

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA INGENIERIA AGRONÓMICA



TESIS DE GRADO

**EFFECTO DE LA ESCARIFICACIÓN EN SEMILLA DE Q'AWCHI (*Suaeda foliosa*
Moq.) Y DESARROLLO DE PLANTINES EN SUSTRATOS DE SUELO
NATURAL CON TURBA EN KIPHAKIPHANI, VIACHA.**

ROGELIA QUISPE HUANCA

LA PAZ – BOLIVIA

2019

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

**EFFECTO DE LA ESCARIFICACIÓN EN SEMILLA DE Q'AWCHI (*Suaeda foliosa*
Moq.) Y DESARROLLO DE PLANTINES EN SUSTRATOS DE SUELO
NATURAL CON TURBA EN KIPHAKIPHANI, VIACHA.**

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

ROGELIA QUISPE HUANCA

ASESOR:

Ing. Ph. D. Alejandro Bonifacio Flores

TRIBUNAL EXAMINADOR:

Ing. José Eduardo Oviedo Farfán

Ing. Ph. D. Félix Mamani Reynoso

Ing. M.Sc. Marcelo Tarqui Delgado

APROBADA

PRESIDENTE TRIBUNAL EXAMINADOR:

LA PAZ – BOLIVIA

2019

DEDICATORIA

En especial a Dios que me dio la vida, la oportunidad de culminar mis estudios y por haberme dado las fuerzas necesarias para la culminación de mi trabajo.

Con mucho cariño a mis padres: Evaristo y Trinidad por su gran cariño y su apoyo inagotable.

A mis hermanas Martha, Francisca, Cristina, Rosa y Julia por su apoyo incondicional.

A mi hermano Erasmo por su constante apoyo y comprensión.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por haberme dado las fuerzas necesarias y la paciencia en los momentos difíciles de mi vida y mi trabajo.

A la Fundación PROINPA (Promoción e Investigación de Productos Andinos), que hizo posible el apoyo económico y técnico brindándome la oportunidad de realizar el presente trabajo de investigación.

Expresar mi más sincera gratitud al Ph. D. Alejandro Bonifacio Flores ASESOR DE TESIS por el empeño y empuje que aportó para que este trabajo se hiciera realidad con su incondicional apoyo.

A las ingenieras Mirian y Betzabe de la fundación PROINPA por la confianza, amistad, apoyo brindado durante mi estadía.

A la Universidad Mayor de San Andrés por medio de los señores Docentes y Auxiliares de Docencia de la Carrera de Ingeniería Agronómica, que me condujeron durante mi formación profesional. Un especial agradecimiento a aquellos que me enseñaron con el ejemplo y dieron de su tiempo.

Al tribunal revisor: Ing. Marcelo Tarqui, Ing. Eduardo Oviedo y al Ph. D. Félix Mamani por la colaboración brindada en la revisión y corrección del documento final.

Y a todas aquellas personas que de una u otra forma, colaboraron o participaron en la realización de esta investigación, hago extensivo mi más sincero agradecimiento.

ÍNDICE

	Pág.
I. INTRODUCCION	1
1.1 Antecedentes.....	2
1.2 Justificación	3
II. OBJETIVOS	4
2.1 Objetivo general	4
2.2 Objetivos específicos	4
III. REVISIÓN DE LITERATURA	5
3.1. Q'awchi	5
3.1.1. Características generales del q'awchi	5
3.1.2 Importancia del q'awchi.....	7
3.1.3 Descripción taxonómica	8
3.1.4 Morfología.....	8
3.1.5 Distribución del q'awchi.....	9
3.1.6 Nutrientes del q'awchi	10
3.2 El suelo y su importancia	11
3.2.1 Importancia de las condiciones del suelo	12
3.2.1.1 Propiedades físicas del suelo	14
3.2.1.1.1 Textura	14
3.2.1.1.2 Estructura	16
3.2.1.3 Propiedades químicas del suelo	16
3.2.1.3.1 pH	16
3.2.1.3.2 Macronutrientes y micronutrientes.....	16
3.2.1.3.3 Influencia del pH o la reacción del suelo	17
3.2.1.3.4 Cationes, bases y acidez cambiante (CIC).....	18
3.2.1.3.4.1 Absorción radicular de los nutrientes.....	18
3.3. Características de los Q'awchiales	19

3.4 Suelos con acumulación de sales.....	20
3.5 Características de los sustratos.....	21
3.5.1 Sustrato.....	21
3.5.1.1 Componente del sustrato.....	22
3.5.1.1.1 Turba.....	23
3.5.1.1.2 Tipos de turba.....	24
3.5.1.2 Origen de los materiales.....	24
3.5.1.3 Propiedades.....	25
3.5.1.4 Relación Carbono Nitrógeno del sustrato.....	26
3.5.2 Materia orgánica.....	28
3.5.2.1 Influencia de la materia orgánica sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.....	29
3.5.2.1.1 En las propiedades físicas.....	29
3.5.2.1.2 En las propiedades químicas.....	29
3.5.2.1.3 En las propiedades biológicas.....	30
3.6 Tratamiento de semilla.....	31
3.6.1 Latencia o dormancia.....	31
3.6.2 Tratamientos pre germinativos.....	31
3.7 Trasplante.....	33
3.8 Características fisiológicas de la semilla.....	33
3.8.1 semilla.....	34
3.8.2 Estructura y fisiología de las semillas.....	34
3.8.3 Viabilidad.....	35
3.8.4 Germinación.....	35
IV. LOCALIZACIÓN.....	37
4.1 Características generales.....	37
4.1.1 Localización.....	37

4.1.2 Ubicación Geográfica	37
4.1.3 Características ecológicas	38
4.1.3.1 Clima.....	38
4.2 Características ecológicas generales	39
4.2.1 Temperaturas máximas y mínimas.....	39
4.2.1.2 Vegetación.....	40
V. MATERIALES Y METODOS	41
5.1 Materiales	41
5.1.1 Material biológico	41
5.1.2 Material inorgánico	41
5.1.5 Material de laboratorio.....	42
5.2 Marco metodológico	42
5.2.1 Procedimiento experimental.....	42
5.2.1.1 Obtención de semilla	42
5.2.1.2 Pruebas de laboratorio	42
5.2.1.3 Ensayo en invernadero	43
5.2.1.4 Preparación del sustrato para bandejas y macetas	44
5.2.1.5 Tratamiento de semilla	46
5.2.1.6 Siembra en bandejas	46
5.2.1.7 Preparación del área a usar en vivero.....	47
5.2.1.8 Trazado y estaqueado del terreno	48
5.2.1.9 Trasplante.....	48
5.2.1.10 Registro de las variables de respuesta.....	49
5.2.1.11 Análisis de correlación	49
5.2.1.12 Diseño experimental.....	50
5.2.1.13 Modelo lineal aditivo para laboratorio e invernadero.....	50
5.2.1.14 Tratamientos para laboratorio e invernadero	50

5.2.1.15 Croquis experimental para laboratorio e invernadero	51
5.2.1.16 Modelo lineal aditivo para vivero.....	52
5.2.1.17 Tratamientos en vivero.....	53
5.2.1.18 Variables de respuesta	54
5.2.1.19.1 Variables registrados en ambiente controlado	54
5.2.1.19.2 Variables registradas en vivero.....	55
5.2.1.20 Análisis físico químico de suelos	56
VI. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	57
6.1 Porcentaje de germinación	57
6.1.1 Germinación de semillas de q'awchi (<i>Suaeda foliosa</i> Moq.) bajo diferentes métodos de escarificado.....	57
6.1.1.1 Análisis de varianza para la germinación de semillas de q'awchi (<i>Suaeda foliosa</i> Moq.) a los 28 días.....	58
6.1.1.2 Prueba de medias entre tratamientos para (% germinación – escarificado)	60
6.2 Porcentaje de emergencia	61
6.2.1 Emergencia de semillas de q'awchi (<i>Suaeda foliosa</i> Moq.) en diferentes sustratos	61
6.2.1.1 Curva de emergencia de los plántines de q'awchi (<i>Suaeda foliosa</i> Moq.)	61
6.2.1.2 Análisis de varianza para la emergencia de semillas de q'awchi (<i>Suaeda foliosa</i> Moq.) a los 43 días.....	70
6.2.1.3 Comparación de medias para porcentaje de emergencia	71
6.3 Altura de planta	73
6.3.1 Altura de planta bajo diferentes proporciones de suelo.	73
6.3.1.1 Análisis de varianza para altura de planta bajo diferentes tipos de suelo	83
6.3.1.2 Comparación de medias Duncan ($\alpha = 0.05$) para altura de planta	84
6.4 Rendimiento en materia verde	86
6.4.1 Materia verde de plántines de q'awchi (<i>Suaeda foliosa</i> Moq.) en 225 días	86
6.4.1.1 Análisis de varianza para materia verde bajo diferentes tipos de suelo.....	86
6.4.1.2 Comparación de medias Duncan ($\alpha = 0.05$) para rendimiento en materia verde...	88

6.5 Rendimiento en materia seca	89
6.5.1 Materia seca de plántines de q'awchi (<i>Suaeda foliosa</i> Moq.) en 225 días.....	89
6.5.1.1 Análisis de varianza para materia seca bajo diferentes tipos de suelo	89
6.5.1.2 Prueba de medias entre tratamientos para rendimiento en materia seca	90
6.6 Días a la ramificación	92
6.6.1 Días a la ramificación del q'awchi en 225 días.....	92
6.6.1.1 Análisis de varianza de días a la ramificación	92
6.6.1.2 Comparación de medias para días a la ramificación	93
6.7 Resultado del análisis de suelos en laboratorio	94
6.7.1 Análisis físico químico de suelos	94
VII. CONCLUSIONES	97
VIII. RECOMENDACIONES	99
IX. BIBLIOGRAFIA	100
ANEXOS	104

INDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro N° 1. Tabla de nutrientes del q'awchi (en % de materia seca).....	10
Cuadro N° 2. Características y pH de los componentes de los sustratos.....	27
Cuadro N° 3. Tratamientos en laboratorio.	50
Cuadro N° 4. Tratamientos en invernadero	51
Cuadro N° 5. Tratamientos en vivero.....	53
Cuadro N° 6. Dimensiones de las unidades experimentales.	54
Cuadro N° 7. Análisis de varianza para el porcentaje de germinación en semillas de q'awchi.....	59
Cuadro N° 8. Prueba Duncan (% germinación – Escarificado).....	61
Cuadro N° 9. Análisis de varianza para porcentaje de emergencia de plántulas de q'awchi a 40 días.....	71
Cuadro N° 10. Prueba Duncan (% emergencia – Sustrato).....	73
Cuadro N° 11. Análisis de varianza para la altura de planta en 225 días.....	84
Cuadro N° 12. Prueba Duncan para altura de planta en diferentes sustratos (225 días).	86
Cuadro N° 13. Análisis de varianza para rendimiento de q'awchi (g/MV/m ²) en 225 días.	87
Cuadro N° 14. Prueba Duncan (materia verde – Sustrato).....	89
Cuadro N° 15. Análisis de varianza para rendimiento de q'awchi en materia seca (g/MS/m ²).....	90
Cuadro N° 16. Prueba Duncan (materia seca – sustrato).....	91
Cuadro N° 17. Análisis de varianza para días a la ramificación del q'awchi.....	93
Cuadro N° 18. Prueba Duncan (Días a la ramificación – Sustrato).....	94
Cuadro N° 19. Resultado de los análisis de laboratorio realizados en el Instituto IBTEN.	96

INDICE DE FIGURAS

Pág.

Figura N° 1. Temperaturas máximas y mínimas del municipio de Viacha del periodo de noviembre 2017 a agosto de 2018.....	37
Figura N° 2. Croquis de la unidad experimental y área útil en laboratorio.....	38
Figura N° 3. Dimensiones de la bandeja en invernadero.	52
Figura N° 4. Croquis de la unidad experimental y área útil en invernadero.....	52
Figura N° 5. Croquis de la unidad experimental y área útil en vivero (distribución de bloques y tratamientos).	54
Figura N° 6. Frecuencia de la germinación de semilla de q'awchi (<i>Suaeda foliosa</i> Moq.) a los 28 días	58
Figura N° 7. Frecuencia de emergencia de plántula de q'awchi (<i>Suaeda foliosa</i> Moq.) en suelo de Toledo a los 43 días	62
Figura N° 8. Frecuencia de emergencia de plántula de q'awchi (<i>Suaeda foliosa</i> Moq.) en suelo de Toledo proporción (1:1) a los 43 días	63
Figura N° 9. Frecuencia de emergencia de plántula de q'awchi (<i>Suaeda foliosa</i> Moq.) en suelo de Toledo proporción (1:2) a los 43 días	64
Figura N° 10. Frecuencia de emergencia de plántula de q'awchi (<i>Suaeda foliosa</i> Moq.) en suelo de Lago Poopó proporción (1:0) a los 43 días.....	65
Figura N° 11. Frecuencia de emergencia de plántula de q'awchi (<i>Suaeda foliosa</i> Moq.) en suelo de Lago Poopó proporción (1:1) a los 43 días.....	66
Figura N° 12. Frecuencia de emergencia de plántula de q'awchi (<i>Suaeda foliosa</i> Moq.) en suelo de Lago Poopó proporción (1:2) a los 43 días.....	67
Figura N° 13. Emergencia de plántula de q'awchi (<i>Suaeda foliosa</i> Moq.) en suelo de Ayamaya proporción (1:0) a los 43 días	68
Figura N° 14. Frecuencia de emergencia de plántula de q'awchi (<i>Suaeda foliosa</i> Moq.) en suelo de Ayamaya proporción (1:1) a los 43 días	69
Figura N° 15. Emergencia de plántula de q'awchi (<i>Suaeda foliosa</i> Moq.) en suelo de Ayamaya proporción (1:2) a los 43 días	70
Figura N° 16. Frecuencia de crecimiento en plántines de q'awchi en suelo de Toledo de proporción (1:0) a los 225 días	75
Figura N° 17. Frecuencia de crecimiento en plántines de q'awchi en suelo de Toledo de proporción (1:1) a los 225 días	76

Figura N° 18. Frecuencia de crecimiento en plántines de q'awchi en suelo de Toledo de proporción (1:2) a los 225 días	77
Figura N° 19. Frecuencia de crecimiento en plántines de q'awchi en suelo de Lago Poopó de proporción (1:0) a los 225 días	78
Figura N° 20. Frecuencia de crecimiento en plántines de q'awchi en suelo de Lago Poopó de proporción (1:1) a los 225 días.....	79
Figura N° 21. Frecuencia de crecimiento en plántines de q'awchi en suelo de Lago Poopó de proporción (1:2) a los 225 días	80
Figura N° 22. Frecuencia de crecimiento en plántines de q'awchi en suelo de Ayamaya de proporción (1:0) a los 225 días	81
Figura N° 23. Frecuencia de crecimiento en plántines de q'awchi en suelo de Ayamaya de proporción (1:1) a los 225 días	82
Figura N° 24. Frecuencia de crecimiento en plántines de q'awchi en suelo de Ayamaya de proporción (1:2) a los 225 días	83

INDICE DE FOTOGRAFIAS

	Pág.
Fotografía N° 1. Mapa del estado plurinacional de Bolivia, Departamento de La Paz, Provincia Ingavi Municipio de Viacha	37
Fotografía N° 2. Ubicación de la fundación PROINPA lugar donde se llevó a cabo el estudio.	38
Fotografía N° 3. Suelo de Ayamaya proporción (1:1)	45
Fotografía N° 4. Suelo de Lago Poopó proporción (1:1)	45
Fotografía N° 5. Suelo de Toledo proporción (1:1)	- 45 -
Fotografía N° 6. Escarificación via húmeda.	45
Fotografía N° 7. Siembra de semilla escarificada en bandejas de 200 hoyos.	46
Fotografía N° 8. Macetas en el área preparada para el trasplante de q'awchi.	46
Fotografía N° 9. Desarrollo de plantines de q'awchi a los 48 días.....	47
Fotografía N° 10. Medida de altura de planta.....	48
Fotografía N° 11. Planta de q'awchi identificada con marbete	48

INDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo N° 1. Riesgos climáticos diario presentados en el Municipio de Viacha del año 2017 y 201.....	105
Anexo N° 2. Altura de planta del q'awchi en un periodo de 6.5 meses	105
Anexo N° 3. Porcentaje de germinación del q'awchi en un periodo de 28 días.	106
Anexo N° 4. Promedios de días a la ramificación del q'awchi en 6.5 meses.....	106
Anexo N° 5. Porcentaje de emergencia del q'awchi en un periodo de 1.5 meses.	106
Anexo N° 6. Rendimiento de materia verde del q'awchi en un periodo de 6.5 meses.	107
Anexo N° 7. Rendimiento de materia seca del q'awchi.....	107
Anexo N° 8. Emergencia media diaria de Q'awchi (<i>Suaeda foliosa</i> Moq.) en 1.5 meses.	107
Anexo N° 9. Riesgos climáticos diario presentados en el Municipio de Viacha del año 2017 y 2018.	108
Anexo N° 10. Germinación media diaria de Q'awchi (<i>Suaeda foliosa</i> Moq.) en 1 mes.....	109
Anexo N° 11. Velocidad de crecimiento altura de planta en 6.5 meses	110
Anexo N° 12. Análisis de Varianza y prueba de comparación de medias Duncan para porcentaje de germinación (%).	110
Anexo N° 13. Análisis de Varianza y prueba de comparación de medias Duncan para porcentaje de emergencia (%).	111
Anexo N° 14. Análisis de Varianza y prueba de comparación de medias Duncan para altura de planta (cm).	111
Anexo N° 15. Análisis de Varianza y prueba de comparación de medias Duncan para rendimiento en materia verde (g MV/m ²).	112
Anexo N° 16. Análisis de Varianza y prueba de comparación de medias Duncan para rendimiento en materia seca (g MS/m ²).	112
Anexo N° 17. Análisis de Varianza y prueba de comparación de medias Duncan para días a la ramificación (días).	113
Anexo N° 18. Limpieza y eliminación del perigonio de las semillas de q'awchi para su posterior germinación en laboratorio.	113
Anexo N° 19. Prueba de germinación con escarificación química, física y mecánica en la cámara climática de laboratorio.	114

Anexo N° 20. Plantines de q'awchi (<i>Suaeda foliosa</i> Moquin) en desarrollo en los diferentes sustratos.....	114
Anexo N° 21. Análisis físico químico de los suelos en estudio por IBTEN.....	115

RESUMEN

El trabajo de investigación se realizó en el Centro de Investigación de la Fundación PROINPA que se encuentra a 41 km de la ciudad de La Paz, en el municipio de Viacha con el objetivo de evaluar el efecto de la escarificación de semilla de q'awchi (*Suaeda foliosa* Moq.) y el desarrollo de plantines en sustratos de suelo natural (Ayamaya, del Lago Poopó y Toledo), con adición de turba.

