

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS

FACULTAD DE AGRONOMÍA

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA



TESIS DE GRADO

**MULTIPLICACIÓN MASIVA Y CRECIMIENTO ACELERADO DE
SUP'U T'ULA (*Parastrephia lepidophylla* Cabrera) CON FINES DE
REPOBLAMIENTO EN ZONAS PRODUCTORAS DE QUINUA**

POR: MARIA LUISA HUANCA TUSCO

La Paz – Bolivia

2016

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

**MULTIPLICACIÓN MASIVA Y CRECIMIENTO ACELERADO DE
SUP'U T'ULA (*Parastrephia lepidophylla* Cabrera) CON FINES DE
REPOBLAMIENTO EN ZONAS PRODUCTORAS DE QUINUA**

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

MARIA LUISA HUANCA TUSCO

Asesor:

Ing. Ph. D. Alejandro Bonifacio Flores

Tribunal Revisor:

Ing. Rafael Murillo García

Ing. Bernardo Ticona Contreras

Ing. Natalia Palacios Zuleta

APROBADA

Presidente Tribunal Examinador

2016

Dedicatoria

A DIOS, por el éxito y la satisfacción de esta investigación, quien me regala los dones de la sabiduría para enfrentar los retos, las alegrías y los obstáculos que se me presentan constantemente.

Con cariño y amor dedico este trabajo a mis queridos padres Lucio F. Huanca Cauna y Martina Tusco Paco, quienes con mucho esfuerzo y sacrificio supieron darme su apoyo incondicional en todo momento alentándome para conseguir las metas durante la vida estudiantil.

A mis queridos hermanos Luis, Nancy y Miguel Angel por su apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTO

A Dios nuestro Padre, porque gracias a su voluntad y su iluminación en mi camino se pudo concluir el presente trabajo.

Agradezco a la Universidad Mayor de San Andrés por los años que estuve estudiando la carrera ingeniería agronómica, a mis docentes y compañeros por la formación crítica que me han dado, por la invaluable contribución cultural, social y científica.

A la Fundación PROINPA (Promoción e Investigación de Productos Andinos) por abrirme las puertas permitiéndome la realización del presente trabajo de investigación.

Mi gratitud más grande al apoyo, comprensión y paciencia a mi asesor profesor Ing. Ph. D. Alejandro Bonifacio Flores, por aceptar la tutoría de esta tesis, por sus sabias contribuciones, dedicación constante, apoyo en la redacción científica, gran calidad humana y por su confianza puesta en mí persona.

A los Tribunales Revisores por sus aportes, explicaciones y sugerencias para este trabajo: Ing. Rafael Murillo García, Ing. Bernardo Ticona Contreras y a la Ing. Natalia Palacios Zuleta.

A mi Madrina Margarita Ibañez y Padrino David Mamani quienes me alentaron a seguir adelante, a mi tía Ricarda y a todos mis tíos y primos quienes me brindaron siempre su apoyo.

Finalmente agradezco a todos mis amigos y compañeros por su apoyo brindado a mi persona, en especial a Juan José Velasco Mujica. Y a cada una de las personas que contribuyeron de una u otra forma, mi agradecimiento infinito.

CONTENIDO

ÍNDICE GENERAL.....	i
ÍNDICE DE CUADROS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xi
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv

ÍNDICE GENERAL

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. Características generales del cultivo.....	4
3.1.1. Sup'u t'ula	4
3.1.2. Importancia de los t'ulares	4
3.1.3. Importancia para su conservación	6
3.1.4. Clasificación taxonómica	6

3.1.5. Descripción morfológica.....	7
3.1.6. Fenología.....	9
3.1.7. Formas de propagación por semilla.....	10
3.1.8. Ecología de la especie.....	11
3.1.9. Condiciones ambientales.....	11
3.1.10. Trasplante.....	12
3.2. Aplicación de abonos orgánicos e inorgánicos.....	12
3.2.1. Abonos orgánicos.....	12
3.2.2. Influencia de la materia orgánica en las propiedades del suelo.....	13
3.3. Sustratos utilizados.....	14
3.3.1. Humus de lombriz.....	14
3.3.2. Turba.....	15
3.4. Aplicación de fertilizantes químicos.....	17
3.4.1. Comportamiento de los fertilizantes en el suelo.....	17
3.4.2. Nitrógeno.....	17
3.4.3. Urea.....	18
3.5. Suelo.....	20
4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	21
4.1.1. Ubicación geográfica de Viacha.....	21
4.1.1.1. Clima.....	22

4.1.1.2. Suelo.....	22
4.1.1.3. Vegetación.....	22
4.1.2. Ubicación geográfica de Colchani.....	22
4.1.2.1. Clima.....	23
4.1.2.2. Suelos.....	23
4.1.2.3. Vegetación.....	24
4.2. Materiales.....	25
4.2.1. Material vegetal.....	25
4.2.2. Material orgánico.....	25
4.2.3. Material inorgánico.....	25
4.2.4. Material de campo.....	25
4.2.5. Material de laboratorio.....	26
4.2.6. Material de gabinete.....	26
4.3. Método.....	26
4.3.1. Procedimiento experimental.....	26
4.3.2. Diseño experimental.....	30
4.3.3. Factores de estudio.....	31
4.3.4. Formulación de tratamientos.....	32
4.3.5. Croquis experimental.....	33
4.3.6. Dimensiones de las unidades experimentales.....	33

4.3.7. Esquema del análisis estadístico	34
4.4. Variables de respuestas.....	35
4.4.1. Porcentaje de germinación	35
4.4.2. Número de días a la emergencia	36
4.4.3. Porcentaje de emergencia en campo	36
4.4.4. Número de días a la ramificación.....	37
4.4.5. Altura de planta (cm).....	37
4.4.6. Número de ramas	37
4.4.7. Tolerancia al estrés en transporte.....	37
4.4.8. Porcentaje de prendimiento en campo	37
4.4.9. Porcentaje de sobrevivencia	38
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	39
5.1. Datos meteorológicos para el municipio de Viacha.....	39
5.1.1. Temperatura	39
5.1.2. Precipitación	40
5.2. Datos meteorológicos para el municipio de Uyuni	40
5.2.1. Temperatura	41
5.2.2. Precipitación	41
5.3. Variables de respuesta	42
5.3.1. Porcentaje de germinación	42

5.3.2. Días a la emergencia	44
5.3.3. Porcentaje de emergencia	46
5.3.4. Días a la ramificación.....	48
5.3.5. Altura de planta.....	54
5.3.6. Curvas de crecimiento	58
5.3.7. Número de ramas	61
5.3.8. Prendimiento y sobrevivencia en campo	65
6. CONCLUSIONES.....	67
7. RECOMENDACIONES	69
8. BIBLIOGRAFÍA	70

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Composición físico-químico del humus de lombriz.....	15
Cuadro 2. Análisis físico-químico de la turba extraído de los yacimientos de Chacaltaya.	16
Cuadro 3. Flora existente en el Municipio de Uyuni del Altiplano Boliviano Sur.....	24
Cuadro 4. Niveles de nitrógeno y dosis de fertilización con urea para la unidad experimental.....	28
Cuadro 5. Forma de aplicación del fertilizante nitrogenado sobre las plántulas emergidas de “sup’u t’ula”.	28
Cuadro 6. Tratamientos resultantes del arreglo en Parcelas Divididas.	32
Cuadro 7. Tratamientos resultantes del Diseño de Bloques Completos al Azar.	32
Cuadro 8. Esquema del análisis de varianza (ANVA) para el Diseño Parcelas divididas distribuido en Bloques Completos al Azar.	34
Cuadro 9. Esquema del análisis de varianza (ANVA) para el Diseño Bloques Completos al Azar.	35
Cuadro 10. Prueba de germinación de la semilla de “sup’u t’ula” en ambiente atemperado.	42
Cuadro 11. Análisis de varianza de días a la emergencia de “sup’u t’ula” (<i>Parastrephia lepidophylla</i>).....	44
Cuadro 12. Análisis de varianza de porcentaje de emergencia de “sup’u t’ula” (<i>Parastrephia lepidophylla</i>).....	46
Cuadro 13. Análisis de varianza de días a la Ramificación de “sup’u t’ula” (<i>Parastrephia lepidophylla</i>).....	49

Cuadro 14. Análisis de Varianza de Altura de Planta “sup’u t’ula” (<i>Parastrephia lepidophylla</i>).	54
Cuadro 15. Análisis de varianza de número de ramas de “sup’u t’ula”.	61
Cuadro 16. Porcentaje de prendimiento y sobrevivencia de las plántulas de “sup’u t’ula” que fueron trasplantadas a campo abierto.	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Características morfológicas de “sup’u t’ula” (<i>Parastrephia lepidophylla</i>). ...	8
Figura 2. Fenología de “sup’u t’ula” por reproducción sexual.....	9
Figura 3. Ubicación geográfica del Centro Experimental de k’iphak’iphani, donde se efectuó la multiplicación de “sup’u t’ula” en bandejas almacigueras.	21
Figura 4. Ubicación geográfica del municipio de Uyuni donde se efectuó el trasplante de las plántulas de “sup’u t’ula”.....	23
Figura 5. Semilla de sup’u t’ula (<i>Parastrephia lepidophylla</i> C.) recolectadas por la Fundación PROINPA.	25
Figura 6. Croquis experimental de las unidades experimentales.	33
Figura 7. Valores de Temperaturas máximas y mínimas del municipio de Viacha (2014) en tres meses de evaluación (octubre, noviembre y diciembre).	39
Figura 8. Precipitación pluvial (mm) del Municipio de Viacha (2014) en tres meses de evaluación (octubre, noviembre y diciembre).	40
Figura 9. Temperaturas máximas y mínimas del Municipio de Uyuni (2014 -2015) en tres meses de evaluación (diciembre, enero y febrero).....	41
Figura 10. Precipitación pluvial (mm) del Municipio de Uyuni (2014 - 2015) en tres meses de evaluación (diciembre, enero y febrero).....	41
Figura 11. Porcentaje de germinación para los días evaluados desde el inicio hasta la finalización de la germinación.	43
Figura 12. Promedios de días a la emergencia de “sup’u t’ula” con el uso de sustratos orgánicos.....	45
Figura 13. Promedios de los porcentajes de emergencia de “sup’u t’ula” con el uso de sustratos orgánicos.	47

Figura 14. Porcentaje promedio de emergencia de “sup’u t’ula” por efecto de sustratos orgánicos.	48
Figura 15. Número promedio de días a la ramificación de “sup’u t’ula” para los tratamientos por efecto de ambos factores de estudio (sustratos orgánicos y niveles de nitrógeno).	50
Figura 16. Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$), para el efecto de los sustratos orgánicos en días a la ramificación de “sup’u t’ula”.	51
Figura 17. Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$), para el efecto de la fertilización nitrogenada en días a la ramificación de “sup’u t’ula”.	52
Figura 18. Efecto de la Interacción de los factores sustratos orgánicos y niveles de nitrógeno (A*B) en días a la ramificación de “sup’u t’ula”.	53
Figura 19. Promedio de altura de planta de “sup’u t’ula” para los tratamientos por efecto de ambos factores de estudio (sustratos orgánicos y niveles de nitrógeno)...	55
Figura 20. Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$), para el efecto de los sustratos orgánicos en la altura planta de “sup’u t’ula”.	56
Figura 21. Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$), para el efecto de la fertilización nitrogenada en la altura de planta de “sup’u t’ula”.	57
Figura 22. Curva de crecimiento de sup’u t’ula por efecto de los sustratos orgánicos en función de los días.	59
Figura 23. Curva de crecimiento de sup’u t’ula por efecto de la aplicación del fertilizante nitrogenado (urea) en diferentes niveles de nitrógeno en función a los días.	60
Figura 24. Número promedio de ramas de “sup’u t’ula” para los tratamientos por efecto de ambos factores de estudio (sustratos orgánicos y niveles de nitrógeno)...	62

Figura 25. Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$), para el efecto de los sustratos orgánicos en el número de ramas de “sup’u t’ula”. 63

Figura 26. Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$), para el efecto de la fertilización nitrogenada en el número de ramas de “sup’u t’ula”. 64

Figura 27. Porcentaje promedio de sobrevivencia de plántulas de “sup’u t’ula” que fueron trasplantados a campo abierto. 66

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Calculo para la aplicación del fertilizante nitrogenado (urea).	77
Anexo 2. Calculo para la dosis de aplicación del fertilizante nitrogenado.	78
Anexo 3. Prueba de germinación y resultados de semillas germinadas en cuanto a los días.	78
Anexo 4. Resultados de la evaluación de toma de datos para días al a emergencia.79	
Anexo 5. Resultados de la evaluación de toma de datos para el porcentaje de emergencia.....	79
Anexo 6. Resultados de la evaluación de toma de datos para altura de planta.	80
Anexo 7. Resultados de la evaluación de toma de datos para el numero de ramas. 80	
Anexo 8. Resultados de la evaluación de toma de datos para días a la ramificación.	81
Anexo 9. Resultados de la evaluación de toma de datos para el prendimiento y sobrevivencia en campo abierto.....	81
Anexo 10. Paquete estadístico Sistema SAS.....	82
Anexo 11. Semilla de “sup’u t’ula”.	85
Anexo 12. Preparación de los sustratos orgánicos.	85
Anexo 13. Bandeja almaciguera utilizada en la investigación.	85
Anexo 14. Llenado de las bandejas y preparación del área del estudio.....	86
Anexo 15. Fase de emergencia.....	86
Anexo 16. Porcentaje de germinación.....	87

Anexo 17. Fase de crecimiento	87
Anexo 18. Fase de ramificación.	87
Anexo 19. Composición de los bloques.	88
Anexo 20. Traslado de las bandejas en estantes.	88
Anexo 21. Trasplante de las plántulas de “sup’u t’ula” a campo abierto.	88

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó sobre la multiplicación masiva y crecimiento acelerado de la especie **Parastrephia lepidophylla** conocida con el nombre de sup'u t'ula, con fines de repoblamiento en zonas productoras de Quinoa. 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 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 y multiplicar esta especie por medio de bandejas almacigueras utilizando sustratos orgánicos y fertilizante nitrogenado. La investigación se realizó en dos etapas, la primera etapa en el centro K'ipha k'iphani perteneciente a la fundación PROINPA, ubicada en la localidad de Viacha del departamento de la Paz, Bolivia durante el año 2014. Los sustratos estudiados fueron: tierra del lugar, turba-tierra 4:1, humus-tierra 4:1 y turba-humus-tierra 2:2:1; los niveles de nitrógeno fueron: sin incorporación de nitrógeno, 60 kg (N)/ha y 120 kg (N)/ha. Se emplearon dos Diseños estadísticos: Diseño de Bloques Completos al Azar con arreglo de Parcelas Divididas y el Diseño de Bloques Completos al azar. En cuanto al porcentaje de germinación, La semilla de sup'u t'ula no presenta dormancia alguna, es decir, que germina sin dificultades y en altos porcentajes. El efecto de los sustratos a base de materia orgánica muestran que han tenido respuestas favorables con diferencias significativas en el porcentaje de emergencia con 82,4 % y 9.5 días a la emergencia. Así mismo alcanzó una altura de 7,4cm y 83,5 días a la ramificación con 3 a 4 ramas. El efecto de la fertilización nitrogenada mostro mayores incrementos en la altura con 7.4 cm y 80 días a la ramificación y 4 ramas por planta, con los niveles de 120 y 60 kg (N)/ha respectivamente y el menor promedio correspondió a los tratamientos sin fertilización. La segunda etapa se llevó a cabo en la comunidad de Chacala, Colchani que presentan suelos arenosos y clima semi-árido. Ubicada en el municipio de Uyuni del departamento de potosí, Bolivia 2015. Siendo las variables porcentaje de prendimiento y porcentaje de sobrevivencia. Se trasplantaron las plántulas de sup'u t'ula como barreras vivas en una parcela de 6 hectáreas, tomándose en evaluación 4 barreras con un total de 1200 plántulas, el porcentaje de prendimiento fue de 96,5% y el porcentaje de sobrevivencia fue el mismo ya que el total de plantas prendidas sobrevivieron.

Palabras claves: sup'u t'ula, erosión eólica, sustratos orgánicos, fertilizante nitrogenado, multiplicación masiva, repoblamiento, bandejas almacigueras, plántulas.

ABSTRACT

This research was conducted on the massive multiplication and growth accelerated *Parastrephia lepidophylla* species known by the name T'ula sup'u purposes of repopulation Quinoa producing areas. In recent years these species have been deforested by mankind for land reclamation for agriculture, problems caused the rate of this activity causes wind erosion, the repopulation with sup'u T'ula is an alternative to this problem the slow development of T'ula sup'u leads us to seek alternatives this seeks to accelerate growth and multiply the species through seedbeds trays using organic substrates and nitrogen fertilizer. The research was conducted in two stages, the first stage in the center K'ipha k'iphani PROINPA belonging to the foundation, located in the town of Viacha the department of La Paz, Bolivia in 2014. The substrates studied were: earth the place, peat-land 4: 1, humus-earth 4: 1 and peat-humus-earth 2: 2: 1; nitrogen levels were: without addition of nitrogen, 60 kg (N) / ha and 120 kg (N) / ha. Design randomized complete block split plot arrangement and design of randomized complete block with: two statistical designs were used. Regarding the percentage of germination, seed dormancy sup'u T'ula no one, ie germinating smoothly and in high percentages. The effect of substrates based on organic materials that have shown favorable responses to significant differences in the percentage of 82.4% emergency and emergency 9.5 days. Also it reached a height of 7,4cm and 83.5 days to branch with 3 to 4 branches. The effect of nitrogen fertilization showed greater increases in height 7.4 cm and 80 days to branching and 4 branches per plant, with levels of 120 and 60 kg (N) / ha, respectively, and the lowest average in the treatments without fertilization. The second stage took place in the community of Chacala, Colchani having sandy soils and semi-arid climate. Located in the town of Uyuni the department of Potosi, Bolivia 2015. Being the variables percentage of engraftment and survival rate. sup'u seedlings T'ula as hedgerows on a plot of 6 hectares, taking into Rating 4 barriers with a total of 1,200 seedlings were transplanted arrest percentage was 96.5% and the percentage of survival was the same as the total of lit plants survived.

Keywords: sup'u T'ula, wind erosion, organic substrates, nitrogen fertilizer, mass multiplication, stocking, seedbeds trays, seedlings.

1. INTRODUCCIÓN

En Bolivia existe una diversidad de especies arbustivas entre ellas está la sup'u t'ula (*Parastrephia lepidophylla* Cabrera), que contribuye a la formación de micro hábitats que favorecen el establecimiento y crecimiento de especies de estrato bajo.

El altiplano Sur inter-salar fueron y sigue siendo la zona de mayor importancia en la producción comercial de quinua, donde el producto se destina al mercado de exportación y el consumo familiar. El avance de la frontera agrícola de la quinua es imparable dentro de la zona tradicional, esto implica la remoción de la vegetación arbustiva sin tomar medidas de repoblamiento, lo cual está conduciendo al riesgo de la pérdida de estos arbustos.

La erosión y la pérdida de fertilidad del suelo en zonas productoras de quinua conducen hacia la reducción de los rendimientos unitarios y al riesgo a la baja producción de quinua.

Varias alternativas han sido sugeridas para mejorar el estado actual del suelo, una opción es el repoblamiento vegetal como arbustos nativos, para evitar las erosión hídrica y eólica del suelo en praderas nativas (Orsag, 2011).

En un estudio realizado por Zarate (2003) presenta la caracterización y uso de la t'ula, destacando su rol importante en el sistema pastoril de las comunidades del altiplano central.

Alzérreca *et al.* (2002) alertaron sobre la pérdida de la vegetación nativa en el altiplano, por lo que han publicado el manual de manejo de la t'ula y los t'ulares.

En el altiplano, específicamente en suelos desertificados de zonas productoras de quinua, las sugerencias de manejo del ecosistema incluyen la multiplicación y repoblamiento con especies nativas como la t'ula y ajustar las técnicas a corto tiempo ya que no se cuenta con información sobre la biología reproductiva de las especies arbustivas, los métodos de multiplicación y estrategias de aprovechamiento múltiple de las especies que crecen en zonas del altiplano.

Por lo que sabemos, la producción orgánica de quinua, así como la Ley de la Madre Tierra promulgada por el gobierno, dan particular importancia al manejo sostenible del ecosistema centrado en la conservación y uso racional del recurso suelo. Sin embargo, se ve grandes áreas sin vegetación sujetas a fuertes procesos erosivos. Ante esta situación, se requiere investigar los métodos de repoblamiento con especies nativas, para ello, la multiplicación de plantines es una necesidad prioritaria.

Toda iniciativa de repoblamiento vegetal, implica la multiplicación de plantas en cantidades mayores debido a las grandes extensiones de suelo que han sido deforestadas. Además de la multiplicación masiva, el crecimiento de plántulas debe ser en el menor tiempo posible para implementar planes de repoblamiento inmediato. Por tanto, el estudio de investigación tuvo como finalidad evaluar de técnicas que permitan la multiplicación de la t'ula y el crecimiento acelerado de plántulas para la regeneración de este arbusto.

Para ello, se tuvo el propósito fundamental de multiplicar la especie de sup'u t'ula (*Parastrephia lepidophylla*), para su repoblación en zonas productoras de quinua, mediante la aplicación de fertilizante nitrogenado con diferentes niveles de nitrógeno y utilizando diferentes sustratos ricos en materia orgánica para garantizar el proceso de producción de t'ula.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

- ◆ Evaluar el desarrollo y crecimiento de sup'u t'ula (*Parastrephia lepidophylla* Cabrera) en bandejas almacigueras, mediante el uso de sustratos orgánicos y la aplicación de fertilizante nitrogenado, con fines de multiplicación y repoblamiento en zonas productoras de Quinoa del Altiplano Sur.

