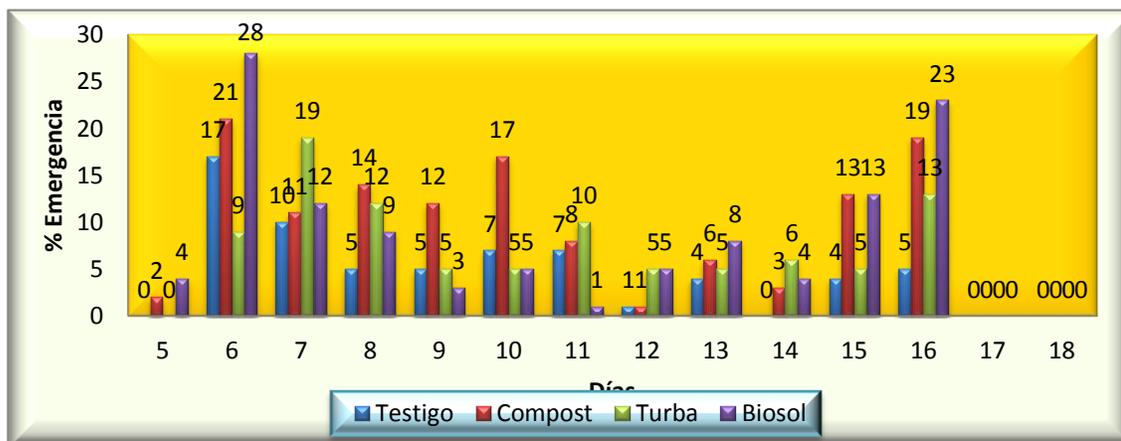


Figura 7. Porcentaje de emergencia diario.

De acuerdo con Condori (2011), el porcentaje de emergencia en la especie de sup'u t'ula varía respecto al tipo de siembra y abono empleado, este autor encontró una mayor emergencia en surco y sin abono con 353 plantas, resultados contrarios

ocurrieron en hoyos y abono con 288 plantas. En el presente trabajo se logró mayor porcentaje de emergencia atribuyéndose al efecto favorable de la aplicación de abonos orgánicos (biosol y compost) y la humedad del suelo.

De acuerdo con los resultados obtenidos se puede indicar que el compost al ser un mejorador de las propiedades físicas aumenta la retención del agua, esto ha permitido obtener un alto porcentaje de emergencia. Con respecto al biosol se puede mencionar que este al ser un mejorador de la estructura del suelo favorece a la retención de humedad del mismo (Aparcana Y Jasen, 2008), ya que mejora la porosidad del suelo.

5.2.3. Porcentaje de sobrevivencia

El análisis de varianza del cuadro 7, muestra que entre bloques no existen diferencias estadísticamente significativas, lo que demuestra que la pendiente del terreno no tuvo una influencia en el porcentaje de sobrevivencia. El coeficiente de variación de 4.45 %, indica que hubo un buen manejo de las unidades experimentales, dando confiabilidad a los datos obtenidos.

Con respecto a los tratamientos las diferencias encontradas en el porcentaje de sobrevivencia son altamente significativas, lo que indica que existió un efecto de los abonos orgánicos sobre la sobrevivencia de plántulas, por lo que se realizó la prueba Duncan.

Cuadro 7. Análisis de varianza para % de sobrevivencia

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F _c	F _t		Sig.
					5%	1%	
Bloque	3	32,750	10,917	0,681	3.86	6.99	NS
Tratamiento	3	546,750	182,250	11,371	3.86	6.99	**
Error experimental	9	144,250	16,028				
Total	15	723,750					

** = Altamente Significativo; * = Significativo; NS=No Significativo

C.V.= 4,45 %

La prueba Duncan al 5% de confiabilidad (Figura 8), muestra que el porcentaje de sobrevivencia con los abonos aplicados (biosol, turba y compost), presentan diferencias estadísticas con un promedio de 92,83%, por otra parte el testigo presentó el promedio

más bajo (80,5%), obteniendo diferencias estadísticas respecto a los demás tratamientos.

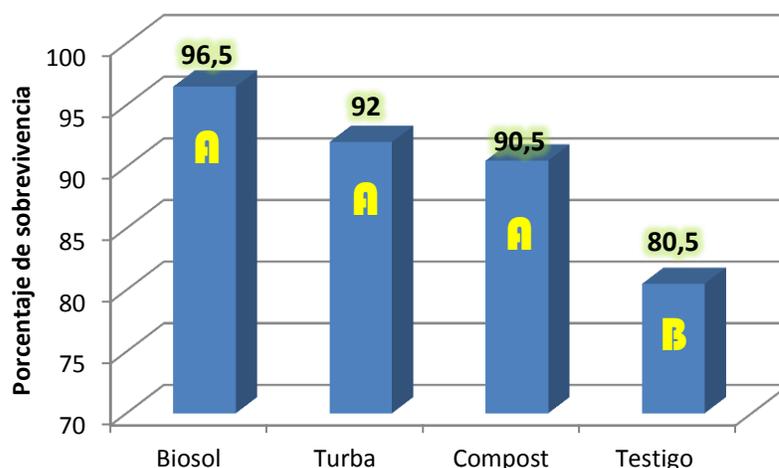


Figura 8. Promedios y prueba Duncan para % de sobrevivencia

Condori (2011), trabajó en el altiplano sur, quien reportó resultados que difieren con los obtenidos en el presente trabajo determina que la sobrevivencia fue mayor (107 plantines) sin abono comparado a la aplicación de abono (99 plantines).

Los abonos orgánicos (compost, turba, biosol), con el aporte de nutrientes y la mejora de la retención de la humedad, han obtenido buenos resultados, en cambio no ocurrió lo mismo con el testigo, a pesar que los análisis de laboratorio muestran altos valores nutricionales.

A causa de la falta de incorporación de materia orgánica no se mejora la retención de humedad, por tal razón los nutrientes no son fácilmente asimilados por las plantas, además esta escasez de humedad provoca la marchitez de las plantas.

5.3. Evaluación de las características agronómicas

5.3.1. Altura de planta

El análisis de varianza para la altura de planta (Cuadro 8), nos muestra un coeficiente de variación menor al 30% para las tomas de datos quincenales, parámetros aceptables para los trabajos de campo (Calzada, 1982).

Cuadro 8. Altura de plantas quincenales

FV	GL	08-mar	22-mar	05-abr	19-abr	03-may	17-may	31-may	14-jun	28-jun	12-jul	26-jul	09-ago	23-ago	06-sep	20-sep	04-oct	18-oct	01-nov	15-nov	29-nov	13-dic
		Sig																				
Bloq	3	NS	NS	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Trat	3	*	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
E.E.	9	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,5	0,6	0,9	1,2	2,6
C.V.(%)		10,9	9,03	4,65	5,09	5,51	5,48	5,32	6,64	6,56	6,51	6,37	6,13	5,92	5,67	5,86	5,95	6,97	6,82	7,70	8,13	10,8

** = altamente significativo; * = significativo; NS=no significativo

En los análisis de varianza (Cuadro 8) se observa que entre bloques existió diferencias significativas (lo que indica que el factor pendiente tuvo una influencia en la altura de la planta), excepto para la primera y segunda toma donde no fue significativo. Con respecto a los tratamientos los resultados muestran una diferencia significativa para todas las tomas, el efecto se atribuye a la aplicación de abonos orgánicos.

La última toma realizada (Cuadro 9), muestra que entre bloques existió una diferencia significativa lo que manifiesta una influencia de la pendiente en la altura. Con respecto a los tratamientos hubo una diferencia altamente significativa con un coeficiente de variación de 10,8 % mismo que da confiabilidad a los resultados.

Cuadro 9. Análisis de varianza para altura de planta última toma

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	Fc	Ft		Sig.
					5%	1%	
Bloque	43,876	3	14,625	5,555	3.86	6.99	*
Tratamiento	50,012	3	16,671	6,332	3.86	6.99	**
Error experimental	23,696	9	2,633				
Total	117,583	15					

** = altamente significativo; * = significativo; NS=no significativo

C.V.= 10,8 %

Al realizar la prueba de medias Duncan (Cuadro 10) se confirma que si existen diferencias entre los tratamientos con abonamiento, se obtuvieron los valores más altos y estadísticamente similares entre los tratamientos con biosol, turba y compost, en el caso del testigo reportó promedios bajos a lo largo de la evaluación.

Cuadro 10. Prueba Duncan de toma quincenal

Trat.	08-mar	22-mar	05-abr	19-abr	03-may	17-may	31-may	14-jun	28-jun	12-jul	26-jul	09-ago	23-ago	06-sep	20-sep	04-oct	18-oct	01-nov	15-nov	29-nov	13-dic	
Compost	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Turba	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Biosol	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Testigo	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B

La prueba Duncan de la última toma (Figura 9) nos muestra que estadísticamente los tratamientos con abonamiento orgánico tuvieron mejores alturas, numéricamente el tratamiento con mejores resultados fue el tratamiento con la incorporación de compost de estiércol de llama con un promedio de 16,14 cm.

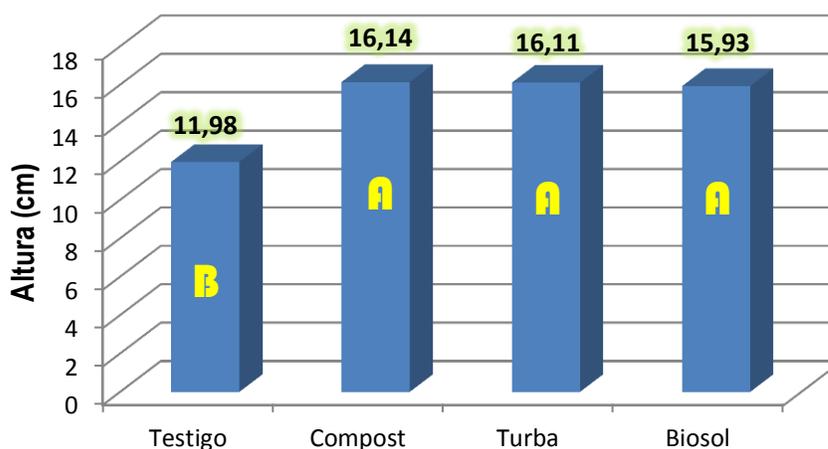


Figura 9. Prueba Duncan evaluación final de altura

Al examinar la figura 10 se aprecia el efecto incremental del abonamiento sobre el crecimiento en altura de la sup'u t'ula, puesto que el testigo no tuvo ningún abonamiento presenta los valores más bajos del resto de los tratamientos. En cambio los tratamientos T1, T2 y T3 no presentan diferencias significativas entre sí, formando

un grupo relativamente homogéneo muy superior al testigo. Se evidencia un mantenimiento y poco aumento en la altura de verano a otoño, en época invernal el crecimiento es casi nulo, en cambio en la época de primavera el crecimiento fue mayor, alcanzando su máxima altura.