Para la investigación se empleó el diseño de bloques al azar (en vivero) y el diseño completamente al azar (en invernadero y laboratorio). Las variables de respuesta fueron las siguientes: porcentaje de germinación, porcentaje de emergencia, altura de planta, días a la ramificación, rendimiento en materia verde y rendimiento en materia seca. Además se ha complementado con el análisis químico de los sustratos asignados como tratamientos en estudio.

Los resultados muestran que la escarificación de semilla ha tenido un efecto favorable para la geminación, puesto que la semilla tratada ha germinado 80,75 % en 28 días mientras que la semilla no tratada ha registrado 0,75 % de germinación en el mismo tiempo. En cuanto a los sustratos, se ha evidenciado una influencia en el desarrollo de los plantines de q'awchi (*Suaeda foliosa* Moq.) según las proporciones de turba, destacándose el suelo de Ayamaya de proporción (1:1) que denota como el mejor sustrato para el crecimiento de plantines en vivero.

En invernadero para la emergencia de la semilla el mejor sustrato es T8 Ayamaya (1:1). Con respecto al crecimiento de plantines la mayor altura de planta máxima promedio fue de 11,38 cm en 225 días con el sustrato T8 Ayamaya (1:1) y la menor altura fue de 5,12 cm con el sustrato T1 Toledo (1:0) es decir que el desarrollo de plantines fue lento.

El rendimiento de materia verde fue de 103,48 g MV/m² lo que equivale a 1034,8 kg MV/ha con un sustrato de suelo de Ayamaya de proporción (1:1). En el

rendimiento de materia seca se tiene un 34,49 g MS/m² lo que equivale a 344,9 kg MS/ha con el sustrato de Ayamaya en proporción (1:1).

Se concluye que para la producción de plantines de q'awchi es necesario emplear el método de escarificación manual o químico de la semilla, aun así en la germinación donde se requiere mayor tiempo. Las plantas del q'awchi registraron una buena emergencia con el sustrato de Ayamaya en proporción (1:1). El mejor crecimiento de plantines se logró utilizando como sustrato suelo de Ayamaya y turba proporción (1:1); donde en la primera etapa de desarrollo se obtiene 103,48 g MV/m² lo que significa 1034,8 kg MV/ha.

SUMMARY

The research work was carried out in the Research Center of the PROINPA Foundation which is located 41 km from the city of La Paz, in the municipality of Viacha with the objective of evaluating the effect of the scarification of q'awchi seed (*Suaquin foliosa* Moq.) and the development of seedlings in substrates of natural soil (Ayamaya, Lake Poopó and Toledo), with the addition of peat.

For the research, random block design (in nursery) and completely random design (in greenhouse and laboratory) were used. The response variables were the following: percentage of germination, percentage of emergence, height of plant, days to branching, yield in green matter and yield in dry matter. It has also been complemented with the chemical analysis of the substrates assigned as treatments under study

The results show that the scarification of seed has had a favorable effect for the germination, since the treated seed has germinated 80.75% in 28 days while the untreated seed has registered 0.75% of germination in the same time. As for the substrates, an influence on the development of the q'awchi seedlings (*Suaeda foliosa* Moq.) was evidenced according to the proportions of peat, highlighting the Ayamaya soil of proportion (1: 1) which denotes the best substrate for the growth of nursery seedlings.

In a greenhouse for seed emergence the best substrate is T8 Ayamaya (1: 1). Regarding the growth of seedlings, the highest average plant height was 11.38 cm in 225 days with the Ayamaya T8 substrate (1: 1) and the lowest height was 5.12 cm with the T1 Toledo substrate (1: 0) that is, the development of seedlings was slow.

The yield of green matter was 103.48 g MV / m² which is equivalent to 1034.8 kg MV / ha with a soil substrate of Ayamaya of proportion (1: 1). In the yield of dry matter there is 34.49 g MS / m² which is equivalent to 344.9 kg DM / ha with the substrate of Ayamaya in proportion (1: 1).

It is concluded that for the production of q'awchi seedlings it is necessary to use the method of manual or chemical scarification of the seed, even so in the germination where more time is required. The q'awchi plants recorded a good emergence with the Ayamaya substrate in proportion (1: 1). The best growth of seedlings was achieved using as substrate Ayamaya soil and peat ratio (1: 1); where in the first stage of development 103.48 g MV / m² is obtained, which means 1034.8 kg MV / ha.

I. INTRODUCCION

Los efectos del cambio climático en la biósfera de la tierra son un factor limitante para la producción de alimentos para la vida animal y humana, particularmente en el altiplano Boliviano donde se presenta una serie de factores adversos de tipo abiótico.

La alta incidencia de las heladas, la evaporación del agua por las temperaturas altas durante el día, la reducida precipitación pluvial; son factores que conducen al proceso de salinización de los suelos. La salinización en suelos es una limitante para la productividad de pastos ocasionando la degradación de los suelos y de cobertura vegetal.

El altiplano boliviano se caracteriza por las condiciones climáticas poco favorables para la agricultura, puesto que se presenta riesgo de pérdida de la productividad especialmente en las regiones áridas y semi áridas como es el altiplano de nuestro país donde son pocas las especies que prosperan.

Por otra parte, el sobre pastoreo en condiciones edafológicas y ecológicas frágiles conducen a la pérdida gradual de vegetación nativa. Por lo que son evidentes los procesos de degradación de suelos del altiplano como consecuencia de fenómenos naturales y antrópicos.

En suelos marginales del altiplano, se cuenta con algunas especies halófitas nativas. Estas especies constituyen la principal fuente de cobertura vegetal y fuente de forraje para los animales domésticos y silvestres. Sin embargo, estas especies se ven afectadas negativamente por la degradación de suelos y los efectos del cambio climático, observando la reducción considerable de su población.

Con respecto al q'awchi, (*Suaeda foliosa* Moquin) liwi liwi (*Atriplex cristata*), janki (*Frankenia triandra*), no existe información técnica para la multiplicación y manejo dirigido de estos recursos vegetales. Poco se conoce sobre la fisiología de

semilla, el porcentaje de germinación y emergencia como también el ritmo de crecimiento en condiciones experimentales.

La semilla de q'awchi presenta dormancia de uno a dos años lo que limita las opciones de siembra directa al presentar retraso de la germinación de la semilla.

Ante la pérdida de productividad de biomasa vegetal en suelos salinos, es necesario el estudio de los métodos de germinación y técnicas de multiplicación del q'awchi. Los resultados formarán parte de las alternativas para contrarrestar la pérdida de la cobertura vegetal mediante trasplante.

1.1 Antecedentes

En el año 2003, la prefectura de Oruro, a través de la secretaria departamental de recursos naturales y medio ambiente inició la recuperación de 25.400 hectáreas de suelos salinos con la siembra de q'awchi en los municipios de Toledo, el Choro, Caracollo y Soracachi de las provincias Saucari y Cercado (Ayala *et al.*, 2009). Sin embargo, no se tiene la información sobre los resultados.

El proyecto tuvo como objeto controlar la salinización de los suelos revirtiendo problemas de producción de forrajeras para alimentación animal que promovió la participación y capacitación comunitaria para la rehabilitación y mejoramiento ambiental de las tierras salinizadas y posibilitar a la construcción de infraestructura de capacitación e investigación para el manejo de q'awchi y otras especies halófitas del altiplano (Ayala *et al.*, 2009).

Pozo (1992), citado por Hervé *et al.*, (2002), realizó pruebas de germinación con tratamientos químicos para romper la dormancia de la semilla de q'awchi con resultados alentadores. Sin embargo, no se ha dado continuidad a la investigación para multiplicar el q'awchi en forma dirigida.

1.2 Justificación

Existe un notable interés en la producción de forraje en suelos no aptos para la agricultura debido a que estas contienen grandes cantidades de sales en sus horizontes que dificultan el desarrollo de varias plantas; pero la literatura disponible es escasa, lo cual dificulta de técnicas, materiales y métodos del manejo del q'awchi.

El esfuerzo se centrará en transmitir metodologías probadas, cuyos resultados, garanticen el éxito de esta especie (*Suaeda foliosa* Moq.) con bajos costos de producción, una mínima dedicación por parte del cultivador y al alcance del agricultor como del profesional.

Este ensayo tiene como finalidad reducir el tiempo de la dormancia en semilla de q'awchi (*Suaeda foliosa* Moq.), empleando los método de escarificación, además de darle un sustrato adecuado adicionando turba en suelos naturales de Ayamaya, Toledo y Lago Poopó, para determinar el comportamiento agronómico bajo estas condiciones, así como su producción.

También proponer una alternativa para la alimentación del ganado en épocas de escases de forrajes, por lo que los resultados pueden ser una fuente de consulta para aquellos que quieran implementarlo como un recurso de producción.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de la escarificación de semilla de q'awchi (*Suaeda foliosa* Moq.) y desarrollo de plantines en sustratos naturales con proporciones de materia orgánica.

2.2 Objetivos específicos

- Evaluar el efecto de la escarificación sobre la germinación de la semilla de q'awchi.
- Evaluar la emergencia del q'awchi en sustratos naturales y mezclas con turba.
- Evaluar el crecimiento de plantines de q'awchi en sustratos naturales y con turba.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. Q'awchi

3.1.1. Características generales del q'awchi

El q'awchi según Lleellis *et al.*, (2015) se trata de un sub arbusto ramoso con la base leñosa, de tallo ascendente verdoso con hojas suculentas cilíndricas entre 5 a 10 mm de longitud (región estéril); en la región floral pocas veces sobrepasan los 3 mm. La inflorescencia es un glomérulo con 1 a 9 flores bisexuales son de 2 a 2.5 mm de diámetro con ovario cilíndrico cuyo estigma se encuentra dividido en 5 a 6 lacinias, mientras que la flores femeninas miden hasta 1.5 mm. Androceo ausente y estigma dividido en 3 a 6 lacinias.

La planta de q'awchi es un arbusto que se desarrolla aproximadamente 50 cm de altura, esta especie se propaga mediante semilla y es una especie tolerante a la helada su hábitat en áreas de secano sin precipitaciones dura de 6 a 10 meses, con precipitaciones de 100 a 300 mm/año, concentrándose en invierno; así mismo en áreas extremadamente áridas, con lluvias muy raras de temporada seca dura de 8 a 12 meses donde las precipitaciones son menores a 100 mm/año; por consiguiente las plantas reciben agua principalmente desde el aire por condensación (Ramírez, 2010).

La quenopodiácea sub-arbustiva (*Suaeda foliosa*) q'awchi presenta una notable adaptabilidad a suelos alcalinos, arcillosos de drenaje pobre, tolerante a encharcamiento prolongado a la sequía, a la helada y granizo. Se desarrolló naturalmente con gramíneas y sub-arbustos halófitas aproximadamente en 150.000 ha en suelos sedimentarios, a una altura promedio de 3750 msnm en el Rio Desaguadero a orillas del Lago Poopó y Uru Uru en el departamento de Oruro (Rocha, 1983).

Alzérreca (1986), citado por Hervé *et al.*, (2002) menciona que los arbustales de q'awchi pueden llegar a tener una producción alrededor de 1.300 kg MS/ha; es decir que cuanto más años tiene la planta su producción aumentará. Teniendo

datos de la provincia Villarroel, evaluaciones hechas en 1996 a 1998 dan resultados de q'awchiales de dos años, implantados en zanjas espaciadas de 2.5 m, dan una producción de 322 kg MS/ha; es decir un valor similar a la de un Tholar pajonal (392 kg MS/ha).

Investigaciones bromatológicas realizadas por Bustamante y Ruiz (1988), mencionan que el q'awchi (*Suaeda foliosa* Moquin), contiene en sus hojas y ramas proteína cruda (16.68 – 16.78 %) y fibra cruda en hojas y tallos (7.6 - 14.14 %).

Es muy tolerante a las sequías, por no requerir grandes cantidades de agua para desarrollarse como otras especies cultivadas. Para Ayala *et al.* (2009), es importante esta especie forrajera en épocas de escasez de alimentos para el ganado (septiembre – noviembre) en este período el q'awchi se encuentran aún en estado verde; lo que constituye en el único forraje estratégico disponible para el ganado.

Pérez (2009), destaca que las praderas nativas no son cultivadas, sin embargo alberga un alto ecosistema natural original; además de que el 90% de la ganadería se alimenta de estos forrajes que proveen las diferentes asociaciones vegetales de los campos naturales de pastoreo y el 10% corresponde a praderas introducidas.

La vegetación, hidrología, topografía, clima y suelos en la Zona Andina, determinan la evolución de grandes unidades agroecológicas que agrupan a su vez diferentes tipos de praderas, de tal manera que se destacan los q'awchiales, praderas donde predomina el q'awchi (*Suaeda foliosa* Moquin) especie de alto valor nutritivo, con la ventaja del rebrote de esta especie entre agosto y noviembre (época seca) en el cual es aprovechada para el pastoreo, el mismo que se encuentra asociado con Liwi liwi, Cola de ratón y en menores cantidades Chijis perennes, que crecen en suelos altamente salinos e inundadizos (Pérez, 2009).

3.1.2 Importancia del q'awchi

Rocha (1983), indica que su importancia económica radica en que en esas épocas soportaba una ganadería de hasta 250.000 ovinos, 7.445 camélidos y 1.680 bovinos; además de su alto contenido de proteína en hojas de dos años de un 14.77% y en hojas de un año 17.3% lo cual favorece al ganado.

Ayala *et al.*, (2009), indica que el q'awchi es de excelente calidad nutritiva para el ganado, por su alto contenido de proteína (11 a 16.5%); el mismo indica que el q'awchi es rústica, porque puede germinar y crecer en terrenos pobres, arcillosos con alto contenido de sal, donde otras plantas no podrían sobrevivir a los cambios bruscos de temperatura.

Bustamante y Ruiz (1988), destacan que el q'awchi (*Suaeda foliosa* Moq), es una planta de gran importancia debido a la fitomasa forrajera así registrándose hasta un 22.000 kg MV/ha, para la alimentación del ganado ovino, vacuno y camélido, el mismo que se mantiene verde en épocas de invierno donde ninguna otra especie vegetal soportaría las condiciones edafoclimáticas.

Bustamante y Ruiz (1988), menciona que esta planta tiene mucha importancia, debido a que las praderas donde se encuentra el q'awchi tienen suelos arcillosos, planos, salinos e inundadizos que se encuentra a lo largo del río Desaguadero; por lo consiguiente que la demanda de este forraje es alto por las condiciones mencionadas de la región.

La importancia de la especie (*Suaeda foliosa* Moq.) radica en su aporte nutricional, también la especie es utilizada para la predicción climática que es de gran aporte en el municipio de Chipaya departamento de Oruro; es decir el saber pronosticar el tiempo en base a los conocimientos indígenas a través de la observación en la flora, fases lunares, es prever ciertas actividades agrícolas y pecuarias (Ramírez, 2010).

El mismo autor menciona a las especies que se usan como indicadores para pronosticar el clima como: el Ch'iji, Nak'a th'ola, flor de th'ola, raíz de la paja y el

q'awchi; dado el caso del q'awchi, para un buen año con buenas cosechas, aparecen gotas dulces en la raíz y en el tallo de la planta, lo cual es conocido como el *misk'i*, aparece durante las heladas (junio y julio).