2.2. Objetivos específicos

- ◆ Evaluar la emergencia de plántulas de sup'u t'ula bajo diferentes sustratos orgánicos.
- ◆ Evaluar el efecto de diferentes sustratos orgánicos, sobre las características agronómicas de la sup'u t'ula (*Parastrephia lepidophylla*).
- ◆ Evaluar el efecto de la aplicación del fertilizante nitrogenado a diferentes niveles de nitrógeno, sobre las características agronómicas de la sup'u t'ula (*Parastrephia lepidophylla*).
- ◆ Evaluar el prendimiento y sobrevivencia de plántulas de sup'u t'ula (*Parastrephia lepidophylla*) en suelo definitivo.

2.3. Hipótesis

- ◆ La emergencia de plántulas de sup'u t'ula, no presentan diferencias entre los diferentes sustratos orgánicos.
- ◆ Los diferentes sustratos orgánicos, no presentan efectos sobre las características agronómicas de la sup'u t'ula.
- ◆ El fertilizante nitrogenado a diferentes niveles de nitrógeno, no presentan efectos sobre las características agronómicas de la sup'u t'ula.

3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1. Características generales del cultivo

3.1.1. Sup'u t'ula

En Bolivia la t'ula se encuentra distribuida, en todo el altiplano que corresponde a los departamentos de La Paz, Oruro, Potosí y en distintas provincias de los departamentos de Cochabamba y Sucre (FAO, 1996).

La t'ula quiere decir leña, es decir, arbustos que dan leña como la sup'u t'ula, ñaka t'ula y la tara t'ula entre otros, las mismas se encuentran a una altitud de 3850 a 5000 m.s.n.m. (Paca *et al.*, 2003).

Por otro lado, Reynel (1988) indica que los t'ulares dominados por la especie sup'u t'ula (*Parastrephia lepidophylla*), ocupan grandes extensiones en comparación a otras especies de t'ula. Así mismo, posee el mayor rendimiento de leña frente a las otras. El mismo autor, indica que la sup'u t'ula se usa como Indicador biológico, los productores principalmente observan entre octubre y diciembre la fructificación para la predicción de la producción de papa, también se usa como leña entre enero y marzo y finalmente como arbusto medicinal durante todo el año.

3.1.2. Importancia de los t'ulares

Alzérreca *et al.* (2002) indica que los t'ulares tienen una importancia económica y biológica, la cual es 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, naka t'ula y lampaya t'ula forman parte de la dieta de llamas y ovejas, aunque estos porcentajes están por debajo del 4%.
- Los ecosistemas de t'ulares presentan microclimas benignos y suelos fértiles que benefician el crecimiento y producción de especies forrajeras para la alimentación del ganado y para agricultura en lugares con clima apropiado.
- Los usos de la t'ula en las culturas andinas fueron tradicionales y en el presente estos aún continúan.
- La superficie de distribución de t'ulares en la zona Andina abarca extensiones considerables.
- La t'ula cuya forma de planta de media luna investida o cono truncado hace que sirva como colchón de la gotas de lluvia, las cuales posibilitan mayor absorción de agua para el suelo.

A la vez, indica que hay diferentes especies de t'ulas las cuales se caracterizan a una vegetación que se encuentran en zonas de altura, lo que constituye un aporte a la biodiversidad florística de arbustos en los Andes.

De la misma manera, Beck *et al.* (2010) identificaron nueve formas de uso de la vegetación nativa en el altiplano, entre ellas el uso alimenticio, ceremonial, combustible, construcción, cosmético, forrajero, medicinal, tintorero y como detergente. A su vez, el mismo autor indica que la t'ula sirve para la protección del suelo contra la erosión, albergue y alimento de enemigos naturales de plagas de cultivos, actividad simbiótica con micro organismos entre otros usos.

3.1.3. Importancia para su conservación

Vargas (2005) reporta que los t'ulares (*Baccharis* sp. y *Parastrephia lepidophylla*) son ecosistemas amenazados por la extracción permanente de leña para uso industrial y doméstico; además, es utilizado para forraje del ganado, esta especie es de vital importancia para las comunidades vegetales, que permanecen en medios aislados, con una superficie reducida, dispersos y fuertemente amenazados por el sobre pastoreo, la extracción de leña y la expansión de áreas agrícolas.

Asimismo, Quelca (2003) menciona que la t'ula está desapareciendo debido al pastoreo y a la extracción indiscriminada para ser comercializados como leña. El pastoreo elimina la regeneración natural, ya que las ramas tiernas son bastante palatables para los camélidos y ovinos, especialmente cuando escasea los forrajes.

3.1.4. Clasificación taxonómica

Según Rojas (2007) la clasificación taxonómica de sup'u t'ula es la siguiente:

Reino	:	Plantae
Clase	:	Magnoliopsida
Orden	:	Asterales
Familia	:	Asteraceae
Género	:	<i>Parastrephia</i>
Especie	:	<i>lepidophylla</i> (Wedd.) Cabrera.
Nombre científico	:	<i>Parastrephia lepidophylla</i> (Wedd.) Cabrera.
Nombre común	:	Sup'u t'ula

La especie *Parastrephia lepidophylla* Cabrera., es conocida de acuerdo al lugar con los nombres de "t'ula", "tanta t'ula", "sup'u t'ula".

3.1.5. Descripción morfológica

Dentro de las t'ulas una de las más conocidas es la sup'u t'ula, esta planta es erecta ramosa, resinosa cuya altura máxima puede alcanzar de 120 a 150 cm (Coca, 1996).

Paca *et al.* (2003) indican que la especie de sup'u t'ula (*Parastrephia lepidophylla*) tiene las siguientes características:

Arbusto, resinoso, lignificado, erecto, ramoso; con una altura de 0,5 a 2,0 m, con un cobertura aérea de 197,1 cm² por planta y un área basal de 106,4 cm². A continuación se describe las principales características de los diferentes órganos de la planta presentadas por Paca *et al.* (2003):

Raíz, ramificada contando con una raíz principal y de estas nacen las raíces secundarias con una profundidad promedio de 40 – 80 cm.

El tallo, primario no es notorio, sin embargo los tallos secundarios son de forma cilíndrica, erectos, resinosos, lignificados; con un grosor promedio de 1,80 cm, glabros o ligeramente tomentosos.

Hojas, enteras y semi-agudas en el ápice y ensanchadas en la base, carnosas y adosadas al tallo con 0,20 cm de largo y 0,1cm de ancho.

Inflorescencia, en capítulos y cabezuelas solitarias en los ápices de las ramitas, acampanado de 0,5 – 0,64 cm de altura y un diámetro de 0,20 – 0,35 cm, amarillas, con 3 series de filarias, lanceoladas, enteras, curvadas hacia fuera; ovadas, obtusas, algo resinosa, glabras o pubescentes.

Flores, dimorfas, las flores femeninas vienen a ser las que se encuentra en el perímetro del capítulo, que en su mayoría son en un número de 7 a 8 flores con 0,4 cm de altura.

Por otra parte, Bonifacio *et al.* (2013) mencionan que la uma t'ula y sup'u t'ula presentan flores macho y hembra en el mismo capítulo. Por otra parte, deducen que la forma de fecundación es autogama, con alto porcentaje de polinización cruzada debido a la presencia de insectos polinizadores que son atraídos por el color amarillo de la flor.

Bonifacio *et al.* (2013) señalan que la semilla alcanza la madurez entre los meses de noviembre a diciembre inclusive en enero según el micro-zona del altiplano. En cuanto a la morfología de la semilla indican que es pequeña y liviana con una estructura (vilanos), adherida en un extremo que facilita la diseminación de la semilla y dificulta la recolección manual de la semilla. A su vez, indican que la semilla llega a desprenderse del vilano, clavándose en el suelo y cuando logra entrar en contacto con la humedad, ésta germina inmediatamente.

Según Reynel (1988) las características de la t'ula se muestra en la siguiente Figura 1.

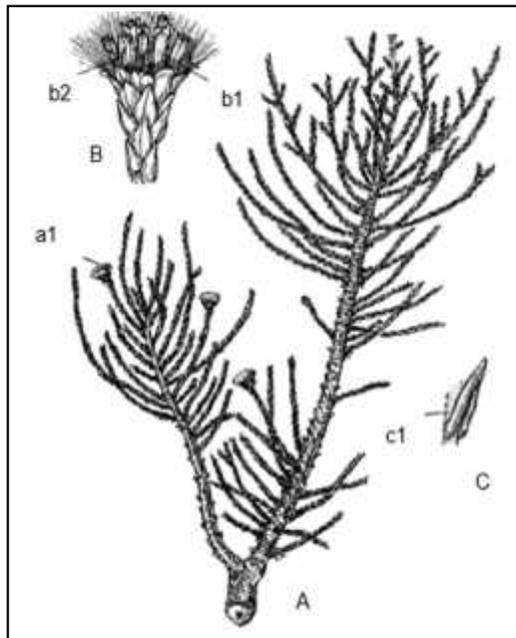
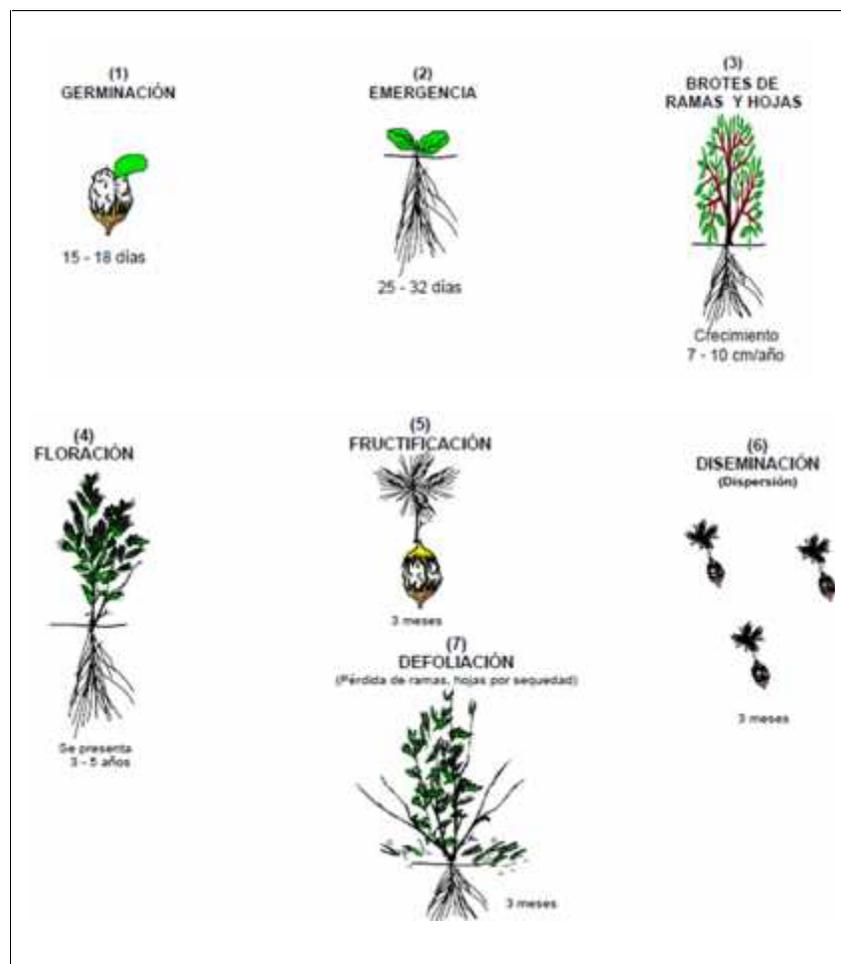


Figura 1. Características morfológicas de “sup'u t'ula” (*Parastrephia lepidophylla*).

Fuente: Reynel (1988). A. Rama portando las inflorescencias o cabezuelas (a1), en ella se aprecian las hojas escamosas. B. Cabezuela mostrando las flores, las centrales hermafroditas (b1) y las marginales femeninas (b2). C. Hoja en una zona terminal, se observa la lanuginosidad en la ramita (c1).

3.1.6. Fenología

Según Paca *et al.* (2003) mencionan que la germinación ocurre a los 15 a 18 días después de la siembra y la emergencia a los 25 a 32 días, los brotes de ramas y hojas ocurre según el crecimiento de la planta y crece de 7 a 10 cm/año, la floración ocurre a los 3 a 5 años, la fructificación se da a los 3 meses después de la floración, la diseminación o dispersión se da a los 3 meses después de la floración y la defoliación donde existe la pérdida de ramas y hojas por sequedad ocurre a los 3 meses después de la diseminación de la semilla como se muestra en la (Figura 2).



Fuente: Paca *et al.* (2003).

Figura 2. Fenología de “sup’u t’ula” por reproducción sexual.

3.1.7. Formas de propagación por semilla.

Paca *et al.* (2003) mencionan que la propagación de la t'ula se puede realizar de dos formas naturalmente y con la intervención del hombre. Alzérreca *et al.* (2002) mencionan la reproducción por semilla y vía vegetativa mediante partición de ramas basales.

3.1.7.1. Propagación natural

De Acuerdo a Paca *et al.* (2003) la propagación natural de la t'ula, se realiza sin la intervención de la mano del hombre, es decir que la propagación se realiza cuando el fruto está maduro (semilla), es desprendida y trasladada por el viento o el agua de las precipitaciones pluviales llegando así a germinar.

3.1.7.2. Propagación artificial

De Acuerdo a Paca *et al.* (2003) la propagación artificial es cuando Interviene la mano del hombre, presentando las siguientes alternativas para la propagación de los t'ulares: siembra en platabandas y propagación por esquejes.

Alzérreca *et al.* (2002) explicaron las siguiente alternativas: Siembra en vivero el cual debe localizarse en un lugar con condiciones climáticas lo más parecidas posible a la zona por repoblar y favorables a la especie que se producirá. Lo cual determina que el sustrato debe estar compuesto por suelo agrícola negro, estiércol y arena para su óptima producción de plantones en almácigo de t'ulas.

Estudios realizados por Bonifacio *et al.* (2013) indican que la semilla de las t'ulas emergen en un periodo de 7 a 10 días en siembra en almácigo y siembra directa en maceta, en cambio, en campo la emergencia ocurre entre 15 a 20 días, por lo que sugieren como métodos apropiados para la multiplicación de t'ulas.

3.1.8. Ecología de la especie

Estudios realizados por Paca *et al.* (2003) indican que la t'ula prospera a una altitud de 3850 hasta los 5000 m.s.n.m., áreas que corresponden a zonas semiáridas de escasa precipitación, con temperaturas mínimas, en las estaciones de invierno y otoño y bastante seco en las estaciones de primavera y verano.

3.1.9. Condiciones ambientales

La t'ula como cualquier otra especie vegetal para su desarrollo necesita de muchos factores, entre ellas se encuentra el clima, tipo de suelo y su topografía.

3.1.9.1. Condiciones climáticas

Paca *et al.* (2003) indican que el crecimiento, distribución y comportamiento de los t'ulares depende de muchos factores principalmente del clima. En cuanto a la radiación solar, indican que es importante en el crecimiento de las plantas, ya que es la fuente principal de energía para el proceso de la fotosíntesis; en cuanto, al enraizamiento de esquejes, los productos de las fotosíntesis son importantes para el inicio de las actividades fisiológicas y crecimiento de las raíces. La intensidad y una duración de la luz deben ser de magnitud suficiente para que produzcan carbohidratos en exceso de los que se usan en la respiración.

3.1.9.2. Condiciones de suelo

Según Paca *et al.* (2003) mencionan que los t'ulares prefieren un hábitat con capa freática poco profunda y una textura del suelo no muy fina. A propósito menciona que existen t'ulares en varios lugares de las llanuras en el Altiplano, donde predomina esta especie ocupando laderas y cimas con suelos secos de textura mediana y ligera.

Por otro lado, Alzérreca *et al.* (2002) consideran que en las zonas Alto andinas, Árido y Semiárido, las t'ulas tienen preferencia sobre la textura de los suelos. A la vez, indican que la especie sup'u t'ula, tiene un amplio rango de adaptación, es decir que puede encontrarse en suelos francos, franco arenosos y también en suelos franco arcillosos.

3.1.10. Trasplante

Alzérreca *et al.* (2002) indican que el trasplante es una práctica de multiplicación vegetativa de las plantas que permiten incrementar la existencia de los pastos y arbustos nativos, los mismos señalan las siguientes ventajas:

- Se cubre de vegetación inmediatamente a los suelos desnudos.
- Facilita la propagación de pastos y arbustos nativos.
- Se acelera el repoblamiento de las praderas nativas.
- El prendimiento en el suelo es más rápido que el de las semillas.
- Se puede pastorear en el segundo año.
- Se puede disminuir considerablemente los suelos desnudos en el menor tiempo posible.

3.2. Aplicación de abonos orgánicos e inorgánicos

Gross (2008) indica que mediante el abonado aumenta la fertilidad del suelo y se restituyen los nutrientes y minerales que son extraídos por los cultivos o perdidos por lavado. En cuanto a los abonos, indica que pueden ser orgánicos e inorgánicos, los orgánicos producen humus y también liberan nutrientes minerales como el nitrógeno, fósforo, azufre a medida que son descompuestos por los microorganismos del suelo. En cuanto a una perspectiva ecológica, menciona que los abonos orgánicos a pesar de que tienen una absorción más lenta que los sintéticos, favorecen a los suelos al activar las bacterias descomponedoras.

3.2.1. Abonos orgánicos

Sánchez (2003) menciona que los abonos orgánicos son todo material constituido por desechos de origen animal y vegetal que llegan a un proceso de descomposición, naturalmente con el objeto de mejorar las características, estructuras y calidad del suelo. Por otra parte, Paredes *et al.* (2007) mencionan que los abonos orgánicos se consiguen de la transformación de restos orgánicos de estiércol y rastrojos vegetales transformándose en humus, a través de la acción de microorganismos, bacterias, hongos y protozoarios.

A su vez, los mismos autores explican que al incorporar los abonos orgánicos al suelo le aporta partículas que ayudan a mejorar las características físicas, químicas y biológicas del suelo, mejorando la retención de humedad donde se producen los activadores de crecimiento, nutrientes y minerales que benefician al desarrollo y crecimiento de las plantas.

3.2.2. Influencia de la materia orgánica en las propiedades del suelo

Chilón (1997) explica que al añadir materia orgánica al suelo de fácil descomposición, acelera e intensifica la actividad de los microorganismos que van actuar en numerosos procesos de descomposición y síntesis. En cuanto, a la incorporación de la materia orgánica en el suelo, indica que es muy importante dentro de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. A continuación se describe la influencia de la materia orgánica en las propiedades del suelo presentadas por Chilón (1997):

3.2.2.1. Propiedades físicas

La materia orgánica da cuerpo a los suelos arenosos y afloja a los suelos arcillosos. En suelos de textura fina hace bajar su densidad por el esponjamiento que este material ocasiona de la misma manera mejora la permeabilidad del suelo y tiene mayor capacidad retentiva de agua del suelo.

3.2.2.2. Propiedades químicas

Sobre las propiedades químicas, la materia orgánica es la única fuente de nitrógeno natural del suelo de la misma manera evita las variaciones bruscas del pH en el suelo.

3.2.2.3. Propiedades biológicas

Sobre las propiedades biológicas del suelo, la materia orgánica incrementa la actividad microbiana y estimula el crecimiento y desarrollo de la planta.

3.3. Sustratos utilizados

3.3.1. Humus de lombriz

Victorino (1994) menciona que la obtención del humus resulta de la acción “digestivo-enzimática” que realizan las lombrices, y del metabolismo de microorganismos sobre la materia orgánica usada como sustrato. A propósito, menciona que los compuestos se caracterizan por representar una estructura orgánica compleja, la cual confiere propiedades coloidales. Por otra parte, Schuldt (2006) explica que el humus de lombriz presenta un perfecto equilibrio e inmediata disponibilidad de los macro elementos (N, P, K), y una gran cantidad de micro elementos que enriquecen el suelo.

Del mismo modo, Colque *et al.* (2005) explican que el humus de lombriz es un abono rico en micronutrientes y microorganismos que descomponen a la materia orgánica en minerales utilizados por la planta, incrementando la capacidad de retención de humedad en el suelo, lo cual favorece a la normal fisiología de las plantas.

Numerosos estudios comprueban que la incorporación de humus de lombriz mejora las propiedades físico – químicas, biológicas del suelo y el rendimiento de los cultivos, puesto que se mejora la aireación y permeabilidad del suelo (Chilón, 1997).

Por su parte, Sánchez (2003) menciona que el humus de lombriz es de color negruzco, granuloso, homogéneo, con olor agradable a mantillo de bosque, es uno de los fertilizantes de primer orden con elevado porcentaje de ácidos húmicos y fúlvicos producido por la actividad microbiana y posee elevada carga microbiana, favoreciendo a la protección de la raíz de las bacterias y nematodos. A su vez, el mismo autor indica la composición del humus de lombriz como se muestra en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Composición físico-químico del humus de lombriz.

PARÁMETROS	VALOR
Humedad	30-60%
PH	6.8-7.2
Nitrógeno	1-2.6%
Fósforo	2-8%
Potasio	1-2.5%
Calcio	2-8%
Magnesio	1-2.5%
Materia orgánica	30-70%
Carbono orgánico	14-30%
Ácidos fúlvicos	14-30%
Ácidos húmicos	2.8-5.8%
Sodio	0.02%
Cobre	0.05%
Hierro	0.02%
Manganeso	0.006%

Fuente: Sánchez (2003).