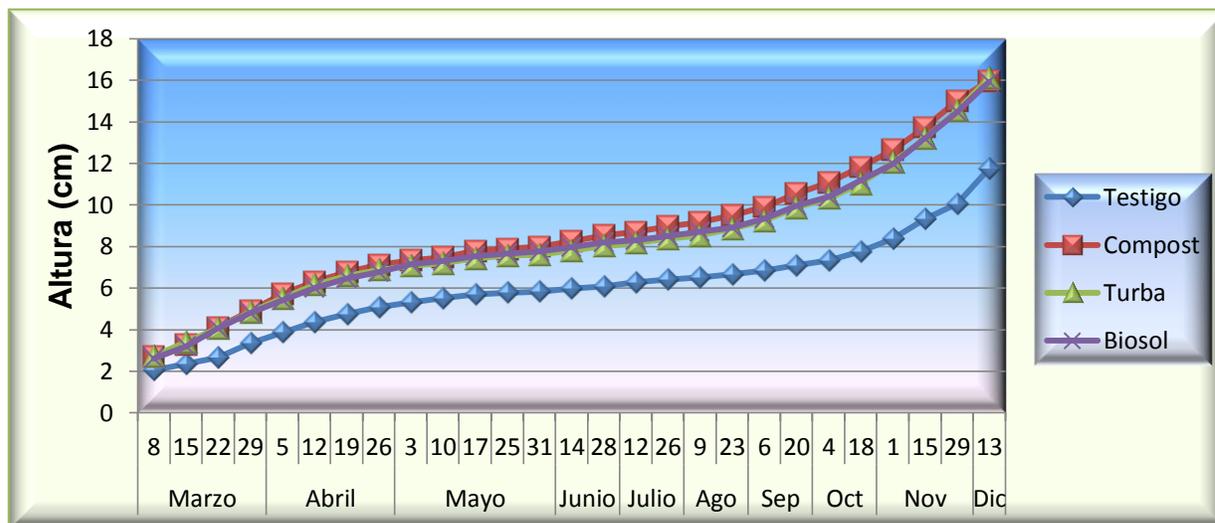


Figura 10. Curva de crecimiento en altura de planta a lo largo del año de evaluación.

Condori (2011), encontró mejores resultados de altura de planta sin abonamiento (3,51cm) que aplicando abono (2,73cm) a los 120 días, contrariamente a este estudio se obtuvieron mayores alturas aplicando compost, turba y biosol, comparados frente al testigo con un menor promedio de altura de planta.

Al incorporar los abonos orgánicos al suelo se mejoró la retención de humedad y la disponibilidad de nutrientes siendo estos dos factores importantes para el desarrollo de la planta y con base a los resultados obtenidos podemos afirmar que al haber incorporado materia orgánica se obtuvo mayor crecimiento de las plantas.

5.3.2. Diámetro de tallo

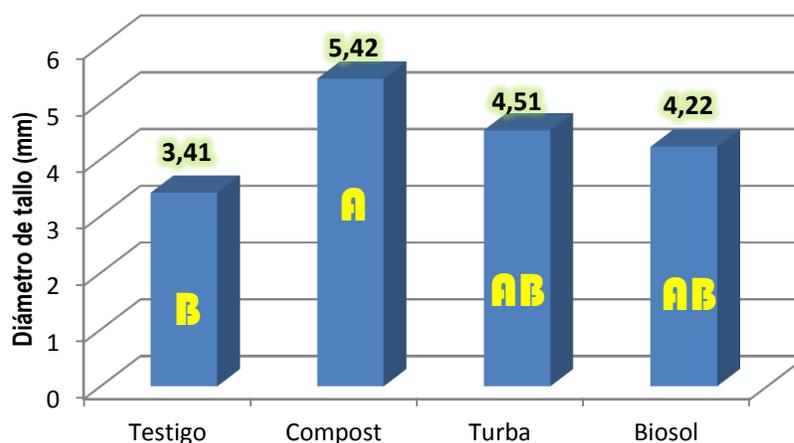
El análisis de varianza para diámetro de tallo de sup'u t'ula (Cuadro 11), presentó un coeficiente de variación de 18,13%, lo que demuestra la confiabilidad de los resultados, por otra parte se evidencia diferencias significativas para el efecto de abonamiento orgánico sobre el diámetro de tallo. Además no existe diferencias significativas para bloques lo que indica que no hubo influencia de la pendiente en esta variable.

Cuadro 11. Análisis de varianza para diámetro de tallo

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft		Sig.
					5%	1%	
Bloque	3	3,759	1,253	1,977	3.86	6.99	N.S.
Tratamiento	3	8,273	2,758	4,350	3.86	6.99	*
Error Experimental	9	5,705	0,634				
Total	15	17,737					

** = altamente significativo; * = significativo; NS=no significativo
C.V.= 18,13 %

Efectuando la prueba Duncan al 5%, para diámetro de tallo (Figura 11), se reporta el mayor diámetro en el tratamiento con aplicación de compost, teniendo el promedio más alto con 5,42 mm ubicándolo en el primer grupo A, en tanto que el menor diámetro fue reportado por el tratamiento testigo, con un promedio de 3,41 mm, al ubicarse en el segundo grupo B.

**Figura 11. Prueba Duncan (5%), diámetro de tallo (mm)**

Condori (2011), reportó un mayor diámetro de tallo sin la incorporación de estiércol de ovino (0,65mm) que con estiércol (0,53mm), en cambio en la presente investigación se obtuvieron mayor diámetro de tallo de la planta con la incorporación de compost de estiércol de llama.

Los resultados obtenidos muestran que al haber incorporado compost se registraron mayor diámetro de tallo esto debido a la mejora de la retención de humedad y

disponibilidad de nutrientes mismo que favoreció a la formación del diámetro de tallo y la formación de ramas.

5.3.3. Longitud de raíz

El cuadro 12, muestra el análisis de varianza de la longitud de raíz para la época de invierno y primavera, mismo que presenta un coeficiente de variación menor al 30 % en ambas épocas lo que demuestra la confiabilidad de los resultados. La evaluación realizada a la conclusión de la época de invierno, refleja que no hubo diferencias significativas para bloques y tratamientos. En cambio en la época de primavera se reportó resultados contrarios, con respecto a los bloques no existieron diferencias significativas por ende la pendiente no tuvo influencia sobre la longitud de raíz. En los tratamientos se obtuvieron diferencias significativas lo que demuestra la preponderancia que tiene la incorporación de abonos orgánicos en la longitud de raíz.

Cuadro 12. Análisis de varianza para longitud de raíz

F.V.	G.L.	Invierno			Primavera		
		S.C.	C.M.	Sig.	S.C.	C.M.	Sig.
Bloques	3	43,705	14,568	NS	27,654	9,218	N.S.
Tratamientos	3	18,525	6,175	NS	54,692	18,231	*
Error experimental	9	135,280	15,031		24,542	2,727	
Total	15	197,510			106,888		
C.V.				28 %			6,9 %

La prueba Duncan para la variable longitud de raíz (Figura 12), muestran la formación de dos grupos diferentes, el primero formado por el testigo (26,98 cm) y el segundo por los tratamientos con compost, turba y biosol.

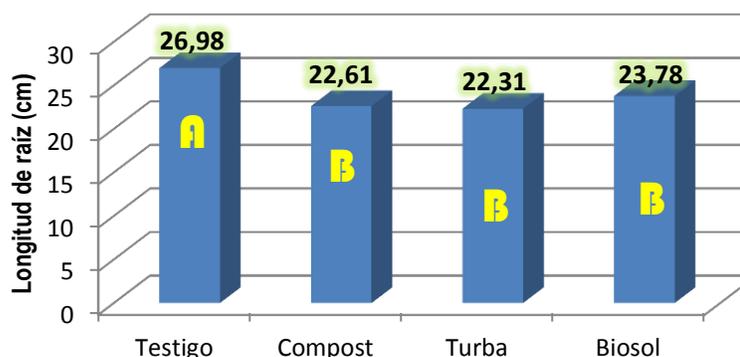


Figura 12. Prueba Duncan (5%), longitud de raíz

Entre los estudios realizados podemos mencionar el de Cussi (2013), quien reporta que el crecimiento de la raíz en forma longitudinal misma que estuvo relacionada al tiempo de aplicación de la fitohormona, donde a los 15 segundos registró la mayor longitud con 26.67cm, seguido de 15 minutos con 25 cm, al instante con 23.5 cm, y la aplicación a los 1 minuto tuvo un crecimiento de 20.20 cm. En cuanto al efecto de la aplicación de las fitohormonas reporta que existió diferencias con la aplicación de auxina con un 28.75 cm, citoquinina con 22.20cm y el testigo, 19 cm.

Las raíces que crecen en un medio con bajo contenido de N tienden a ser largas y escasamente ramificadas, las que crecen con alto contenido de N son cortas y bien ramificadas.

La falta de abonamiento orgánico provocó que la raíz tenga un desarrollo longitudinal mayor en busca de nutrientes y humedad por lo que probablemente hubo un mayor crecimiento de la longitud de la raíz del testigo, en cambio los tratamientos con abonamiento tuvieron menor longitud de raíz por los nutrientes que proporcionó el abonamiento.

5.3.4. Número de ramas basales

En el cuadro 13 se muestra el análisis de varianza del número de ramas basales. En el mismo se observa que entre los bloques y tratamientos no existieron diferencias significativas lo que nos indica que la incorporación de abonos orgánicos no influyó en el número de ramas basales. El coeficiente de variación para esta variable es del 24.82% dándole la confiabilidad a los datos obtenidos, puesto que está en el rango aceptable para el trabajo en campo.