Lleellis *et al.*, (2015) resaltan la importancia que tiene el q'awchi en la zona alto andina de Bolivia por sus características de planta forrajera, tolerante a las heladas y sequías; es decir que al ser una especie halófito esta también sirve de cobertura evitando la erosión del suelo.

3.1.3 Descripción taxonómica

Rojas (2001), describió la clasificación taxonómica del género *Suaeda* de la siguiente forma:

Reino: Vegetal

División: Magnoliophyta

Subclase: Caryophyllidae

Clase: Magnoliopsida

Orden: Caryophyllales

Familia: Chenopodiaceae

Género: *Suaeda*

Especie: *Suaeda foliosa* Moq.

3.1.4 Morfología

Ayala *et al.*, (2009), describe la morfología del q'awchi (*Suaeda foliosa* Moq) que se resume a continuación.

- a) **Raíz:** La raíz (órgano de fijación de la planta al suelo), es axonomorfa con geotropismo positivo, pivotante que llegan a alcanzar longitudes mayores a 60 cm de consistencia leñosa y perenne sus raíces secundarias son adventicias que se desarrollan de forma horizontal respecto al suelo.

- b) **Tallo:** El tallo tiene consistencia semileñosa, fusiforme con la zona basal y media más desarrollada que la parte apical llegando a tener alturas de 7 a 30

cm, con un crecimiento erecto a pre decumbente a postrado que se modifica de acuerdo a los años característica que es de acuerdo a cada ecotipo.

- c) **Hojas:** Las hojas están insertas al tallo por medio de un pequeño peciolo, de consistencia carnosa o suculenta, de morfología oblonga de variado tamaño según la posición del tallo y ramas; estos varían de 3 a 14 mm de largo por 3.5 a 5 mm de ancho, con nervaduras primarias y secundarias.
- d) **Flor:** son hermafroditas y monocarpelares de simetría actinomorfa.
- e) **Inflorescencia:** la inflorescencia es de tipo amento formando glomérulos de 2 a 5 y 4 a 16 flores hermafroditas y pistiladas, las mismas están ubicadas en las axilas de las hojas y se distribuyen a lo largo del eje caulinar y ramas.
- f) **Fruto:** El fruto es un aquenio indehiscente, con pericarpio membranoso que envuelve completamente a la semilla, que al completar su desarrollo pasa de la forma esférica a la achatada.
- g) **Semilla:** la semilla tiene una superficie lisa, brillante y de coloración negra al concluir su formación y maduración, el tamaño promedio oscila entre 0.8 a 1.7 mm.

3.1.5 Distribución del q'awchi

En lo referente al q'awchi (*Suaeda foliosa* Moq.) es originaria de Sudamérica reportada en Chile, Perú y Bolivia. Es de gran importancia como recurso genético el cual tiene un potencial alimenticio y forrajero siendo muy apreciada en la zona alto andina de Bolivia (Lleellish *et al.* 2015).

El mismo autor menciona que esta especie fue observada en la isla de San Lorenzo Perú en lugares protegidos por rocas entre los 200 a 300 msnm lo cual nos da a entender que esta especie también se encuentra en alturas bajas a nivel del mar.

El q'awchi es un forraje nativo del altiplano, característico de suelos con alto contenido de sales, como los de la pampa de Caracollo, Papel Pampa y otros lugares cercanos al Departamento de Oruro (Bustamante y Ruiz ,1988).

3.1.6 Nutrientes del q'awchi

Los estudios bromatológicos realizados por Bustamante y Ruiz (1988), determinaron que el q'awchi contiene 14,7 % de proteína cruda en las hojas y 12,2 % en las ramas.

Bustamante y Ruiz (1988), indican sobre las praderas nativas y forrajeras introducidas, el cual menciona un estudio más completo sobre los nutrientes del q'awchi, encontrándose así proteína cruda de 17,5% en hojas y 13% de fibra cruda en ramas y algunos elementos vitales como calcio y fósforo, el mismo que se muestra en el (Cuadro N° 1).

Cuadro N° 1. Tabla de nutrientes del q'awchi (en % de materia seca).

Nutrientes (%)	Hojas	Tallos
Humedad(M fresca)	78,56	76,39
Nitrógeno	2,67	2,69
Proteína cruda	16,68	16,78
Fibra cruda	7,6	14,14
Ceniza	34,84	30,56
Azucares reductores	1,42	1,38
Fosforo	0,38	0,37
Sodio	10,29	7,98
Potasio	2,35	2,4
Calcio	1,72	1,82
Magnesio	1,09	0,94

Fuente: (Bustamante y Ruiz, 1988).

Rocha (1983), manifiesta que las hojas suculentas del q'awchi tienen gran capacidad de retención de agua, por lo que es de gran ayuda para el ganado que

se cría en estas pampas donde no hay agua y en el q'awchi encuentran esa fuente de agua; además de que presenta un alto contenido de proteína cruda avalado por varios análisis bromatológicos (barja 1972, INFOL 1982, 1983; IBTA 1982 y la Universidad Técnica de Oruro 1982).

De acuerdo a los datos de la UTO efectuados con las muestras provenientes de la localidad de soledad de Inca 11% de proteína cruda en las hojas y 15% en tallos respectivamente (Rocha, 1983).

3.2 El suelo y su importancia

Miranda (2002), define al suelo como superficie suelta de tierra, complejo orgánico mineral con características dinámicas, lugar donde se desarrolla una gran actividad biológica que constituyen parte de un sistema en el cual hay una interacción entre los diferentes componentes; por lo tanto el suelo es el lugar donde se desarrollan las plantas.

Sistema natural desarrollado a partir de una mezcla de minerales y restos orgánicos bajo la influencia del clima y medio biológico; se diferencia en horizontes y suministra en parte los nutrimentos también es el sostén que necesitan las plantas, al contener cantidades apropiadas de aire y agua (Chilón, 2014).

Salm y Castro (2005), mencionan que en ciencias naturales se entiende por suelo a un sistema complejo de componentes minerales y orgánicos, ubicado en la capa superior de la corteza terrestre, que está en constante proceso de transformación por efecto del clima, repercutiendo en plantas, organismos del suelo y el accionar del hombre.

En suelos descubiertos, algo degradados, con muy poca profundidad zonas de planicie y ladera, son indicadores de suelos pobres, arenosos, suelos superficiales, donde se llegan a adaptar especies tolerantes a estas condiciones (Ramírez, 2010).

El suelo es un recurso natural que ocupa un espacio de forma organizada, dinámico y desarrollado a partir de una intemperización y descomposición de las

rocas minerales y restos orgánicos, bajo la influencia de los factores formadores del suelo, conteniendo cantidades apropiadas de aire, agua y suministrando los nutrientes y el sostén que requieren las plantas (Fassbender, 2009).

Chilón (2014), manifiesta que la agricultura en suelos bolivianos está condicionada por diversos factores limitantes: uno de ellos está determinado por la naturaleza y características de sus propiedades físicas, químicas y biológicas tan variables en el país. La mayor parte de los suelos del país no lo hacen aptos para las actividades agrícolas que reporten un buen rendimiento.

3.2.1 Importancia de las condiciones del suelo

Orsag (2010), afirma que la importancia de este recurso no solo es para las actividades productivas del hombre, sino también el rol que cumple el mismo en la naturaleza, el cual depende de su misma subsistencia en el planeta tierra; cabe recordar que el suelo permite satisfacer las necesidades del hombre, además de cumplir el rol de producción de forrajes para disponer de productos de origen animal.

Este recurso está conformado de manera proporcional con una parte mineral 45% una parte orgánica 5% una parte aérea o gaseosa aproximadamente de 25% y una parte líquida 25%; sin embargo este recurso natural debido al uso indiscriminado es objeto (explotación sin recuperación de sus nutrientes) de deterioro cada vez más creciente (salinización, alcalinización, contaminación y acidificación) todo esto provoca la pérdida parcial o total de su fertilidad con la disminución de alimentos, forrajes y otros (Orsag, 2010).

Salm y Castro (2005), mencionan que si bien las características de los suelos pueden variar de acuerdo a las propiedades edáficas homogéneas dentro de las ecoregiones, debido a condiciones ambientales similares. El principal factor para el desarrollo de los suelos es el clima, que determina la evolución del suelo, por consiguiente la temperatura, humedad, textura y pH son importantes para los procesos de transformación de los componentes del suelo.

Los mismos autores sostienen que en estas condiciones, la vegetación depende básicamente de las condiciones climáticas, por ende el aporte de materia orgánica y su acumulación es de suma importancia en el suelo como también de ciertos compuestos orgánicos que intervienen en los procesos de transformación del suelo.

Alzerreca (1992), señala que las praderas nativas se presentan distribuidas en la zona andina de Bolivia con marcadas diferencias en sus componentes vegetales en respuesta a variaciones de altitud, manejo, suelos, topografía y clima lo cual es un carácter definitivo para las especies vegetales.

En esta región han evolucionado diferentes comunidades vegetales en respuesta a condiciones edafoclimáticas específicas formando diferentes tipos de praderas, el cual comprende también tierras cuya vegetación no ha sido regenerada, pero proporciona una cubierta de forraje que se maneja como vegetación nativa (Alzerreca, 1992).

El mismo autor menciona que en el municipio de Curahuara de Carangas del Departamento de Oruro se evaluaron los tipos de pradera donde se identificó a los arbustales de q'awchi (*Suaeda foliosa* Moquin.) acompañadas de *Atriplex cristata*, *Salirconia peruviana*, *Distichlis humilis*. Pradera de origen de suelo sedimentario, salinos e inundadizos por corto tiempo, ubicadas a orillas del río Desaguadero y lago Poopó del Departamento de Oruro presenta alto valor pastoril especialmente para ovinos.

Miranda (2002), define a la roca un factor importante, que es un punto de inicio para la formación del suelo. El desarrollo de un suelo es más rápido sobre estratos sueltos (sedimentos) y rocas sedimentarias, que sobre rocas ígneas y metamórficas.

El mismo autor menciona que una roca ácida (predominancia de sílice) también favorece la evolución del suelo, mientras que la presencia de minerales que

contienen cationes como calcio y magnesio, frena la acidificación del suelo y con ello los procesos de descomposición de los minerales.

3.2.1.1 Propiedades físicas del suelo

Las propiedades físicas van a determinar los usos para los cuales estos son adecuados. Son las características responsables del crecimiento de las raíces, la aireación y el drenaje del agua, lo cual quiere decir que los suelos no solo están compuestos de un tamaño de partículas, sino que también contienen elementos favorables y desfavorables para el crecimiento de la planta (Tisdale, 1988).

Estas propiedades del suelo afectan al desarrollo de las raíces debido a las características de textura y estructura, por ende las condiciones de nutrición dependen de la riqueza del suelo para un desarrollo favorable de las plantas; sin embargo se intervienen en la asimilabilidad de los distintos elementos, así como en las condiciones generales de nutrición.

3.2.1.1.1 Textura

La textura no es más que el contenido porcentual de arena, limo y arcilla de un suelo, pues es un factor que determinará la fertilidad o la degradación del suelo; así mismo la textura influye sobre la temperatura del suelo importante para la germinación de las semillas (Orsag, 2010).

Suelos con un bajo contenido de materia orgánica, son desfavorables para el crecimiento de plantas debido a que la textura influye de forma directa a la aireación, la porosidad que retiene las cantidades mínimas de agua, que por consiguiente es escasa en nutrientes esenciales (Tisdale, 1988).

El estado físico o condición del suelo en relación con el crecimiento de las plantas, comprende la infiltración fácil del agua de lluvia, cantidad suficiente de humedad, aireación adecuada y temperaturas favorables del suelo; es decir que la distribución de los agregados por afloramiento y granulación del suelo favorecen el desarrollo de las plantas (Miranda, 2002).

a) Arena.

Miranda (2002), define a la arena como partículas irregulares que tienen diámetros de 0.02 a 2 mm, formadas en su mayoría por cuarzo por lo tanto es resistente a la mineralización, es poco soluble, no posee plasticidad ni adhesividad; por lo tanto estos suelos se caracterizan por ser muy permeables, baja capacidad de retención de agua, se denomina también suelos ligeros o livianos debido a la facilidad con la que pueden ser trabajados, también son llamados suelos calientes ya que se calientan con mayor velocidad que las arcillas debido a la presencia de macro poros y a la ausencia de humedad.

b) Limo.

El limo está integrada por partículas fragmentarias que van de 0.002 a 0.02 mm, donde también predomina el cuarzo al igual que la arena, no llegan a formar coloides; sin embargo debido a su pequeño diámetro las partículas son revestidas con películas de arcilla que le otorgan características coloidales (Miranda, 2002).

c) Arcilla.

Estas partículas tienen diámetros menores a 0.002 mm son laminares formados por filo silicatos. Debido a su gran superficie específica y pequeño diámetro llegan a formar coloides y gracias a esta característica tienen mayor plasticidad, adhesividad y cohesividad; por lo consiguiente estos suelos arcillosos son denominados también suelos pesados y suelos fríos debido a que retienen mayor humedad (Miranda, 2002).

El mismo autor afirma que las arcillas, debido a que tienen generalmente carga negativa (-), pueden unirse con iones de carga positiva como el Ca, Mg, y K ocurriendo la floculación, también puede unirse a grupos terminales como los fenolitos (OH-) de la materia orgánica mediante puentes de cationes.

3.2.1.1.2 Estructura

Miranda (2002), indica que la estructura es la disposición de las partículas que se unen para dar origen a los agregados del suelo, donde intervienen fenómenos biológicos, físicos y químicos para formar agregados sin la intervención de la mano del hombre.

Esta propiedad juntamente con la textura favorece positivamente sobre las otras características físicas del suelo como: la porosidad, circulación del agua en el perfil del suelo, circulación del aire necesario para la respiración de las raíces y evita la acumulación de CO₂ (tóxico para la raíz y microorganismos), temperatura, capacidad de retención de agua; además de evitar el encostramiento (Orsag, 2010).

3.2.1.3 Propiedades químicas del suelo

Las propiedades químicas abarcan:

3.2.1.3.1 pH

Miranda (2002), menciona a la escala de pH como medida de acidez y la alcalinidad de un determinado suelo; es decir la "reacción del suelo" que fluctúan entre 3.5 a 8.5 dependiendo de su valor de la naturaleza del material parental y evolución del suelo.

En suelos salinos, el horizonte B puede presentar un color oscuro, debido a la precipitación de la materia orgánica; por otra parte la mayoría de los nutrientes son asimiladas por las plantas a pH neutro, ligeramente ácidos o ligeramente básicos (Miranda, 2002).

3.2.1.3.2 Macronutrientes y micronutrientes

Chilón (2014), menciona que las cosechas finales de un cultivo son el resultado de la extracción de elementos nutritivos, presentes en el suelo, del N, P, K, Ca, Mg y otros que cabe mencionar:

- Al rededor del 95 al 99 % del tejido fresco (MV) de las plantas está compuesto por Carbono, Hidrogeno y Oxigeno; solo el 5% queda como ceniza después que el tejido de la planta se deseca o se quema, es usual que uno o más de los elementos encontrados en las cenizas como el Nitrógeno limita el crecimiento y desarrollo de las plantas.
- Los elementos menores o quelatos son utilizados por las plantas superiores en cantidades muy pequeñas caso del Fe, Cu, Zn, Mn, Cl, B y otros son normalmente requeridos por todas las plantas y que estas deben ser suministrados por el suelo o sustrato.
- Seis elementos son de vital importancia y son los probables a convertirse en factores limitantes del crecimiento de la planta como: N, P, K que son los principales nutrientes seguidos de Ca, Mg y S que son designados como secundarios o micro elementos.

3.2.1.3.3 Influencia del pH o la reacción del suelo

Chilón (2014), menciona que por regla general, el pH bajo es desfavorable para el buen funcionamiento del sistema radicular. Además un medio ácido indica un escaso contenido de bases (calcio, magnesio, potasio), así como en oligoelementos y en tales circunstancias disminuye la asimilabilidad del ácido fosfórico, por formarse combinaciones de este elemento con el hierro y el aluminio; la actividad microbiana se reduce, a consecuencia de ello desciende notablemente el suministro de nitrógeno mineral; por último los gusanos (lombrices) de tierra apenas pueden vivir en tales medios.

En cambio los oligoelementos (con excepción del molibdeno) son más asimilables en medio ácido (Chilón, 2014).

Los suelos con carbonato de calcio, característico de zonas semiáridas y áridas tienen un pH del orden 7,5 a 8,5 aquellos suelos que presentan pH de 9 a 12 contienen carbonato cálcico donde sus condiciones físicas y químicas son

desfavorables que afectan el crecimiento de la plantas como también la descomposición de la materia orgánica. (Orsag, 2010).

La reacción de un suelo (o pH) es una medida de la concentración de iones de hidrogeno; aunque no influye directamente en el crecimiento de las plantas, tiene varios efectos indirectos, sobre la disponibilidad de varios nutrientes y la actividad de la flora microbiana benéfica (Orsag, 2010).