3.3.2. Turba

Guerrero (1990) menciona que la mejora de las propiedades depende de las características del suelo, en los suelos arenosos es preferible la aplicación de turba ya que son capaces de retener mucha agua y que a la vez tengan una elevada capacidad de intercambio catiónico, por lo que es conveniente la aplicación de turba con fibras finas y medianamente descompuestas, mientras que en los suelos arcillosos es preferible la aplicación de turba con fibras más gruesas por su influencia en la aireación.

En cuanto a las proporciones relativas de los nutrientes en la planta, son las adecuadas en el transcurso de la mineralización de la materia orgánica poco descompuesta, que es utilizada por los microorganismos del suelo como fuente de energía, la turba aunque no tiene una acción idéntica, resulta más beneficioso para aquellos casos en que el interés principal es dar soltura al suelo y sobre todo, aumentar su capacidad hídrica, en este aspecto es muy superior al estiércol (Juscafresa, 1969).

Goitia (2006) explicó que un sustrato es la mezcla de distintos materiales utilizados en un vivero, como ser: la tierra vegetal, tierra negra, arenilla, lama, guano, compost y suelo del lugar; debe contener nutrientes y una estructura franco limosa a franco arcilloso, en este sustrato las plántulas crecen y se desarrollan hasta su plantación. Por lo tanto, considera que la turba tiene una gran cantidad de materia orgánica descompuesta, se encuentran en las zonas altas y húmedas.

Según el análisis el nitrógeno total presenta un contenido alto 1.60%, la cual aporta cantidades favorables de nutrientes al suelo, favoreciendo de esta forma una mayor velocidad de crecimiento y a la producción de materia vegetal. El fósforo disponible presenta un contenido de 0.04%, la cantidad de fósforo favorece a la acumulación de energía y los procesos de respiración y fotosíntesis. El potasio intercambiable con un contenido 0.02 % cantidad favorable al crecimiento vigoroso de la planta. Materia orgánica presenta un contenido de 18.82% cantidad que en alguna medida lograría mejorar la estructura del suelo y aumentar el CIC, lo cual permitirá a que la planta aproveche de mejor manera los nutrientes de la solución de suelo (Callisaya, 2015).

Callisaya (2015) obtuvo el análisis de la turba en el Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear (IBTEN). Demostrando los siguientes resultados (Cuadro 2).

Cuadro 2. Análisis físico-químico de la turba extraído de los yacimientos de Chacaltaya.

PARAMETROS	RESULTADOS	UNIDAD	METODO
Nitrógeno total	1.60	%N	Kjeldahi
Fósforo	0.04	%P	Espectrofotometría UV-visible
Potasio	0.02	%K	Emisión atómica
Materia orgánica	18.82	%	Walkley black
Humedad	52.47	%	Potenciómetro
Materia seca	47.53	%	Potenciómetro
pH en agua 1:5	3.60	-	Potenciómetro
Conductividad eléctrica en agua	1.111	mS/cm	Conductancia

Fuente: Callisaya (2015).

3.4. Aplicación de fertilizantes químicos

Según Flavia (2009) el término fertilizante se designa a las sustancias que aportan nutrientes al suelo para el desarrollo y crecimiento de la planta que pueden ser de origen mineral, natural, elaborados o sintetizados. Al respecto, Chilón (1997) recomienda que la aplicación de fertilizantes sintéticos deba ser aplicada en forma cuidadosa, fraccionada y en forma homogénea y considera que la primera aplicación se debe realizar después de la emergencia, cuando la plántula presente raíces.

3.4.1. Comportamiento de los fertilizantes en el suelo

Flavia (2009) menciona que los fertilizantes sintéticos, una vez incorporados al suelo, están sujetos a diversos fenómenos y transformaciones que tienen lugar según sus respectivas propiedades físico-químicas. En cuanto a la lixiviación, menciona que es un fenómeno de infiltración del fertilizante hacia la profundidad del suelo, donde los nutrientes están en completo movimiento, dependiendo del alcance del agua en el suelo.

3.4.2. Nitrógeno

Las plantas además de vitaminas o aminoácidos necesitan elementos químicos entre ellos, uno de los más importantes es el N, el cual se administra en forma de urea, nitratos, complejos de amonio o amoniaco puro, el mismo indica que los fertilizantes nitrogenados más importantes son: $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, NaNO_3 , KNO_3 y NH_4NO_3 (Potash *et al.*, 1988).

El nitrógeno supone el mayor gasto dentro de la fertilización de los cultivos y son la fuente principal de contaminación de las aguas debido a su gran solubilidad en agua, los nitratos bajan hacia las capas inferiores del suelo cuando existe exceso de agua (Alexander, 2002).

Chilón (1997) menciona que el nitrógeno favorece el desarrollo de los órganos vegetativos y particularmente de lo foliáceo. A propósito indica que a medida que aumenta el suministro de nitrógeno a las plantas, tiende a descender el contenido de carbohidratos y promueve el crecimiento del tejido adicional, donde se utilizan los

carbohidratos producidos por fotosíntesis. Del mismo modo, considera que un aumento en el suministro de nitrógeno hace crecer más la parte aérea que las raíces de las plantas.

Aguilar *et al.* (1987) consideran que el nitrógeno es un elemento esencial para el crecimiento y desarrollo de las plantas, pocas veces se encuentra presente en el suelo en cantidades suficientes para satisfacer las necesidades de las plantas.

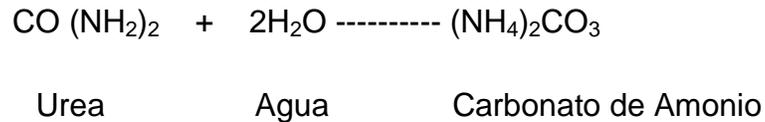
3.4.3. Urea

La urea es un fertilizante nitrogenado del grupo de las amidas, su presentación generalmente es en forma perlada, aunque la fabrican en forma cristalizada y en polvo (Guerrero, 1996).

De la misma manera, Rodríguez (1982) indica que la urea ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$) es un fertilizante sólido, cristalino, granulado de color blanco con una elevada concentración de nitrógeno total alcanzado un 45 a 46% de nitrógeno. En cuanto a la incorporación al suelo, indica que la urea sufre algunos cambios debido a la actividad biológica; transformándose en amonio ($\text{CO}_3(\text{NH}_4)_2$) induciendo a una cierta alcalinidad, luego las bacterias lo nitrifican pasando al estado de nitratos y produciendo una reacción ácida. Del mismo modo, explica que las plantas lo absorben y utilizan en forma nítrica y amoniacal, la primera forma es asimilada directamente y la amoniacal pasa a la forma nítrica para poder ser asimilada por la planta y una pequeña parte puede ser asimilada en forma amoniacal.

Potash *et al.* (1988) explicaron que el nitrógeno aplicado como urea en la superficie se convierte rápidamente en NH_3 puede escapar a la atmósfera a través de la volatilización, indican que esta pérdida puede evitarse mediante la incorporación de la urea cuando las temperaturas sean bajas o regar inmediatamente para que ésta penetre en el suelo.

Los mismos autores indican, que la urea no es un fertilizante amoniacal en la forma que se expende, ya que esta se hidroliza rápidamente en carbonato de amonio cuando es puesto en el suelo, como se demuestra en la siguiente ecuación:



También indican, que el carbonato de amonio es un compuesto inestable que se descompone rápidamente en iones de carbonato de amonio y el ión amonio es adsorbido por el suelo donde finalmente es nitrificado. De la misma manera señalan, que la hidrólisis de la urea ocurre en presencia de la enzima ureasa que se encuentra en concentraciones variables en los suelos, una vez que ha sido convertida en amonio la urea se comporta exactamente como cualquier fertilizante nitrogenado.

Los mismos autores señalan, que la urea es una fuente de fertilizante excelente, pero debe ser utilizada con las siguientes precauciones:

A. La urea se hidroliza rápidamente, es posible que cantidades apreciables de amoníaco se pierdan por volatilización si ésta se aplica en superficies cálidas, descubiertas o suelos con gran cantidad de materia vegetal en la superficie.

B. La hidrólisis rápida de la urea en los suelos podría ser la causa del daño por amoníaco que se produce en las plántulas cuando se aplican grandes cantidades de ella muy cerca de la semilla.

Por otro lado, Cooke (2007) indica que la Urea es un fertilizante químico de origen orgánico, siendo por ello de gran utilidad en la integración de fórmulas de mezclas físicas de fertilizantes, dando grandes ventajas en términos económicos y de manejo de cultivos altamente demandantes de nitrógeno, se puede aplicar al suelo directamente como mono producto o se puede incorporar a mezclas físicas balanceadas, por su alta solubilidad en el agua.

De la misma manera, Chilón (1997) considera que la urea es un fertilizante fundamental para los cultivos que crecen en suelo con baja disponibilidad de nitrógeno y presenta una fácil movilidad en el suelo, especialmente en forma de nitratos y se puede aplicar ventajosamente poco antes de la iniciación del crecimiento principal de la planta.

3.5. Suelo

El suelo da soporte a las plantas en forma de una capa permeable para las raíces y es una especie de depósito para los nutrientes y el agua. Dependiendo de su composición, los suelos difieren en su capacidad para proveer los diferentes nutrientes, el color del suelo revela muy poco respecto a la fertilidad del mismo (FAO, 2005).

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Localización

El presente trabajo de investigación se realizó en dos etapas, la primera etapa en el centro K'iphak'iphani perteneciente a la fundación PROINPA, del departamento de la Paz, donde se efectuó la multiplicación de plántulas de sup'u t'ula en bandejas. La segunda etapa del estudio se realizó en la comunidad de Colchani, municipio de Uyuni del departamento de Potosí, donde se efectuó el trasplante de las plántulas a campo definitivo.

4.1.1. Ubicación geográfica de Viacha

K'iphak'iphani pertenece al municipio de Viacha correspondiente a la primera sección de la provincia Ingavi. Ubicada a 4 km de la ciudad de Viacha y a 41 km de la ciudad de La Paz (Figura 3). Geográficamente se encuentra entre los paralelos 16°40'30" Latitud Sur y 68°17'58" de Longitud Oeste. La altitud promedio es de 3880 msnm. (www.proinpa.org, 2013).



Fuente: Elaborado en base al Atlas de Municipios INE.

Figura 3. Ubicación geográfica del Centro Experimental de k'iphak'iphani, donde se efectuó la multiplicación de "sup'u t'ula" en bandejas almacigueras.

4.1.1.1. Clima

La zona se caracteriza por presentar dos estaciones 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).

4.1.1.2. Suelo

Según el Instituto ecológico de la UMSA, los suelos de Viacha presentan una textura franco arcilloso, arenoso, con un pH ligeramente básico con un contenido de materia orgánica moderado con un bajo contenido de nitrógeno total, mientras que el fósforo y el potasio están presentes en el suelo con una mayor cantidad.'

4.1.1.3. Vegetación

La comunidad de K'iphak'iphani presenta una vegetación nativa, compuesta por gramíneas y arbustos como: paja brava (*Jarava ichu* Pavón), ichu (*Stipa ichu*), tho'la (*Parastrephia lepidophylla*), mostaza (*Brassica campestris* L.), cebadilla (*Bromus unioloides*), reloj reloj (*Erodium cicutarium* L.), ajara (*Chenopodium spp.*), alfalfa silvestre (*Medicago polymorpha* L.), trébol silvestre (*Trifolium amabile* Kunth), muni muni (*Bidens andicola* Kunth), bolsa de pastor (*Capsella bursa-pastoris* Musch) y otras.

4.1.2. Ubicación geográfica de Colchani

La segunda etapa del presente estudio, se realizó en la comunidad de Colchani previa aclimatación de plantines en el vivero de la comunidad de Chacala.

La comunidad se encuentra en el municipio de Uyuni, provincia Antonio Quijarro, del departamento de Potosí. Ubicada a 42 km de la ciudad de Uyuni.

Geográficamente se encuentra entre los paralelos 20°10'22.1'' de latitud sur, 66°51'49.3'' longitud oeste. La altitud promedio es de 4850 msnm (PDM Municipio de Uyuni 2008 - 2012).



Fuente: PDM Municipio de Uyuni (2008 - 2012).

Figura 4. Ubicación geográfica del municipio de Uyuni donde se efectuó el trasplante de las plántulas de “sup’u t’ula”.

4.1.2.1. Clima

El clima predominante de la región es semidesértico de clima frío y seco, pertenece a la zona Árida o Desértica. Como es característico de los climas semi-áridos, existe irregularidad en las precipitaciones que es afectada al mismo tiempo por las corrientes de vientos en Uyuni, los vientos provienen generalmente del NO y NE con modificaciones debido al relieve. Se concentran mayormente entre los meses de enero a abril aunque los mayores daños se observan durante la emergencia de los cultivos en los meses de septiembre y octubre (Andressen *et al.*, 2007).

4.1.2.2. Suelos

Gumucio (2010) menciona que la textura del suelo es arenoso a franco-arenoso, pobres en nutrientes y sometidos a un intenso proceso de erosión, la zona está sometida tanto a la erosión hídrica como eólica.

De la misma manera, considera que la intensidad erosiva hídrica está determinada por las condiciones topográficas, densidad de cobertura vegetal de protección, así como a la intensidad de uso antrópico. Así mismo, el uso de la t’ula y yareta para leña es otro factor que contribuye a la pérdida de cobertura vegetal, además de la

habilitación de áreas para la producción de quinua como cultivo de subsistencia para los pobladores.

En cuanto a la erosión eólica, el mismo autor indica que la erosión eólica transporta el material más liviano y fértil de los suelos, dejándolos pobres en nutrientes. La erosión eólica es muy severa en la zona, Jacobsen (2011) la describe como una zona productora de quinua que condujo al éxito económico y al desastre ecológico.

4.1.2.3. Vegetación

Según Gumucio (2010) por el régimen de la temperatura y las bajas precipitaciones, se desarrolla una vegetación muy pobre, en la cual se encuentran, los t'ulares, gramíneas y otras hierbas, entre las cuales se mencionan en el (Cuadro 3).

Cuadro 3. Flora existente en el Municipio de Uyuni del Altiplano Boliviano Sur.

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO
T'ula	<i>Baccharis microphylla</i>
Paja brava	<i>Festuca orthophylla.</i>
Anahuaca.	<i>Adesmia spinosisima.</i>
Lampaya	<i>Lampaya medicinales.</i>
Lampaya	<i>Lampaya castellani.</i>
Quinua	<i>Polylepis tomentella.</i>
Yareta	<i>Azorella compacta.</i>
Cactus	<i>Trichocereus sp.</i>
Koa t'ula	<i>Pseudobaccharis boliviensis.</i>
Paja	<i>Stipa ichu</i>
Cauchi	<i>Suaeda foliosa</i>
Khipa	<i>Fabiana densa.</i>
Suri	<i>Nasella asplundii</i>
Pupusa	<i>Werneria aretioides</i>

Fuente: Gumucio (2010).

4.2. Materiales

4.2.1. Material vegetal

El material biológico empleado para la multiplicación, fue semillas de sup'u t'ula (*Parastrephia lepidophylla*), provenientes de la Colección de Trabajo de la Fundación PROINPA (Figura 5).



Figura 5. Semilla de sup'u t'ula (*Parastrephia lepidophylla* C.) recolectadas por la Fundación PROINPA.

4.2.2. Material orgánico

Como material orgánico se utilizó turba misma que se adquirió de los yacimientos de Chacaltaya, el humus de lombriz y el suelo se tomaron de los predios del centro de investigación PROINPA.

4.2.3. Material inorgánico

Como material inorgánico se utilizó el fertilizante nitrogenado (Urea 46%) en dos diferentes dosis de aplicación 60-0-0 y 120-0-0 (kg/ha: N-P₂O₅-K₂O), mismo que se obtuvo del centro investigación PROINPA.

4.2.4. Material de campo

Para el trabajo en campo, se utilizaron bandejas almacigueras alveoladas de 54 x 28 cm con una profundidad de 5 cm y un diámetro de 3 cm, donde cada bandeja contaba con 128 alveolos y se utilizaron 96 bandejas para fines de evaluación.

En las labores de campo fueron utilizados herramientas como picota, azadón, rastrillo, pala, lona, estacas de madera, carretilla para la habilitación del terreno y regadera para realizar el riego entre otros. Para la delimitación y protección de las bandejas, se utilizó malla semi-sombra al 50% esta para la protección de los rayos solares y de las aves. Asimismo, se utilizó cinta métrica y para la toma de datos se utilizó regla metálica graduada en centímetros.

4.2.5. Material de laboratorio

Para evaluar el porcentaje de germinación se utilizó cápsulas Petri, agua destilada, papel filtro, pinza, piceta y balanza de precisión.

4.2.6. Material de gabinete

Los equipos empleados para la siguiente investigación fueron: libreta de apuntes de campo y laboratorio, planillas, Computadora, cámara fotográfica, impresora, editor de tareas Microsoft Office 2010, paquete estadístico SAS versión 9.2 (Statistical Analysis System).

4.3. Método

4.3.1. Procedimiento experimental

El trabajo de investigación se desarrolló en dos partes, la primera parte consistió en la evaluación del desarrollo de las plántulas desde la siembra hasta el trasplante durante la gestión 2014, realizándose la siembra el 29 de septiembre de 2015. La segunda parte consistió en la aclimatación de plántulas en vivero de la comunidad de Chacala y el trasplante de las plántulas a campo abierto en la comunidad de Colchani en fecha 15 de enero de 2015.

4.3.1.1. Primera parte experimental

Para la multiplicación y crecimiento de plántulas, se optó por dos alternativas: a) el empleo de sustratos ricos en materia orgánica en base a humus y turba y b) la aplicación de fertilizante nitrogenado Urea 46% en dos Niveles, donde se desarrolló las siguientes actividades:

a) Preparación de los sustratos

La preparación del sustrato es muy importante para el desarrollo de la plántula, por la cual los sustratos están compuestos por abonos orgánicos previstas según los tratamientos: suelo del lugar-turba 4:1, humus- suelo del lugar 4:1 y finalmente la mezcla de turba-humus-suelo del lugar 2:2:1.

Se realizó el llenado de los alveolos de las bandejas con los sustratos y se compactó ligeramente. Finalmente se realizó el humedecimiento de los mismos para luego realizar la siembra.

b) Siembra

La siembra se realizó en forma directa, es decir, se abrió hoyos superficiales mediante pase de rodillo dentado en las bandejas previamente humedecidas y se depositó entre 3 y 4 semillas por hoyo, seguidamente se cubrió con una delgada capa de arena fina. Finalmente se acomodaron las bandejas según el croquis del ensayo experimental (figura 6). Inmediatamente se aplicó el riego con gotas muy finas. El trabajo fue hecho en fecha 29 de septiembre de 2014.

c) Aplicación del fertilizante nitrogenado

Cuando las plántulas emergieron, se aplicó el fertilizante nitrogenado (Urea) en diferentes niveles de nitrógeno en kg/ha a) 120-00-00 y b) 60-00-00 con una cantidad de 4,69 y 2,35 g de urea por unidad experimental (0,18 m²) como se muestra en el (Cuadro 4). La aplicación del fertilizante fue en forma fraccionada, es decir, en dos aplicaciones completando la dosis real; la primera aplicación se realizó a los 55 días desde la siembra en la fecha 23 de Noviembre, la segunda aplicación se realizó a la siguiente semana a los 62 días el 30 de Noviembre del 2014 (Cuadro 5), una vez incorporado el fertilizante a cada alveolo inmediatamente se realizó el riego ya que la urea es muy soluble en el agua.

Cuadro 4. Niveles de nitrógeno y dosis de fertilización con urea para la unidad experimental.

Nitrógeno	Nivel N kg/ha	kg Urea / ha	kg Urea / 0.18 m ²	g urea / 0.18 m ²
n0	0	0	0	0
n1	60	130,43	0,002347	2,35
n2	120	260,86	0,00469	4,69

Cuadro 5. Forma de aplicación del fertilizante nitrogenado sobre las plántulas emergidas de "sup'u t'ula".

MOMENTO DE LA APLICACIÓN	FERTILIZANTE			
	Niveles de N kg/ha		g urea / 0.18 m ²	
Primera aplicación (55 días después de la siembra)	60 kg N/ha	30 kg N/ha	2,35 g	1,18 g
Segunda aplicación (62 días después de la siembra)	60 kg N/ha	30 kg N/ha	2,35 g	1,18 g
DOSIS REAL TOTAL	120 kg N/ha	60 kg N/ha	4,69 g	2,35 g

d) Prácticas culturales

A medida que crecían las plántulas, se observó que las raíces sobresalían de los alveolos de las bandejas, por lo que se removió las bandejas. El riego durante el periodo de la investigación se realizó todos los días con frecuencia con gotas muy finas para evitar daños a la planta sobre todo en la primera etapa de crecimiento, también se realizó el raleo de las plántulas más pequeñas para que no exista competencia de nutrientes, el desmalezado de las bandejas se realizó manualmente muy poco frecuente ya que no se observó muchas malezas dentro de la bandeja. Sin embargo, se pudo observar malezas alrededor de las bandejas.

En total se ha obtenido 10.000 plántulas de sup'u t'ula en buen estado sanitario y vigor de las mismas.

4.3.1.2. Segunda parte experimental

Esta parte se realizó en las comunidades de Chacala y Colchani del municipio de Uyuni.

a) Traslado de las bandejas conteniendo plántulas

El traslado bandejas conteniendo plántulas se realizó empleando estantes metálicos acondicionados con ocho pisos. Los estantes fueron adecuadamente acomodados en la batea de una camioneta y se cubrió con lona para proteger contra los rayos solares y el viento durante el traslado. El traslado se realizó por carretera a finales del mes de diciembre de 2014. En total se ha trasladado 10.000 plántulas de sup'u t'ula en un solo viaje y recorriendo 550 km de distancia en un periodo de 14 horas.