Cuadro 13. Análisis de varianza para número de ramas basales

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft		Sig.
					5%	1%	
Bloque	3	5,183	1,728	,768	3.86	6.99	N.S.
Tratamiento	3	8,937	2,979	1,324	3.86	6.99	N.S.
Error Experimental	9	20,243	2,249				
Total	15	34,363					

** = altamente significativo; * = significativo; NS=no significativo

C.V.= 24,82 %

En la figura 13 se evidencia que el tratamiento con compost de estiércol de llama obtuvo el mayor promedio con 6,8 ramas basales en cambio la turba presenta menor número de ramas con un promedio de 5,2 ramas basales.

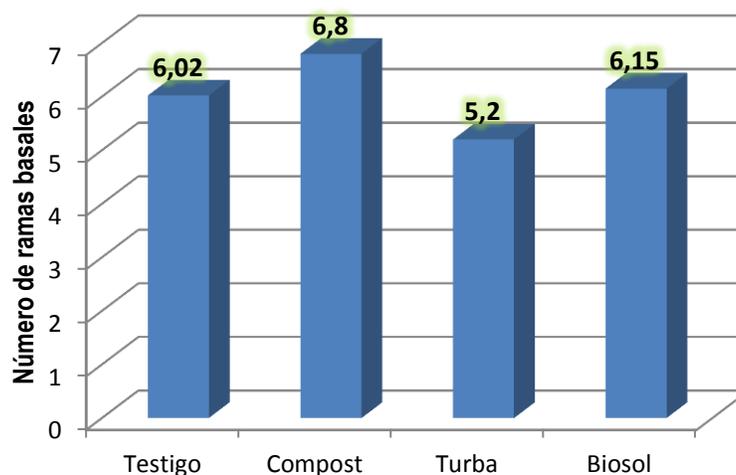


Figura 13. Promedios de número de ramas basales

Lailhacar y Torres (2000), mencionan que el excesivo diámetro constituye la principal limitante en la producción herbácea, al interferir físicamente con el desarrollo de sus plantas y reducir la cantidad de luz disponible para sus procesos fotosintéticos. Esta observación es especialmente válida en los arbustos cuyas ramas basales se adosan al suelo o crecen muy próximas a éste.

5.3.5. Número de ramas leñosas

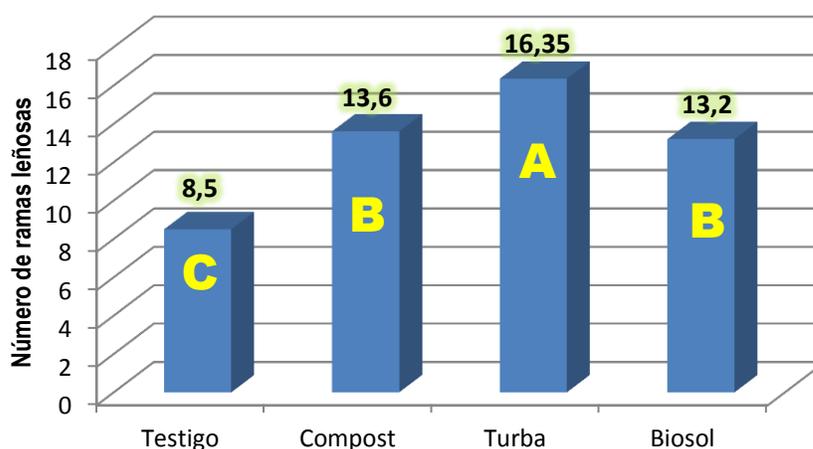
El análisis de varianza (Cuadro 14), para el número de ramas, muestra que existen diferencias altamente significativas por efecto de los bloques, atribuibles a la pendiente del terreno, evidenciando la influencia que tuvo la pendiente en esta variable. En los tratamientos hubo una diferencia altamente significativa ya que el abonamiento incluyó con el número de ramas leñosas. Presenta un coeficiente de variación del 11,7% lo que señala que el grado de dispersión de los datos en función a la media fue confiable para los análisis estadísticos ya que está dentro de los límites permisibles.

Cuadro 14. Análisis de varianza para número de ramas leñosas

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft		Sig.
					5%	1%	
Bloque	3	58,568	19,523	8,553	3.86	6.99	**
Tratamiento	3	127,368	42,456	18,601	3.86	6.99	**
Error Experimental	9	20,543	2,283				
Total	15	124,214					

** = altamente significativo; * = significativo; NS=no significativo
C.V.= 11,70%

La prueba de medias Duncan a un 5 % (Figura 14), muestra que existen diferencias estadísticamente significativas entre los diferentes tratamientos, entre estos resultados se formaron tres grupos el primero conformado por el tratamiento con turba, el segundo conformado por los tratamientos con compost y biosol, por último el tercer grupo compuesto por el testigo.

**Figura 14. Prueba Duncan (5%), para número de ramas leñosas**

Los resultados sugieren que la aplicación de abonos orgánicos mejoró la asimilación de nutrientes de la planta, por lo cual presentaron diferencias estadísticas. Lo que indica que al tener mayor número de ramas leñosas se tiene un desarrollo foliar mayor por esta razón la actividad fotosintética aumenta.

5.3.6. Número de ramas apicales

El cuadro 15 de análisis de varianza, para el número de ramas apicales, muestra diferencias altamente significativas entre bloques, por lo tanto la pendiente influyó en

esta variable. Con respecto a los tratamientos existen diferencias altamente significativas.

Cuadro 15. Análisis de varianza para número de ramas apicales

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft		Sig.
					5%	1%	
Bloque	3	42,473	14,158	10,221	3.86	6.99	**
Tratamiento	3	49,020	16,34	11,796	3.86	6.99	**
Error experimental	9	12,467	1,385				
Total	15	103,960					

** = altamente significativo; * = significativo; NS=no significativo
C.V.= 12,77%

Así mismo el coeficiente de variación fue de 12,77 % lo que señala que el grado de dispersión de los datos en función a la media fue confiable para los análisis estadísticos ya que está dentro del rango aceptable.

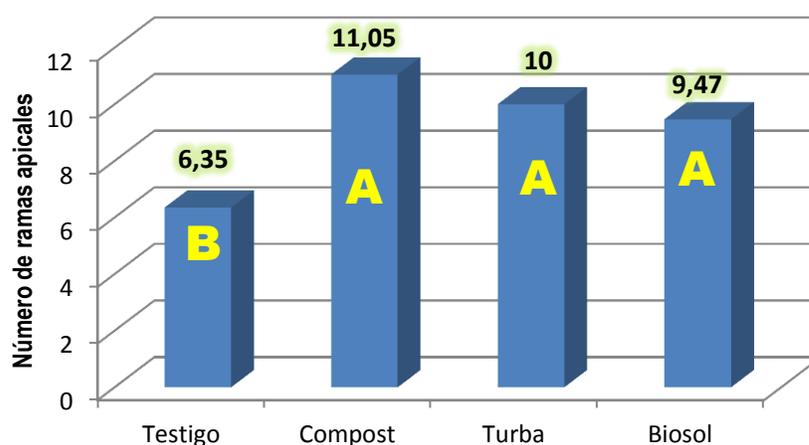


Figura 15. Prueba Duncan (5%), para número de ramas apicales

La comparación de medias para la variable número de ramas apicales (Figura 15), muestra que los diferentes abonos orgánicos tuvieron influencia en esta variable, ya que se obtuvieron los valores más altos con un promedio de 10 ramas, en cambio el tratamiento testigo solo presentó un promedio de ramas de seis siendo el valor más bajo.

5.3.7. Porcentaje de materia seca

El análisis de varianza (Cuadro 16) nos muestra que no existen diferencias significativas entre bloques y tratamientos a la conclusión de la época de invierno. En cambio en la época de primavera existió diferencias altamente significativas para el porcentaje de materia seca debido al efecto de la aplicación del abonamiento orgánico en primavera, los bloques no se vieron influenciados para esta variable. El coeficiente de variación es menor al 30%, para la variable porcentaje de materia seca de sup'u t'ula, lo que demuestra la confiabilidad de los datos obtenidos.

Cuadro 16. Análisis de varianza para % materia seca

F.V.	G.L.	Invierno			Primavera		
		S.C.	C.M.	Sig.	S.C.	C.M.	Sig.
Bloques	3	46,613	15,538	NS	13,316	4,439	N.S.
Tratamientos	3	44,130	14,710	NS	579,070	193,023	**
Error experimental	9	264,263	29,363		72,547	8,061	
Total	15	355,006			664,933		
C.V.				11,43%			9.68 %

El cuadro 17 de análisis de varianza de la última toma del porcentaje de materia seca nos muestra un resultado no significativo para los bloques lo que refleja que la pendiente no tuvo influencia en esta variable en cambio los tratamiento presentan una diferencia altamente significativa.

Cuadro 17. ANVA para materia seca última toma

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft		Sig.
					5%	1%	
Bloque	3	13,316	4,439	0,551	3.86	6.99	N.S.
Tratamiento	3	579,070	193,023	23,946	3.86	6.99	**
Error Experimental	9	72,547	8,061				
Total	15	664,933					
C.V.= 5,39 %							

La prueba Duncan al 5 % (Figura 16), para la época de primavera manifiesta la conformación de dos grupos el primero formado por los tratamientos 1,2 y 3 obteniendo una calificación de A indicando que dichos tratamientos tienen el mayor porcentaje de materia seca de sup'u t'ula, en cambio el testigo muestra un bajo porcentaje de materia seca por lo que conforma el segundo grupo con la calificación de B.

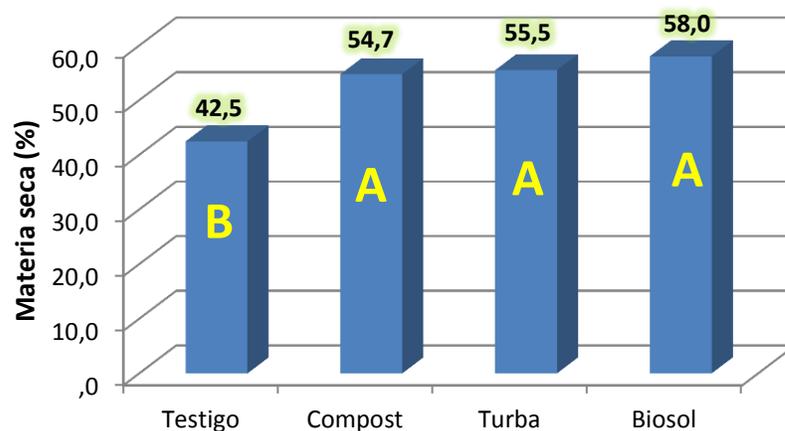


Figura 16. Prueba Duncan (5%), para % materia seca

Cussi (2013), reportó diferencias en el peso seco en los tiempos de inmersión de los esquejes en las fitohormonas, consiguiendo mejores resultados a los 15 segundos con 11gr de peso. En cuanto a la aplicación de la auxina logró los resultados más altos con un peso de 9.33 gramos.