3.2.1.3.4 Cationes, bases y acidez cambiante (CIC)

Según Tisdale (1988), el cambio iónico es simplemente el proceso reversible por el cual los cationes y aniones son intercambiadas en las fases líquidas y sólidas. De los dos procesos el más importante es el primero en el suelo, lo que ocurre en las fracciones de materia orgánica.

Una importante propiedad de los suelos es su grado de saturación de bases; es decir su capacidad de intercambio catiónico tales como el calcio, magnesio, sodio y potasio.

El mismo autor menciona que los fosfatos no son lavados por el agua en los suelos, sino que son retenidos en formas que solo pueden ser extraídas con soluciones de sales ácidas y alcalinas que fundamentalmente depende del pH; es decir cuánto más ácido el suelo mayor es la absorción de aniones.

3.2.1.3.4.1 Absorción radicular de los nutrientes

Serrano (1979), indica que las sales disueltas en el agua del suelo son absorbidas por los pelos absorbentes de las raíces mediante el fenómeno de la osmosis. El movimiento de las moléculas a través de la membrana celular necesita energía que es cedida por el proceso de respiración. Por un proceso de translocación los solutos y el agua absorbidas, son trasladadas hasta las hojas donde se efectúa la síntesis de azúcares.

Este proceso de absorción y movimiento a través de la planta está muy influenciada por la temperatura y humedad del suelo y más aún por la

luminosidad, la temperatura y la concentración de CO₂ en la atmósfera que rodea la parte vegetal.

Aparicio (2000), las raíces de los cultivos absorben de la solución del suelo, el nitrógeno principalmente como ión nitrato, y en menor cantidad como amonio, el ión amonio es transformado en nitrito y nitrato por las bacterias que participan en el ciclo del nitrógeno, lo que supone un peligro potencial de contaminación debido a que el amonio es retenido en el complejo de cambio del suelo mientras que el ión nitrato permanece disuelto en la solución del suelo y es arrastrado con facilidad por el agua, lo que puede producir lixiviación de esta forma nitrogenada.

3.3. Características de los Q'awchiales

Ayala *et al.*, (2009), describe que los suelos están en áreas planas a casi planas (con pendientes de 0 a 2%) de las llanuras fluviolacustres del río Desaguadero (Altiplano Central de Bolivia), donde los suelos son moderadamente profundos a profundos.

El mismo menciona que en zonas donde no existen inundaciones periódicas y por consiguiente no hay aporte de materia orgánica son suelos de tipo BW cámbricos; es decir los q'awchiales se han formado sobre suelos poco desarrollados (A y C), lo cual indica que en la mayoría de los casos los suelos presentan texturas pesadas, debido a que presentan contenidos importantes de arcilla (entre 45 a 88%) en sus horizontes (A1, A2, Bw, C1 o C2).

Por otra parte Alzérreca (1992), indica que en zonas andinas la vegetación, hidrología, topografía, clima y suelos son quienes determinan la evolución de varias grandes unidades agroecológicas a su vez diferentes tipos de praderas, entre los cuales se encuentran los arbustales de q'awchi, acompañada de otras halófitas de los géneros *Atriplex*, *Salicornia* y *Hordeum*, desarrollados en suelos sedimentarios, salinos e inundadizos.

García y Beck (2006), señalan las regiones con acumulación de sales al altiplano sur, entre los departamentos de La Paz y Oruro, alrededor de los salares y

lagunas alto andinas salinas, como Laguna Colorada y otras Lagunas del sur de Potosí. Estas áreas tienen suelos arcillosos lo cual favorece las inundaciones en temporadas de lluvias; por lo tanto las costras salinas superficiales se forman por efecto de la alta evaporación diurna, con la alta concentración de sales que determina una baja diversidad de especies.

3.4 Suelos con acumulación de sales

Hervé *et al.*, (2002), reporta que el altiplano boliviano es una zona endorreica donde todo el agua se evapora debido a una ETP alto, no hay infiltración superficial ni profunda que permita llevar la sal hasta el acuífero, no hay drenaje y la sal se queda en los primeros metros de suelo, que no provienen de la infiltración sino de la evaporación; por ende la presencia de cloruro a más de 2 metros, en el nivel de arcilla, indica la última inundación del Río Desaguadero.

Los mismos autores mencionan que a las causas naturales se añade cobertura vegetal, suelo y agua, que puede favorecer los procesos de salinización, de las tierras cultivadas y de pastoreo; por otro lado el pastoreo excesivo y la extracción de leña exponen los suelos, sin agregados estables debido a su textura arcillosa y limosa, favoreciendo así a la erosión hídrica y eólica en los horizontes superficiales del suelo. Por otra parte el riego, aplicado con deficiencias de drenaje y con aguas cargadas de sales puede favorecer los procesos de salinización.

Los suelos de los q'awchiales presentan altas concentraciones de sales en todo el perfil, catalogados como suelos altamente salinos; es decir que esta acumulación de sales en el suelo afecta, en el desarrollo normal de la vegetación menos tolerante a las sales (inhibe el crecimiento y el metabolismo en general); por consiguiente afectará en la disponibilidad de agua para las plantas (aumento del potencial osmótico), lo que se constituye en una limitante para la agricultura (Ayala *et al.*, 2009).

Los problemas de encharcamiento temporal y clima (heladas), son un problema donde Ayala *et al.*, (2009), menciona que estos suelos no son aptos para cultivos

anuales ya que estos no toleran condiciones extremas; sin embargo estos suelos son aptos para forrajes (pastos nativos) que tienen la característica de tolerar estas condiciones. Desde el punto de vista de su Capacidad de Uso, estos suelos están dentro de la clase V (tierras no arables) con limitaciones de suelos (s), clima no muy favorable (c) y problemas con el drenaje (w).

Orsag (2010), asevera que en zonas áridas y semiáridas la concentración de sales o sodio intercambiable en los horizontes es debido a la acumulación natural, limitando de manera marcada la producción de alimentos y forraje. El mismo indica que el uso irracional de los recursos vegetales, suelo y agua puede favorecer los procesos de salinización, por ello en el altiplano boliviano en las llanuras fluvio lacustre del desaguadero hay sobrepastoreo que contribuyen a la acumulación de sales en los horizontes superficiales del suelo.

La reacción del suelo (salinidad del terreno, pH) puede afectar el crecimiento de la planta por su influencia en la eficacia de ciertos elementos necesarios para el desarrollo de la planta así como el nitrógeno que es de vital importancia para la nutrición de la planta asimilable como iones de nitrógeno (NO_3^-) y amonio (NH_4^+) de esta forma la planta puede acceder a estos nutrientes que requiere para su crecimiento (Tisdale, 1988).

3.5 Características de los sustratos

3.5.1 Sustrato

Para Abad (1991), sustrato es aquella que hace mención a todo material sólido distinto del suelo, natural o sintético, mineral u orgánico, que colocado en un contenedor, en forma pura o mezclada, permite el anclaje del sistema radicular, cumpliendo un papel de soporte, este puede o no intervenir en la nutrición vegetal.

El sustrato de almacigo es el medio en la cual germinaran las semillas, esto debe ser un material fino, poroso, suelto y liviano, de tal manera que permita una buena formación de la raíz principal en toda las especies (Abad, 1991).

Por su parte Alvarado (2002), menciona que es el material en el cual se plantan semillas, se insertan brotes o se establecen plantas se le llama sustrato o medio, el mismo que proporcionará soporte, almacén y suministro de nutrientes, agua y aire para el sistema radical.

El sustrato es la mezcla de distintos materiales utilizados en viveros, en los cuales se puede encontrar tierra vegetal, tierra negra, arenilla, lama, guano, compost, turba y tierra del lugar; por consiguiente Goitia (2015), considera que sustratos livianos con turba y arenilla son las adecuadas en almácigos, pero no es recomendable usar arenilla lavada o puro por que puede llegar a quemar a la planta cuando estas se calientan.

3.5.1.1 Componente del sustrato

Son el medio de soporte de las plantas también suministran agua a las raíces y aportan nutrientes requeridos para el crecimiento vegetal, un buen sustrato representa un 80% del éxito de producción de plantas sanas y vigorosas (Penningsfeld y Kurzmann, 1983).

Un buen sustrato desde el punto de vista físico, debe ser liviano, esponjoso con una buena capacidad de retención de agua y en cuanto a las propiedades químicas, existen materiales muy pobres en fertilidad tales como: arena, perlita y vermiculita; Por otra parte, los sustratos compuestos principalmente por materiales orgánicos como el compost, humus, estiércoles de animales, aportan cantidades adecuadas de nutrientes, por lo que no requieren de fertilización (Penningsfeld y Kurzmann, 1983).

Los mismos mencionan que los sustratos pueden presentar cantidades elevadas de sales (medida a través de la conductividad eléctrica) que pueden ocasionar problemas en la producción, dado es el caso de la inhibición de la germinación de las semillas, reducción marcada del crecimiento, quemado de bordes de las hojas y muerte de raíces con aumento del ataque de enfermedades.

3.5.1.1.1 Turba

Materia de origen vegetal (carbón ligero), prensada y deshidratada, y se produce por procesos anaeróbicos (bajo agua). Las turberas se dan en zonas de depresión de costas o ríos donde las condiciones climáticas son de alta humedad, frío y anaerobiosis, lo cual es favorable para el proceso de descomposición de restos vegetales (Penningsfeld y Kurzmann, 1983).

En su estado bruto, se presenta como una materia esponjosa, fibrosa y liviana cuyo color varía desde el pardo claro hasta el negro, según la edad y el porcentaje en carbono cuanto más joven es la turba más clara es y menor es su contenido de carbono a la inversa cuanto más edad tiene la turba más oscura es y puede llegar a contener el 60% en carbono de esta manera las propiedades de la turba están determinadas por las especies vegetales que la forman y su grado de descomposición (Masaguer y López, 2006).

Según Badaya (2006), las turbas son los materiales más empleados en la elaboración de sustratos para macetas debido a sus cualidades, poco descompuestas, poseen una excelente porosidad y es buena receptora de soluciones nutritivas, proporcionando gran aireación a las raíces.

La turba está libre de gérmenes y semillas de malas hierbas y es bastante ligera; por consiguiente hoy en día es uno de los materiales orgánicos más utilizados por sus características, vale decir que es consistente, estéril y de manejo agradable, prefiriéndose para descomponer los suelos muy arcillosos (Badaya, 2006).

La turba poco descompuesta, tiene propiedades físicas favorables para los cultivos, posee excelente porosidad y es una receptora de las soluciones nutritivas, proporciona una amplia aireación de las raíces; por otro lado también se puede mencionar a la turba como un sustrato no adecuado para el desarrollo de plantas, no obstante pueden ser utilizadas como complementos o mejoradores de los suelos (Penningsfeld y Kurzmann, 1983).

La turba, además, está libre de gérmenes de enfermedades y no necesita ser desinfectada para su uso, prácticamente puede no contener elemento nutritivo para uso de las plantas esto de acuerdo a la procedencia; además las materias orgánicas contenidas en ellas ayudan a la formación de las raíces y las flores, favoreciendo su porosidad y estructura con un rápido desarrollo (Penningsfeld y Kurzmann, 1983).

3.5.1.1.2 Tipos de turba

Penningsfeld y Kurzmann (1983) diferencian a la turba de la siguiente manera:

- **Turba de río:** proviene de zonas de esteros geográficos principalmente de pantanos generalmente de zonas planas con drenaje de ríos que desembocan en lagos y las aguas fluviales se unen en lo posterior con las aguas marítimas.
- **Turba rubia:** puede retener hasta nueve veces su peso en agua, y también proporciona gran cantidad de poros de aire, se suele emplear en árboles acidófilos debido a su bajo valor de pH, ayudan a retener y mantener húmedo el sustrato y por lo tanto almacenan los nutrientes disueltos en las sales minerales del agua.
- **Turba negra:** provienen de zonas donde reciben aguas de escurrimiento de zonas más altas ricas en limos y arcillas, que le proveen nutrientes y están más mineralizadas.

Las especies vegetales que abundan es esta formación de turba son: *Carex spp*, *Salix spp* y *Alnus spp*. Provee pocos poros de aire por lo que requiere mezclarla con sustancias que aumenten su aireación. Se deben usar con moderación, porque el exceso puede modificar la acidez del suelo, provocando inconvenientes en la absorción de los nutrientes.

3.5.1.2 Origen de los materiales

Según el origen de los materiales los sustratos se dividen en: orgánicos e inorgánicos (Badaya, 2006).

- a) Materiales orgánicos**, que pueden ser de origen natural y que están sujetos a descomposición biológica (turbas), de síntesis que son polímeros orgánicos no biodegradables (espuma de poliuretano, poliestireno expandido) y subproductos y residuos de diferentes actividades agrícolas industriales y urbanas. La mayoría de estos materiales deben experimentar un proceso de compostaje para su posterior utilización como sustrato (cascarilla de arroz, fibra de coco).
- b) Materiales inorgánicos** o minerales, que a su vez pueden ser de origen natural que son obtenidos a partir de rocas y minerales de orígenes diversos. Algunos son sometidos a cambios de tipo físico muy leves, no son biodegradables (arena, grava, tierra volcánica). Transformados o tratados, que son modificados mediante cambios físicos complejos.

3.5.1.3 Propiedades

Dentro de sus propiedades pueden ser sustratos químicamente inertes como la arena, grava, roca volcánica, perlita, arcilla expandida, lana de roca y otros; por otro lado también se tiene a los sustratos químicamente activos como turbas, corteza de pino, vermiculita, materiales lignocelulosicos (Badaya, 2006).

Las diferencias entre ambos vienen determinados por la capacidad de intercambio catiónico o la capacidad de almacenamiento de nutrientes por parte del sustrato. Los sustratos químicamente inertes actúan como soporte de la planta, no interviniendo en el proceso de adsorción y fijación de los nutrientes, por lo que han de ser suministrados mediante la solución fertilizante (Badaya, 2006).

Los sustratos químicamente activos sirven de soporte a la planta pero a su vez actúan como depósito de reserva de los nutrientes aportados mediante la fertilización almacenándolos o cediéndolos según las exigencias del vegetal (Badaya, 2006).

3.5.1.4 Relación Carbono Nitrógeno del sustrato

Según Alvarado (2002), es importante el contenido de nitrógeno (N) en relación con el carbono (C) en el medio de enraizamiento, para ello la materia orgánica se descompone principalmente por la acción de microbios.

El carbono es el mayor componente de la materia orgánica (50% o más), el cual es utilizado por los microbios, en cantidad de al menos 1 kg por cada 30 kg de carbono; de otra manera la descomposición se reduce, por consiguiente cada vez esta relación de 30 C:1 N es excedida, en el caso del N se presenta en el medio, o es añadida en el fertilizante; es decir que será utilizado por los microbios antes que por las raíces del cultivo; y en consecuencia el cultivo presenta deficiencia de N.

La relación (C/N) es la relación del porcentaje de carbono orgánico y nitrógeno total del sustrato, representado un índice de la salud del suelo y de la posibilidad de éste para nutrir a la planta en N en un momento dado. Si los microorganismos de suelo no tienen el N en suficiente cantidad su población crece lentamente, por lo que se produce una lenta descomposición de la materia orgánica y además toman nitrógeno mineral del suelo o sustrato restando posibilidades a la nutrición de la planta (Ballester y Olmos, 1993).

Una relación C/N inferior a 20 es considerada como óptima para cultivos en sustratos, recomendándose un valor en torno a 10-12 para que las plantas no sufran deficiencias o escases de nitrógeno y carbono (Ballester y Olmos, 1993).

Según Masaguer y López (2006), el valor de dicha relación (C/N) nos da una idea del grado de inmadurez de los sustratos orgánicos y de su estabilidad. Un nivel del orden de 30 puede ser un indicador de la falta de descomposición del sustrato, dando lugar a una inmovilización del nitrógeno de la solución y a una reducción del oxígeno debida a la actividad microbiana.

Cuadro N° 2. Características y pH de los componentes de los sustratos.

NOMBRE DEL COMPONENTE	PH	CARACTERÍSTICAS
Tierra negra	4 a 5	Tiene gran cantidad de materia orgánica descompuesta, de textura franco a franco arcillosa, proporciona nutrientes y ayuda a mantener la humedad.
Lama o limo	6 a 7	Mantiene su estructura del sustrato para el crecimiento de la raíz , mantiene la humedad y aporta nutrientes en cantidades menores.
Tierra vegetal	6.5 a 7.5	Producto de la vegetación en descomposición compuesta de ramas y hojas, corteza y otros residuos vegetales en descomposición.
Compost	5.5 a 6.5	Producto de la descomposición de malezas, promueve nutrientes en el sustrato además de mantener la humedad.
Guano	7 a 8	Residuos orgánicos de animales (completamente descompuesto) que proporciona nutrientes a la planta.
Tierra del lugar	–	Tierras propias del lugar, son de diferentes características, texturas su función es proporcionar características mas naturales a la planta.

Fuente: Goitia, (2015).

Aguirre (1988), menciona que el sustrato es un medio donde germina y desarrolla las plantas, además el sustrato sirve como soporte y está compuesto de los siguientes componentes:

Tierra: Componente de formación natural; es la capa superior de acumulación de la materia orgánica y lenta descomposición, con el tiempo va formando tierra agrícola, con diferente valor nutricional y con propiedades físicas, químicas, biológicas y climáticas.