Al llegar a la comunidad de Chacala, se acomodaron las bandejas en el vivero del centro de investigación de la fundación PROINPA donde fueron aclimatados previo al trasplante. Asimismo, se realizó el riego hasta esperar las lluvias para el trasplante en campo como barrera viva en campos cultivados por Quinoa.

b) Trasplante

El trasplante en campo se realizó en la comunidad de Colchani, específicamente en la parcela de la Sra. Lidia Yujra. La parcela tiene una extensión de 6 hectáreas.

En la parcela se ha procedido a trazar franjas para barreras vivas de 5 m de ancho y 200 m de largo a intervalos de 50 m entre barrera. La apertura de hoyos se realizó empleando palas y azadones, disponiéndose los puntos de plantación en sistema tres bolillo distanciados en 1,5 m entre hileras y 1,0 m entre plantas.

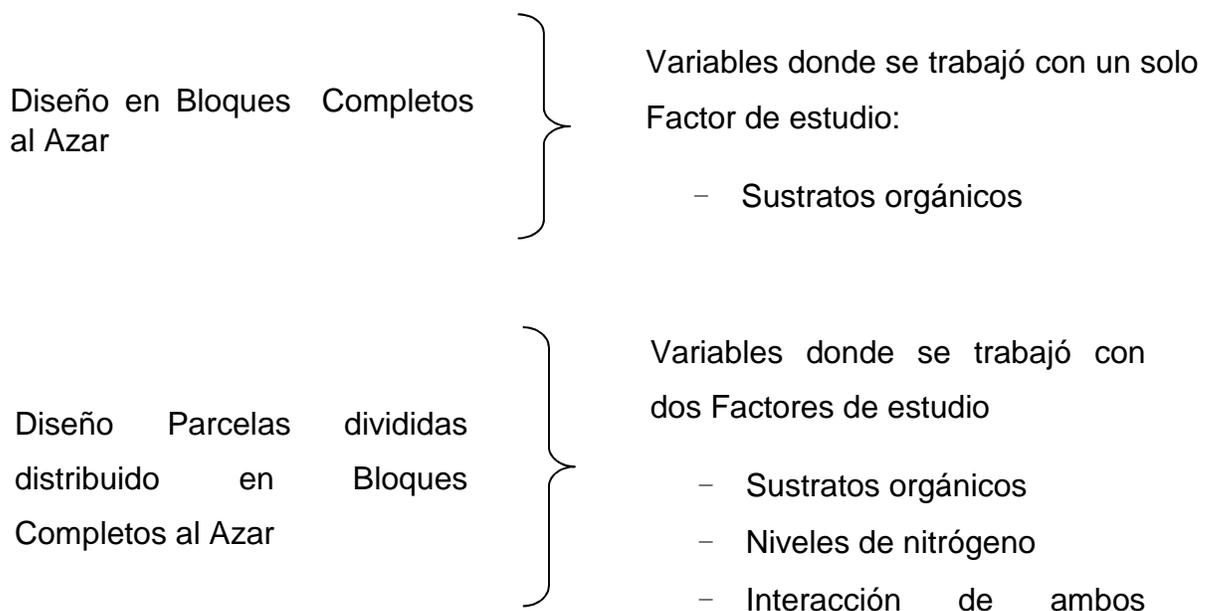
Para fines de evaluación, se ha plantado en 4 barreras, destinándose para cada barrera 300 plántulas establecidas en 12 hileras. En total se ha empleado 1.200 plántulas para fines de evaluación. El resto de las unidades se ha destinado a

similares franjas donde no se ha evaluado la sobrevivencia. La evaluación de la sobrevivencia se realizó mediante el porcentaje de plantas prendidas al final del periodo de lluvias (febrero de 2015).

4.3.2. Diseño experimental

El diseño experimental adoptado para el trabajo de multiplicación fue el Diseño Parcelas divididas distribuido en Bloques Completos al Azar, porque las condiciones del terreno presentan pendiente de 1 %. Considerando que tiene mayor importancia el tratamiento en sub parcelas, se asignó los niveles de nitrógeno a dichas unidades y con menor importancia al estudio de sustratos orgánicos por lo que se colocó en parcelas grandes o parcela principal (Calzada, 1970).

Sin embargo, para las variables días a la emergencia y porcentaje de emergencia se trabajó con el Diseño Bloques Completos al Azar, tomándose en cuenta el factor (A) sustratos orgánicos, esto se debió a que para ambas variables, el factor (B) niveles de nitrógeno se aplicó después de la emergencia. Al respecto, Chilón (1997) indica que el fertilizante nitrogenado se debe aplicar cuando la plantita ya tenga raíces unos días después de la emergencia.



4.3.3. Factores de estudio

Factor	A		<p>a_1 = Suelo del lugar</p> <p>a_2 = Turba - Suelo del lugar (4:1)</p> <p>a_3 = Humus - Suelo del lugar (4:1)</p> <p>a_4 = Turba - Humus - Suelo del lugar</p>
Factor	B		<p>b_1 = Nivel 00-00-00</p> <p>b_2 = Nivel 60-00-00 (fraccionado para dos aplicaciones en kg/ha)</p> <p>b_3 = Nivel 120-00-00 (fraccionado para dos aplicaciones en kg/ha)</p>

Modelo lineal aditivo:

- Diseño de Parcelas Divididas

$$Y = \mu + \alpha_k + \beta_i + \gamma_{ik} + \delta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Dónde:

Y= Observación cualquiera

μ = Media poblacional

α_k = Efecto del k-esimo bloque

β_i = Efecto de i-esima nivel del factor A (sustratos)

γ_{ik} = Error de la parcela principal

δ_j = Efecto de la j-esima nivel del factor B (Niveles de Nitrógeno)

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Interacción de A x B

ϵ_{ijk} = Error experimental

- Diseño Bloques Completos al Azar

$$X_{ijk} = \mu + \tau_j + \alpha_i + \epsilon_{ijk}$$

X_{ijk} = Observación cualquiera

μ = promedio general

τ_j = J-esimo Efecto de bloque

α_i = i-esimo Efecto de Tratamiento (Sustratos)

ϵ_{ijk} = Error experimental

4.3.4. Formulación de tratamientos

El Cuadro 6 y 7 presentan la descripción de los tratamientos del ensayo.

Cuadro 6. Tratamientos resultantes del arreglo en Parcelas Divididas.

TRATAMIENTOS	DESCRIPCIÓN
$T_1=a_1b_1$	Suelo del lugar sin nitrógeno
$T_2=a_1b_2$	Suelo del lugar con 60-00-00
$T_3=a_1b_3$	Suelo del lugar con 120-00-00
$T_4=a_2b_1$	Mezcla de turba y suelo del lugar(4:1) sin nitrógeno
$T_5=a_2b_2$	Mezcla de turba y suelo del lugar(4:1) con 60-00-00
$T_6=a_2b_3$	Mezcla de turba y suelo del lugar(4:1) con 120-00-00
$T_7=a_3b_1$	Mezcla de humus y suelo del lugar(4:1) sin nitrógeno
$T_8=a_3b_2$	Mezcla de humus y suelo del lugar(4:1) con 60-00-00
$T_9=a_3b_3$	Mezcla de humus y suelo del lugar(4:1) con 120-00-00
$T_{10}=a_4b_1$	Mezcla de turba, humus y suelo del lugar(2:2:1) sin nitrógeno
$T_{11}=a_4b_2$	Mezcla de turba, humus y suelo del lugar(2:2:1) con 60-00-00
$T_{12}=a_4b_3$	Mezcla de turba, humus y suelo del lugar(2:2:1) con 120-00-00

Cuadro 7. Tratamientos resultantes del Diseño de Bloques Completos al Azar.

TRATAMIENTOS	DESCRIPCIÓN
$T_1=a_1$	Suelo del lugar
$T_2=a_2$	Mezcla de turba y suelo del lugar(4:1)
$T_3=a_3$	Mezcla de humus y suelo del lugar(4:1)
$T_4=a_4$	Mezcla de turba, humus y suelo del lugar(2:2:1)

4.3.5. Croquis experimental

La Figura 6 muestra el croquis experimental de la distribución de las unidades experimentales.

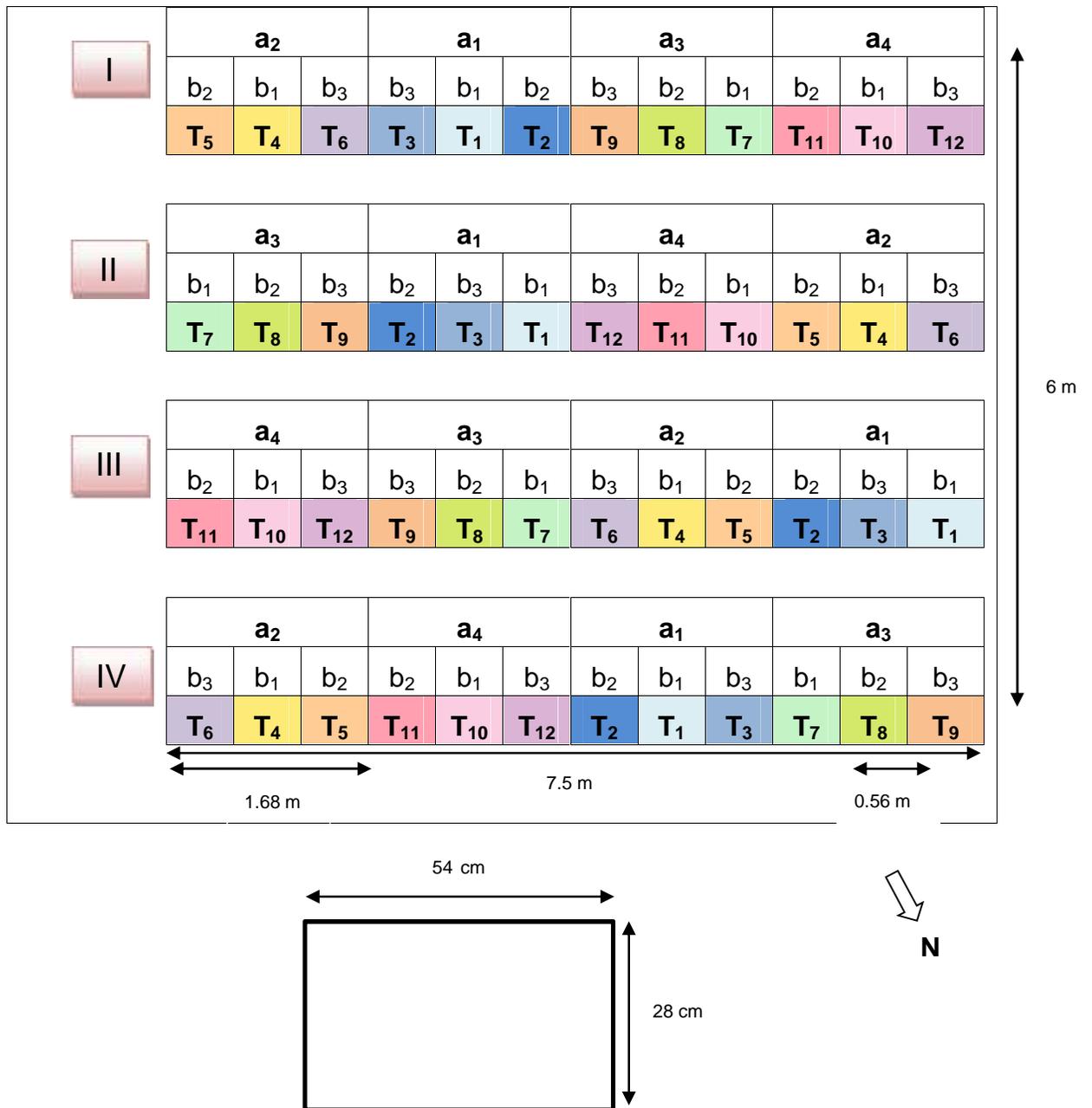


Figura 6. Croquis experimental de las unidades experimentales.

4.3.6. Dimensiones de las unidades experimentales

Largo del campo experimental 7,50 m
 Ancho del campo experimental 6 m
 Superficie total experimental 45 m²
 Superficie de cada bloque 3,63 m²
 Superficie por unidad experimental 0,30 m²
 Número de bloques 4
 Numero de bandejas 96
 Número total de alveolos 12.288
 Número de tratamientos 48
 Distancia entre bloques 0,60 m

4.3.7. Esquema del análisis estadístico

A continuación se muestran los esquemas del análisis de varianza para ambos Diseños empleados en el presente trabajo, Diseño de Bloques Completos al Azar en Parcelas Divididas y Diseño de Bloques Completos al Azar (Cuadro 8 y 9).

Cuadro 8. Esquema del análisis de varianza (ANVA) para el Diseño Parcelas divididas distribuido en Bloques Completos al Azar.

Fuente de Variabilidad		GL
Parcelas principales	BLOQUE	$r-1 = 3$
	A	$a-1 = 3$
	Error A	$(r-1)(a-1) = 9$
Sub parcelas	B	$b-1 = 2$
	A*B	$(a-1)(b-1) = 6$
	Error B	$a(b-1)(r-1) = 24$
TOTAL		$a*b*r-1 = 47$

Cuadro 9. Esquema del análisis de varianza (ANVA) para el Diseño Bloques Completos al Azar.

Fuente de Variabilidad	GL	
BLOQUE	b-1 =	3
Tratamiento (Sustratos)	t-1 =	3
Error Experimental	(b-1) (t-1) =	9
TOTAL	bt-1 =	15

4.4. Variables de respuestas

Para evaluar las variables de respuestas, se identificó diez plantas al azar de cada sub-parcela de las unidades experimentales con marbetes. En dichas plantas se han registrado las variables previstas en la investigación.

4.4.1. Porcentaje de germinación

La prueba de germinación se realizó con semillas de sup'u t'ula del cual se tomaron al azar 400 semillas para el ensayo, con un tamaño de muestra de 100 semillas por repetición (4 repeticiones), las cuales se distribuyeron uniformemente en la capsula Petri, observando que las semillas estén en contacto con papel filtro humedecido. La evaluación fue diaria es decir cada 24 horas mediante el conteo de semillas germinadas hasta obtener un valor constante de germinación, y se prolongaron hasta los 10 días. La fórmula que se utilizó para determinar el porcentaje de germinación fue la siguiente:

$$\% G = (N^{\circ} \text{ de semillas germinadas} / N^{\circ} \text{ de semillas sembradas}) * 100\%$$

Dónde:

% G = % de poder germinativo

Nº de semillas germinadas= número de plantas existentes al momento de la evaluación.

Nº de semillas sembradas= número de semillas sembradas al comienzo.

4.4.2. Número de días a la emergencia

Para la evaluación del número de días a la emergencia se registró a través de la observación directa de plántulas emergidas con los cotiledones visibles en la superficie del suelo. Se contaron el número de días transcurridos desde la siembra hasta que el 50% de las plantas la unidad experimental alcanzaron la emergencia. Esto sucedió a los 5 días después de la siembra, pero hubo variaciones de acuerdo a los distintos tratamientos.

4.4.3. Porcentaje de emergencia en campo

El porcentaje de emergencia se evaluó a través de la observación directa. Se contaron el número de plántulas emergidas con la aparición de las primeras hojas cotiledonales, para cada unidad experimental según la distribución de los tratamientos pre-establecidos. La evaluación consistió en el conteo diario de las plántulas emergidas desde la siembra hasta que no exista emergencia (11 días).

Según Goitia (2006) la fórmula para determinar el porcentaje de emergencia es la siguiente:

$$\% \text{ Em} = (\text{N}^{\circ} \text{ de plantas emergidas} / \text{N}^{\circ} \text{ de semillas totales}) * 100\%$$

Dónde:

% Em. = Porcentaje de Emergencia

Nº de Plantas total = número de plantas existentes al momento de la evaluación.

Nº de semillas sembradas = número de semillas sembradas al inicio.

4.4.4. Número de días a la ramificación

Para la determinación de los días transcurrida a la ramificación se evaluó mediante observación directa. Se registró el número de días transcurridos, desde la siembra hasta que el 50% de las plantas mostraron el desarrollo de ramas primarias, las cuales aparecen en la base de la planta en forma opuesta.

4.4.5. Altura de planta (cm)

La altura de la planta se registró midiendo en centímetros desde la base del tallo principal hasta la punta del ápice con una regla metálica graduada. Se evaluaron 10 plántulas por cada unidad experimental, evaluándose semanalmente (cada 7 días), desde el 16 de Noviembre hasta el 21 de diciembre de 2014, contándose así con seis fechas de evaluación, dichas medidas se evaluaron hasta el traslado al campo, registrándose este dato en centímetros.

4.4.6. Número de ramas

El número de ramas se registró una vez que las plántulas empezaron a ramificar hasta su trasplante, contando el número de ramas desde la base de la planta en las 10 muestras por cada unidad experimental, la evaluación de esta variable se la realizo antes del trasplante a campo.

4.4.7. Tolerancia al estrés en transporte

Se evaluó el estrés al transporte mediante la observación directa, el viaje duró aproximadamente 14 horas y se contabilizo el número de plántulas o bandejas que fueron afectadas de alguna manera durante su traslado.

4.4.8. Porcentaje de prendimiento en campo

El porcentaje de prendimiento fue evaluado después del trasplante de las plántulas de sup'u t'ula a finales del mes de enero de 2015, cuya plantación fue el 15 de enero de 2015 cuando empezaron las lluvias, donde se establecieron 1200 plántulas en evaluación como barrera viva en campos cultivados por Quinoa.

Según Noboa (2010) indica que una planta prendida es aquella que presenta nuevas ramas en crecimiento y considera que la fórmula del porcentaje de prendimiento es la siguiente:

$$\% Pr = (\text{N}^{\circ} \text{ de plantas prendidas} / \text{N}^{\circ} \text{ total de plantas}) * 100\%$$

4.4.9. Porcentaje de sobrevivencia

La evaluación del porcentaje de sobrevivencia se realizó mediante el porcentaje de plantas prendidas al final del periodo de lluvias esto ocurrió en febrero de 2015, mediante la observación directa, en donde se contabilizó el número de plantas que sobrevivieron a las distintas condiciones climáticas de la comunidad que presenta suelos arenosos y con un clima semi-árido.

Según Chandi (2008) la fórmula para determinar el porcentaje de sobrevivencia es la siguiente:

$$\% Sv = (\text{N}^{\circ} \text{ plantas total} / \text{N}^{\circ} \text{ plantas sembradas}) * 100$$

Dónde:

$\% Sv$ = Porcentaje de sobrevivencia de plantas.

N° de Plantas total = número de plantas existentes al momento de la evaluación.

N° Plantas sembradas = número de plantas sembradas.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Datos meteorológicos para el municipio de Viacha

Los datos agroclimáticos consisten en la temperatura, precipitación y humedad relativa estos datos meteorológicos fueron obtenidos por el SENAMHI (2015) considerando el periodo del año 2014 en Viacha, en el cual se realizó la primera parte de la investigación.

5.1.1. Temperatura



Figura 7. Valores de Temperaturas máximas y mínimas del municipio de Viacha (2014) en tres meses de evaluación (octubre, noviembre y diciembre).

En la Figura 7 se observa la variación de las temperaturas máximas y mínimas registradas durante el periodo de evaluación del crecimiento de t'ula, se observa que la temperatura máxima en los meses de Octubre, Noviembre y Diciembre con 21,0, 21,0 y 22,0 °C respectivamente, favoreció el crecimiento de las plántulas. Sin embargo el mes de noviembre se presentó una temperatura mínima de -2,5 °C presentando heladas lo cual fue perjudicial para el desarrollo de las plántulas dañando las hojas. Sin embargo no ocasionó daños considerables. Al respecto, Mariscal (1992) indica que las temperaturas bajas retardan el desarrollo y crecimiento de las plantas, mientras que las temperaturas altas aceleran y acortan el ciclo vegetativo de las plantas.

5.1.2. Precipitación

En la Figura 8 se presenta el registró de las precipitaciones durante el primer periodo de evaluación, las mismas se describen desde el mes Octubre hasta finales del mes de Diciembre.



Figura 8. Precipitación pluvial (mm) del Municipio de Viacha (2014) en tres meses de evaluación (octubre, noviembre y diciembre).

En la Figura 8 se observa que la mayor precipitación ocurrió en el mes de Diciembre con una media de 94,7 mm y una precipitación anual de 543,9 mm, estas precipitaciones influenciaron para una mayor humedad en el ambiente, la ausencia de lluvias registradas fue en los meses de Junio y Julio (SENAMHI, 2015). Lo cual demuestra que las especies arbóreas y arbustivas entran a una etapa de dormancia, debido a la ausencia de humedad en el suelo y a las temperaturas bajas, que suelen registrarse durante la época invernal y seca.

5.2. Datos meteorológicos para el municipio de Uyuni

Los datos meteorológicos fueron obtenidos del SENAMHI (2015) considerando el periodo del año 2015 en el cual se realizó la segunda parte de la investigación.

5.2.1. Temperatura

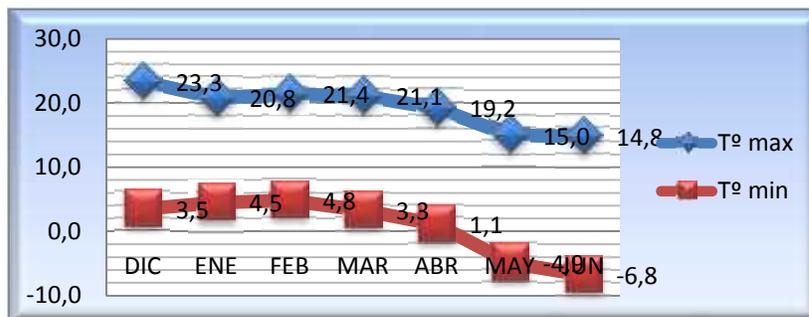


Figura 9. Temperaturas máximas y mínimas del Municipio de Uyuni (2014 -2015) en tres meses de evaluación (diciembre, enero y febrero).