La aportación de nutrientes fácilmente asimilables y la mejora de la retención de humedad la planta por medio de los abonos orgánicos tuvo una mayor asimilación de nutrientes desarrollando así mayor materia seca.

5.3.8. Comparación entre las variables de la planta

En las figuras 17 y 18 se observan las comparaciones de las variables de planta.

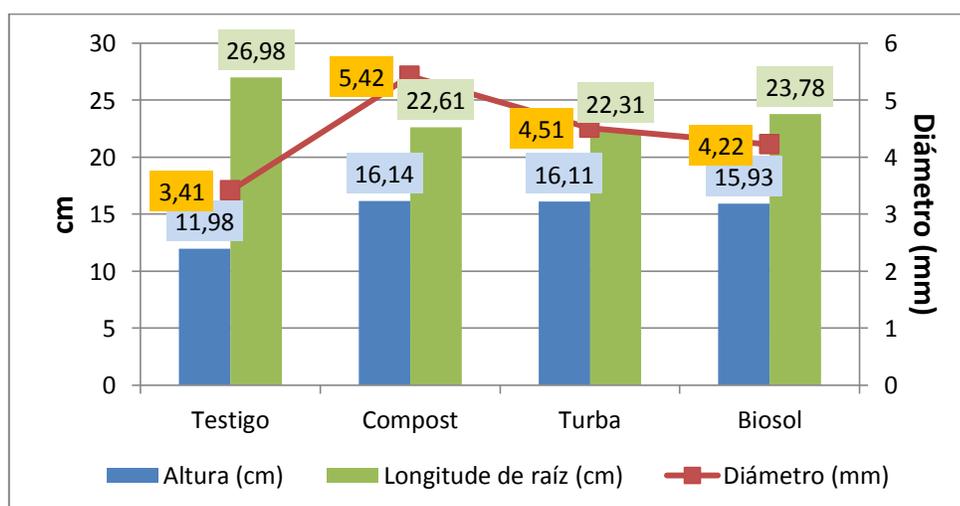


Figura 17. Comparación de las variables de altura, diámetro y longitud de raíz

En la figura 17 se evidencia un mayor desarrollo de las variables diámetro de tallo y altura en los tratamientos los cuales contaron con la incorporación de abonos orgánicos. Con respecto a la longitud de raíz el tratamiento testigo fue el que reportó mayor longitud.

El tratamiento con la incorporación de turba presentó mayor número de ramas con un promedio de 32.

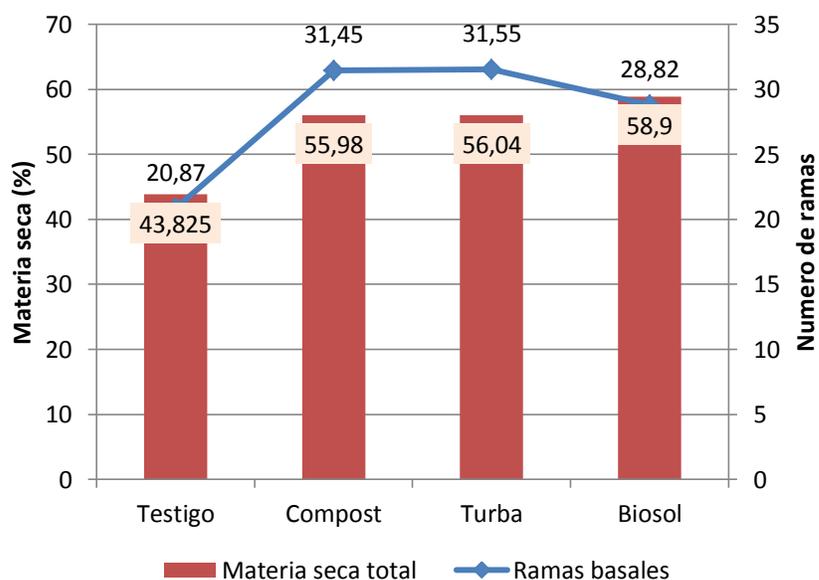


Figura 18. Comparación de materia seca y numero de ramas

Con respecto a la materia seca se evidencia un mayor porcentaje en el tratamiento con biosol reportando un promedio de 58,9 % seguidamente tenemos a los tratamientos con compost y turba. En cambio el tratamiento testigo reportó menor número de ramas y menor porcentaje de materia seca.

5.4. Efecto de la incorporación de abonos sobre las propiedades del suelo

5.4.1. pH

Según el análisis de varianza para el pH del suelo (Cuadro 18), se registró diferencias no significativas entre los bloques, mientras los tratamientos mostraron diferencias altamente estadísticas.

Cuadro 18. Análisis de varianza para el pH

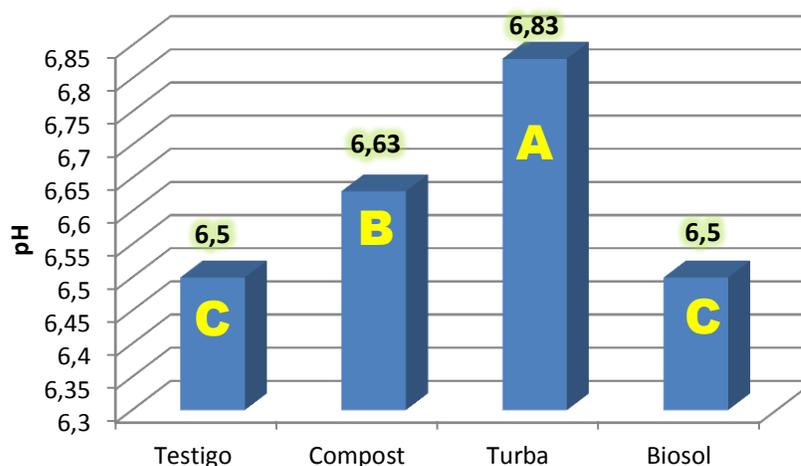
F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft		Sig.
					5%	1%	
Bloque	3	0,026	0,009	0,888	3.86	6.99	NS
Tratamiento	3	0,336	0,112	11,586	3.86	6.99	**
Error experimental	9	0,087	0,010				
Total	15	0,448					

** = altamente significativo; * = significativo; NS=no significativo

C.V.= 1,49%

El coeficiente de variación fue de 1,49 %, estando en un rango aceptable y dando la respectiva confiabilidad a los datos obtenidos.

La prueba de medias Duncan muestra la formación de tres grupos para el pH del suelo (Figura 19), el primer grupo lo conforma el tratamiento con incorporación de turba (6,83), en segundo lugar está el tratamiento con compost (6,63) y finalmente con los menores promedios los tratamientos de testigo (6,5) y biosol (6,5).

**Figura 19. Prueba Duncan (5%), para pH**

Quispe (2013), menciona que no existieron cambios significativos por la aplicación de bioinsumos.

El pH del suelo se encuentra en un rango de ligeramente ácido (biosol) a neutro (turba compost y testigo), el tratamiento tiende a bajar el pH, esto favoreció las propiedades del suelo, siendo las adecuadas para el desarrollo de la especie en estudio.

5.4.2. Conductividad eléctrica (CE)

El análisis de varianza (Cuadro 19), para la conductividad eléctrica, determina que no existieron diferencias significativas por efecto de los bloques, por tal razón el factor pendiente del terreno no tuvo efecto directo en dicha variable. En cuanto a los tratamientos tampoco hubo diferencias significativas. Así mismo el coeficiente de variación fue de 23,15 % lo que señala que el grado de dispersión de los datos en función a la media fue confiable para los análisis estadísticos ya que está dentro de los límites permisibles.

Cuadro 19. Análisis de varianza para la conductividad eléctrica

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft		Sig.
					5%	1%	
Bloque	3	0,003	0,001	0,713	3.86	6.99	NS
Tratamiento	3	0,000	0,000	0,054	3.86	6.99	NS
Error experimental	9	0,012	0,001				
Total	15	0,015					

** = altamente significativo; * = significativo; NS=no significativo

C.V.= 23,15%

En la figura 20 se puede observar que el tratamiento con la incorporación de compost de estiércol de llama obtuvo mayor conductividad eléctrica (0,168 dS/m), en cambio el menor promedio se obtuvo con el tratamiento de turba (0,144 dS/m).

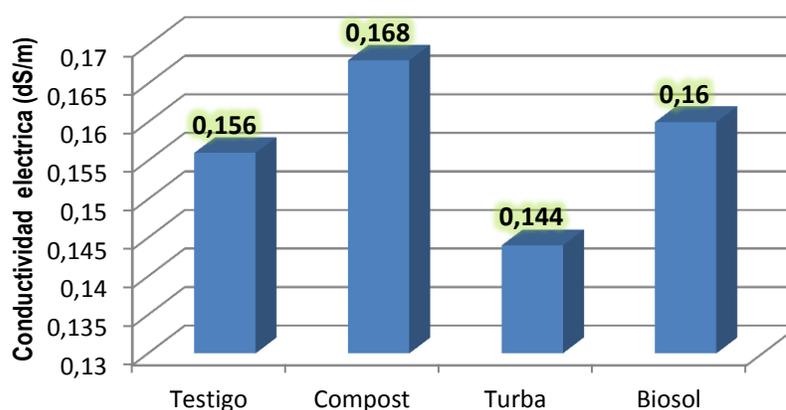


Figura 20. Promedios de conductividad eléctrica

Al respecto Quispe (2013), reporta que no hubo diferencias significativas con la aplicación de bioinsumos.

Los datos de la conductividad eléctrica nos muestran que los suelos en los que se estableció la especie en estudio no tienen presencia de sales concordando así con los datos de pH.