Arena: Componente que se utiliza para mejorar las propiedades físicas del suelo o mezcla del sustrato que mejora el intercambio gaseoso, drenaje y absorción de agua.

Abono: Es el principal componente y proveedor de microorganismos en el suelo, al descomponer los restos vegetales que llegan a convertirse en la materia orgánica.

Turba: Componente básico de material orgánico compacto, de color pardo oscuro y rico en carbono, de formación natural mayormente bajo agua, es decir en condiciones anaeróbicas y de baja temperatura donde la vegetación acuática (musgos pastos y otros) se acumula con una descomposición lenta. Tienen propiedades físicas y químicas variables en función de su origen se emplea en la obtención de abonos orgánicos.

3.5.2 Materia orgánica

La materia orgánica es el suministro de energía y nutrientes para todas las formas de vida en el suelo. También señala que el contenido de carbono orgánico en el humus es de 58% y el nitrógeno de 6% teniendo una relación C/N de 9 a 10 aproximadamente, teniendo en cuenta que la planta puede disponer de estos nutrientes con facilidad (Miranda, 2002).

La materia orgánica está formada por restos vegetales de toda naturaleza como hojas, ramas muertas, que al caer sobre el suelo, estos son descompuestos relativamente con facilidad por la actividad biológica; para luego ser una fuente de nutrientes que favorecen el crecimiento de las plantas y ayudan en el desarrollo de los microorganismos que influye en la estructura, temperatura y fertilidad del suelo (Miranda, 2002).

Para mejorar la almaciguera se puede utilizar, dos partes de tierra cernida, una parte de arena cernida, una parte de tierra vegetal o turba, y una parte de guano o abono orgánico (Aguirre, 1988).

Huerre y Carballo (1991), indican que la materia orgánica es un tipo de humus formado en condiciones anegadas (anaeróbicas) donde se puede identificar los restos de las especies vegetales, por lo tanto no existe una incorporación completa de la parte orgánica con la parte mineral.

3.5.2.1 Influencia de la materia orgánica sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo

Chilón (2014), menciona que los beneficios de la materia orgánica para el suelo son:

3.5.2.1.1 En las propiedades físicas

- **En el mejoramiento de la estructura:** la materia orgánica da cuerpo a los suelos arenosos (mantienen unidas las partículas de arena) y aflojan o sueltan a los suelos arcillosos.
- **En la densidad aparente:** especialmente en suelos de textura fina hace bajar su densidad por el esponjamiento que este material ocasiona.
- **En la temperatura del suelo:** aumenta por que los colores oscuros absorben más calor que los claros en días soleados, esto favorece la germinación y crecimiento de las plantas.
- **En la densidad real:** disminuye con el aumento de su contenido en el suelo debido a que presenta una densidad real muy baja respecto a la de los minerales, comunes del suelo.
- La materia orgánica favorece la movilidad de algunos elementos y por tanto, su penetración hasta el nivel de las raíces más profundas.

3.5.2.1.2 En las propiedades químicas

- **En la capacidad de intercambio catiónico del suelo:** aumentándola porque junto con la arcilla constituye parte fundamental del complejo de cambio, regulador de la nutrición de planta.
- **En la disponibilidad de nutrientes:** porque es la única fuente de nitrógeno natural del suelo; además posee en su constitución fósforo, potasio, azufre,

calcio, magnesio y quelatos que son liberados a medida que la materia orgánica se mineraliza.

- **En la capacidad buffer o tampón del suelo:** evitando variaciones bruscas del pH.

3.5.2.1.3 En las propiedades biológicas

- **En el incremento de la actividad microbiana:** el humus es la fuente principal de la energía y carbono para los organismos heterótrofos.
- **En el estímulo de crecimiento de la planta:** por la acción de los ácidos húmicos sobre diversos procesos metabólicos, especialmente sobre la nutrición mineral.

Goitia (2015), menciona que los usos más apropiados de las turbas son agrícolas: para fabricar sustratos y para acondicionar y mejorar los suelos, lo cual su utilización más adecuada depende de las características de cada turba.

El mismo autor menciona que para almácigos se debe realizar pruebas de textura y pH en los sustratos para determinar si están dentro del rango adecuado lo cual también recomienda que los materiales para sustratos de almacigo deben estar cernidos en malla fina y bien mezclados, con esto indica que para almácigos siempre se utilizara un sustrato suelto, liviano y poroso.

Los efectos de la compactación impiden la eliminación paulatina de la materia orgánica, cuyas consecuencias se nota en la densidad aparente, porosidad e infiltración y con la misma vegetación, la compactación reduce el crecimiento de las plantas. El mismo menciona que en suelos de textura ligera pueden ser favorables hasta cierto punto, pero en suelos pesados no se puede decir lo mismo (Flores y Malpartida, 2008).

Los microorganismos son parte importante del suelo que están como activadores en los procesos de cambio y transformación de los mismos, distribuidas de forma

heterogénea en la capa arable del suelo y su número disminuye con la profundidad (Chilón, 2014).

3.6 Tratamiento de semilla

Según Hartaman y Kester, (1997), señala la escarificación como cualquier proceso de romper, rayar, alterar mecánicamente o ablandar las cubiertas de las semillas para hacerlas permeables al agua y a los gases.

3.6.1 Latencia o dormancia

Existen semillas que aun teniendo la capacidad para germinar y siendo colocadas bajo condiciones adecuadas, no germinan por lo que se denominan semillas latentes. En ciertas especies deben ocurrir algunos cambios en la estructura física o bioquímica de la semilla, antes del inicio de la germinación, en otros casos el embrión tiene que someterse a cambios fisiológicos para facilitar el proceso (Goitia, 2015).

Normalmente la latencia es consecuencia de la combinación de elementos ambientales y genéticos, las que varían en función a la especie; es decir la germinación de una especie puede originarse en los factores genéticos pero su manifestación y duración dependen de los elementos del ambiente como las estaciones o condiciones de almacenaje y secado de la semilla (Goitia, 2015).

3.6.2 Tratamientos pre germinativos

Los tratamientos pre germinativos son la reanudación del crecimiento del embrión el cual comienza con la imbibición de agua y abarca hasta la formación de la planta fotosintéticamente activa (Bosque, 2009).

Las especies vegetales para permanecer durante miles de años en la superficie de la tierra tienen que propagarse (reproducirse) y la manera más común es a través de la semilla (Bosque, 2009).

Con respecto a la escarificación (Bosque, 2009), plantea que son métodos utilizados para determinar el porcentaje de germinación acortando el tiempo,

siendo esto la escarificación química, física y mecánica. Entre algunos de estos métodos se tiene:

- Utilización de ácido sulfúrico en concentración de 50%.
- Escarificación mecánica.
- Remojo de semilla en agua fría de 12 a 60 horas de acuerdo a la especie.
- Remojo de semilla en agua caliente en un tiempo variable.
- Estratificación.
- Ablandamiento directo con agua por 48 horas.
- Estratificación de semilla con arena.

a) Prueba de escarificación química.

Teniendo semillas de leguminosas se sumerge al ácido sulfúrico concentrado comercial, donde permanecerán las semillas entre 10 a 30 minutos, para luego sembrarlos en caja Petri preparadas con papel secante húmedo (Bosque, 2009).

Goitia (2015), indica que en concentraciones de ácido sulfúrico y clorhídrico en concentraciones y tiempos específicos las semillas pueden romper la dormancia. Una vez realizado el tratamiento es indispensable un lavado de las semillas con abundante agua para evitar la presencia del ácido en las camas o almacigueras.

b) Prueba de escarificación física.

En semillas forestales lo recomendable es sumergirlas en agua a 50°C, en frascos preferiblemente de vidrios en un lapso de 10 a 20 minutos para luego sembrarlas en cajas Petri ya preparadas y finalmente identificar los tratamientos (Goitia, 2015).

c) Prueba de escarificación mecánica.

Para semillas de cereales se realiza el raspado con lija hasta quitar la cubierta seminal, sin dañar el embrión de las semillas posterior a ello se procede a sembrar en las cajas Petri con la respectiva identificación.

Según Goitia (2015), el objetivo de estos tratamientos es obtener el máximo número de plántulas por unidad de peso de semilla y que la germinación sea uniforme, muchas semillas no requieren de tratamientos; pero la germinación en condiciones naturales abarca un lapso de tiempo, por lo tanto estos tratamientos pre germinativos son métodos que ayudan a romper la dormancia de la semilla.

3.7 Trasplante

Goitia (2015), explica que, el trasplante es el traslado de las plántulas germinadas en una almaciguera al lugar definitivo de crecimiento, ya sea en un ambiente atemperado o en un huerto a la intemperie, el proceso de trasplante es muy delicado ya que de este paso depende el crecimiento de las plantas.

Sánchez (2004), menciona que el trasplante debe hacerse a últimas horas de la tarde o bien durante días nublados con objeto de que las plantas sufran lo menos posible, y después de los primeros días es conveniente cubrir con malla de plástico con objeto de que los rayos solares no lleguen directamente a las hojas para producir quemaduras.

Goitia (2015), recomienda que el trasplante se lo realice con ayuda de un plantador, además que después de realizar el trasplante es conveniente regar con agua a cada planta en plantaciones definitivas como temporales; pero en caso de lluvia no es necesario.

3.8 Características fisiológicas de la semilla

Según Bosque (2009), la reproducción sexual o por semilla implica una diversidad en la estructura externa como interna de las semillas que se relacionan en gran parte con sus diferentes estrategias de dispersión y germinación. En principio las semillas se conforman de un embrión que se transformará en las hojas, tallos y raíces, el endospermo, que reserva la nutrición para la germinación y crecimiento inicial de la planta y la cubierta, que protege al embrión y el endospermo de lo externo.

Las cubiertas de la semilla pueden constituir los tegumentos, remanentes, de la nucela y del endospermo y a veces, partes del fruto. Las cubiertas de las semillas o testa, por lo general, una o dos, se derivan de los tegumentos del óvulo, durante el desarrollo, las cubiertas de la semilla se modifican de manera que en la madurez presentan un aspecto característico.

Las propiedades de la cubierta externa de la semilla pueden ser muy características de la especie a la que pertenecen, usualmente la cubierta externa se seca y se vuelve algo engrosado y endurecido.

3.8.1 semilla

El ciclo vital de las plantas abarca en su fase de reproducción sexual la formación de estructuras que contiene un pequeño embrión. Este embrión se origina del crecimiento, por división celular de la ovocélula, la cual es fertilizada por el núcleo espermático del polen. El embrión, envuelto en el tegumento derivado del óvulo, es la unidad de dispersión, conservación y reproducción de la especie; el cual se denomina semilla (Huanca, 2010).

La reproducción sexual implica la unión de células sexuales masculinas y femeninas, la formación de semillas y la creación de una población de plántulas con genotipos nuevos y diferentes. La división celular (meiosis) que produce las células sexuales implica la división reduccional de los cromosomas, en el cual su número es reducido a la mitad. En otros terminaos se llama también Semilla “al ovulo fecundado y maduro” (Rodríguez, 2000).

3.8.2 Estructura y fisiología de las semillas

Según Huanca (2010), desarrollo las partes de la semilla de la siguiente forma:

- a) **Endospermo:** Es una reserva nutritiva destinada a alimentar el embrión durante la madurez y la germinación de la semilla.

- b) **Cotiledones:** Son hojas de función nutritiva que proveen al embrión las sustancias nutritivas durante la germinación y sirven de base a la gran división de

las angiospermas en Monocotiledóneas y Dicotiledóneas, según que sus semillas presenten uno o dos cotiledones, respectivamente.

c) **Hipocótilo:** El talluelo crece también rápidamente, pero no da origen al tallo, sino al llamado eje hipocotiledonal, intermediario entre el tallo y la raíz.

d) **Plúmula o yémula:** La plúmula constituye el brote terminal y se halla en la extremidad del talluelo, sobre el lugar donde se insertan los cotiledones, se transforma en las partes aéreas de la planta: tallo, ramas, hojas y flores.

e) **Radícula:** Es la parte del embrión que se desarrolla primero, dando origen a la raíz, que se introduce en el suelo para fijar la planta y absorber las sustancias alimenticias necesarias para la nueva planta.

f) **Cubierta:** Es la cubierta exterior. Tiene la tarea de defender la semilla durante el período de reposo o dormancia y asegurar a la misma la germinación en la época apropiada y en condiciones favorables.

3.8.3 Viabilidad

La viabilidad de las semillas es el tiempo durante el cual las semillas conservan su capacidad de germinar, en un periodo variable y depende del tipo de semilla; como también de las condiciones de almacenamiento (Goitia ,2015).

Bosque (2009), explica la viabilidad como la capacidad para reanudar el crecimiento o germinar; es decir de proseguir el crecimiento y dar a ello una nueva planta, donde cada semilla alberga un embrión durmiente, que dará origen a un nuevo proveedor de oxígeno.

3.8.2 Germinación

Rodríguez (2000), indica que la germinación es el proceso de cambio morfo-anato y fisiológico que se inicia con la absorción de agua lo cual conduce a la reactivación del metabolismo y la iniciación del crecimiento; es decir que las semillas empiezan a germinar tan pronto se humedecen, dada las condiciones de temperatura, luz y humedad estas tendrán un crecimiento favorable.

La germinación es el conjunto de fenómenos que ocurren cuando el embrión pasa de la vida latente a la vida activa; es decir las reservas nutritivas son movilizadas, por el agua el cual desencadena una secuencia de cambios metabólicos, que incluyen la respiración, la síntesis proteica, la movilización de reservas y la división celular en el embrión provocando así la rotura de las cubiertas seminales, que generalmente se produce por la emergencia de la radícula (Huanca, 2010).

En el proceso de germinación de la semilla el embrión y el endospermo absorben el agua del suelo y aumentan su tamaño, posterior a ello la gémula se profundiza en el sustrato, donde la radícula se eleva por encima del suelo hasta ponerse en contacto con la luz, con la atmósfera para luego formar la clorofila. Para lograr esto, toda nueva planta requiere de elementos básicos para su desarrollo como: temperatura, agua, oxígeno y sales minerales (Huanca, 2010).

Goitia (2015), menciona que las etapas iniciales de germinación son similares en todas las plantas con semillas, en una primera parte la semilla se hincha, luego emerge la radícula, se desarrolla y forma la raíz. La germinación de un lote de semillas no ocurre de una manera uniforme en primera instancia, lo cual puede llegar a perder su facultad germinativa en las semillas por lo cual es indispensable conocer algunas técnicas para evaluar el grado de viabilidad.

IV. LOCALIZACIÓN

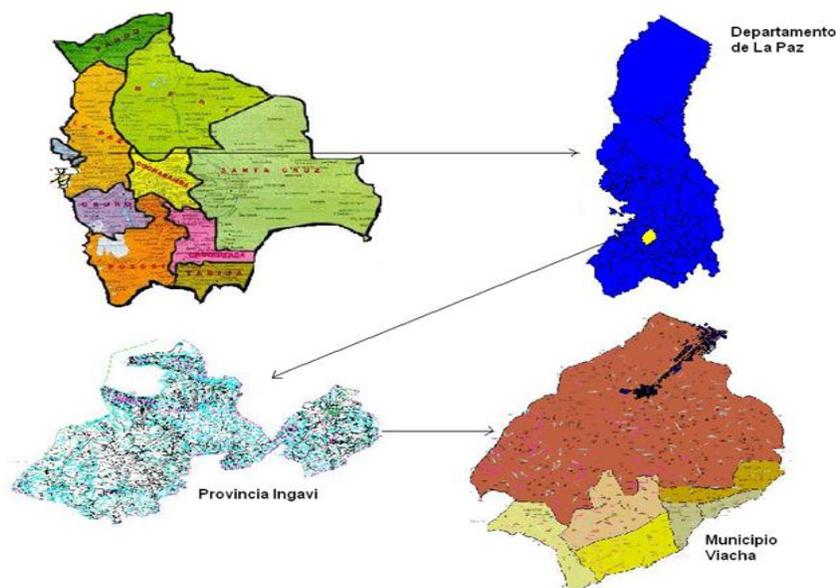
4.1 Características generales

4.1.1 Localización

El presente estudio se realizó en los predios pertenecientes a la fundación (PROINPA), en el municipio de Viacha, provincia Ingavi del Departamento de La Paz.

4.1.2 Ubicación Geográfica

El Centro de Investigación de la fundación PROINPA (Promoción e Investigación de Productos Andinos) se encuentra aproximadamente a 41 km de la ciudad de La Paz, en el municipio de Viacha primera Sección de la Provincia Ingavi, situada a 3.880 m.s.n.m y sus parámetros de ubicación geográfica se encuentra a 16°40' 30" de Latitud Sur y 68° 17' 58" de Longitud Oeste.



Fotografía N° 1. Mapa del estado plurinacional de Bolivia, Departamento de La Paz, Provincia Ingavi Municipio de Viacha



Fotografía N° 2.Ubicación de la fundación PROINPA lugar donde se llevó a cabo el estudio.