En la Figura 9 se observa que la temperatura máxima se registró en el mes de diciembre de 2014 con 23,3 °C y en Enero, febrero y marzo registró una máxima de 20,8, 21,4 y 21,1°C respectivamente, lo cual favoreció al prendimiento de las plántulas. La temperatura mínima se registró en el mes de Mayo con -4,9 °C presentando heladas.

5.2.2. Precipitación



Figura 10. Precipitación pluvial (mm) del Municipio de Uyuni (2014 - 2015) en tres meses de evaluación (diciembre, enero y febrero).

En la Figura 10 se puede observar la precipitación ocurrida durante este periodo, la mayor precipitación se registró en el mes de Enero con 64,3 mm, estas precipitaciones favorecieron el trasplante y el prendimiento en campo de las plántulas ya que influenciaron para una mayor humedad, pero fue descendiendo en los meses siguientes.

5.3. Variables de respuesta

Utilizando el método y el procedimiento experimental anteriormente descrito, se procedió a la determinación de las características fenológicas y la evaluación estadística de los mismos. Se analizaron las siguientes variables, porcentaje de germinación, días a la emergencia, porcentaje de emergencia, días a la ramificación, altura de planta, número de ramas, estrés al transporte, porcentaje de prendimiento y sobrevivencia.

5.3.1. Porcentaje de germinación

El porcentaje de germinación se muestra en el cuadro 10. La germinación de semillas de sup'u t'ula, alcanzo porcentajes de 90,5 a 92,75 a los 10 días transcurridos y una desviación estándar de 2,98. La prueba de germinación muestra una diferencia mínima, es importante señalar que la semilla no presenta dormancia por su alto porcentaje de germinación. Así mismo, se aprecia los promedios de porcentaje de semillas germinadas por día, la germinación ocurrió al 4to día con un promedio de 4,75 %, posteriormente se produjo un aumento considerable al 5to, 6to y 7mo día con 26,5, 58,75 y 80,25 % respectivamente, mientras que en el 8vo, 9no y 10mo día completaron la germinación con 90,25, 92,5 y finalmente el 10mo día se obtuvo a la germinación, alcanzando un promedio de 92,75%.

Cuadro 10. Prueba de germinación de la semilla de “sup'u t'ula” en ambiente atemperado.

% GERMINACIÓN							
Repeticiones	4 días	5 días	6 días	7 días	8 días	9 días	10 días
I	3	28	60	80	92	94	94
II	6	28	58	77	85	88	89
III	8	26	61	83	91	92	92
IV	2	24	56	81	93	96	96
PROMEDIO GENERAL							92,75%
SD							92,75±2,98

La Figura 11 muestra los porcentajes promedio que alcanzaron por día, donde se muestra claramente que al 6to día alcanzó un alto porcentaje de germinación con 32,25 %, concluyendo la germinación al 10mo día.



Figura 11. Porcentaje de germinación para los días evaluados desde el inicio hasta la finalización de la germinación.

Paca *et al.* (2003) mencionan que las semillas de sup'u t'ula (*Parastrephia lepidophylla* Cabrera), no presentan dormancia, ya que registraron porcentajes altos a los 15 a 18 días, alcanzando el 70 % de germinación.

Alzérreca *et al.* (2002) evaluaron pruebas de germinación de la sup'u t'ula y registraron un promedio de 77%, donde la germinación se presentó a los 4 a 12 días.

Por otro lado, Martínez (2001) evaluó la calidad de semillas de sup'u t'ula, y registró un porcentaje de germinación de 78%. En el presente trabajo se alcanzó el 92,75 % de germinación a los 10 días transcurridos. Vale recalcar, que la germinación depende de la viabilidad de la semilla, de un ambiente favorable y de los factores internos de la semilla. Por lo que respecta, las semillas de sup'u t'ula fueron extraídas el año 2013, por la Fundación PROINPA. Por lo que nos respecta, se puede afirmar que la semilla pierde su viabilidad a medida que pasa el tiempo.

5.3.2. Días a la emergencia

En el Cuadro 11 se puede apreciar los resultados del análisis de varianza para días a la emergencia, nos muestra un coeficiente de variación del 13,40 %, indicando que los datos son confiables por encontrarse por debajo del 30 % que es el rango permitido (Calzada, 1970).

Del mismo modo, nos muestra que no existen diferencias significativas entre bloques, lo que nos indica que la pendiente no tuvo influencia en los días a la emergencia, esto significa que las condiciones de experimentación fueron homogéneas para esta variable. Sin embargo, para el Factor (A) sustratos, de igual manera no hubo diferencias estadísticamente significativas, lo que nos indica que no hubo influencia de los sustratos orgánicos en dicha variable.

Cuadro 11. Análisis de varianza de días a la emergencia de “sup'u t'ula” (*Parastrephia lepidophylla*).

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft		
					5%	1%	
BLOQUE	3	5,2500	1,7500	0,86	3,86	6,99	NS
Sustratos orgánicos (A)	3	6,2500	2,0833	1,03	3,86	6,99	NS
Error Exp.	9	18,250	2,0277				
TOTAL	15						

GL = grados de libertad; SC = suma de cuadrados; CM = cuadrado medio; Fc = calculado; Ft= tabulado; (**) = altamente significativo; (*) = significativo; (NS) = no significativo.

C.V. = 13,40 %

En la Figura 12 se evidencia que el sustrato (a2) a base de turba y suelo del lugar(4:1), estadísticamente registro un menor periodo en cuanto a días a la emergencia en relación a los demás sustratos, alcanzando así un promedio de 9,2 días, mientras que para los sustratos turba-humus-suelo del lugar(2:2:1) y suelo del lugar alcanzaron un promedio de 10,5 y 10,7 días respectivamente, ambos son estadísticamente similares, el sustrato compuesto por humus-suelo del lugar(4:1) presento un mayor periodo a la germinación en cuanto a días presentando así un promedio de 11,5 días.

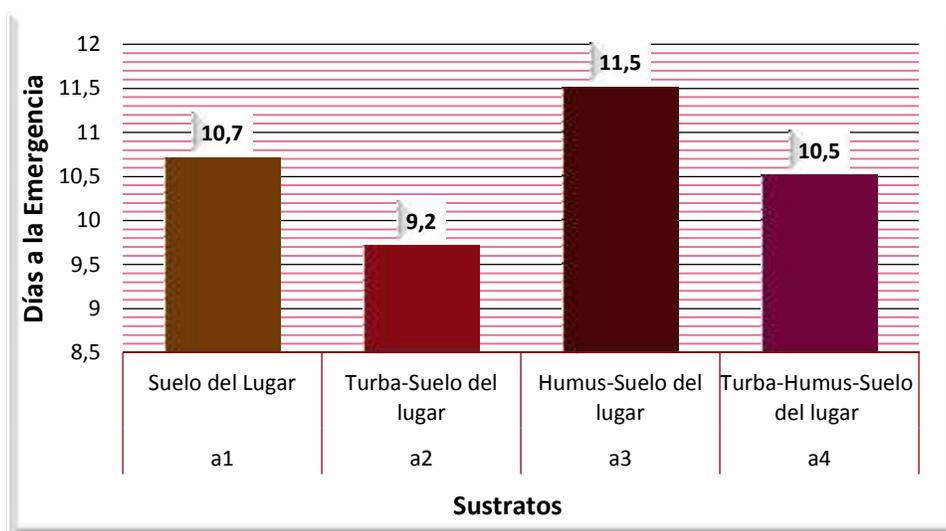


Figura 12. Promedios de días a la emergencia de “sup’u t’ula” con el uso de sustratos orgánicos.

Paca *et al.* (2003) mencionan que la emergencia de la sup’u t’ula, ocurre a los 25 y 32 días después de la siembra en almaciguera. En el presente trabajo se logró un menor periodo a la emergencia en cuanto a días atribuyéndose al efecto favorable de los abonos orgánicos (turba y humus de lombriz).

De acuerdo con los resultados obtenidos se puede indicar que la turba-suelo del lugar (4:1), la turba al ser un mejorador de las propiedades físicas aumenta la retención de agua, esto a permitido obtener un periodo menor a la emergencia.

Con respecto a la turba se puede mencionar que este es capaz de retener mucha humedad y a la vez tiene una elevada capacidad de intercambio catiónico, por lo que es conveniente la aplicación de turba en suelos arcillosos y arenosos por su influencia en la aireación (Guerrero, 1990).

5.3.3. Porcentaje de emergencia

El análisis de varianza para el porcentaje de emergencia (Cuadro 12), muestra el coeficiente de variación de 13,75%, indicando que los datos son confiables por encontrarse por debajo del 30% que es el rango permitido (Calzada, 1970).

De la misma manera, reporta que no existen diferencias significativas entre bloques, por lo que se puede afirmar que las condiciones fueron homogéneas, lo que nos indica que la pendiente del terreno no tuvo influencia en el porcentaje de emergencia de la sup'u t'ula.

No existen diferencias estadísticamente significativas para sustratos orgánicos, lo que nos demuestra que no hubo una influencia directa de los abonos orgánicos sobre dicha variable.

Cuadro 12. Análisis de varianza de porcentaje de emergencia de “sup'u t'ula” (*Parastrephia lepidophylla*).

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft	
					5%	1%
BLOQUE	3	271,94	90,646	0,56	3,86	6,99 NS
Sustratos orgánicos (A)	3	365,49	121,83	1,36	3,86	6,99 NS
Error Exp.	9	808,68	89,854			
TOTAL	15					

GL = grados de libertad; SC = suma de cuadrados; CM = cuadrado medio; Fc = calculado; Ft= tabulado; (**) = altamente significativo; (*) = significativo; (NS) = no significativo.

C.V.= 13,75%

En la Figura 13 se evidencia claramente que el sustrato (a2) compuesto por turba-suelo del lugar (4:1) presento un promedio de 87,25%, mientras que los sustratos (a4) turba-humus-suelo del lugar (2:2:1) y (a3) humus-suelo del lugar (4:1), presentaron un promedio similar en porcentaje de 77,1 y 77,0% respectivamente, ambos son estadísticamente similares. El sustrato (a1) suelo del lugar presento un valor bajo de 75,0%.

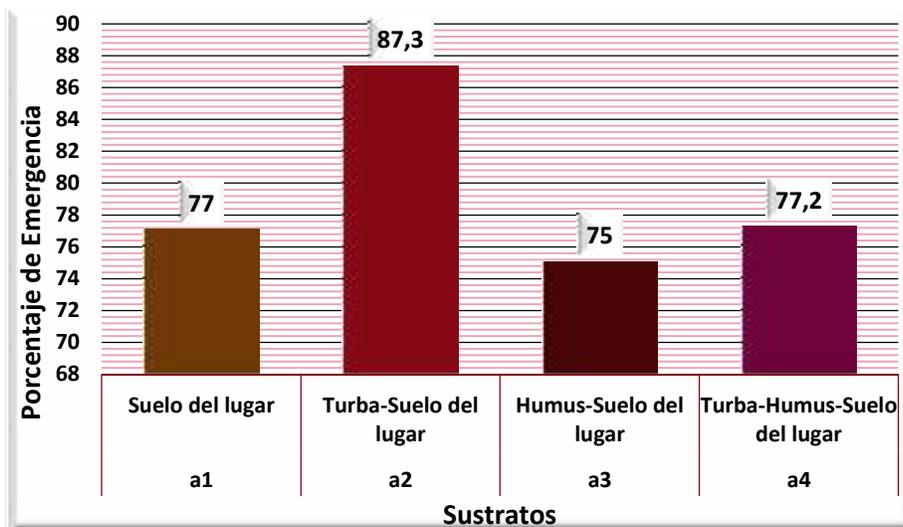


Figura 13. Promedios de los porcentajes de emergencia de “sup’u t’ula” con el uso de sustratos orgánicos.

De acuerdo con los resultados obtenidos, el abono orgánico turba tuvo influencia sobre el porcentaje de emergencia de manera favorable a dicha variable.

Callisaya (2015) indica que la turba presenta un contenido alto de nitrógeno el cual aporta cantidades favorables de nutrientes al suelo, favoreciendo de esta forma una mayor velocidad de crecimiento y a la producción de materia vegetal, el mismo indica que la Materia orgánica presente en la turba logra mejorar la estructura del suelo.

Quispe (2015) evaluó el porcentaje de emergencia de sup’u t’ula en campo abierto y registró 47% de emergencia con la incorporación de turba al suelo. Sin embargo, el presente trabajo se obtuvo mejores resultados utilizando la turba como sustrato en bandejas almacigueras con 87,3% de emergencia.

La Figura 14 muestra las barras porcentuales de emergencia para los diferentes tratamientos, donde el sustrato, compuesto por turba-suelo del lugar (T2) para todos los Bloques, obtuvo mayor porcentaje de emergencia con un promedio de 87,3%. Mientras que el (T1) suelo del lugar obtuvo un menor porcentaje de emergencia con un promedio de 77,1%.

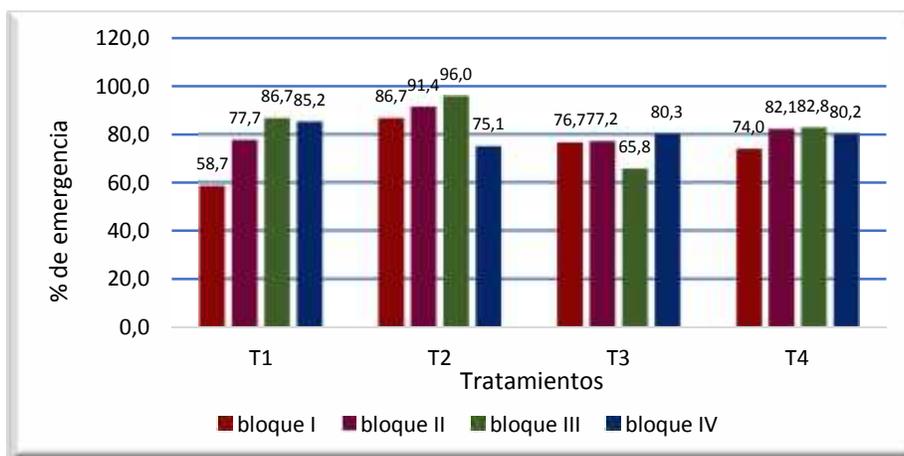


Figura 14. Porcentaje promedio de emergencia de “sup’u t’ula” por efecto de sustratos orgánicos.

En el presente trabajo se logró mayor porcentaje de emergencia atribuyéndose al efecto favorable de la aplicación de abonos orgánicos como sustratos. Lográndose así obtener 10.000 plántulas de sup’u t’ula en buen estado sanitario y vigor de las mismas.

5.3.4. Días a la ramificación

De acuerdo al Cuadro 13 los resultados del análisis de varianza para días a la ramificación, muestra que entre bloques no existen diferencias estadísticamente significativas, lo que demuestra que la pendiente del terreno no tuvo una influencia en los días a la ramificación, esto significa que las condiciones del ensayo fueron homogéneas. El análisis de varianza, registro un coeficiente de variación de 2,85% indicando que los datos son confiables por encontrarse por debajo de 30% que es el rango permitido (calzada, 1970), indicando que hubo un buen manejo de las unidades experimentales.

Con respecto al factor (A) sustratos orgánicos, las diferencias encontradas en los días a la ramificación son significativas, lo que indica que existió un efecto de los abonos orgánicos (humus y turba). De la misma manera, existen diferencias altamente significativas entre el factor (B), niveles de nitrógeno, lo que indica que existió un efecto del fertilizante nitrogenado (urea) en diferentes niveles de nitrógeno sobre los días a la ramificación.

En la interacción de ambos factores sustratos orgánicos y niveles de nitrógeno (A*B), muestran diferencias altamente significativas, lo cual indica que la variable días a la ramificación se ve influenciado por la acción de ambos factores es decir que el factor (A) sustratos orgánicos depende de la acción del factor (B) niveles de nitrógeno o viceversa, por lo que se puede afirmar que existe dependencia entre estos dos factores, por lo que se realizó la prueba de Duncan.

Cuadro 13. Análisis de varianza de días a la Ramificación de “sup'u t'ula” (*Parastrephia lepidophylla*).

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft		
					5%	1%	
BLOQUE	3	21,583	7,1944	1,07	3,86	6,99	NS
Sustrato orgánicos (A)	3	78,283	26,094	3,89	3,86	6,99	*
Error A	9	60,250	6,6944				
Niv de Nitrógeno (B)	2	576,04	288,02	49,14	3,40	5,61	**
Sustrato*Niv (A*B)	6	137,29	22,881	3,90	2,51	3,67	**
Error B	24	140,66	5,8611				
TOTAL	47						

GL = grados de libertad; SC = suma de cuadrados; CM = cuadrado medio; Fc = calculado; Ft= tabulado; (**) = altamente significativo; (*) = significativo; (NS) = no significativo.

C.V.=2,85%

Para los tratamientos en estudio se presentan diferencias significativas y altamente significativas que se explican a continuación (Figura 15).

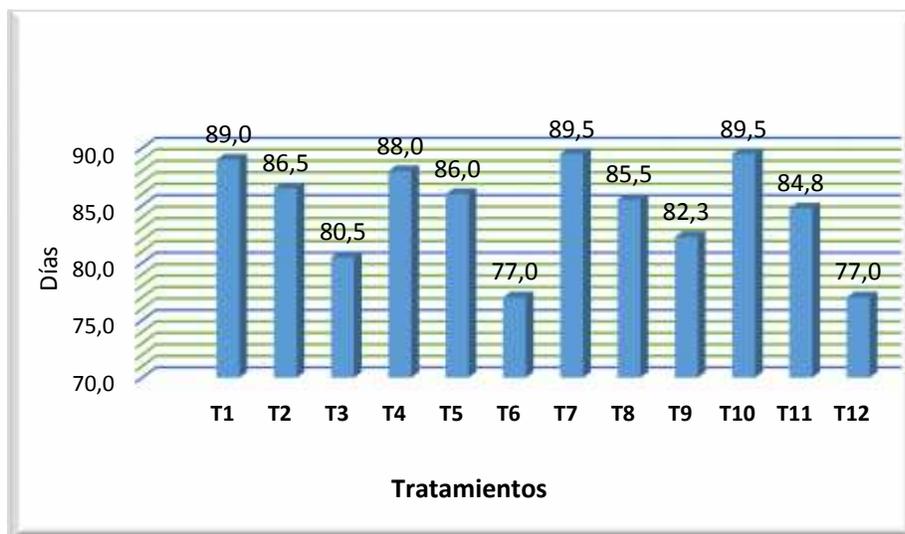


Figura 15. Número promedio de días a la ramificación de “sup’u t’ula” para los tratamientos por efecto de ambos factores de estudio (sustratos orgánicos y niveles de nitrógeno).

Según la Figura 15 los tratamientos presentan diferencias en días a la ramificación, los tratamientos T6 y T12 presentan una respuesta favorable a los sustratos orgánicos; turba-suelo del lugar, turba-humus-suelo del lugar y al fertilizante nitrogenado al nivel 120 kg N/ha, observándose un menor tiempo al desarrollo de ramas en comparación a los demás tratamientos, alcanzando un promedio de 77 días.

El nitrógeno, el elemento necesario en mayor cantidad, es el nutriente que más afecta el crecimiento y el desempeño en plantación. Pueden desarrollarse deficiencias para la mayor parte de los minerales, aún aquellos que se requieren en cantidades ínfimas, aunque el manejo de los nutrientes es básico y sencillo, es también, un eslabón crítico en la producción de plantines (Bobadilla, 2006).

En base a los resultados obtenidos se realizó la comparación de medias para el factor (A) sustratos orgánicos, factor (B) niveles de nitrógeno y la interacción de ambos factores (A*B) cuyos resultados se muestran en las siguientes figuras 16 y 17.

En la Figura 16 se aprecia los resultados obtenidos mediante la prueba de Duncan con una probabilidad de 5 %, muestra que los días a la ramificación con los sustratos turba-suelo del lugar (4:1) y turba-humus-suelo del lugar (2:2:1) alcanzaron un promedio de 83,5 y 83,8 días respectivamente, ambos son estadísticamente similares. Sin embargo, el sustrato suelo del lugar presentó un promedio de 86 días, presentando así un periodo mayor en cuanto a los días a la ramificación.

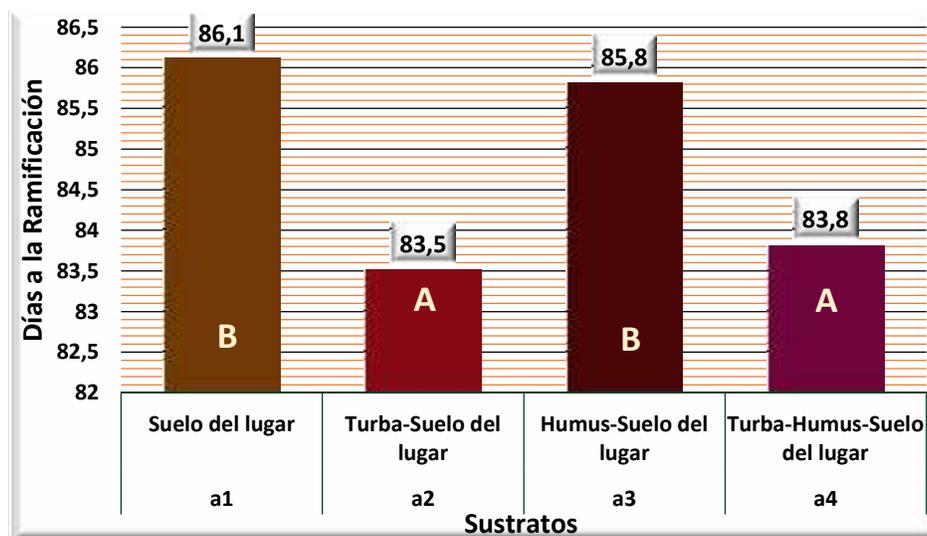


Figura 16. Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$), para el efecto de los sustratos orgánicos en días a la ramificación de “sup’u t’ula”.