5.4.3. Densidad aparente (Dap)

El análisis de varianza para densidad aparente (Cuadro 20), presentó un coeficiente de variación de 2,64 %, lo que demuestra la confiabilidad de los resultados, por otra parte muestran diferencias altamente significativas para el efecto de abonamiento orgánico sobre la densidad aparente. Además no existe diferencias significativas para bloques lo que indica que no hubo influencia de la pendiente en esta variable.

Cuadro 20. Análisis de varianza para densidad aparente (Dap)

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft		Sig.
					5%	1%	
Bloque	3	0,000	0,000	0,159	3.86	6.99	NS
Tratamiento	3	0,024	0,008	9,784	3.86	6.99	**
Error experimental	9	0,007	0,001				
Total	15	0,031					

** = altamente significativo; * = significativo; NS=no significativo
C.V.= 2,64%

La prueba de medias Duncan a un 5 % (Figura 21), muestra que existen diferencias estadísticamente significativas entre los diferentes tratamientos, en los resultados se establecieron dos grupos el primero formado por los tratamientos de turba, biosol y compost, el segundo conformado por el testigo.

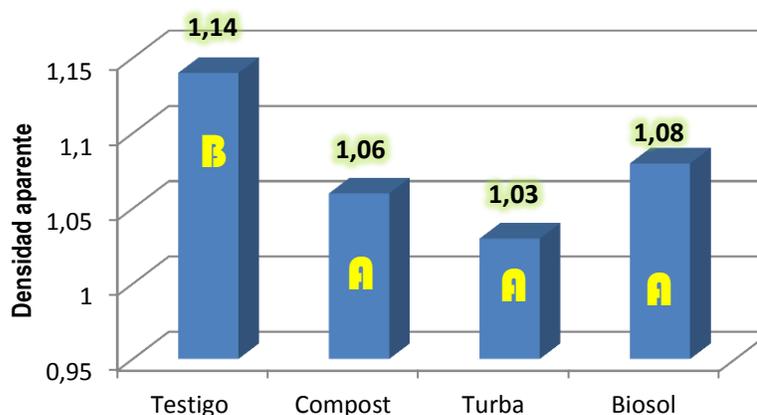


Figura 21. Prueba Duncan (5%), para la Dap

Quispe (2013), reporta diferencias significativas en la densidad aparente para las fechas de muestreo durante el desarrollo del cultivo (inicio de floración) y post cosecha (60 días después de la cosecha), en el presente estudio también se registró diferencias con la incorporación de abonos orgánicos.

Al haber incorporado materia orgánica y mejorando así las propiedades del suelo entre estas la densidad aparente, nos muestra que el grado de compactación del suelo es menor favoreciendo las labores culturales además de favorecer la infiltración de agua, aireación del suelo y permitiendo así un mejor desarrollo radicular.

5.4.4. Densidad real (Dr)

En el cuadro 21 se observa que no existen diferencias significativas entre bloques, en cambio entre tratamientos se obtuvo diferencias significativas lo que demuestra que hubo una influencia con la incorporación de abonos orgánicos.

Cuadro 21. Análisis de varianza para densidad real (Dr)

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft		Sig.
					5%	1%	
Bloque	3	0,030	0,010	0,617	3.86	6.99	NS
Tratamiento	3	0,216	0,072	4,444	3.86	6.99	*
Error experimental	9	0,146	0,016				
Total	15	0,392					

** = altamente significativo; * = significativo; NS=no significativo

C.V.= 5,46%

En el cuadro 21 se presenta un coeficiente de variación de 5,46% dando confiabilidad de los resultados.

Los resultados de la prueba Duncan para la densidad aparente del suelo (Figura 22), reflejan diferencias entre los tratamientos con la incorporación de abonos orgánicos, la mejor densidad real la presenta el tratamiento con compost con un promedio de 2,18.

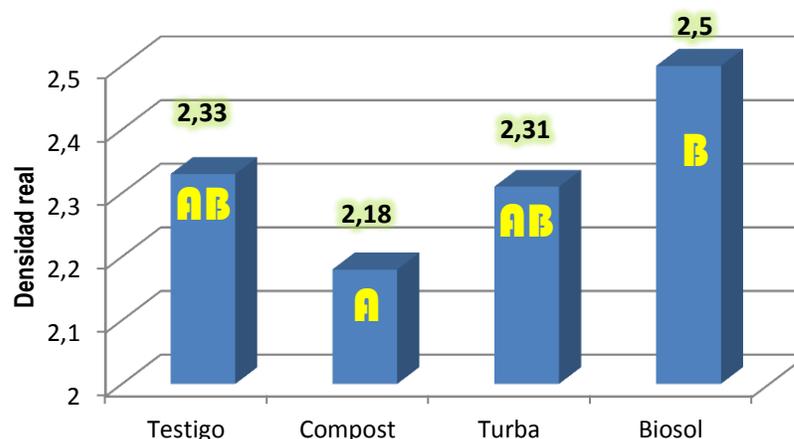


Figura 22. Prueba Duncan (5%), para Dr

Paredes (2012), reporta diferencias significativas en el efecto de los niveles de abonamiento sobre la Dr del suelo, se registró variaciones en Dr, que fluctuaron entre 2.51 g/cm^3 y 2.54 g/cm^3 , los valores ligeramente bajos corresponden a los tratamientos sometidos a niveles de abonamiento y los valores altos corresponden al testigo.

El presente trabajo registró diferencias, esto se atribuye a que la materia orgánica disminuye la densidad real con el aumento de su contenido en el suelo, debido a que presenta una Dr baja respecto a los minerales comunes que se encuentran en el suelo (Chilon, 1997).

5.4.5. Porcentaje de porosidad (%P)

El cuadro 22 de análisis de varianza para el porcentaje de porosidad del suelo, registra diferencias altamente significativas con respecto a los tratamientos. En cuanto a la los bloques no se obtuvieron diferencias por lo que la pendiente no tuvo influencia en dicha variable. El coeficiente de variación registrado es de 3,51% lo que da confiabilidad a los datos obtenidos.

Cuadro 22. Análisis de varianza para porcentaje de porosidad (%P)

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft		Sig.
					5%	1%	
Bloque	3	8,912	2,971	0,836	3.86	6.99	NS
Tratamiento	3	98,889	32,963	9,280	3.86	6.99	**
Error experimental	9	31,970	3,552				
Total	15	139,771					

** = altamente significativo; * = significativo; NS=no significativo

C.V.= 3,51%

Los resultados de la prueba Duncan (Figura 23), reflejan diferencias entre los tratamientos, teniendo como mejores porcentajes de porosidad a los tratamientos con biosol (56,91%) y turba (55,2%), en cambio los tratamientos de compost (51,32%) y el testigo (51,15%) registraron los menores porcentajes de porosidad.

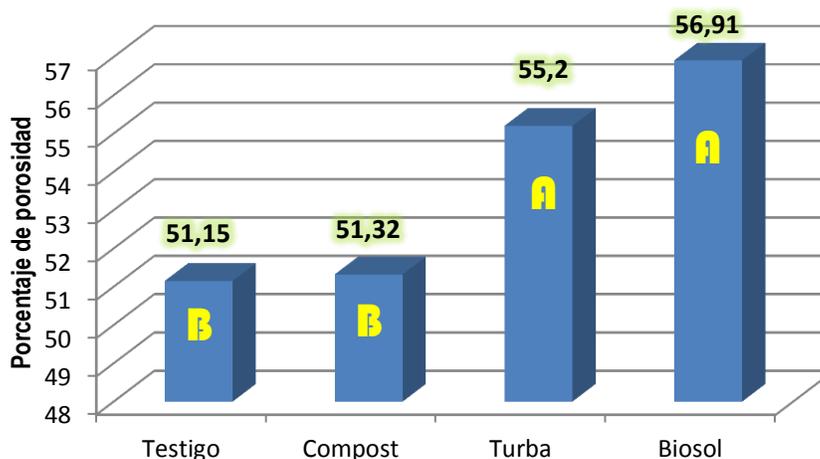


Figura 23. Prueba Duncan (5%), para porcentaje de porosidad

Paredes (2012), reporta diferencias altamente significativas para el efecto de los niveles de abonamiento sobre el porcentaje de porosidad del suelo

Este comportamiento puede atribuirse a que la adición de materia orgánica al suelo contribuye a la formación de agregados más estables, que mejoran la estructura, la porosidad, aumentando la infiltración y permeabilidad del suelo, además de la capacidad de retención de agua.

Al haber incorporado la materia orgánica se mejoró el porcentaje de macro poros y micro poros mejorando así la retención de humedad de los micro poros y favoreciendo una buena aireación a través de los macro poros.

5.4.6. Análisis químico de suelos y abonos

5.4.6.1. Análisis de suelos posterior a la aplicación de abonos

A continuación se presenta los resultados del análisis químico de laboratorio del suelo (N, CIC, MO, PSI, %C, C/N) después de la aplicación de los abonos y por los distintos tratamientos.

Cuadro 23. Análisis químico de suelos sometidos al abonamiento orgánico

PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADOS				
		Suelo Testigo	Suelo con Compost	Suelo con Turba	Suelo con Biosol	
Cationes de cambio	Al+H	meq/100 g	0,1	0,06	0,04	0,12
				Bajo		
	Ca	meq/100 g	7,37	9,4	9,73	8,78
				Bajo		
	Mg	meq/100 g	0,92	1,26	1,13	1,22
			Adecuado			
	Na	meq/100 g	0,15	0,13	0,24	0,69
			Bajo	Bajo	Bajo	Medio
	K	meq/100 g	0,8	0,91	1,5	0,92
			Normal	Normal	Alto	Normal
	CIC	meq/100 g	9,42	11,81	12,64	11,57
			Bajo	Medio	Medio	Medio
	M.O.	%	3,23	3,98	4,68	4,55
			Medio	Medio	Alto	Alto
	N total	%	0,22	0,25	0,26	0,31
				Alto		
	PSI	%	1,592	1,101	1,899	5,964
				Sin problema de sodio		
	%C	%	1,874	2,309	2,715	2,639
			Medio	Alto	Alto	Alto
	C/N	-	8,516	9,234	10,441	8,514
			Óptimo	Óptimo	Equilibrio	Óptimo

De acuerdo con los resultados del laboratorio mostrados en el cuadro 23, los parámetros químicos presentan las siguientes características; el aluminio presenta valores bajos (<20%), en el caso del calcio está en el rango bajo (5-10 meq/100 g), el magnesio se sitúa en el rango adecuado (0,5-1,5 meq/100 g), el sodio para los tratamientos testigo, compost y turba presentan valores bajos y el biosol se encuentra en un categoría medio, el potasio se encuentra en el rango de normal (testigo), alto (compost y turba) y muy alto (turba). el testigo presenta la CIC baja a comparación de los demás tratamientos (rango medio), en cuanto a la materia orgánica el testigo y el compost se encuentra en el rango medio en cambio la turba el biosol se encuentra en un rango alto. El nitrógeno presentó valores altos para todos los tratamientos (>0,2%),

el PSI es menor a 15% para todos los tratamientos lo que manifiesta que no tiene problemas de sodio, el %C presenta valores de medio (testigo y compost) y alto (turba y biosol). Las relaciones de C/N están en el rango de equilibrio (< 10).