4.1.3 Características ecológicas

4.1.3.1 Clima

Viacha se halla dentro el área clasificada como “Clima Templado Frío, con temperaturas promedio de 10°C en verano (diciembre - febrero) durante las noches y 5,6°C en invierno (junio – septiembre) y la temperatura mínima registrada en el mes de junio alcanza - 4°C y la máxima 21°C (enero – Febrero) durante el día de intensa radiación solar, con una precipitación pluvial promedio anual entre 400 a 600mm (SENHAMI, 2016).

Esta zona climática está enmarcada por la alternancia de una estación seca (invierno) y una estación húmeda de cuatro meses (verano). La cadena montañosa de la Cordillera Real ubicada al Este, constituye una barrera climática para el municipio durante la estación de lluvias, esta barrera frena intensamente las masas de aire húmedo que provienen de la cuenca amazónica (Chumacero, 2006).

4.2 Características ecológicas generales

4.2.1 Temperaturas máximas y mínimas

A continuación se presenta las fluctuaciones de temperaturas mínimas y máximas registradas durante el periodo de evaluación correspondiente a los años 2017 y 2018.

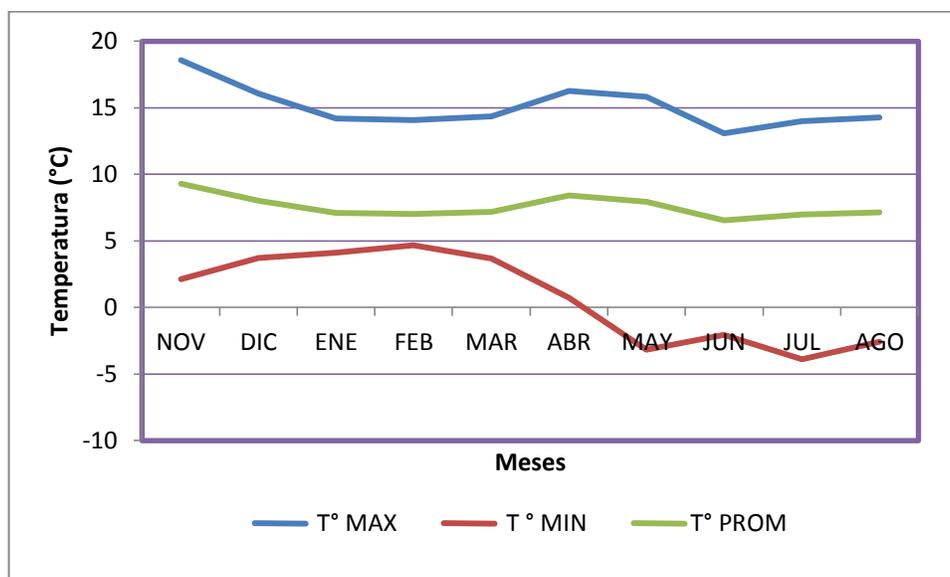


Figura N° 1. Temperaturas máximas y mínimas del municipio de Viacha del periodo noviembre 2017 a agosto de 2018

El régimen de temperatura máxima fue relativamente elevada en el mes de noviembre y bajo en julio, mientras que las temperaturas mínimas con helada se registraron en los meses de mayo, junio, julio y agosto. Sin embargo la helada no afectó a las plantas en razón a su alto grado de resistencia a la helada.

Se consideró necesario, que una de las características importantes antes de abordar cualquier tipo de análisis, es conocer la estructura y la naturaleza de la información, ya que estos resultados constituyen el punto de partida para el avance de las futuras investigaciones en el tema. Las variables evaluadas durante el proceso de investigación se observan en la (Figura N°1).

Al respecto Mariscal (1992), indica que las temperaturas bajas retardan el desarrollo de las plantas, mientras que las temperaturas altas lo aceleran y acortan el ciclo vegetativo de las plantas. De igual forma sostiene que una adecuada cantidad de agua durante el año suministrada al suelo favorece a la semilla para iniciar su germinación y posteriormente la emergencia.

4.2.1.2 Vegetación

La superficie del suelo hace que la cobertura vegetal no sea muy abundante; no obstante las predominantes de la región son las: T'úla (*Parastrephya lepidophylla*), Ichu (*Jarava ichu*), chillihua (*Festuca dolichophylla*), con características de pajonales característico de las serranías y las planicies (Chumacero, 2006).

Por observación propia en esta región de Kiphakiphani se encuentran especies como: cebadilla, (*Bromus catharticus* V.), ichu, (*Jarava ichu*), cola de ratón (*Hordeum andicola*), pasto llorón (*Eragrostis curvula*), alcar (*Thynopirum elongatum*), t'ula, (*Lephydophyllum quadrangulare*) muni muni (*Bidens pilosa*), reloj reloj (*Erodium cicutarium*), diente de león (*Taraxacum officinalis*), k'anapacu (*Sonchus oleraceus*), paico (*Chenopodium ambrosioides*), quinua silvestre (*Chenopodium* sp.); también se observó especies introducidas cultivadas como forrajeras cebada (*Hordeum vulgare*), alfalfa (*Medicago sativa*), quinua (*Chenopodium quinoa* W), cañahua (*Chenopodium pallidicaule*) y otras especies de menor importancia.

V. MATERIALES Y METODOS

5.1 Materiales

5.1.1 Material biológico

Las semillas de q'awchi (*Suaeda foliosa* Moq.) fueron empleadas como material para el proceso de investigación.

5.1.2 Material inorgánico

- Tierra suelo de Toledo
- Tierra suelo de Ayamaya
- Arena del Lago Poopó
- Turba

5.1.3 Material de campo

- Estacas de madera
- Cinta métrica
- Bandejas
- Bolsas plásticas
- Pala
- Caretilla
- Marbetes
- Pitas o cordel
- Planillas
- Manguera
- Nilón
- Mallas semi-sombra
- Letreros de madera
- Cernidor
- Picota

5.1.4 Materiales de gabinete

- Cámara fotográfica
- Calculadora
- Cuaderno de apuntes
- Computadora
- Material de escritorio

5.1.3 Material de laboratorio

- Cámara climática
- Balanza de 0,01 de precisión
- Cápsulas Petri
- Pinzas
- Piceta
- Papel absorbente
- Agua destilada
- Hipoclorito de sodio
- Cinta adhesiva

5.2 Marco metodológico

5.2.1 Procedimiento experimental

El presente estudio se contempla elementos previos para el proceso de investigación, el cual se estructuró en base a las siguientes actividades.

5.2.1.1 Obtención de semilla

La semilla se adquirió de la localidad de Toledo provincia Saucari del departamento de Oruro.

5.2.1.2 Pruebas de laboratorio

Una vez teniendo la semilla se realizó las pruebas de germinación en laboratorio que a continuación se describe:

Para lo cual se realizó la determinación de las características físico biológico de la semilla. Posterior a ello se realizó el preparado de las camas para cada tipo de escarificación (tratamientos) efectuadas en la semilla de q'awchi .Las semillas puras fueron mezcladas de forma homogénea y distribuidas a 400 semillas al azar cada tratamiento y repetición de manera aleatoria distribuidas uniformemente en una cápsula Petri en contacto con el papel secante humedecido.

Para los tratamientos propios de la semilla, se sometió a diferentes métodos pruebas de escarificación: mecánica, química y manual, para romper la dormancia; además de acelerar el proceso de germinación. Para este proceso de evaluación se utilizó un diseño completamente al azar donde el número de unidades por tratamiento fueron de cuatro repeticiones (I II III IV).

Las capsulas fueron llevadas posteriormente a la cámara climática a temperatura de 20,2°C, luz del 40% con humedad promedio de 80 % por un lapso de 28 días.

Para determinar el porcentaje de germinación (PG): se realizaron observaciones y registros diarios a partir del día 4 después de la siembra, momento en la cual fue observada la germinación de la plántula y para ello se hizo la selección de técnicas e instrumentos para la recolección de datos; las técnicas e instrumentos empleados, se seleccionaron en función a las características y objetivos del estudio, cuyos lineamientos se establecieron inicialmente como variables de carácter cuantitativo que permitió la ejecución del experimento.

Para la determinación de esta variable se realizaron registros diarios bajo una planilla establecida por (Goitia, 2015).

$$PG = \frac{\text{Número de semillas germinadas}}{\text{Número de semillas sembradas}} \times 100$$

Durante el proceso de germinación en laboratorio, no todos los tratamientos dieron los mismos resultado debido a ello se realizó la transformación de datos por el método de raíz cuadrada ($\sqrt{x - 1}$), debido a que es la apropiada para este tipo de casos.

5.2.1.3 Ensayo en invernadero

Los ensayos para emergencia se efectuaron con semillas de fracción pura, procedentes del municipio de Toledo.

Para la variable porcentaje de emergencia el ensayo se realizó en invernadero con los diferentes sustratos acondicionados como tratamientos, donde se mezclaron los suelos de Ayamaya, Toledo y río Desaguadero con turba cada una en proporciones de (1:0) (1:1) y (1:2), y cuatro repeticiones de 25 semillas contadas aleatoriamente. Luego distribuidas uniformemente en bandejas de 200 hoyos.

Las técnicas e instrumentos empleados, se seleccionaron en función a las características y objetivos del estudio, cuyos lineamientos se establecieron inicialmente como variables de carácter cuantitativo que permitió su ejecución del ensayo.

El periodo de la prueba fue de 40 días evaluado bajo un diseño completamente al azar, empleado la siguiente fórmula establecida por (Goitia, 2015).

$$PE = \frac{\text{Número de semillas mergidas}}{\text{Número de semillas sembradas}} \times 100$$

De igual forma en el proceso de emergencia en invernadero, no todos los tratamientos emergieron las semillas debido a ello se realizó la transformación de datos por el método de raíz cuadrada ($\sqrt{x - 1}$).

5.2.1.4 Preparación del sustrato para bandejas y macetas

En la preparación del sustrato se utilizó muestras de suelo con textura arcillosa a limoso de Toledo, Ayamaya y Lago Poopó (provincia Aroma, La Paz), con muy poco contenido de materia orgánica, estos fueron brevemente cernidos y mezclados en proporciones (1:0), (1:1) y (1:2) con turba como se muestra en la (Fotografía N° 3, 4 y 5).



Fotografía N° 3. Suelo de Ayamaya proporción (1:1)



Fotografía N° 4. Suelo de Lago Poopó proporción (1:1)



Fotografía N° 5. Suelo de Toledo proporción (1:1)

5.2.1.5 Tratamiento de semilla

La semilla fue sometida a diferentes procesos de escarificación tales como: manual (frotamiento con arena húmeda), mecánica (pulidora experimental de quinua) y química (solución de hipoclorito al 3%), en la (Fotografía N° 6) se puede observar la escarificación manual húmeda.



Fotografía N° 6 Escarificación manual vía húmeda.

5.2.1.6 Siembra en bandejas

El trabajo se inició con la siembra en bandejas de 200 hoyos (Fotografía N° 7), en fecha 3 de noviembre de 2017, depositando de 1 a 2 semillas por alveolo. Las semillas fueron cubiertas con una capa delgada de tierra fina (sustrato) y recubiertas con nylon y lona, posteriormente asperjadas con un riego ligero de manera que moje el sustrato.

Se empezó a registrar la variable emergencia, a la segunda semana de noviembre en invernadero empleando sustratos previstos en base a muestras de suelos de Toledo, Ayamaya y Lago Poopó con turba en las proporciones 1:0, 1:1 y 1:2 para cada una.



Fotografía N° 7. Siembra de semilla escarificada en bandejas de 200 hoyos.

5.2.1.7 Preparación del área a usar en vivero

La preparación del área (lugar), se realizó el 4 de diciembre de 2017 de forma manual realizando una limpieza y eliminación de malezas, esta para evitar el ingreso de plagas que afecten el desarrollo de las plantas además del nivelado del piso. Esta labor se realizó de forma manual utilizando palas, picotas, rastrillo y otras herramientas necesarias.

En el área acondicionada se distribuyó las 900 macetas con plantines de q'awchi según los tratamientos como se observa en la (fotografía N° 8).



Fotografía N° 8. Macetas en el área preparada para el trasplante de q'awchi.

5.2.1.8 Trazado y estaqueado del terreno

La demarcación de las unidades experimentales se realizó empleando lienzos, cinta métrica y estacas de acuerdo a las características del campo experimental, considerando el respectivo distanciamiento entre los tratamientos.

5.2.1.9 Trasplante

El trasplante se efectuó el 15 de diciembre de 2017 siendo 48 días después del almacigado, cuando el 60% de las plántulas contaban con una altura aproximada de 1 a 1,5 cm y de 2 a 3 hojas verdaderas, el crecimiento de plántulas se evaluó en plantas en bolsas (macetas) en ambientes de vivero con sustratos previstos de 1:0, 1:1 y 1:2. Posteriormente se regó las macetas que conformaron las unidades experimentales hasta alcanzar la capacidad de campo (cc), recomendado por Chilón (1996). Los plantines para el trabajo de trasplante se observa en la (Fotografía N° 9).



Fotografía N° 9. Desarrollo de Plantines de q'awchi a los 48 días.

5.2.1.10 Registro de las variables de respuesta

El registro de las variables de respuesta se comenzó a la tercera semana de noviembre tomando datos de emergencia cada tres días. Para tomar los datos de altura de planta, se marbetearon seis plantas por unidad experimental, las cuales permitieron el registro de las variables a lo largo del experimento, es decir lecturas sucesivas en las mismas plantas (Fotografías N° 10 y 11).



Fotografía N° 10. Medida de altura de planta.



Fotografía N° 11. Planta de q'awchi identificada con marbete.

El registro de la variable altura de planta se inició a la segunda semana después del trasplante, para el cual se empleó una regla graduada en mm.

5.2.1.11 Análisis de correlación

El análisis de correlación y regresión simple fue entre las variables: altura de planta, porcentaje de germinación, porcentaje de emergencia, días a la

ramificación, materia verde y materia seca. Para ello se utilizó el paquete estadístico “InfoStat/L” (2004).

5.2.1.12 Diseño experimental

Para la evaluación de las variables propuestas en el presente trabajo de investigación se optó por utilizar dos tipos de diseño experimental, el diseño completamente al azar para porcentaje de germinación y porcentaje de emergencia en ambientes de laboratorio e invernadero y el diseño de bloques completamente al azar para evaluar el crecimiento de plantines en vivero.

5.2.1.13 Modelo lineal aditivo para laboratorio e invernadero

Por las características del estudio, se adoptó un modelo estadístico completamente al azar dispuesta en tratamientos, dentro de ambientes controlados. De acuerdo a esto, el modelo estadístico es la siguiente:

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

Donde:

Y_{ij} = Una observación cualquiera.

μ = Media poblacional

α_i = Efecto del i-ésimo tratamiento.

ε_{ij} = Error experimental

Fuente. Ochoa, (2009)

5.2.1.14 Tratamientos para laboratorio e invernadero

Los tratamientos fueron distribuidos en unidades experimentales (UE) dispuestas en tipos de escarificación, como se observa en el Cuadro N° 3.

Cuadro N° 3. Tratamientos en laboratorio.

TRATAMIENTO	DESCRIPCION
G1	Semilla sin tratamiento.
G2	Semilla con escarificación manual.
G3	Semilla con escarificación mecánica.
G4	Semilla con escarificación química.

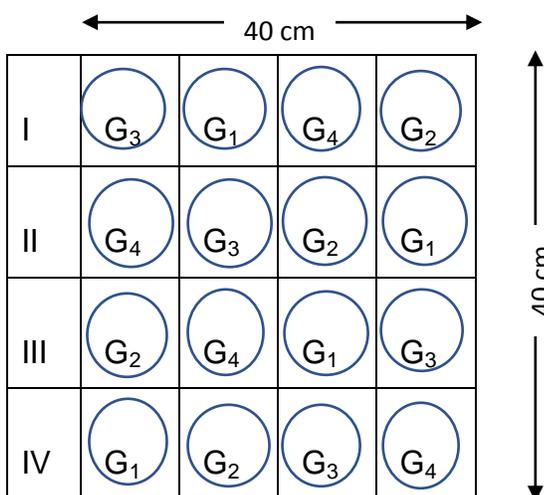
La combinación de los factores de estudio (tratamientos): de sustratos (suelos naturales con adición de turba) para la emergencia, se demuestra en el siguiente (cuadro N° 4).

Cuadro N° 4. Tratamientos en invernadero

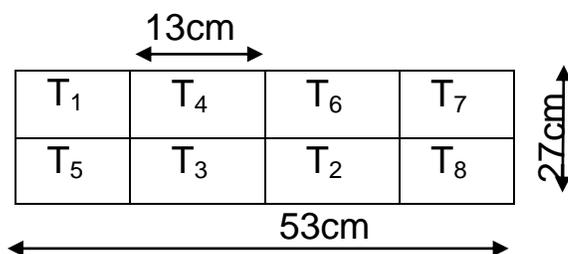
TRATAMIENTOS	COMBINACION	DESCRIPCION
T1	1:0	1 Toledo – 0 Turba
T2	1:0	1 Lago – 0 Turba
T3	1:0	1 Ayamaya – 0 Turba
T4	1:1	1 Toledo – 1 Turba
T5	1:2	1 Toledo – 2 Turba
T6	1:1	1 Lago – 1 Turba
T7	1:2	1 Lago – 2 Turba
T8	1:1	1 Ayamaya – 1 Turba
T9	1:2	1 Ayamaya – 2 Turba

5.2.1.15 Croquis experimental para laboratorio e invernadero

Figura N° 2. Croquis de la unidad experimental y área útil en laboratorio.