Esta diferencia podría atribuirse a la utilización de diferentes sustratos, la turba y el humus poseen nutrientes y minerales más asimilables que la suelo del lugar, esto a causa de la falta de materia orgánica no se mejora la retención de humedad, por tal razón los nutrientes no son fácilmente asimilados por las plántulas, mientras que la turba posee mayor porosidad lo cual permite un mayor desarrollo de las ramas, el humus de lombriz tiene una descomposición avanzada que aumenta la capacidad de intercambio de iones, siendo una fuente de reservas de nutrientes para la planta, por retener una alta humedad (Chilón, 1997).

Paca *et al.* (2003) indican que los brotes de ramas y hojas ocurren según el crecimiento de la planta y la planta crece de 7 a 10 cm/año.

En la Figura 17 se puede apreciar los resultados obtenidos mediante la comparación múltiple de Duncan con una probabilidad de 5 %, se muestra una respuesta positiva a la fertilización nitrogenada con el nivel 120 kg N/ha que alcanzó un menor periodo a la ramificación en cuanto a días, con un promedio de 80 días. Mientras que, con el nivel 60 kg N/ha presentó un promedio de 85,31 días y por último las unidades experimentales, sin fertilización presentaron 88,75 días, lo que indica que existió una respuesta positiva para la aplicación del fertilizante nitrogenado lo que demuestra que aplicando una mayor cantidad de fertilizante, favorece el desarrollo de ramas en la planta.

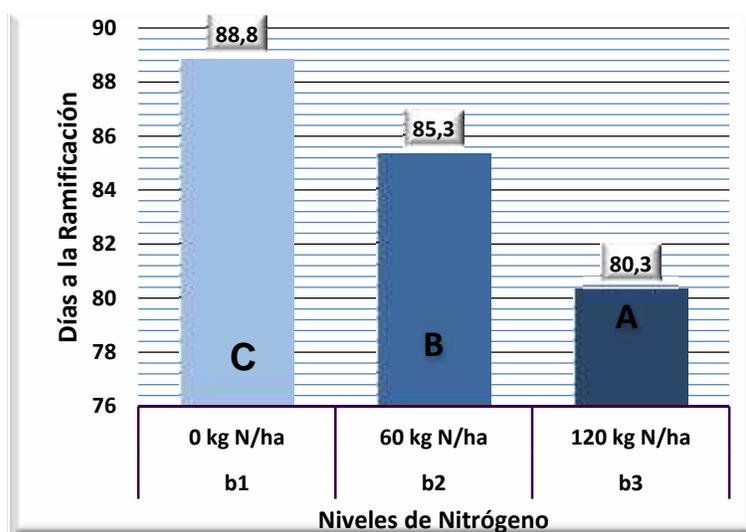


Figura 17. Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$), para el efecto de la fertilización nitrogenada en días a la ramificación de “sup’u t’ula”.

De acuerdo a los resultados obtenidos, la sup’u t’ula ramifica en un menor periodo en cuanto a días por efecto del fertilizante nitrogenado (urea).

Monsalve *et al.* (2009) estudiaron el efecto de la concentración de nitrógeno sobre atributos morfológicos, potencial de crecimiento radicular y desarrollo de las plantas forestales y arbustivas, producidas a raíz cubierta indicando que el nivel y frecuencia

de aplicación de la fertilización afecta al desarrollo de las plantas. A mayores dosis de Nitrógeno.

En la Figura 18 se observa que la fertilización con el nivel 120 kg N/ha presenta un comportamiento diferente en interacción a los sustratos teniendo un menor periodo a la ramificación en cuanto a días. Con respecto a los sustratos presentaron un menor periodo en la ramificación en cuanto a días los sustratos turba-suelo del lugar (4:1) y turba-humus-suelo del lugar (2:2:1), los sustratos suelo del lugar y humus-suelo del lugar (4:1) ramificaron en un mayor tiempo.

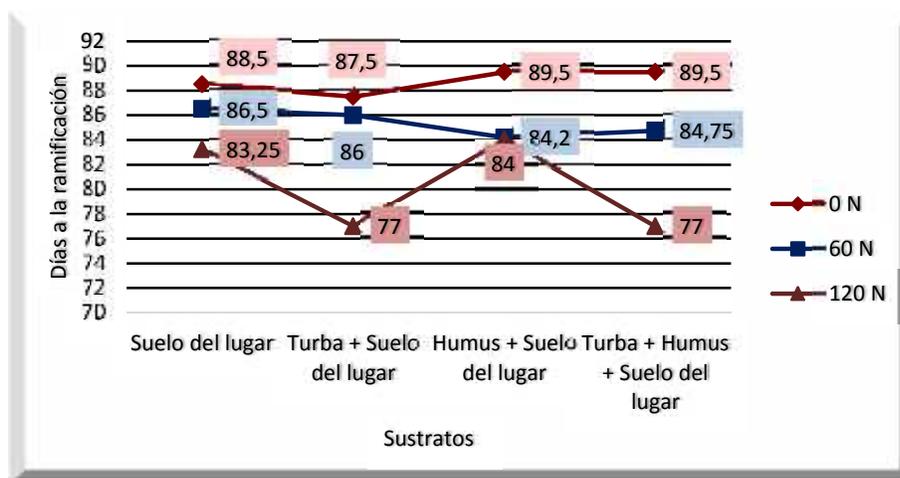


Figura 18. Efecto de la Interacción de los factores sustratos orgánicos y niveles de nitrógeno (A*B) en días a la ramificación de “sup’u t’ula”.

De acuerdo a los resultados obtenidos se observan que las diferencias encontradas en los días a la ramificación de la s’upu t’ula, fue debido al uso de los diferentes sustratos y a la influencia del fertilizante nitrogenado (urea).

Por lo tanto, la interacción de ambos factores (A*B) dieron mejores resultados, ya que con la aplicación del fertilizante nitrogenado a un nivel de 120 kg N/ha, en interacción con el sustrato compuesto por turba-suelo del lugar (4:1) adquirió así un promedio de 77 días, que evidentemente se diferencian de los demás sustratos, suelo del lugar y humus-suelo del lugar (4:1), presentando un mayor periodo a la ramificación en cuanto a días, con un promedio de 83,25 y 84 días respectivamente.

5.3.5. Altura de planta

El análisis de varianza para la altura de planta (Cuadro 14), nos muestra que entre bloques existió una diferencia altamente significativa lo que manifiesta una influencia de la pendiente en la altura. De la misma manera existen diferencias estadísticamente significativas, entre el uso de diferentes sustratos orgánicos (A), lo que indica que hubo una influencia de los abonos orgánicos sobre el crecimiento de la planta. Con respecto a los niveles de nitrógeno (B), hubo una diferencia significativa, lo que indica que el efecto del fertilizante nitrogenado (urea) actuó sobre el crecimiento longitudinal de la sup'u t'ula.

Por otro lado, no existen diferencias estadísticamente significativas sobre la interacción de ambos factores; sustratos orgánicos, niveles de nitrógeno (A*B), lo cual indica que los efectos sobre la altura de planta de ambos factores son estadísticamente similares, se puede afirmar que ambos factores son independientes. Se presentó un coeficiente de variación de 15,46 %, esto demuestra que los datos son confiables por encontrarse por debajo del 30 % que es el rango permitido en campo (Calzada, 1970).

Cuadro 14. Análisis de Varianza de Altura de Planta “sup'u t'ula” (*Parastrephia lepidophylla*).

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft	
					5%	1%
BLOQUE	3	24,553	8,1843	10,78	3,86	6,99 **
Sustrato orgánico (A)	3	10,697	3,5657	4,70	3,86	6,99 *
Error A	9	6,8321	0,7591			
Niv de Nitrógeno (B)	2	10,407	5,2038	4,83	3,40	5,61 *
Sustrato*Niv (A*B)	6	3,6758	0,6126	0,57	2,51	3,67 NS
Error B	24	25,872	1,0780			
TOTAL	47					

GL = grados de libertad; SC = suma de cuadrados; CM = cuadrado medio; Fc = calculado; Ft= tabulado; (**) = altamente significativo; (*) = significativo; (NS) = no significativo.
C.V.= 15,46%

Para los tratamientos en estudio se presentan diferencias significativas y altamente significativas que se explican a continuación (Figura 19).

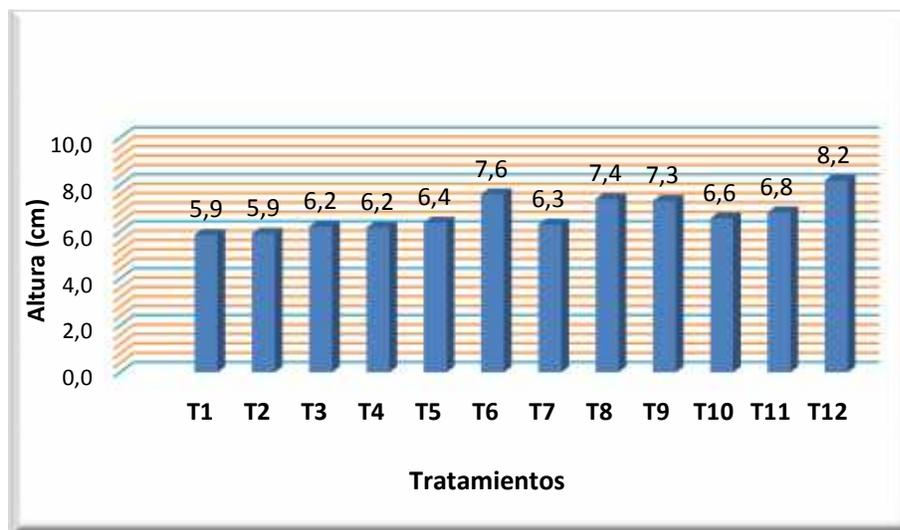


Figura 19. Promedio de altura de planta de “sup'u t'ula” para los tratamientos por efecto de ambos factores de estudio (sustratos orgánicos y niveles de nitrógeno).

Según la Figura 19 los tratamientos presentan diferencias en la altura de planta, los tratamientos T6 y T12 presentan una respuesta favorable a los sustratos orgánicos; turba-suelo del lugar, tuba-humus-suelo del lugar y al fertilizante nitrogenado al nivel 120 kg N/ha, observándose un menor tiempo al desarrollo de la plántulas en comparación a los demás tratamientos, alcanzando un promedio de 7,59 y 8,18 cm.

Los plantines cultivados en contenedor deben recibir todos los nutrientes a través de un plan de fertilización, los nutrientes pueden ser suministrados a través de la incorporación de fertilizantes de liberación lenta antes de establecer las plantas (Bobadilla, 2006).

En base a los resultados obtenidos se realizó la prueba múltiple de comparación de medias Duncan a una probabilidad de 5 %, para el factor (A) sustratos orgánicos y el factor (B) niveles de nitrógeno, cuyos resultados se muestran en los siguientes Figuras 20 y 21.

La Figura 20 muestra que evidentemente si existen diferencias entre los sustratos orgánicos, el sustrato (a4) turba-humus-suelo del lugar (2:2:1) presentó una mayor longitud de planta alcanzando un promedio de 7,18 cm, el sustrato (a3) humus-suelo del lugar (4:1) alcanzo una longitud similar con 7 cm. En cambio, el sustrato (a2) turba-suelo del lugar (4:1) alcanzó una altura media de 6,71 cm y finalmente el sustrato (a1) suelo del lugar presento una menor altura con un promedio de 5,95 cm.

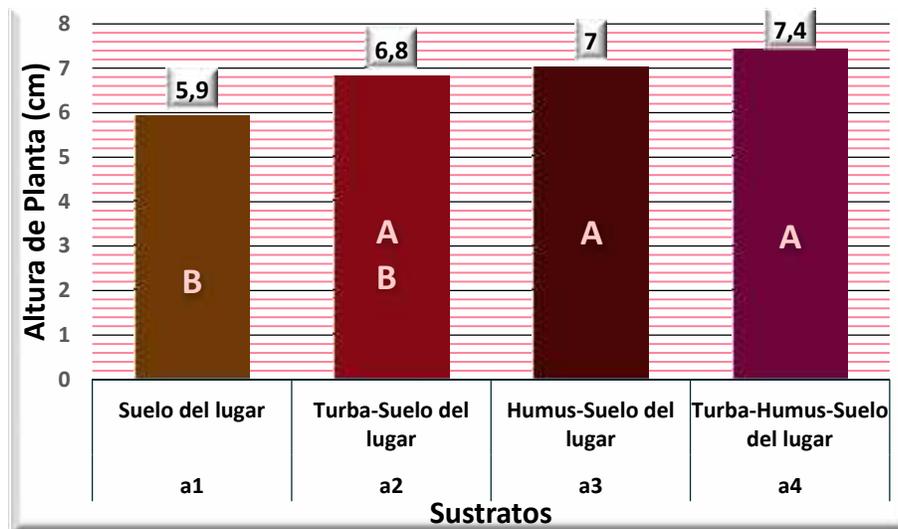


Figura 20. Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$), para el efecto de los sustratos orgánicos en la altura planta de “sup’u t’ula”.

De acuerdo a los resultados obtenidos, está claro que utilizando sustratos orgánicos como turba y humus, se llega a obtener una mayor longitud de planta. Al respecto, Chilón (1997) menciona que la materia orgánica estimula el crecimiento de las plantas, por la acción de los ácidos húmicos sobre los diversos procesos metabólicos, especialmente sobre la nutrición mineral. El mismo autor, recalca que la incorporación de materia orgánica, mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, mejorando así la aireación y permeabilidad del suelo.

Esto corrobora con los resultados obtenidos en el presente trabajo, ya que los sustratos compuestos por turba y humus son los que obtuvieron una mayor longitud de planta en comparación al sustrato compuesto por tierra.

Quispe (2015) cita a Condori (2011) quien obtuvo resultados de altura de planta indicando que crece 2,73 cm a los 120 días aplicando abono orgánico al suelo, cuya siembra se la realizo de manera directa. Mientras que para nuestros resultados en 53 días alcanzo un promedio de 7.4 cm con un sustrato turba-humus-suelo del lugar con una relación de (2:2:1). Esta diferencia de altura puede atribuirse al tipo de siembra, en el presente trabajo la siembra fue en almácigo o bandejas para luego ser trasplantado.

Al realizar la mezcla de suelo del lugar con los abonos orgánicos para formar los diferentes sustratos se mejoró la retención de humedad y la disponibilidad de nutrientes siendo estos dos factores importantes para el desarrollo y crecimiento de la planta.

En la Figura 21 se puede apreciar los resultados obtenidos mediante la prueba de Duncan a una probabilidad de 5 %, se muestran los promedios en longitud, se puede observar que la fertilización al nivel 120 kg N/ha (b3) presento una mayor longitud con un promedio de 7,32 cm, seguido por el nivel 60 kg N/ha (b2) con un comportamiento similar de 6,62 cm y finalmente el nivel (b1) sin fertilización alcanzó una menor altura de 6,19 cm.

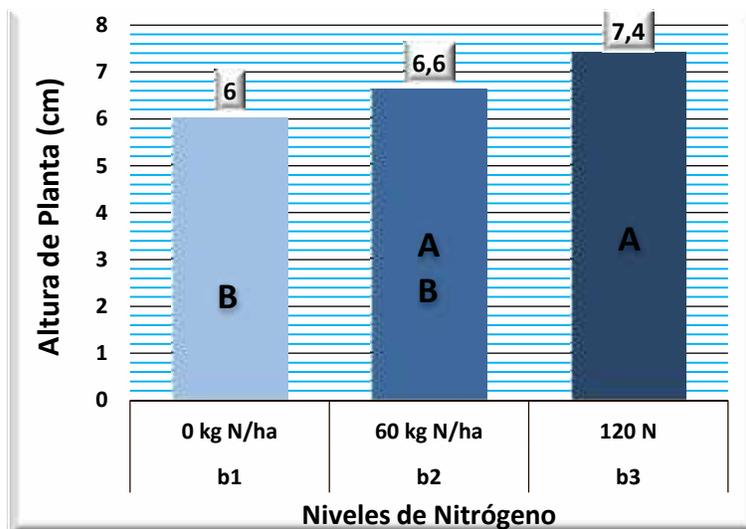


Figura 21. Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$), para el efecto de la fertilización nitrogenada en la altura de planta de “sup’u t’ula”.

Estas diferencias en altura de planta se atribuyen a los efectos positivos de la incorporación del fertilizante nitrogenado a diferentes niveles de nitrógeno provocando un aumento en altura de planta.

Paca *et al.* (2003) encontraron resultados de altura de planta, indicando que la sup'u t'ula crece de 7 a 10 cm/año por ser un arbusto leñoso.

Los mismos indican que la sup'u t'ula tiene un crecimiento lento después de la siembra e indican que cuando emergen no logran sobrevivir a las condiciones climáticas.

En el presente trabajo, se obtuvo una mayor altura de la sup'u t'ula por efecto de la aplicación de nitrógeno, se confirma con lo dicho por: Chilón (1997) y Aguilar *et al.* (1987) coinciden en aseverar que la aplicación del fertilizante nitrogenado asegura el crecimiento de las plantas, haciendo crecer más la parte aérea, ya que el nitrógeno pocas veces se encuentra presente en cantidades suficientes en el suelo para satisfacer las necesidades de las plantas, esto corrobora con los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, las plántulas que tuvieron un mayor suministro del fertilizante nitrogenado registraron una mayor altura en mas de dos meses desde la siembra.

5.3.6. Curvas de crecimiento

Las curvas de crecimiento que a continuación se presentan, corresponden al resultado del seguimiento de campo, hasta que las plántulas de sup'u t'ula fueron trasplantados.

Mismas que se evaluaron en seis fechas después de la emergencia cuyas fechas son las siguientes:

F1	16 de Noviembre
F2	23 de Noviembre
F3	30 de Noviembre
F4	7 de Diciembre
F5	14 de Diciembre
F6	21 de Diciembre

Se puede observar en las Figuras 22 y 23 las curvas de crecimiento para la especie de sup'u t'ula donde se tomó en cuenta los sustratos orgánicos y la aplicación de fertilizante nitrogenado (Urea) en diferentes niveles, que actuaron sobre el crecimiento de las plántulas alcanzando una altura considerable hasta finales del mes de Diciembre.

5.3.6.1. Curva de crecimiento de planta para sustratos orgánicos

La curva de crecimiento se presenta en las Figura 22 observándose una respuesta favorable a uso de diferentes sustratos orgánicos.

En la Figura 22 se aprecia el efecto incremental de los sustratos orgánicos sobre el crecimiento en altura de la sup'u t'ula, evidenciándose diferencias claras con mayores alturas para los sustratos tierra-turba-humus (2:2:1) y tierra-humus (4:1), seguido por el sustrato compuesto de tierra-turba (4:1), sin embargo en el sustrato suelo del lugar se presenta un menor crecimiento. Se evidencia un crecimiento en todas las fechas registradas en los meses de noviembre y diciembre.

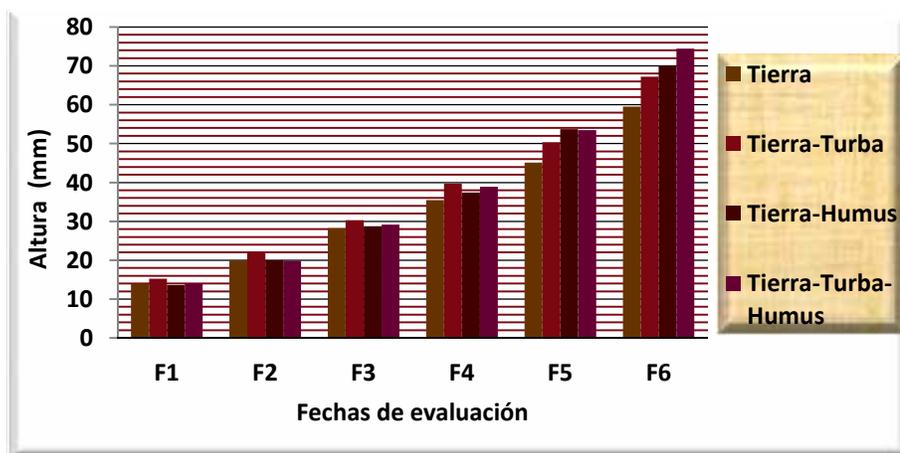


Figura 22. Curva de crecimiento de sup'u t'ula por efecto de los sustratos orgánicos en función de los días.

En general, la respuesta favorable sobre el crecimiento de las plántulas de sup'u t'ula se puede atribuir a la incorporación de los abonos orgánicos a los sustratos mejorando la retención de humedad y la disponibilidad de nutrientes siendo estos

dos factores importantes para el desarrollo y crecimiento de las plántulas, y con base a los resultados obtenidos en el presente trabajo podemos afirmar que la materia orgánica influyó en el crecimiento de las plantas.

5.3.6.2. Curva de crecimiento para niveles de nitrógeno

Se puede observar en la Figura 23 la curva de crecimiento de las plántulas de sup'u t'ula con la aplicación de fertilizante nitrogenado (Urea) a diferentes niveles de nitrógeno, se observa que presentan mejores alturas de plantas con los niveles de nitrógeno de 120 kg N/ha y 60 kg N/ha.