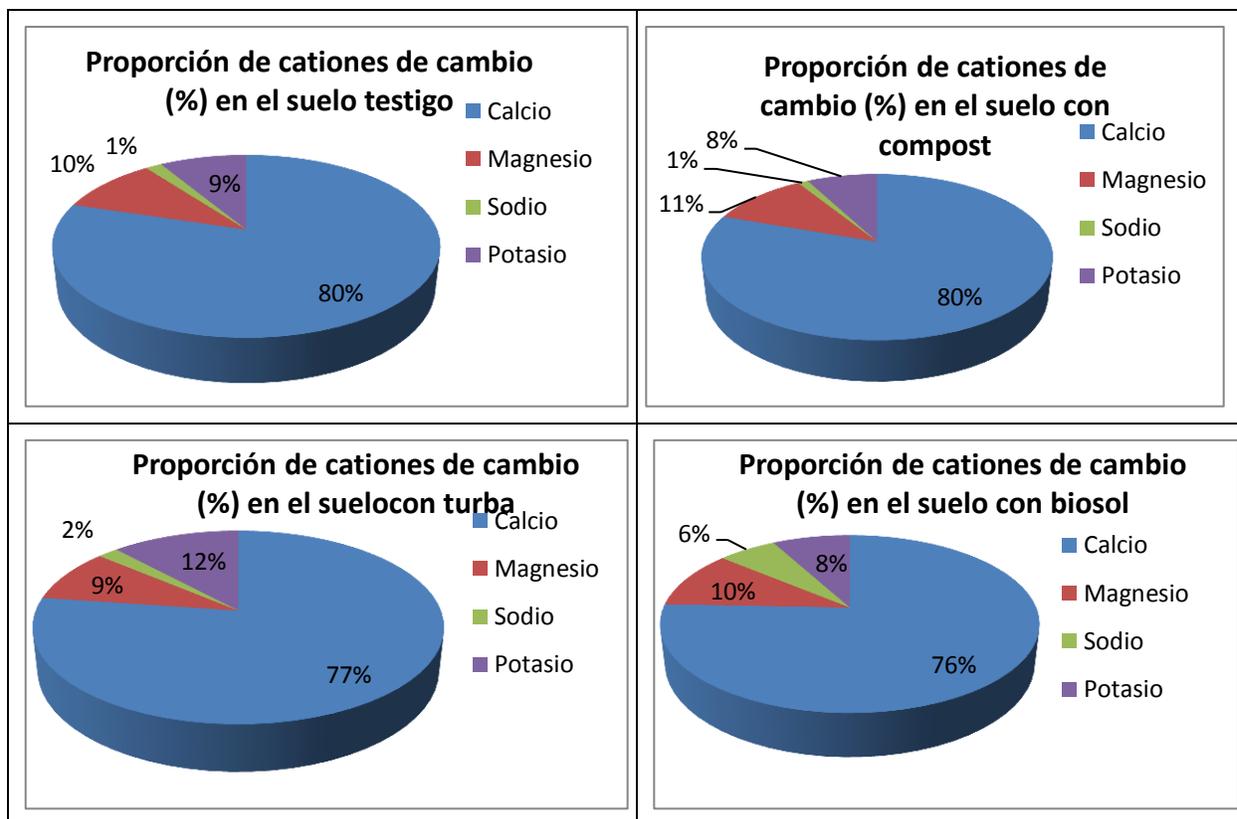


Figura 24. Proporción de los cationes de cambio (% de la CIC) en el suelo para los diferentes niveles de abonamiento

Analizando la figura 24 se observa que el porcentaje de potasio en los tratamientos con compost y biosol soportaron una disminución, en cambio el tratamiento con turba presentó un incremento en relación al suelo testigo. Con respecto al magnesio podemos observar que en el tratamiento con compost incrementó su porcentaje, en el caso del biosol se mantiene, la turba disminuyó en relación con el suelo testigo.

El porcentaje de sodio se mantiene en el tratamiento con compost de estiércol de llama, en el caso de la turba se reportó un incremento del 1 % y el biosol sufrió un incremento del 5 % con relación al suelo testigo. En el calcio se mantuvo el porcentaje en el tratamiento con compost en cambio se observó una disminución del porcentaje en los tratamientos con turba y biosol.

Con respecto a los resultados del porcentaje de sodio y calcio, con base en los resultados de laboratorio se tienen valores muy altos, ante estos resultados presumimos que los mismos se deben a que la parcela en estudio está ubicada en cercanías de un depósito de escombros, entre estos escombros estaba el estuco. Al habilitar la parcela en estudio posiblemente se mezcló con restos de este estuco provocando valores altos de sodio.

6. CONCLUSIONES

Los resultados alcanzados en la presente investigación permiten establecer las siguientes conclusiones:

- La prueba de germinación nos demuestra que la semilla de sup'u t'ula no tiene dormancia por lo que no necesita tratamientos pre germinativos y tiene un porcentaje de germinación alto (99,3%), por lo que la siembra puede ser directa sin necesidad de tratamiento alguno a las semillas.
- Se determinó que el porcentaje de emergencia en plantas de sup'u t'ula (*Parastrephia lepidophylla*) con abonamiento orgánico, presentó porcentajes altos de emergencia mostrando mayor promedio con el compost de estiércol de llama (60,5%), lo que muestra la fácil propagación de la especie.
- Respecto a la sobrevivencia se obtuvieron diferencias estadísticas significativas registrándose los mejores porcentajes en los tratamientos con biosol, turba y compost de estiércol de llama, numéricamente el mejor tratamiento fue el de biosol con un promedio de 96,50 porciento.
- Con respecto a las variables de altura de planta y diámetro de tallo, se registró diferencias significativas obteniendo mayores promedios con el compost de estiércol de llama alcanzando promedios de 16,14 cm y 5,42 mm respectivamente en el lapso de 12 meses.
- Respecto a la longitud de raíz se concluye, que la falta de nutrientes asimilables para la planta obligó a las raíces del tratamiento testigo a buscar nutrientes provocando mayor longitud de raíces con un promedio de 26,98 centímetros.
- Para los factores número de ramas (basales, leñosas y apicales), los tratamientos que sobresalieron fueron los que tuvieron incorporación de abonos orgánicos, numéricamente el tratamiento con turba obtuvo el mayor número de ramas (32) lo que ayuda al proceso de la fotosíntesis y proporcionó cobertura al suelo.

- Para el porcentaje de materia seca en la época de invierno no se registró diferencias, en cambio en la época de primavera el porcentaje de materia seca fue mayor en los tratamientos que tuvieron la incorporación de abonos orgánicos, numéricamente el tratamiento con biosol presentó mayor materia seca con 58,9 por ciento.
- La incorporación de abonos orgánicos, provocó una mejora en las propiedades físicas del suelo con respecto al testigo, principalmente en la Dap (1,03 turba), Dr (2,18 compost) y porcentaje de porosidad (56,91 biosol), mostrando un comportamiento directamente proporcional a la cantidad de abono aplicado al suelo.

7. RECOMENDACIONES

Por los resultados obtenidos en el trabajo de investigación sobre el crecimiento de sup'u t'ula (*Parastrephia lepidophylla* Cabrera) con abonamiento orgánico se recomienda:

- ❖ Repoblar con sup'u t'ula las parcelas degradadas por la continua siembra de quinua, pues esta especie actúa como cobertura vegetal del suelo ayudando a la retención de la humedad.
- ❖ Aplicar abonos orgánicos en sup'u t'ula, para acelerar el crecimiento, pues la aplicación de abonos nos garantiza la mejora de las propiedades físicas y químicas del suelo, mismas que favorecen su crecimiento.
- ❖ Se recomienda continuar con investigaciones de la sup'u t'ula debido a la ayuda que brinda en la recuperación de suelos, principalmente los métodos de multiplicación para el altiplano.
- ❖ Por su fácil y bajo costo de propagación se debe incentivar la producción de plantas de s sup'u t'ula e impulsar a los productores para realizar el repoblamiento en campo, ya que esta especie brinda muchos beneficios ambientales.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Alzérreca, H.; Calle, P., Cuti, J., Laura, J., Zárate, A. 2002. Manual de manejo y uso sostenible de la tola y los tolares. La Paz, Bolivia. pp. 1, 18-19, 34-35.
- Aparcana, S. y Jasen, A. 2008. Estudio sobre el valor fertilizante de los productos del proceso "Fermentación Anaeróbica" para producción de Biogás. PROFEC (profesional energy and environmentalconsultancy). Lima, Perú. pp. 7-8.
- Arica, D. 2005. Alunas especies nativas para la zona andina. CONDESAN. 2 p.
- Arteaga, Y. 2004. Diseños experimentales. La Paz, Bolivia. 21 p.
- Azcón, J. y Talón, M. 2000. Fundamentos de fisiología vegetal. Barcelona, España. 17 p.
- Bidwell, R. 1999. Fisiología vegetal. Editorial AGT EDITOR, S.A. Ontario, Canadá. 200 p.
- Cabrera, L. T. A. 2000. Aporte al conocimiento de la microbiota fúngica del suelo de la amazonia colombiana, con énfasis en tres grupos funcionales. Tesis (Biólogo). Pontificia Universidad Javeriana. Santafé de Bogotá. 353 p.
- Calzada, J. 1982. Métodos estadísticos para la investigación. Editorial jurídica S.A. Lima, Perú. 157 p.
- Cañas, C. 1995. Alimentación y nutrición animal. Facultad de agronomía, Pontificia Universidad Católica de Chile. Chile. pp 49–69.
- Chávez, Y, Campos, W., Campos, W., Reyes K., Chucas, Y., Soriano, S. 2010. Elaboración de biogás, biol, y biosol con estiércol de animales a través de un biodigestor en el pueblo Deanchovira (Motupe). Perú.
- Chilon, E. 1997. Fertilidad de suelos y nutrición de plantas. Edición C.I.A.T. La Paz, Bolivia. 185 p.
- Chilon, E. 2010. Compostaje alto andino, suelo vivo y cambio climático; terrazas precolombinas Taqanas Quillas y Wachus. 1ra ed. La Paz, Bolivia. 323p.