Fotografía N° 10. Dimensiones de la bandeja en invernadero.



En invernadero se ubicaron y distribuyeron las unidades experimentales en seis bandejas con 200 hoyos como muestra en el (Figura N° 3).

Fotografía N° 11. Croquis de la unidad experimental y área útil en invernadero.



5.2.1.16 Modelo lineal aditivo para vivero

Debido a que el experimento se realizó en condiciones de vivero se llegó a utilizar un diseño de bloques al azar bajo una distribución de cuatro bloques, donde cada bloque estuvo constituido por 225 macetas, en los cuales se llegaron a combinar los nueve tratamientos cada uno de 25 individuos (plantines). De acuerdo a esto, el modelo estadístico es la siguiente:

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

Donde:

Y_{ijk} = Una observación cualquiera

μ = Media poblacional

α_i = Efecto del i-ésimo tratamiento

β_j = Efecto del j-esimo bloque.

ε_{ijk} = Error experimental

Fuente. Ochoa, (2009)

5.2.1.17 Tratamientos en vivero

La combinación de los factores de estudio (tratamientos): proporciones de sustratos para el desarrollo de q'awchi se demuestra en el siguiente (Cuadro N° 5).

Cuadro N° 5. Tratamientos en vivero.

TRATAMIENTOS	COMBINACION	DESCRIPCION
T1	1:0	1 Toledo – 0 Turba
T2	1:0	1 Lago – 0 Turba
T3	1:0	1 Ayamaya – 0 Turba
T4	1:1	1 Toledo – 1 Turba
T5	1:2	1 Toledo – 2 Turba
T6	1:1	1 Lago – 1 Turba
T7	1:2	1 Lago – 2 Turba
T8	1:1	1 Ayamaya – 1 Turba
T9	1:2	1 Ayamaya – 2 Turba

5.2.1.18 Croquis experimental para vivero

Fotografía N° 12. Croquis de la unidad experimental y área útil en vivero (distribución de bloques y tratamientos).

I	T1	T7	T3	T5	T7	T4	T6	T9	T8
II	T4	T2	T6	T5	T8	T1	T3	T7	T9
III	T1	T8	T2	T6	T3	T5	T4	T7	T9
IV	T6	T8	T1	T5	T7	T9	T3	T4	T2

Cuadro N° 6. Dimensiones de las unidades experimentales.

DISTANCIAS	UNIDAD
Área de unidad experimental vivero	9.36 m ²
Largo del campo experimental	3.60 m
Ancho del campo experimental	2.60 m
Distancia de pasillos	0.32 m
N° de tratamientos	36
N° de bloques	4
N° de plantas/U.E. (vivero e invernadero)	25
N° de plantas totales	900

Fuente: Elaboración propia.

5.2.1.19 Variables de respuesta

5.2.1.19.1 Variables registrados en ambiente controlado

a) Porcentaje de germinación (%).

Para determinar el porcentaje de germinación se contabilizaron las semillas germinadas de las plántulas de q'awchi desde el momento de la siembra hasta los 28 días, para observar esta fase fenológica en cada unidad experimental.

Para la determinación de esta variable se realizaron registros diarios bajo una planilla establecida por Goitia (2015).

$$\% \text{ Germinacion} = \frac{N^{\circ} \text{ semillas germinadas}}{N^{\circ} \text{ semillas ensayadas}} \times 100$$

a) Porcentaje de emergencia (%).

Para el porcentaje de emergencia se cuantificó la cantidad de plántulas de q'awchi emergidas de cada unidad experimental. De igual forma para la determinación de esta variable se realizaron registros diarios bajo una planilla establecida por Goitia (2015).

$$\% \text{ Emergencia} = \frac{N^{\circ} \text{ de plantas emergidas}}{N^{\circ} \text{ de semillas sembradas}} \times 100$$

5.2.1.19.2 Variables registradas en vivero

a) Altura de planta (cm)

La altura de planta se registró, tomando la longitud en (centímetros) desde la base del tallo (cuello del tallo) principal hasta la punta de la última hoja (ápice), empleando una regla graduada.

La toma de datos fue cada 15 días, registrando seis plantas muestreadas al azar en los tratamientos y los diferentes bloques. Dichas medidas se realizaron durante todo el periodo de investigación.

b) Rendimiento en materia verde (g).

Para determinar el rendimiento de materia verde, se tomaron tres plantas muestras las que fueron cosechadas de cada unidad experimental. Luego se procedió al pesaje de las muestras frescas utilizando una balanza.

Los pesos obtenidos fueron expresados en términos de gMV/m² y posteriormente convertidos en kg MV/ha.

c) Rendimiento en materia seca (g).

El rendimiento de materia seca se determinó en base a las plantas cosechadas de las unidades experimentales y que fueron secados bajo sombra en un lugar ventilado para obtener un buen secado, los pesos se expresaron en términos de g/m² que luego fueron convertidos en kg MS/ha.

d) Días al a ramificación (días).

Se contabilizo los días transcurridos a la fase de ramificación desde el trasplante hasta el inicio de la ramificación, en donde se hizo el conteo por unidad de planta en cada unidad experimental.

5.2.1.20 Análisis físico químico de suelos

Las muestras de suelo natural de Ayamaya, Toledo, Lago Poopó, Rio Desaguadero y arena fina con un peso de 1.5 kg fueron colocados individualmente en bolsa doble y resistente, con su respectiva etiqueta para su identificación. Dichas muestras fueron enviadas para su respectivo análisis al laboratorio del Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear (IBTEN).

Los elementos químicos que se tomaron en cuenta fueron el contenido de nitrógeno, fósforo y potasio (NPK).

VI. RESULTADOS Y DISCUSIONES

En base a los objetivos planteados y metodología utilizada, se llegó a los siguientes resultados:

6.1 Porcentaje de germinación

En el ensayo de la semillas de q'awchi (*Suaeda foliosa* Moq.) con métodos de escarificación manual, química y mecánica han sido analizadas estadísticamente y sus resultados son descritos a continuación.

6.1.1 Germinación de semillas de q'awchi (*Suaeda foliosa* Moq.) bajo diferentes métodos de escarificado

Para la variable porcentaje de germinación se detallan los resultados obtenidos en la (Figura N° 6) expresados en porcentaje.

Los resultados de esta variable indican que el tratamiento (G1), correspondiente a semillas sin tratamiento, el mismo que obtuvo el menor número de semillas germinadas en un lapso de 28 días lo cual indica que la probabilidad de germinación de las semillas no depende del tiempo.

En el tratamiento (G2) de semillas con escarificación manual, donde se observa un alto número de semillas germinadas en un lapso de 28 días; donde la probabilidad de germinación de las semillas es alta. A causa que las semillas de q'awchi pierden el perigonio además de sufrir una fractura parcial del tegumento; es decir que a medida que va aumentando el tiempo también aumenta el número de semillas germinadas siendo así el tratamiento más favorable para este tipo de investigaciones.

Se observa (Figura N° 6), en el tratamiento (G3) con escarificación mecánica en las semillas, donde se puede evidenciar que el número de semillas germinadas es muy bajo debido a que estas sufrieron la fractura total o parcial de la retícula que protege al embrión dejando dañada la radícula lo cual dificulta la germinación el mismo que no depende del tiempo.

Los resultados de esta variable indican que el tratamiento (G4), correspondiente a semillas con escarificación química, el mismo que obtuvo un bajo número de semillas germinadas en un lapso de 28 días, donde la probabilidad de germinación de las semillas no depende del tiempo; es decir que la solución química usada permanece en la caja Petri junto con las semillas dificultando la germinación.

Al respecto Goitia (2015), menciona que en concentraciones y tiempos especificados las concentraciones de las soluciones químicas se mezclan en agua para evitar daños en la semilla y reacciones violentas, para el mismo se debe de utilizar cámaras de absorción al fin de evitar los gases y el contenido de la solución química en la cama de las semillas o cajas Petri lo cual dificulta la germinación o retarda la emergencia del embrión de la misma.

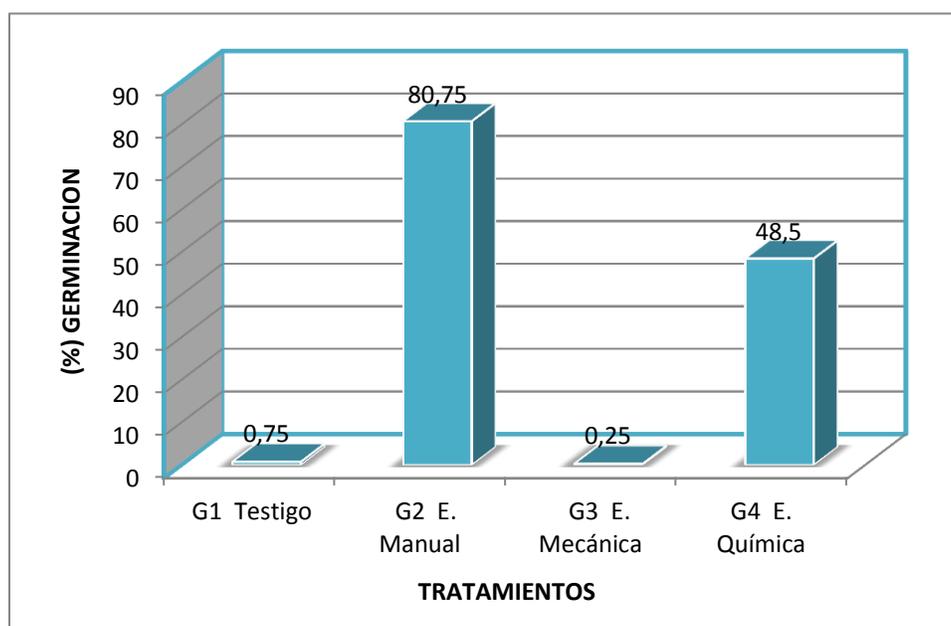


Figura N°6. Frecuencia de la germinación de semilla de q'awchi (*Suaeda foliosa* Moq.) a los 28 días

6.1.1.1 Análisis de varianza para la germinación de semillas de q'awchi (*Suaeda foliosa* Moq.) a los 28 días

Según Ochoa (2009), el coeficiente de variación (CV) menor a 20 indica que los datos son confiables y el valor obtenido no supera 30 %.

Como se observa en el (Cuadro N° 7) existen diferencias altamente significativas entre tratamientos, lo que significa que al menos un tratamiento es diferente al resto de los tratamientos.

Esto a razón de que fueron sometidas a diferentes métodos de escarificación, mientras que el proceso de germinación presentó las mismas condiciones dentro la cámara climática donde la temperatura promedio fue de 20,2 °C y humedad del 80 %, los cuales indican que el efecto de la escarificación resultó efectivo gracias a que se quebró parcialmente el epicarpio o pericarpio de la semilla permitiendo así el hinchamiento de la semilla para luego emerger la radícula donde se observó una germinación hipógea.

Gutiérrez (2009), en su investigación menciona que semillas escarificadas dieron como resultado un 68 % de germinación en condiciones de laboratorio.

Rocha (1981), menciona que el q'awchi sembrado en suelos arcillosos de Choquecota (Departamento de Oruro) en dos épocas obtuvo un porcentaje de germinación del 80% en once meses en la primera época y en la segunda solo registró un 5% cual da referencia que la humedad del suelo es un factor limitante para la germinación.

Cuadro N° 7. Análisis de varianza para el porcentaje de germinación en semillas de q'awchi

FUENTE DE VARIABILIDAD	GRADO DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	FC	VALOR DE "P"
Tratamientos	3	194,09	64,70	412,77	<0,0001 **
E.E	12	1,88	0,16		
Total	15	195,97			

** = Altamente significativo

CV = 8,58 %

6.1.1.2 Prueba de medias entre tratamientos para (% germinación – escarificado)

Los resultados obtenidos de análisis de varianza para porcentaje de germinación, se expresó altamente significativo para los tratamientos (Cuadro N° 7), es decir que los tratamientos germinativos dado el caso de la escarificación, manifestó su efecto sobre la germinación, para lo cual se procedió el análisis de comparación de medias DUNCAN al 5%.

De acuerdo al análisis de prueba de rango múltiple de Duncan, para porcentaje de germinación (Cuadro N° 8), se puede apreciar que se forman tres grupos, de los cuales los tratamientos G1 y G3 tienen una amplia similitud por sus promedios, los mismos son estadísticamente diferentes de los tratamientos G2 y G4 por que obtuvieron niveles altos de germinación, siendo sus promedios significativamente superiores registrados por otros tratamientos.

En contraste el tratamiento G1 es estadísticamente diferente del tratamiento G3, siendo sus promedios los más bajos registrados dentro de esta investigación. Además con estos datos se establecen las diferencias de germinación.

Estas diferencias en los tratamientos, se atribuyen a que el tratamiento testigo (G1) no recibió ningún tratamiento dado que las mismas tenían aún presente el pericarpio perjudicando de cierta manera la activación del embrión de la semilla, a diferencia con (G2), donde se observa un porcentaje alto de germinación debido a que estas fueron sometidas a prueba de escarificación manual donde removió completamente el perigonio y se quebró parcialmente el pericarpio al ser friccionadas entre ellas para luego activar al embrión.

El tratamiento (G4) con escarificación química tiene un porcentaje de germinación menor al 50% debido al tiempo expuesto en la solución de hipoclorito que al no ser lavada con agua ni ser expuesta a una cámara de absorción la solución estuvo en contacto con la misma en la cápsula Petri por 28 días lo cual afectó de forma directa en la germinación.

Estas diferencias se tuvieron a las pruebas de escarificación de las semillas donde se acorta el tiempo y corta la dormancia de la semilla para así activar al embrión; sin embargo Fossati & Olivera (2000), indica que existe vigor germinativo en un lote o grupo de semillas de forma irregular a inicios y de forma uniforme posterior a los días previendo las condiciones adecuadas; es decir el tiempo transcurrido entre el inicio y la terminación de la germinación puede ser corto o largo, cuanto más corto es mayor la energía germinativa que es medida en función del tiempo.

Cuadro N° 8. Prueba Duncan (% germinación – Escarificado)

TRATAMIENTOS	MEDIAS (%)	DUNCAN (5%)
G2: Escarificación Manual	80,75	a
G4: Escarificación Química	48,50	b
G1: Sin escarificación	0,75	c
G3: Escarificación Mecánica	0,25	c

6.2 Porcentaje de emergencia

6.2.1 Emergencia de semillas de q'awchi (*Suaeda foliosa* Moq.) en diferentes sustratos

Para la determinación de esta variable se tomó en cuenta registros diarios de emergencia de la plántula, las mismas fueron acumuladas semanalmente en función a número de individuos por tratamiento

6.2.1.1 Curva de emergencia de los plántines de q'awchi (*Suaeda foliosa* Moq.)

En la (Figura N° 7), al inicio del ensayo las velocidades de emergencia del tratamientos (T1) correspondiente al suelo natural de Toledo sin turba, es prácticamente del 0% en un lapso de 43 días, donde se observa que no hay correlación con el tiempo, no hay dependencia en relación a la emergencia de plántulas.

El suelo de Toledo no tiene las condiciones adecuadas para la emergencia de una semilla ya que esta al ser arcillosa dificulta el desarrollo de la radícula formándose una capa dura por encima de la superficie.

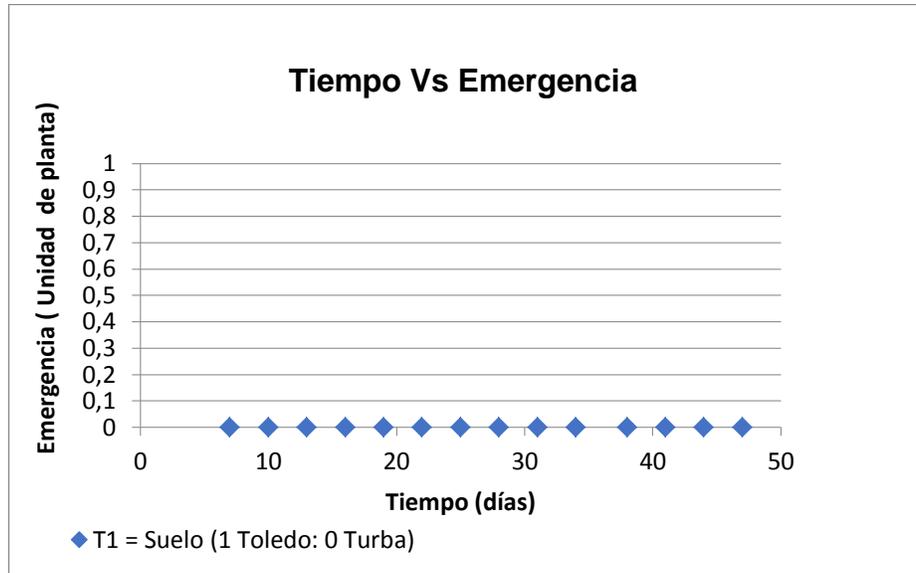


Figura N°7. Frecuencia de emergencia de plántula de q'awchi (*Suaeda foliosa* Moq.) en suelo de Toledo a los 43 días

Los resultados (Figura N° 8) de esta variable indican que el tratamiento (T4), correspondiente al suelo de Toledo de proporción (1:1), el mismo que muestra que a mayor tiempo hay mayor emergencia de las plántulas de q'awchi en un lapso de 43 días lo cual indica que la probabilidad de emergencia de las plántulas depende del tiempo. El suelo de Toledo tiene 0,07 de nitrógeno el cual favorece la adición de turba mejorando la textura y aumentando la retención de agua en este suelo.