Las plántulas que no recibieron fertilización nitrogenada se manifiestan con una gran diferencia en la curva de crecimiento con menor crecimiento durante los meses de noviembre y diciembre, en las seis fechas registradas.

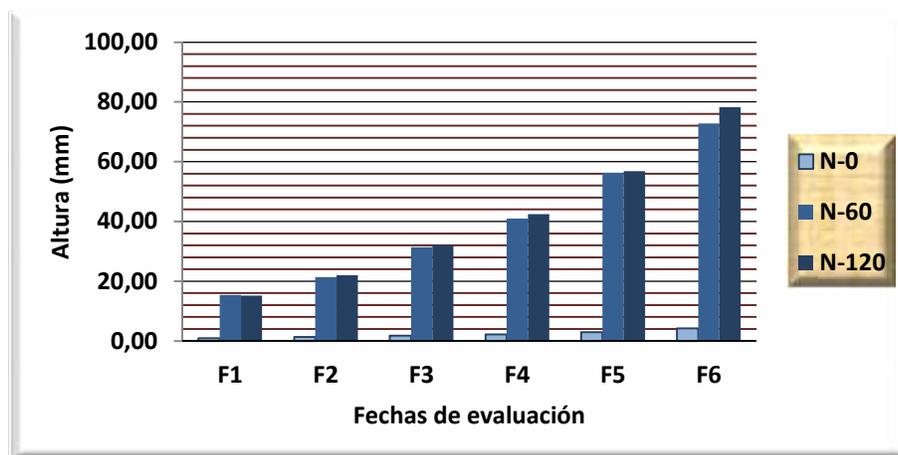


Figura 23. Curva de crecimiento de sup'u t'ula por efecto de la aplicación del fertilizante nitrogenado (urea) en diferentes niveles de nitrógeno en función a los días.

Estas diferencias en altura de planta se atribuyen a los efectos positivos de la incorporación del fertilizante nitrogenado a diferentes niveles de nitrógeno provocando un aumento considerable sobre la altura de planta.

Las fertilizaciones nitrogenadas tienen efecto significativo positivo sobre la tasa de crecimiento en altura de las plantas forestales y arbustivas (Monsalve, 2006).

5.3.7. Número de ramas

De acuerdo al Cuadro 15 los resultados según el análisis de varianza para el número de ramas, muestra que existen diferencias significativas, por efecto de los bloques, atribuibles a la pendiente, evidenciando la influencia que tuvo la pendiente en esta variable. Por otra parte se evidencian diferencias significativas en los sustratos orgánicos (A), lo cual indica que los abonos orgánicos influyen en el desarrollo de ramas, de la misma manera existen diferencias significativas entre los niveles de nitrógeno (B), indicando que el suministro del fertilizante nitrogenado (urea) influyó sobre el desarrollo de las ramas de la sup'u t'ula.

Para la interacción de sustratos orgánicos por niveles de nitrógeno (A*B) no existen diferencias estadísticamente significativas, esto indica que los efectos de ambos factores son independientes para dicha variable. Presenta un coeficiente de variación de 6,61 %, lo que señala que los datos son confiables por encontrarse por debajo del 30 % que es el rango permitido (Calzada, 1970).

Cuadro 15. Análisis de varianza de número de ramas de “sup'u t'ula”.

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft	
					5%	1%
BLOQUE	3	2,2450	0,7483	6,37	3,86	6,99 *
Sustrato orgánicos (A)	3	1,5416	0,5138	4,38	3,86	6,99 *
Error A	9	1,0566	0,1174			
Niv. de Nitrógeno (B)	2	4,4429	2,2214	53,14	3,40	5,61 **
Sustrato*Niv. (A*B)	6	0,1870	0,0311	0,75	2,51	3,67 NS
Error B	24	1,0033	0,0418			
TOTAL	47					

GL = grados de libertad; SC = suma de cuadrados; CM = cuadrado medio; Fc = calculado; Ft= tabulado; (**) = altamente significativo; (*) = significativo; (NS) = no significativo.

C.V. = 6,61%

Para los tratamientos en estudio se presentan diferencias significativas y altamente significativas que se explican a continuación (Figura 24).

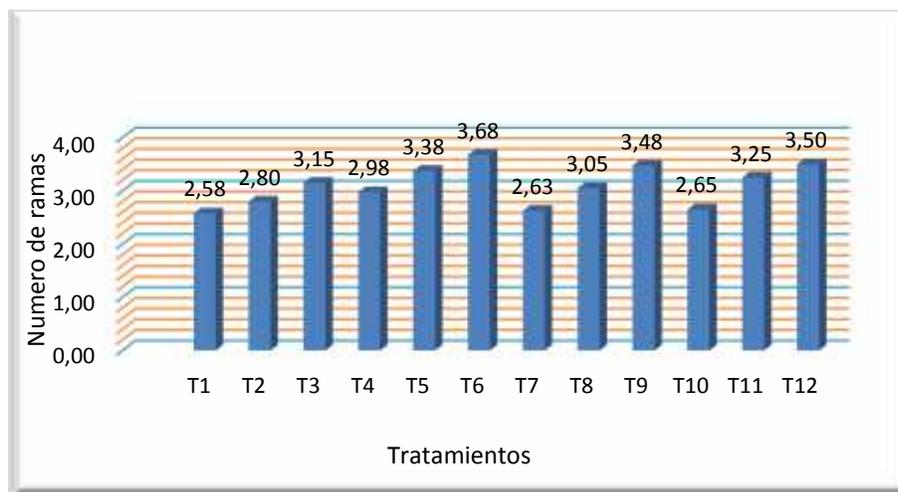


Figura 24. Número promedio de ramas de “sup’u t’ula” para los tratamientos por efecto de ambos factores de estudio (sustratos orgánicos y niveles de nitrógeno).

Según la Figura 24, los tratamientos presentan diferencias sobre el número de ramas, los tratamientos T6 y T12 presentan una respuesta favorable a los sustratos orgánicos; turba-suelo del lugar, turba-humus-suelo del lugar y al fertilizante nitrogenado al nivel 120 kg N/ha, observándose un mayor desarrollo de ramas primarias en comparación a los demás tratamientos, alcanzando un promedio de 3,67 y 3,5 ramas respectivamente.

Bobadilla (2006) estudió el efecto de la concentración de nitrógeno y esquemas de riego sobre el crecimiento de las especies forestales indicando que la frecuencia de riego y su interacción con la fertilización nitrogenada, pueden afectar positivamente al desarrollo de los plantines.

En base a los resultados obtenidos se realizó la comparación de medias para el factor (A) sustratos orgánicos y para el factor (B) niveles de nitrógeno, cuyos resultados se muestran en las Figuras 22 y 23.

La prueba de Duncan a una probabilidad de 5 % (Figura 25), muestra que existen diferencias significativas entre los diferentes sustratos; teniendo para el sustrato (a2) turba-suelo del lugar (4:1) un promedio de 3,7 ramas por planta, el sustrato (a4) turba-humus-suelo del lugar y (a3) humus-suelo del lugar presentaron un promedio de 3,2 y 3 ramas respectivamente.

En cambio, el sustrato (a1) suelo del lugar desarrollo un menor número de ramas con un promedio de 2,8 ramas, lo que demuestra que el uso de sustratos ricos en materia orgánica ayuda al desarrollo de ramas en las plántulas de sup'u t'ula.

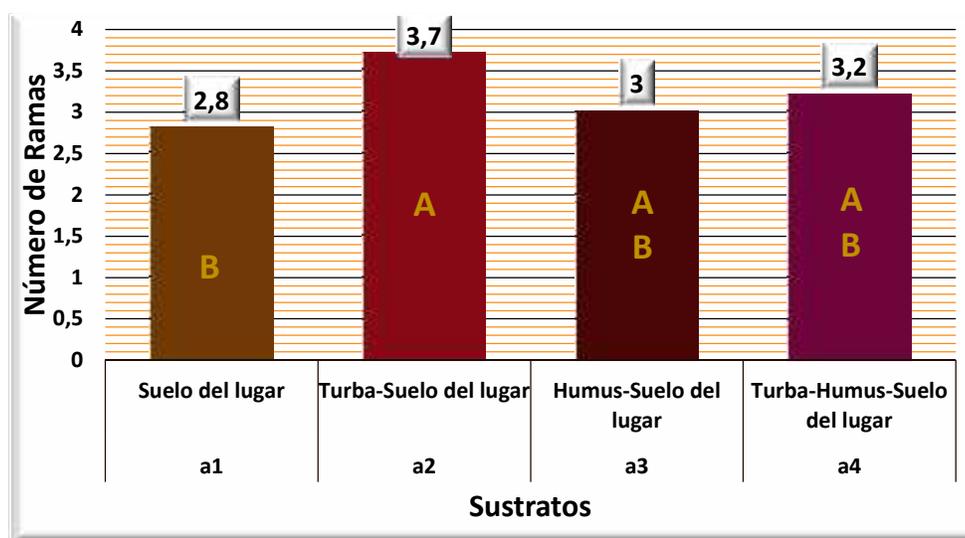


Figura 25. Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$), para el efecto de los sustratos orgánicos en el número de ramas de “sup'u t'ula”.

Goitia (2006) señala que el sustrato turba tiene un alto contenido de materia orgánica descompuesta que ayudan al desarrollo de las plantas. De la misma manera, Callisaya (2015) indica que la turba presenta un contenido alto de nitrógeno el cual aporta cantidades favorables de nutrientes al suelo, favoreciendo de esta manera al desarrollo de las plantas.

Para Chilón (1997) los abonos orgánicos son los subproductos derivados de productos vegetales o animales, por consiguiente contienen una cantidad apropiada de alguno de los elementos principales (Nitrógeno, Fósforo y Potasio) que las plantas

necesitan para su normal evolución, por lo que es lógico que las plantas que no recibieron ningún abono orgánico manifiesten menor desarrollo.

La Figura 26 muestra los resultados obtenidos mediante la prueba de Duncan a una probabilidad de 5 %, en la cual se aprecia los promedios de número de ramas, el nivel 120 kg N/ha (b3) estadísticamente es mejor ya que obtuvo mejores resultados con un promedio de 3,7 ramas por planta, mientras que los demás niveles 60 kg N/ha (b2) y sin fertilización (b1) obtuvieron un menor número de ramas adquiriendo así un promedio de 3,2 y 2,4 ramas, siendo el valor más bajo que se diferencian evidentemente del nivel 120 kg N/ha, lo que indica que existe una respuesta positiva del fertilizante nitrogenado (urea) para dicha variable.

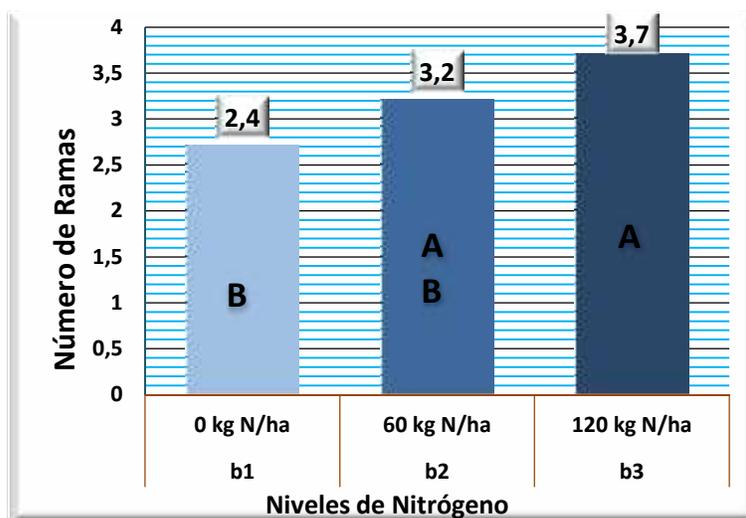


Figura 26. Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$), para el efecto de la fertilización nitrogenada en el número de ramas de “sup’u t’ula”.

De acuerdo a los resultados obtenidos, la influencia del fertilizante nitrogenado sobre el desarrollo de las ramas fue favorable para dicha variable, la aplicación del nitrógeno en una dosis alta incidió a la formación de ramas de la sup’u t’ula.

Potash *et al.* (1988) explican que la urea es una fuente de fertilizante excelente para el desarrollo de la planta, pero debe ser utilizada con precauciones para la misma.

5.3.8. Prendimiento y sobrevivencia en campo

El Cuadro 16 muestra el porcentaje de prendimiento y sobrevivencia para las 12 hileras donde fueron trasplantadas las plántulas de sup'u t'ula 100 plántulas por hilera. De la misma manera se aprecia el porcentaje de sobrevivencia mostrando así un promedio total de 96,5 % y una desviación estándar de 5,4 lo cual indica que la plántulas pueden ser trasplantadas sin ninguna dificultad a campo abierto mostrando un alto porcentaje de sobrevivencia y que esta especie es resistente a las condiciones climáticas del altiplano. Estos datos fueron tomados el 11 de febrero de 2015, 31 días después del trasplante.

Cuadro 16. Porcentaje de prendimiento y sobrevivencia de las plántulas de “sup'u t'ula” que fueron trasplantadas a campo abierto.

Nº Hilera	Nº de plantas trasplantadas	% de Prendimiento y Sobrevivencia
1	100	100
2	100	79
3	100	97
4	100	95
5	100	98
6	100	99
7	100	99
8	100	100
9	100	98
10	100	96
11	100	98
12	100	99
TOTAL	1200	PROM. TOTAL= 96,5 %
SD		96,5±5,4

Los datos tomados tanto para la variable prendimiento y sobrevivencia fueron los mismos ya que todas las plantas prendidas, es decir, las plántulas que se adaptaron a las condiciones climáticas del lugar sobrevivieron, esto debido a las lluvias que se presentaron en los meses de enero y febrero de 2015, provocando la adaptación de las plántulas de sup'u t'ula a suelo definitivo más rápidamente, dando así buenos resultados con altos porcentajes de sobrevivencia.

En la Figura 27 se aprecia las barras porcentuales de prendimiento y sobrevivencia, se observa altos porcentajes del 100% hasta el 79% respectivamente.

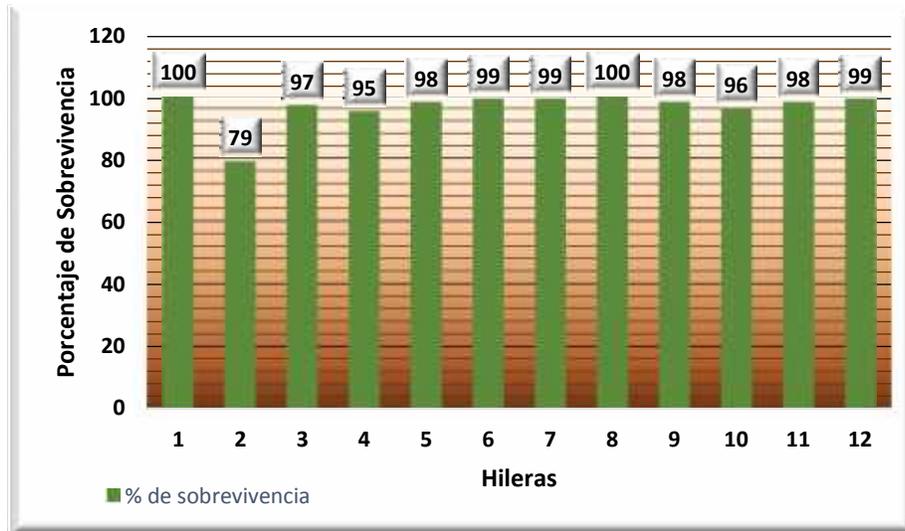


Figura 27. Porcentaje promedio de sobrevivencia de plántulas de “sup’u t’ula” que fueron trasplantados a campo abierto.

Quispe (2015) cita a Condori (2011) quien trabajó en el Altiplano Sur, y reportó resultados de sobrevivencia de 99 plantines de t’ula.

Por otro lado, Quispe (2015) realizó un estudio de investigación con la sup’u t’ula en el Altiplano Norte, donde reportó un alto valor porcentual de sobrevivencia que alcanzo el 92%. El presente trabajo de investigación presento similar porcentaje, lo cual nos indica que la especie de sup’u t’ula es muy resistente a las condiciones climáticas del Altiplano.

Una planta se puede considerar establecida en el lugar de plantación cuando inicia el crecimiento radical. Mientras menos tiempo transcurra entre el momento de la plantación y el inicio del crecimiento de nuevas raíces, mayor será la tasa de supervivencia y de crecimiento inicial, Una plantación puede considerarse exitosa cuando se logran tasas de supervivencia superiores al 95% en plantas forestales (Escobar *et al.*, 1993).

6. CONCLUSIONES

Después de la obtención de los resultados y los análisis estadísticos necesarios para el presente estudio, nos corresponde dar las siguientes conclusiones.

- ◆ El uso de diferentes sustratos ricos en materia orgánica y la fertilización nitrogenada en diferentes niveles son dos factores importantes relacionados para la multiplicación y crecimiento acelerado de plántulas de sup'u t'ula, para el repoblamiento en zonas del altiplano sur.
- ◆ En la prueba de germinación se reporta que la semilla de sup'u t'ula no tiene dormancia, la germinación alcanzo un porcentaje alto (92,75%), por lo que la siembra pudo realizarse directamente.
- ◆ Se determinó los días a la emergencia en plantas de sup'u t'ula (*Parastrephia lepidophylla*) con el factor sustratos orgánicos, presentó un menor tiempo a la emergencia con el sustrato conformado por turba-suelo del lugar con una proporción de 4:1 (9,7 días).
- ◆ Con respecto a la variable porcentaje de emergencia en plantas de sup'u t'ula (*Parastrephia lepidophylla*) en campo, con sustratos orgánicos, presento porcentajes altos de emergencia mostrando mayor promedio con el sustrato conformado por turba-suelo del lugar con una proporción de 4:1 (87,3%), lo que muestra la fácil propagación de la especie en bandejas almacigueras.
- ◆ Con respecto a la variable altura de planta con sustratos orgánicos, presento mayor promedio con el sustrato conformado por turba-humus-suelo del lugar con una relación 2:2:1 (7,40 cm). Por otro lado, con la aplicación del fertilizante nitrogenado (Urea) presentó mayor promedio con el nivel 120 kg N/ha (7,4 cm), lo que muestra claramente el efecto positivo de la aplicación del fertilizante nitrogenado (Urea).

- ◆ Bajo el uso de diferentes sustratos orgánicos en los días a la ramificación se ha presentado un menor periodo a la ramificación con el sustrato compuesto por turba-suelo del lugar con una proporción de 4:1 (83,5 días). Con la aplicación del fertilizante nitrogenado (Urea) presento un menor periodo en cuanto a días a la ramificación con el nivel 120 kg N/ha (80 días).
- ◆ Los sustratos orgánicos que produjeron un efecto favorable en la variable número de ramas por planta, fue el sustrato conformado por turba-suelo del lugar con una proporción de 4:1 y la aplicación del fertilizante (Urea) con el nivel 120 kg N/ha de nitrógeno que presentaron un mayor promedio en cuanto al número de ramas (3 a 4 ramas por planta).
- ◆ El sustrato turba-suelo del lugar con una relación de 4:1 se manifestó con un buen resultado sobre las características agronómicas de la sup'u t'ula, de la misma manera ocurrió con el fertilizante nitrogenado al nivel de 120 kg N/ha.
- ◆ Respecto al porcentaje de prendimiento y sobrevivencia de la sup'u t'ula en suelo definitivo, presentó porcentajes altos para ambas variables ya que todas las plántulas prendidas sobrevivieron al trasplante (96,5 %), lo que muestra la fácil propagación de la especie mediante almácigos en bandeja.
- ◆ Con respecto al estrés al transporte no se realizó ninguna evaluación ya que al transportar las plántulas no se presentó algún estrés o marchitez de las plántulas durante el traslado.

7. RECOMENDACIONES

- ◆ Se recomienda para futuros ensayos realizar la multiplicación de sup'u t'ula en ambientes controlados y observar su comportamiento cuando sea trasplantado a suelo definitivo.
- ◆ Se recomienda estudiar los efectos de la utilización de diferentes sustratos compuestos por estiércol de ovino, camélidos entre otros, ya que es más accesible en el altiplano.
- ◆ Se recomienda realizar más investigaciones sobre la propagación por almácigos y plantines ya que el prendimiento en porcentaje es mayor que la propagación por siembra directa en el Altiplano Sur.

8. BIBLIOGRAFÍA

- AGUILAR, A.; ETCHEVERS, J. D. y CASTELLANOS, J. Z. 1987. Análisis químico para evaluar la fertilidad del suelo. Ed. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. [Disponible en: http://edafologia.ugr.es/conta/tema12/medida.htm](http://edafologia.ugr.es/conta/tema12/medida.htm)
- ALEXANDER, M. 2002. Introducción a la microbiología del suelo. AGT Editor. S.A. 492 p.
- ALZÉRRECA, H., LAURA, J. Y PRIETO, G. 2002. Estudio de la tola y su capacidad de soporte para ovinos y camélidos en el ámbito boliviano del sistema TDSP. La Paz – Bolivia.
- ANDRESSEN, L., MONASTERIO, M. & TERCEROS, L. 2007. Regímenes climáticos del altiplano sur de Bolivia: una región afectada por la desertificación. Revista Geográfica Venezolana. pp. 11-32.
- BECK S., DOMIC A., GARCIA C., MENESES R.I., YAGER K., Y HALLOY S. 2010. El parque nacional Sajama y sus plantas. Fundación PUMA/SERNAP. Oruro, Bolivia. 250 p.
- BERTSCH, F., 1995. La fertilidad de los suelos y su manejo. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. 1 ed. San José, Costa Rica. 157 p.
- BOBADILLA, P. 2006. Efecto de la concentración de nitrógeno y esquemas de riego sobre el crecimiento y potencial de crecimiento radicular en plantas de *Eucalyptus globulus* Labill. Tesis Ingeniería Forestal. Dpto Silv. Fac. Cs. For. Universidad de Concepción. Chile.
- BONIFACIO, A.; RAMOS, P.; ALCON, M.; CHAMBI, L. 2013. Recolección de semilla y multiplicación de t'ula con fines de repoblamiento en zonas producción de Quinoa. Fundación PROINPA. Congreso Científico de la Quinoa. La Paz – Bolivia. pp. 1-2.