- Ciro, A. 1994. Uso de la tierra y características de poblaciones de thola *Parastrephia lepidophylla* (Wedd, C.) en el cantón San José Llanga “Provincia Aroma departamento de La Paz”. Tesis Lic. Sucre, Bolivia. Universidad Mayor Real y Pontificia de San Francisco Xavier, Facultad de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y Forestales 95p.
- Condori, A. 2011. Determinación de métodos de siembra en thola (*Parastrephia lepidophylla*), bajo fertilización orgánica en el municipio de Challapata y Pazña del departamento de Oruro. Tesis Lic. Oruro, Bolivia. Universidad Técnica de Oruro. Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias. 99 p.
- Cussi, A. 2013. Efecto de enraizadores, en la propagación vegetativa de la thola (*Parastrephia lepidophylla*) en ambiente atemperado. Tesis Lic. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. 60 p.
- Díez, J. 1999. Optimización de la fertilidad nitrogenada. Sociedad española de la ciencia del suelo. Madrid, España. 75 p.
- Equise, J. (s.f.). Producción de quinua real orgánica con abono natural (camélido y ovino) sobre surco en el altiplano sur de Bolivia. 6 diapositivas.
- FAO. 1994. Desarrollo forestal comunal en el altiplano Boliviano. Leñosas útiles de Potosí. Potosí. 293 p.
- Fundación PROINPA. 2013. Centro Quipaquipani. Consultado 6 noviembre 2013. Disponible en: http://www.proinpa.org/index.php?option=com_content&view=article&id=153&Itemid=173&lang=es
- Guerrero, F. 2000. Usos, Aplicaciones Y Evaluación de Turbas. Madrid, España. 13p.
- Hernández, J. 2013. Edafología y fertilidad. Universidad nacional abierta y a distancia. 51p.
- Jaramillo, D. 2002. Introducción a la Ciencia del Suelo. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias, Medellín, Colombia. 201 – 370 p.
- Lailhacar, S. y Torres, C. 2000. Papel de los arbustos forrajeros en la ganadería del secano árido de la zona centro-norte. Facultad de Ciencias Agronómicas.

- Universidad de Chile, Departamento de Producción Animal, Publicación Técnico Ganadera N 26. 4 p.
- López, J., Díaz, A., Martínez, E., Valdez, R. 2001. Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento en maíz. Editorial Terra Latinoamericana, vol 19. Chapingo, México. 293 p.
- Marin, G. 1986. Fertilidad de suelos con énfasis en Colombia. Manual de asistencia técnica. Bogotá, Colombia. 193 p.
- Martinez, P. 2001. Evaluación de los atributos de calidad de la semilla de thola (*Parastrephia lepidophylla* Wedd) bajo la influencia de diferentes altitudes y épocas de recolección en el parque nacional Sajama – Oruro. Tesis Lic. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. 73 p.
- Medina, A. 1992. El biol y biosol en la agricultura. Programa especial de energías UMSS. Cochabamba, Bolivia. pp. 20 – 35.
- Meléndez, G. 2003. Taller de abonos orgánicos. Costa rica. 15p.
- Mercado, M., Arrázola, S., Gutiérrez, F., Ramírez, K., Gonzales, J., Atahuachi, M., Vargas, N., Burgos, J., Ovando, K., Campos, H., Achá, N. 2013. Guía ilustrada de especies forrajeras nativas de la zona Andina en Bolivia. Proyecto conservación y Manejo Sostenible de la Biodiversidad de los Recursos Genéticos Forrajeros de la FCyT, CIF, CISTEL, BASFOR, CBG, CIUF-CUD. Cochabamba, Bolivia. 49 p.
- Orsag, V. 2010. el recurso suelo principios para su manejo y conservación. Facultad de agronomía-UMSA. La Paz, Bolivia. 2-4 p.
- Paca, F., Paca, R., Palao, A., Canaza, D., Bustinza, H. 2003. Estudio de la t'ola y su capacidad de soporte para ovinos y camélidos en el ámbito peruano del sistema T.D.P.S. Puno, Perú. 97 p.
- Paredes, R. 2012. Efecto del abonamiento con estiércol tratado de llama en la producción de fitomasa forrajera en morfotipos del pasto *Nassella* sp. en Viacha provincia Ingavi, La Paz-Bolivia. Tesis Lic. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. 107 p.

- Perdomo, C., Barbazán, M. y Manzoni, M. 2000. Nitrógeno. Área de suelos y aguas cátedra de fertilidad. Universidad de la República. Montevideo, Uruguay. 4 p.
- Pereyra, M. 2001. Asimilación del nitrógeno en plantas. Facultad de agronomía. Universidad de la Pampa. Santa Rosa, Argentina. 4 p.
- Pérez, R. 1994. Comportamiento hídrico – fisiológico y fases fenológicas de la thola (*Parastrephia lepidophylla*, Wedd. y *Baccharis incarum*, Wedd.). Tesis Lic. Oruro, Bolivia. Universidad Técnica de Oruro. Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias. 129p.
- Plan maestro metropolitano de agua potable y saneamiento La Paz – El Alto, Bolivia. 2013 estudios de identificación para el mejoramiento y ampliación y del sistema de saneamiento y planta de tratamiento de Viacha (Distrito 1, 2, 6 y 7). La Paz. 14 p.
- Quelca, M. 1998. Evaluación de la erosión de suelos por la extracción de la thola (*Parastrephia quadrangularis*) en la localidad de Calacoto, provincia Pacajes, departamento de La Paz. Tesis Lic. La Paz, BO. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. 53 p.
- Quispe, M. 2013. Efecto de bioinsumos agrícolas en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) y en las propiedades del suelo en la estación experimental de Quipaquipani, provincia Ingavi – La Paz. Tesis Lic. La Paz, BO. Universidad Mayor de San Andrés. 97 p.
- Ramos, P., Alcón, M., Chambi, L., Bonifacio, A. 2013. Recolección de semilla y multiplicación de la t'ula con fines de repoblamiento en sistemas de producción de quinua. Congreso científico de la quinua. 237p.
- Rojas, F. 2007. Botánica sistemática. La Paz, Bolivia. 111 p.
- Sánchez, J. 2007. Fertilidad del suelo y nutrición mineral de plantas. FERTITEC S.A. 3 p.
- Sena, 2000. Manejo y mejoramiento de suelos. Manual didáctico, Rionegro, Antioquia. 113 p.

Tamayo, B, J.C. 1998. Tecnología en administración agropecuaria. Manual de suelos, Corporación Universitaria Santa Rosa de Cabal, Ediciones UNISARC, primera edición. 106 p.

Urquiaga, R., Mota, R. 2004. Manual Básico para hacer compost. Madrid, España. 2 p.

Villalobos, J., Mateos, L., Orgaz, F., Fereres, E. 2002. Fitotecnia. Bases y tecnologías de la producción agrícola. Edición Mundi Prensa. Madrid, España. 140 p.

ANEXOS



Anexo 1. Preparación del terreno



Anexo 2. Distribución de los abonos orgánicos



Anexo 3. Toma de datos de altura de planta



Anexo 4. Trabajo en laboratorio



MINISTERIO DE EDUCACION

INSTITUTO BOLIVIANO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA NUCLEAR
CENTRO DE INVESTIGACIONES Y APLICACIONES NUCLEARES
UNIDAD DE ANALISIS Y CALIDAD AMBIENTAL

ANALISIS FÍSICO-QUIMICO DE COMPOST

INTERESADO : *JANNETH MANNINA QUISPE YANAHUAYA*
PROCEDENCIA : *Departamento LA PAZ,*
Provincia INGAVI,
Lugar: VIACHA

Nº SOLICITUD: *018 / 2015*
FECHA DE RECEPCION : *19 / Enero / 2015*
FECHA DE ENTREGA : *23 / Febrero / 2015*

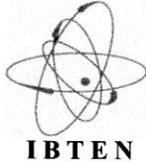
PRODUCTO : *COMPOST DE LLAMA*

Nº Lab.	PARAMETRO	Resultado	Unidades	Método
087-01 /2015	Nitrógeno	0,08	% N	Kjeldahl
087-02 /2015	Fósforo	0,48	% P	Espectrofotometría UV-Visible
087-03 /2015	Potasio	0,50	% K	Emisión atómica
087-04 /2015	Materia orgánica	27,07	%	Walkley Black
087-05 /2015	pH en agua 1:5	6,95	-	Potenciometría
087-06 /2015	Conductividad eléctrica	4,12	mS / cm	Conductancia
087-07 /2015	Humedad	30,33	%	Gravimetría
087-08 /2015	Materia seca	69,67	%	Gravimetría

OBSERVACIONES.- *Resultados en base seca.*



RESPONSABLE DE LABORATORIO
JORGE CHUNGARA C.

**MINISTERIO DE EDUCACION**

INSTITUTO BOLIVIANO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA NUCLEAR

CENTRO DE INVESTIGACIONES Y APLICACIONES NUCLEARES

UNIDAD DE ANÁLISIS Y CALIDAD AMBIENTAL

ANALISIS FISICO QUIMICO DE SUELOS

INTERESADO : *JANNETH MANNINA QUISPE YANAHUAYA*
PROCEDENCIA : *Departamento LA PAZ,*
Provincia INGAVI,
Lugar: VIACHA

NO SOLICITUD: *023A / 2015*
FECHA DE RECEPCION : *23 / Enero / 2015*
FECHA DE ENTREGA : *25 / Febrero / 2015*

DESCRIPCIÓN : *MUESTRA DE SUELO - Suelo Testigo.*

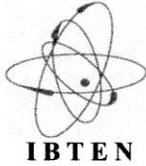
Nº Lab.	PARAMETRO	Resultado	Unidades	Método	
092-01 /2015	pH en agua 1:5	6,49	-	Potenciometría	
092-02 /2015	Conductividad eléctrica en agua, 1:5	0,256	dS/m	Potenciometría	
092-03 /2015	C A T I O N E S I O D E	Acidez de cambio (Al+H)	0,100	meq/100 g	Volumetría
092-04 /2015		Calcio	7,37	meq/100 g	Absorción atómica
092-05 /2015		Magnesio	0,92	meq/100 g	Absorción atómica
092-06 /2015		Sodio	0,15	meq/100 g	Emisión atómica
092-07 /2015		Potasio	0,80	meq/100 g	Emisión atómica
092-08 /2015		Capacidad de Intercambio Catiónico	9,42	meq/100 g	Volumetría
092-09 /2015		Materia Orgánica	3,23	%	Walkley Black
092-10 /2015	Nitrógeno total	0,22	%	Kjeldahl	

OBSERVACIONES,-



RESPONSABLE DE LABORATORIO

JORGE CHUNGARA C.