- CHANDI, L. 2008. Evaluación de la Propagación de Morera (*Morus indica* var. *Kanva* 2), Utilizando Cuatro Periodos y Tres Sistemas de Enraizamiento. Tesis de grado de Ingeniería Agropecuaria. ESPE Santo Domingo. 43 p.
- CALZADA, J. 1970. Métodos Estadísticos para la Investigación. Editorial Jurídica. 4. ed. Lima, Perú. 640 p.
- CALLISAYA, V. 2015. Efectos de niveles de abonamiento con turba en el comportamiento agronómico de la qañawa (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) bajo ambiente atemperado en K'iphakiphani - Viacha provincia Ingavi. Tesis Ing. Agrónomo. Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. 25 p.
- CHILÓN, E. 1997. Manual de Fertilidad de suelos y nutrición de plantas. Centro de Investigación y difusión de alternativas para el desarrollo CIDAT. La Paz, Bolivia. 185 p.
- COCA, S. 1996. Evaluación biológica de especies de t'ola de la región andina de Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés. Tesis Ing. Agr. Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. 112 p.
- COOKE, G. W. 2007. Fertilizantes y sus Usos. Octava Impresión. México. 180 p.
- COLQUE, T. RODRÍGUEZ, D. MUJICA, A. CANAHUA, A. APAZA, V. JACOBSEN. SE, 2005. Instalación y manejo de una granja de lombrices para la producción de humus. Puno, Perú. 11 p.
- 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.

- ESCOBAR, R., ESPINOSA, M., BASSABER, C. Y M. SÁNCHEZ. 1993. Efecto de la posición fisiográfica y calidad de plantas en la supervivencia y crecimiento inicial de *Eucalyptus globulus* Labill. Después de tres años de plantación. “Simposio Los *Eucalyptus* en el desarrollo forestal de Chile”. Pucón, Chile. pp. 24-26.
- FAO, 1996. Guía de campo de los cultivos andinos. Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación. Lima, Perú. [Disponible en: http://www.fao.org/docrep/014/x1213s/x1213s.pdf](http://www.fao.org/docrep/014/x1213s/x1213s.pdf)
- FAO, 2005. Los abonos orgánicos. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Lima, Perú. pp. 198-199. [Disponible en: http://www.fao.org/docrep/010/ai185s/ai185s07.pdf](http://www.fao.org/docrep/010/ai185s/ai185s07.pdf)
- FLAVIA M. 2009. Abonos y Fertilizantes. Cátedra de Química agrícola. Departamento de Ingeniería Agrícola. Facultad de Ciencias Agriarías.
- FUNDACIÓN PROINPA. 2013. Centro Quipaquipani. [Disponible en: http://www.proinpa.org/index.php?option=com_content&view=article&id=153&Itemid=173&lang=es](http://www.proinpa.org/index.php?option=com_content&view=article&id=153&Itemid=173&lang=es)
- GUERRERO, F. Y POLO, A., 1996. Usos, aplicaciones y evaluación de turbas. ICONA. Madrid. 5 p.
- GOITIA, L. 2000. Manual de Dasonomía y silvicultura, Facultad de agronomía, Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. pp. 1-3.
- GROSS, A. (2008). Abonos guía práctica de fertilización. 7ed. Editorial Mundi.
- GUMUCIO, A., 2010. Plan de Acción Ambiental para regular la actividad turística en el Salar de Uyuni. Proyecto Final de Graduación presentado como requisito parcial para optar por el título de Máster en Gestión de Turismo Sostenible. San José de Costa Rica. pp. 145-150.

- JACOBSEN S.E. 2011. The Situation for Quinoa and Its Production in Southern Bolivia: From Economic Success to Environmental Disaster. *Corp Science* 197(5):390-399.
- JUSCAFRESA, B.1969. Forrajes, fertilización y valor nutritivo, 2 ed. AEDOS. España pp. 35-87.
- MARISCAL A., 1992. Agroclimatología. Universidad Autónoma Tomas Frias, Potosí, Bolivia.
- 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 Ing. Agrónomo. Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés. La Paz- Bolivia. 73 p.
- MONSALVE, J., ESCOBAR, R., ACEVEDO, M., SÁNCHEZ, M. Y R. COOPMAN. 2009. “Efecto de la concentración de nitrógeno sobre atributos morfológicos, potencial de crecimiento radicular y estatus nutricional en plantas de *Eucalyptus globulus* producidas a raíz cubierta. Bosque. pp. 88-94.
- MONSALVE, J. 2006. Fertilización nitrogenada en plantas de *Eucalyptus globulus* Labill. Producidas a raíz cubierta. Tesis Ingeniería Forestal. Dpto. Silv. Facultad. Cs. Forestal. Universidad de Concepción. Concepción, Chile.
- ORSAG, V. 2011. Evaluación de la fertilidad de los suelos en zonas Inter-salar. Investigación ambiental. La Paz, Bolivia. 174 p.
- PACA, F.; PACA, R.; PALAO, A.; CANAZA, D.; BUSTINZA, H.; VÁSQUEZ, G.; CHAMBILLA, R. Y CHÁVEZ, M. 2003. Autoridad Binacional del Lago Titicaca sistema TDPS. Estudio de la t'ola y su capacidad de soporte para ovinos y camélidos en el ámbito peruano del sistema. Instituto de investigación, producción, servicios y capacitación, Puno. pp. 9-55.

PAREDES, R.; PONS, J.; GAMES, F., 2007. Preparación de abonos orgánicos a partir de estiércol. INIFAP. 2 p.

POTASH & PHOSPHATE INSTITUTE (PPI); PROGRAMA DE DIVERSIFICACIÓN OCCIDENTAL (CANADÁ) (PPIC); FOUNDATION FOR AGRONOMIC RESEARCH (FAR) 1988. Manual de Fertilidad de los Suelos. Norcross, Georgia, U.S.A. pp. 24-30.

QUELCA, M. 2003. Evaluación de la erosión de los suelos por la extracción de thola (*Parastrephia Guadrangularis*). Tesis Ing. Agrónomo. Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés. La Paz- Bolivia. pp. 3-9.

QUISPE, J. 2015. Crecimiento de sup'u t'ula (*Parastrephia lepidophylla* Cabrera) con abonamiento orgánico en el centro experimental k'iphak'iphani, Viacha. Tesis Ing. Agrónomo. Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia.

REYNEL, C. 1988. Plantas para leña en el sur-occidente de puno. Proyecto árbol-andino. Puno, Perú. 165 p.

RODRÍGUEZ, F., 1982. Fertilizantes. Nutrición vegetal. Primera edición. Editorial trillas. México. pp. 51-178.

RUSSELL, G; GRACIA, J. 1978. El efecto del viento en las gramíneas. V. extensión de la hoja, la conductancia por difusión, fotosíntesis en el túnel de viento. Estación Experimental Agropecuaria del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Argentina.

ROJAS, F. 2007. Botánica sistemática. La Paz, Bolivia. 111 p.

SANCHEZ, C., 2003. Abonos orgánicos. Lombricultura Ripalme. Bolivia. 135 p.

SCHULDT, M., 2006. Lombricultura. Teoría y práctica. Mundi-Prensa, Madrid.

- SENAMHI., 2015. (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología), Pronóstico del clima, precipitación y temperaturas. La Paz, Bolivia.
- VARGAS, E. 2005. La degradación de los suelos en Bolivia y la necesidad de una Ley. CIPCA (Centro de Investigación y Promoción del Campesinado). La Paz, Bolivia.
- VICTORINO, B. *et al.*, 1994. Lombricultura Práctica. Universidad Nacional de San Antonio. Cusco, Perú.
- ZARATE, V. 2003. Caracterización y uso de la t'ola en el sistema pastoril de las comunidades de Junuta, Condoroqa y Ninoca del altiplano central. Tesis Ing. Agrónomo. Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés. La Paz- Bolivia.

ANEXOS

Anexo 1. Calculo para la aplicación del fertilizante nitrogenado (urea).

◆ Aplicación de Urea

Radio de los alveolos = 1.5 cm

Calculo del área de un círculo o alveolo

$$A = \pi r^2$$

$$A = \pi (1,5)^2 = 7,06 \text{ cm}^2$$

Multiplicando por los 256 alveolos que hay en un tratamiento el área seria lo siguiente:

$$7,06 \text{ cm}^2 * 256 = 1807,36 \text{ cm}^2$$

En metros (m^2)

$$X = 0,18 \text{ m}^2$$

Calculo de la dosis de nitrógeno

46 % de N -----100 kg/ha

◆ Para la dosis de 60-00-00

46%N-----100 kg de urea /ha

60%N-----X= 130,43 kg de urea / ha

Aplicación para el área de 0,18 m²

10000 m²-----130,43 kg de urea / ha

0,18 m² -----X = 0,002347 kg de urea /ha

Convirtiendo en gramos tendremos:

0,002347 kg/ha * 1000 g / 1 kg = 2,35 gr de urea para 0,18 m² o para cada tratamiento correspondiente

- ◆ Para la dosis de 120 – 00 – 00

46%N-----100 kg de urea /ha

120 %N-----X= 260,86 kg de urea / ha

Aplicación para el área de 0,18 m²

10000 m²-----260,86 kg de urea / ha

0,18 m² -----X = 0,00469 kg de urea /ha

Convirtiendo en gramos tendremos:

0,00469 kg/ha * 1000 g / 1 kg = 4,69 gr de urea para 0,18 m² o para cada tratamiento correspondiente

Anexo 2. Calculo para la dosis de aplicación del fertilizante nitrogenado.

Nitrógeno	Nivel N kg/ha	kg Urea / ha	kg Urea / 0,18 m ²	g urea / 0,18 m ²
n0	0	0	0	0
n1	60	130,43	0,002347	2,35
n2	120	260,86	0,00469	4,69

Las aplicaciones se realizaron en forma fraccionada en dos aplicaciones en el mes de noviembre 2014.

Anexo 3. Prueba de germinación y resultados de semillas germinadas en cuanto a los días.

% GERMINACIÓN							
Repeticiones	4 días	5 días	6 días	7 días	8 días	9 días	10 días
I	3	28	60	80	92	94	94
II	6	28	58	77	85	88	89
III	8	26	61	83	91	92	92
IV	2	24	56	81	93	96	96
PROMEDIO GENERAL							92,75%
SD							92,75±2,98

El poder germinativo promedio de las semillas de t'ula es de 92.75 %

Anexo 4. Resultados de la evaluación de toma de datos para días al a emergencia.

TRAT.	FACTOR A SUSTRATO ORGÁNICO	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	BLOQUE IV	PROMED. X
T1	a1= Suelo del lugar	12,3	10,3	11,0	10,3	11,0
T2	a2= turba-suelo del lugar 4:1	9,7	7,7	9,7	11,0	9,5
T3	a3=humus-suelo del lugar 4:1	9,7	12,3	11,7	11,7	11,3
T4	a4= turba-humus-suelo del lugar 2:2:1	11,0	10,3	13,0	8,3	10,7

Anexo 5. Resultados de la evaluación de toma de datos para el porcentaje de emergencia.

TRAT.	FACTOR A SUSTRATO ORGÁNICO	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	BLOQUE IV	PROMED. X
T1	a1= Suelo del lugar	58,7	77,7	86,7	85,2	77,1
T2	a2= turba-suelo del lugar 4:1	86,7	91,4	96	75,1	87,3
T3	a3=humus-suelo del lugar 4:1	76,7	77,2	65,8	80,3	75
T4	a4= turba-humus-suelo del lugar 2:2:1	65,9	79,9	76	86,6	77,1

Anexo 6. Resultados de la evaluación de toma de datos para altura de planta.

TRAT.	FACTOR A SUSTRATO ORGÁNICO	FACTOR B NIVEL DE NITRÓGENO	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	BLOQUE IV	PROMED. X
T1	a1= testigo (tierra)	b1= nivel 0 N	6,4	6,1	5,28	5,13	5,7275
T2		b2= nivel 60 N	6,3	6,31	5,85	5,18	5,91
T3		b3= nivel 120 N	7,3	6,43	5,73	5,4	6,215
T4	a2= turba + suelo del lugar(4.1)	b1= nivel 0 N	5,7	7,4	6,89	4,72	6,1775
T5		b2= nivel 60 N	6,48	7,98	5,82	5,26	6,385
T6		b3= nivel 120 N	8,87	9,67	6,34	5,48	7,59
T7	a3= humus + suelo del lugar(4.1)	b1= nivel 0 N	6,27	7,05	6,86	5,05	6,3075
T8		b2= nivel 60 N	6,9	8,76	7,4	6,5	7,39
T9		b3= nivel 120 N	7,77	8,54	6,57	6,36	7,31
T10	a4= humus + turba+ suelo del lugar(2.2.1)	b1= nivel 0 N	6	6	9,87	4,37	6,56
T11		b2= nivel 60 N	7,07	6,79	6,45	7	6,8275
T12		b3= nivel 120 N	8,93	10,05	6,73	7,01	8,18

Anexo 7. Resultados de la evaluación de toma de datos para el numero de ramas.

TRAT.	FACTOR A SUSTRATO ORGÁNICO	FACTOR B NIVEL DE NITRÓGENO	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	BLOQUE IV	PROMED. X
T1	a1= testigo (tierra)	b1= nivel 0 N	2,6	3,1	2,4	2,2	2,575
T2		b2= nivel 60 N	2,9	3,4	2,5	2,4	2,8
T3		b3= nivel 120 N	3,3	3,6	2,8	2,9	3,15
T4	a2= turba + suelo del lugar(4.1)	b1= nivel 0 N	2,9	2,8	3,1	3,1	2,975
T5		b2= nivel 60 N	3,5	3,6	3,2	3,2	3,375
T6		b3= nivel 120 N	3,8	3,8	3,6	3,5	3,675
T7	a3= humus + suelo del lugar(4.1)	b1= nivel 0 N	3	2,6	2,4	2,5	2,625
T8		b2= nivel 60 N	3,1	3,6	2,6	2,9	3,05
T9		b3= nivel 120 N	3,9	3,9	3,1	3	3,475
T10	a4= humus + turba+ suelo del lugar(2.2.1)	b1= nivel 0 N	3,3	2,5	2,3	2,5	2,65
T11		b2= nivel 60 N	3,6	3,7	2,8	2,9	3,25
T12		b3= nivel 120 N	3,9	4	2,9	3,2	3,5

Anexo 8. Resultados de la evaluación de toma de datos para días a la ramificación.

TRAT.	FACTOR A SUSTRATO ORGÁNICO	FACTOR B NIVEL DE NITRÓGENO	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	BLOQUE IV	PROMED. X
T1	a1= testigo (tierra)	b1= nivel 0 N	90	88	90	88	89
T2		b2= nivel 60 N	88	84	90	84	86,5
T3		b3= nivel 120 N	77	77	84	84	80,5
T4	a2= turba + suelo del lugar(4.1)	b1= nivel 0 N	88	90	90	84	88
T5		b2= nivel 60 N	84	88	84	88	86
T6		b3= nivel 120 N	77	77	77	77	77
T7	a3= humus + suelo del lugar(4.1)	b1= nivel 0 N	88	90	90	90	89,5
T8		b2= nivel 60 N	84	84	90	84	85,5
T9		b3= nivel 120 N	77	84	84	84	82,25
T10	a4= humus + turba+ suelo del lugar(2.2.1)	b1= nivel 0 N	90	90	88	90	89,5
T11		b2= nivel 60 N	88	77	90	84	84,75
T12		b3= nivel 120 N	77	77	77	77	77

Anexo 9. Resultados de la evaluación de toma de datos para el prendimiento y sobrevivencia en campo abierto.

Nº Hilera	Nº de plantas trasplantadas	% de Prendimiento y Sobrevivencia
1	100	100
2	100	79
3	100	97
4	100	95
5	100	98
6	100	99
7	100	99
8	100	100
9	100	98
10	100	96
11	100	98
12	100	99
TOTAL	1200	PROM. TOTAL= 96,5 %
SD		96,5±5,4

Anexo 10. Paquete estadístico Sistema SAS.

Sistema SAS

Procedimiento GLM

Información de nivel de clase

Clase	Niveles	Valores
Bloque	4	1 2 3 4
A	4	1 2 3 4
B	3	0N 120N 60N

Número de observaciones leídas	48
Número de observaciones usadas	48
Sistema SAS	

Procedimiento GLM

Variable dependiente: Y

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	23	56.16606667	2.44200290	2.27	0.0260
Error	24	25.87213333	1.07800556		
Total corregido	47	82.03820000			

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	Y Media
0.684633	15.46196	1.038270	6.715000

Fuente	DF	Cuadrado de Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Bloque	3	24.55305000	8.18435000	7.59	0.0010
A	3	10.69736667	3.56578889	3.31	0.0372
Bloque*A	9	6.83211667	0.75912407	0.70	0.6992
B	2	10.40763750	5.20381875	4.83	0.0173
A*B	6	3.67589583	0.61264931	0.57	0.7514

Tests de hipótesis usando el MS Tipo III para Bloque*A como un término de error

Fuente	DF	Cuadrado de Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Bloque	3	24.55305000	8.18435000	10.78	0.0025
A	3	10.69736667	3.56578889	4.70	0.0307
Sistema SAS					

Procedimiento GLM

Prueba del rango múltiple de Duncan para Y

NOTA: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha 0.05
 Error Degrees of Freedom 9
 Error de cuadrado medio 0.759124

Número de medias	2	3	4
Rango crítico	.8046	.8398	.8601

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Duncan Agrupamiento	Media	N	A
A	7.1892	12	4
A			
A	7.0025	12	3
A			
B A	6.7175	12	2
B			
B	5.9508	12	1

Sistema SAS

Procedimiento GLM

Prueba del rango múltiple de Duncan para Y

NOTA: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha 0.05
 Error Degrees of Freedom 24
 Error de cuadrado medio 1.078006

Número de medias	2	3
Rango crítico	.7576	.7957

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Duncan Agrupamiento	Media	N	B
A	7.3238	16	120N
A			
B A	6.6281	16	60N
B			
B	6.1931	16	0N

Procedimiento GLM
 Medias de cuadrados mínimos

Número

A	B	Y LSMEAN	LSMEAN
1	0N	5.72750000	1
1	120N	6.21500000	2
1	60N	5.91000000	3
2	0N	6.17750000	4
2	120N	7.59000000	5
2	60N	6.38500000	6
3	0N	6.30750000	7
3	120N	7.31000000	8
3	60N	7.39000000	9
4	0N	6.56000000	10
4	120N	8.18000000	11
4	60N	6.82750000	12

Medias de cuadrados mínimos para el efecto A*B

Pr > |t| para H0: MediaLS(i)=MediaLSn(j)

Variable dependiente: Y

i/j	1	2	3	4	5	6
1		0.5130	0.8058	0.5457	0.0181	0.3794
2	0.5130		0.6815	0.9597	0.0733	0.8188
3	0.8058	0.6815		0.7188	0.0312	0.5238
4	0.5457	0.9597	0.7188		0.0663	0.7799
5	0.0181	0.0733	0.0312	0.0663		0.1138
6	0.3794	0.8188	0.5238	0.7799	0.1138	
7	0.4373	0.9008	0.5932	0.8609	0.0934	0.9168
8	0.0414	0.1489	0.0686	0.1360	0.7063	0.2198
9	0.0329	0.1226	0.0551	0.1117	0.7876	0.1837
10	0.2680	0.6427	0.3847	0.6071	0.1734	0.8136
11	0.0027	0.0132	0.0050	0.0117	0.4295	0.0222
12	0.1471	0.4124	0.2235	0.3847	0.3093	0.5523

Medias de cuadrados mínimos para el efecto A*B

Pr > |t| para H0: MediaLS(i)=MediaLSn(j)

Variable dependiente: Y

i/j	7	8	9	10	11	12
1	0.4373	0.0414	0.0329	0.2680	0.0027	0.1471
2	0.9008	0.1489	0.1226	0.6427	0.0132	0.4124
3	0.5932	0.0686	0.0551	0.3847	0.0050	0.2235
4	0.8609	0.1360	0.1117	0.6071	0.0117	0.3847
5	0.0934	0.7063	0.7876	0.1734	0.4295	0.3093
6	0.9168	0.2198	0.1837	0.8136	0.0222	0.5523
7		0.1848	0.1534	0.7339	0.0176	0.4856
8	0.1848		0.9141	0.3172	0.2476	0.5173
9	0.1534	0.9141		0.2694	0.2926	0.4510
10	0.7339	0.3172	0.2694		0.0372	0.7188
11	0.0176	0.2476	0.2926	0.0372		0.0778
12	0.4856	0.5173	0.4510	0.7188	0.0778	

Anexo 11. Semilla de “sup’u t’ula”.



Anexo 12. Preparación de los sustratos orgánicos.



Anexo 13. Bandeja almaciguera utilizada en la investigación.



Anexo 14. Llenado de las bandejas y preparación del área del estudio.



Anexo 15. Fase de emergencia.



Anexo 16. Porcentaje de germinación.



Anexo 17. Fase de crecimiento



Anexo 18. Fase de ramificación.



Anexo 19. Composición de los bloques.



Anexo 20. Traslado de las bandejas en estantes.



Anexo 21. Trasplante de las plántulas de “sup’u t’ula” a campo abierto.