**MINISTERIO DE EDUCACION**

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

ANALISIS FISICO QUIMICO DE SUELOS

INTERESADO : JANNETH MANNINA QUISPE YANAHUAYA
PROCEDENCIA : Departamento LA PAZ,
Provincia INGAVI,
Lugar: VIACHA

NO SOLICITUD: 023B / 2015
FECHA DE RECEPCION : 23 / Enero / 2015
FECHA DE ENTREGA : 25 / Febrero / 2015

DESCRIPCIÓN : MUESTRA DE SUELO - Suelo con biosol.

N° Lab.	PARAMETRO	Resultado	Unidades	Método	
093-01 /2015	pH en agua 1:5	6,49	-	Potenciometría	
093-02 /2015	Conductividad eléctrica en agua, 1:5	0,188	dS/m	Potenciometría	
093-03 /2015	C A T I O N E S I O D E	Acidez de cambio (Al+H)	0,120	meq/100 g	Volumetría
093-04 /2015		Calcio	8,78	meq/100 g	Absorción atómica
093-05 /2015		Magnesio	1,22	meq/100 g	Absorción atómica
093-06 /2015		Sodio	0,69	meq/100 g	Emisión atómica
093-07 /2015		Potasio	0,92	meq/100 g	Emisión atómica
093-08 /2015		Capacidad de Intercambio Catiónico	11,57	meq/100 g	Volumetría
093-09 /2015	Materia Orgánica	4,55	%	Walkley Black	
093-10 /2015	Nitrógeno total	0,31	%	Kjeldahl	

OBSERVACIONES,-



RESPONSABLE DE LABORATORIO

JORGE CHUNGARA C.



MINISTERIO DE EDUCACION

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

ANALISIS FISICO QUIMICO DE SUELOS

INTERESADO : *JANNETH MANNINA QUISPE YANAHUAYA*
PROCEDENCIA : *Departamento LA PAZ,*
Provincia INGAVI,
Lugar: VIACHA

NO SOLICITUD: *023C / 2015*
FECHA DE RECEPCION : *23 / Enero / 2015*
FECHA DE ENTREGA : *25 / Febrero / 2015*

DESCRIPCIÓN : *MUESTRA DE SUELO - Suelo con compost.*

Nº Lab.	PARAMETRO	Resultado	Unidades	Método	
094-01 /2015	pH en agua 1:5	6,63	-	Potenciometría	
094-02 /2015	Conductividad eléctrica en agua, 1:5	0,124	dS/m	Potenciometría	
094-03 /2015	C A T I O N E S D E	Acidez de cambio (Al+H)	0,060	meq/100 g	Volumetría
094-04 /2015		Calcio	9,40	meq/100 g	Absorción atómica
094-05 /2015		Magnesio	1,26	meq/100 g	Absorción atómica
094-06 /2015		Sodio	0,13	meq/100 g	Emisión atómica
094-07 /2015		Potasio	0,91	meq/100 g	Emisión atómica
094-08 /2015		Capacidad de Intercambio Catiónico	11,81	meq/100 g	Volumetría
094-09 /2015	Materia Orgánica	3,98	%	Walkley Black	
094-10 /2015	Nitrógeno total	0,25	%	Kjeldahl	

OBSERVACIONES,-



RESPONSABLE DE LABORATORIO

JORGE CHUNGARA C.

**MINISTERIO DE EDUCACION**

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

ANALISIS FISICO QUIMICO DE SUELOS

INTERESADO : *JANNETH MANNINA QUISPE YANAHUAYA*
PROCEDENCIA : *Departamento LA PAZ,*
Provincia INGAVI,
Lugar: VIACHA

NO SOLICITUD: *023D / 2015*
FECHA DE RECEPCION : *23 / Enero / 2015*
FECHA DE ENTREGA : *25 / Febrero / 2015*

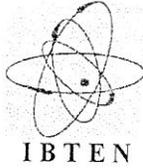
DESCRIPCIÓN : *MUESTRA DE SUELO - Suelo con turba.*

N° Lab.	PARAMETRO	Resultado	Unidades	Método	
095-01 /2015	pH en agua 1:5	6,79	-	Potenciometría	
095-02 /2015	Conductividad eléctrica en agua, 1:5	0,154	dS/m	Potenciometría	
095-03 /2015	C A T I O N E S D E	Acidez de cambio (Al+H)	0,040	meq/100 g	Volumetría
095-04 /2015		Calcio	9,73	meq/100 g	Absorción atómica
095-05 /2015		Magnesio	1,13	meq/100 g	Absorción atómica
095-06 /2015		Sodio	0,24	meq/100 g	Emisión atómica
095-07 /2015		Potasio	1,50	meq/100 g	Emisión atómica
095-08 /2015	Capacidad de Intercambio Catiónico	12,64	meq/100 g	Volumetría	
095-09 /2015	Materia Orgánica	4,68	%	Walkley Black	
095-10 /2015	Nitrógeno total	0,26	%	Kjeldahl	

OBSERVACIONES,-



RESPONSABLE DE LABORATORIO
JORGE CHUNGARA C.



ANALISIS FISICO QUIMICO DE SUELOS

INTERESADO : *FUNDACIÓN PROINPA*
 PROCEDENCIA : *Departamento LA PAZ,*

NO SOLICITUD: *163R / 2014*
 FECHA DE RECEPCION : *10 / Julio / 2014*
 FECHA DE ENTREGA : *23 / Julio / 2014*

DESCRIPCIÓN : *MUESTRA DE SUELO - Suelo del lugar*

Nº Lab.	PARAMETRO		Resultado	Unidades	Método
385-01 /2014	T E X T U R A	ARENA	54	%	Hidrómetro de Bouyoucos
385-02 /2014		ARCILLA	25	%	Hidrómetro de Bouyoucos
385-03 /2014		LIMO	21	%	Hidrómetro de Bouyoucos
385-04 /2014		CLASE TEXTURAL	FYA	-	Hidrómetro de Bouyoucos
385-05 /2014		GRAVA	18,3	%	Gravimetría
385-06 /2014	Nitrógeno		0,14	%	Kjeldahl
385-07 /2014	Fósforo asimilable		40,56	ppm	Espectrofotometría UV-Visible
385-08 /2014	Potasio intercambiable		1,01	meq/100 g	Emisión atómica
385-09 /2014	Capacidad de Intercambio Catiónico		14,31	meq/100 g	Emisión atómica
385-10 /2014	Materia Orgánica		2,73	%	Walkley Black

OBSERVACIONES,-

CLASE TEXTURAL

F : Franco Y : Arcilloso FA : Franco Arenoso. YL : Arcilloso Limoso
 L : Limoso YA : Arcilloso Arenoso AF : Arenosos Franco FYL : Franco Arcilloso Limoso
 A : Arenoso FYA : Franco Arcilloso Arenoso FY : Franco Arcilloso FL : Franco limoso



RESPONSABLE DE LABORATORIO
 JORGE CHUNGARA C.



MINISTERIO DE EDUCACION

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

ANALISIS FISICO QUIMICO DE ABONOS

INTERESADO : *FUNDACIÓN PROINPA*
PROCEDENCIA : *Departamento LA PAZ,*

NO SOLICITUD: *163P / 2014*
FECHA DE RECEPCION : *29/ Junio / 2014*
FECHA DE ENTREGA : *25 / Julio / 2014*

DESCRIPCIÓN : *MUESTRA DE SUELO - Suelo turba; Janneth Quispe.*

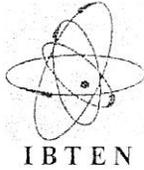
Nº Lab.	PARAMETRO	Resultado	Unidades	Método
383-01 /2014	Nitrógeno	1,81	%	Kjeldahl
383-02 /2014	Fósforo	0,12	ppm	Espectrofotometría UV-Visible
383-03 /2014	Potasio	0,05	meq/100 g	Emisión atómica
383-04 /2014	Materia orgánica	20,67	%	Walkley Black
383-05 /2014	Humedad	5,38	%	Gravimetría
383-06 /2014	Materia seca	94,62	%	Gravimetría

OBSERVACIONES,-



RESPONSABLE DE LABORATORIO

JORGE CHUNGARA C.



MINISTERIO DE EDUCACION

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

ANALISIS FISICO QUIMICO DE ABONOS

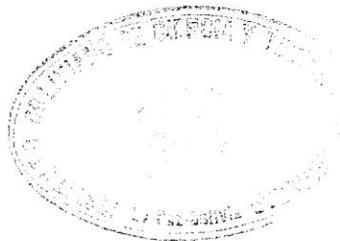
INTERESADO : *FUNDACIÓN PROINPA*
PROCEDENCIA : *Departamento LA PAZ,*

NO SOLICITUD: *164 / 2014*
FECHA DE RECEPCION : *29/ Junio / 2014*
FECHA DE ENTREGA : *25 / Julio / 2014*

DESCRIPCIÓN : *MUESTRA DE ABONO LÍQUIDO - Biosol*

Nº Lab.	PARAMETRO	Resultado	Unidades	Método
386-01 /2014	Nitrógeno	0,09	%	Kjeldahl
386-02 /2014	Fósforo	29,76	mg/L	Espectrofotometría UV-Visible
386-03 /2014	Potasio	167,30	mg/L	Emisión atómica
386-04 /2014	Materia orgánica	6,05	%	Walkley Black
386-05 /2014	Humedad	82,60	%	Gravimetría

OBSERVACIONES,- Resultados en base húmeda.



RESPONSABLE DE LABORATORIO
JORGE CHUNGARA C.