La misma muestra el ajuste de emergencia de plantines de q'awchi mediante regresión lineal el coeficiente de correlación es de $r = 0,97$, este valor nos indica que existe una correlación positiva lineal entre el tiempo y la emergencia de plantines de q'awchi, el cual nos demuestra que a mayor tiempo mayor será el número de plantas emergidas.

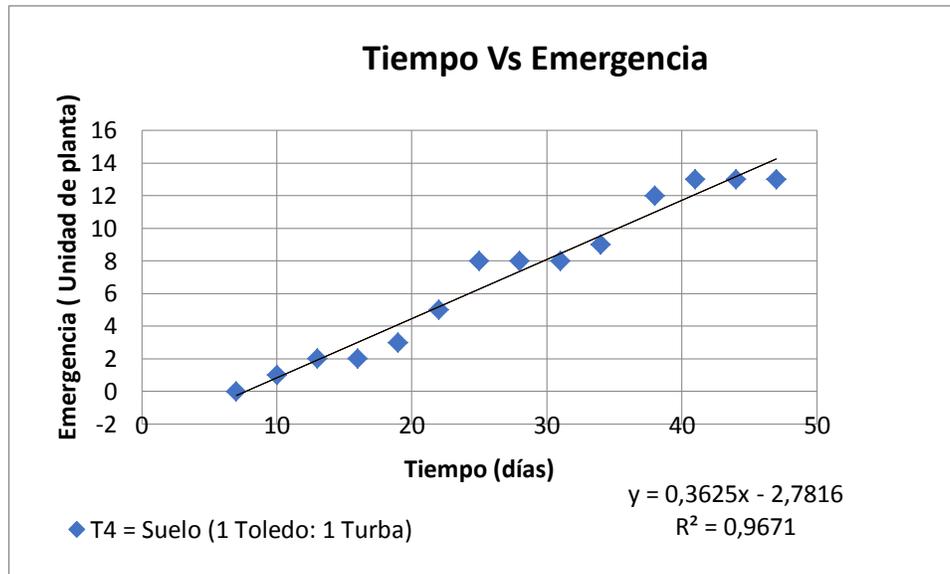


Figura N° 8. Frecuencia de emergencia de plántula de q'awchi (*Suaeda foliosa* Moq.) en suelo de Toledo proporción (1:1) a los 43 días

En la (Figura N° 9) se observa el tratamiento (T5) correspondiente al suelo de Toledo de proporción (1:2) donde se observa, la emergencia de plántulas de q'awchi; además que se evidencia la relación con el tiempo.

La misma figura, muestra el ajuste de emergencia de plantines de q'awchi mediante regresión lineal, el coeficiente de correlación es de $r = 0.92$, este valor nos indica que existe una correlación positiva lineal entre el tiempo y la emergencia de plántula, lo que nos demuestra que a mayores tiempo habrá mayor emergencia de plántulas de q'awchi, lo que significa un periodo en el cual la emergencia de plántula es más lenta por tener un menor número de plantas en el tratamiento.

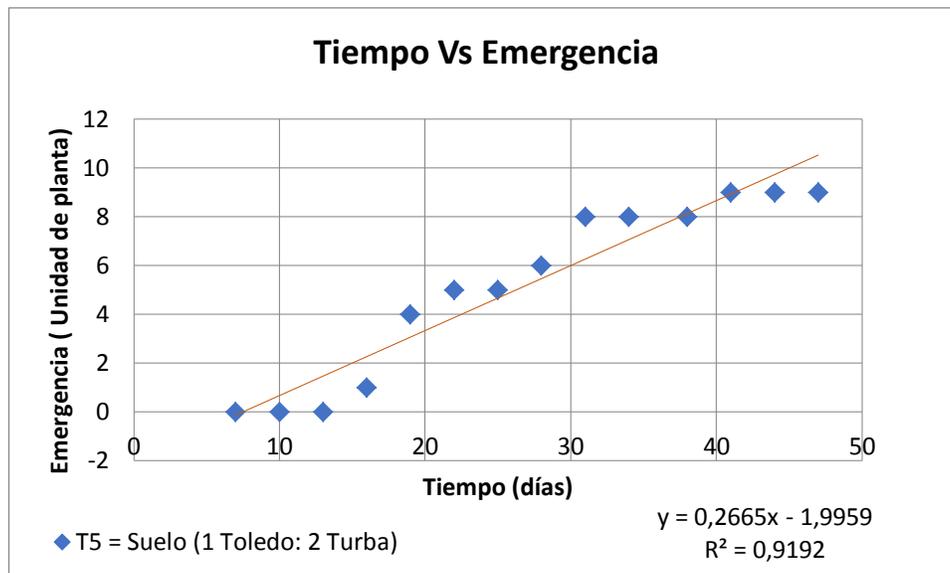


Figura N° 9. Frecuencia de emergencia de plántula de q'awchi (*Suaeda foliosa* Moq.) en suelo de Toledo proporción (1:2) a los 43 días

Los resultados (Figura N° 10) de esta variable indican que el tratamiento (T2), correspondiente al suelo de Lago Poopó de proporción (1:0), muestra una probabilidad mínima de emergencia de plántulas de q'awchi pues la relación del tiempo no influye en la emergencia de las plántulas.

En los suelos del Lago Poopó se observó que no hay emergencia de plantas de q'awchi debido a la textura del suelo, en el cual hay poca retención de agua y es pobre en nitrógeno con un pH de 8,39.

La (Figura N° 10), muestra el ajuste de emergencia de plántula de q'awchi mediante regresión lineal el coeficiente de correlación es de $r = 0,76$, este valor nos indica que no existe una correlación positiva lineal entre emergencia de plántula y tiempo lo que nos demuestra que a medida que se va aumentando el tiempo no existe incremento de la emergencia de plántulas de q'awchi.

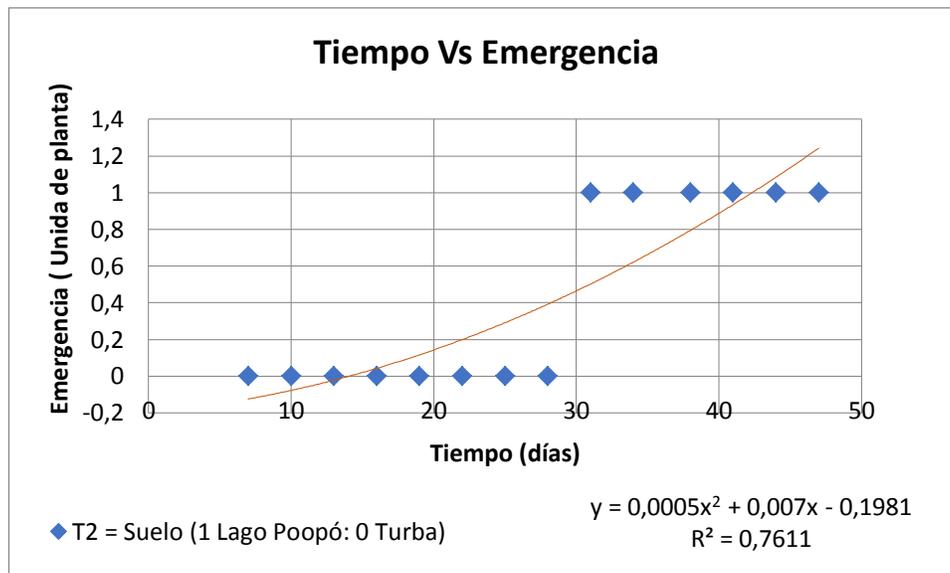


Figura N° 10. Frecuencia de emergencia de plántula de q'awchi (*Suaeda foliosa* Moq.) en suelo de Lago Poopó proporción (1:0) a los 43 días

En la (Figura N° 11) se presenta la correlación de emergencia de plántines y tiempo, donde se observa un baja significancia entre los mismos, por lo tanto no tiene relación la emergencia de plántines con el tiempo; es decir que no hay dependencia de la emergencia en relación al tiempo.

En el ajuste de emergencia de plantines de q'awchi mediante regresión lineal, el coeficiente de correlación es de $r = 0.90$, este valor nos indica que existe una correlación positiva lineal entre el tiempo y la emergencia de plantines, esto nos demuestra que a medida que se amplía el tiempo el número de plantines aumentará.

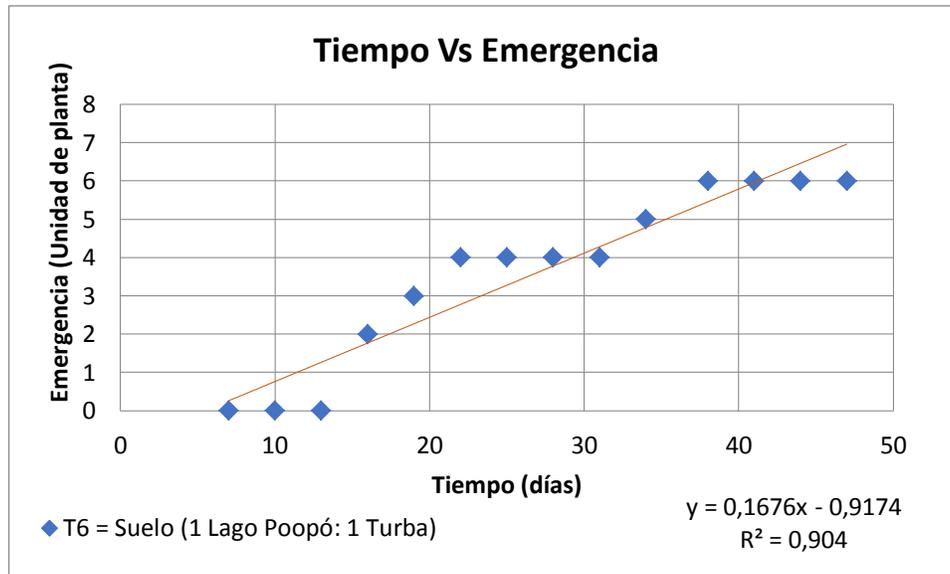


Figura N° 11. Frecuencia de emergencia de plántula de q'awchi (*Suaeda foliosa* Moq.) en suelo de Lago Poopó proporción (1:1) a los 43 días

Se puede observar en la (Figura N°12), que mientras se aumenta el tiempo en los tratamientos, se presenta una mínima emergencia de plantines de q'awchi; es decir que a mayor tiempo menor es la emergencia de plantines; por lo tanto el ajuste de emergencia de plantines de q'awchi mediante regresión lineal, el coeficiente de correlación es de $r = 0.70$, este valor nos indica que no existe una correlación positiva lineal entre el tiempo y la emergencia de plantines de q'awchi, esto nos demuestra que a medida que transcurre el tiempo no hay incremento de plantines.

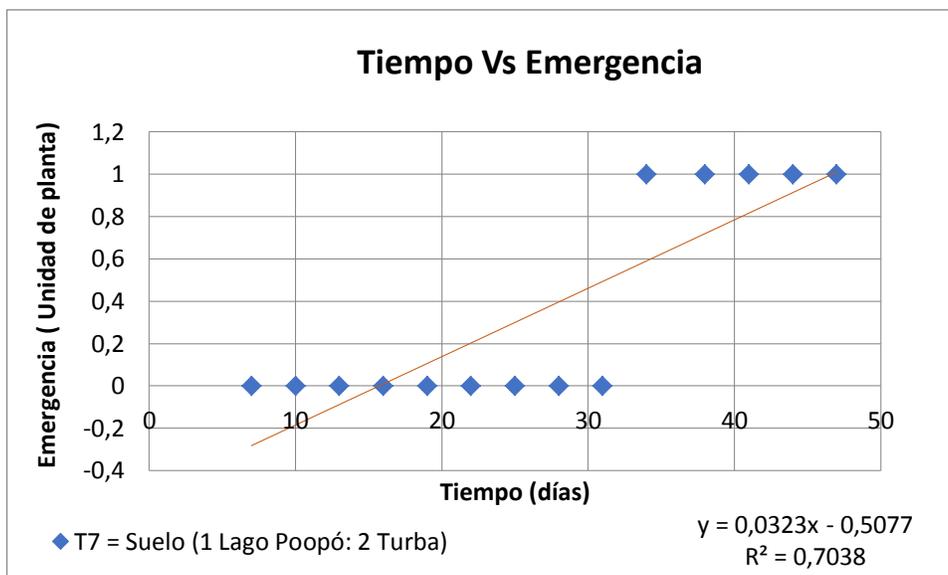


Figura N° 12. Frecuencia de emergencia de plántula de q'awchi (*Suaeda foliosa* Moq.) en suelo de Lago Poopó proporción (1:2) a los 43 días

En la (Figura N° 13) se observa el tratamiento (T3) correspondiente al suelo de Ayamaya de proporción (1: 0) donde se observa en el gráfico que la emergencia de plántulas de q'awchi tiene relación con el tiempo; es decir que a mayor tiempo mayor emergencia de plantines de q'awchi.

El suelo en estudio tiene un pH del 7,14 de textura arcillosa que de gran forma dificulta la emergencia de las plántulas de q'awchi llegando a formarse una costra dura en la superficie del suelo; teniendo las características del suelo el ajuste de la emergencia de plántula de q'awchi mediante regresión lineal, el coeficiente de correlación es de $r = 0.93$, este valor nos indica que existe una correlación positiva lineal entre el tiempo y la emergencia de plántula, esto nos demuestra que a medida que se va ampliando el tiempo aumenta el número de plantines.

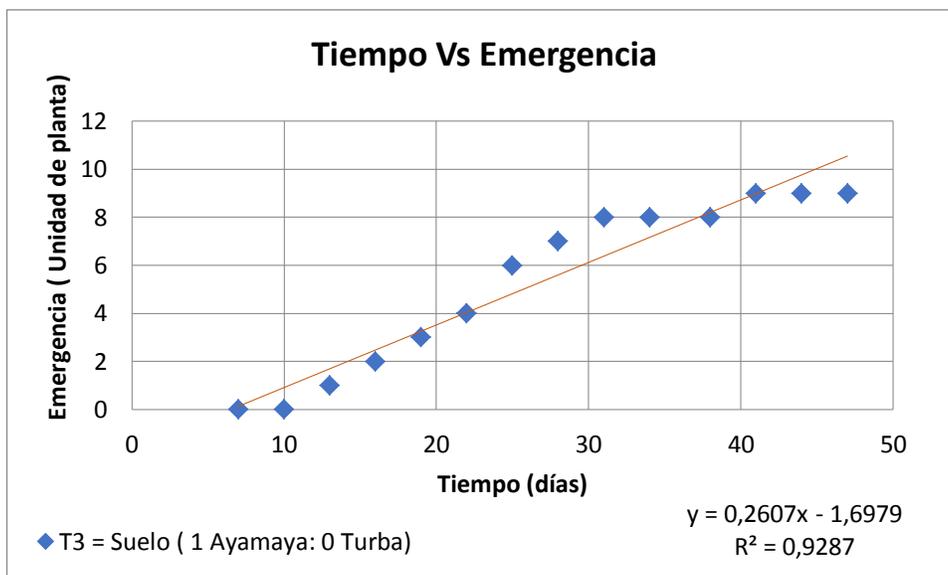


Figura N°13. Emergencia de plántula de q'awchi (*Suaeda foliosa* Moq.) en suelo de Ayamaya proporción (1:0) a los 43 días

Los resultados (Figura N° 14) de esta variable indican que el tratamiento (T8), correspondiente al suelo de Ayamaya de proporción (1:1), tiene mayor emergencia de plantines en relación al tiempo, el mismo que muestra que a mayor tiempo hay mayor emergencia de las plántulas de q'awchi en un lapso de 43 días.

El ajuste de la emergencia de plantula mediante regresión lineal, el coeficiente de correlación es de $r = 0.93$, este valor nos indica que existe una correlación positiva lineal entre el tiempo y la emergencia de plántula de q'awchi, esto nos demuestra que a medida que se va aumentando el tiempo mayor será el número de plántulas emergidas, debido a que en este suelo la semilla encuentra las condiciones adecuadas para la germinación y posterior emergencia.

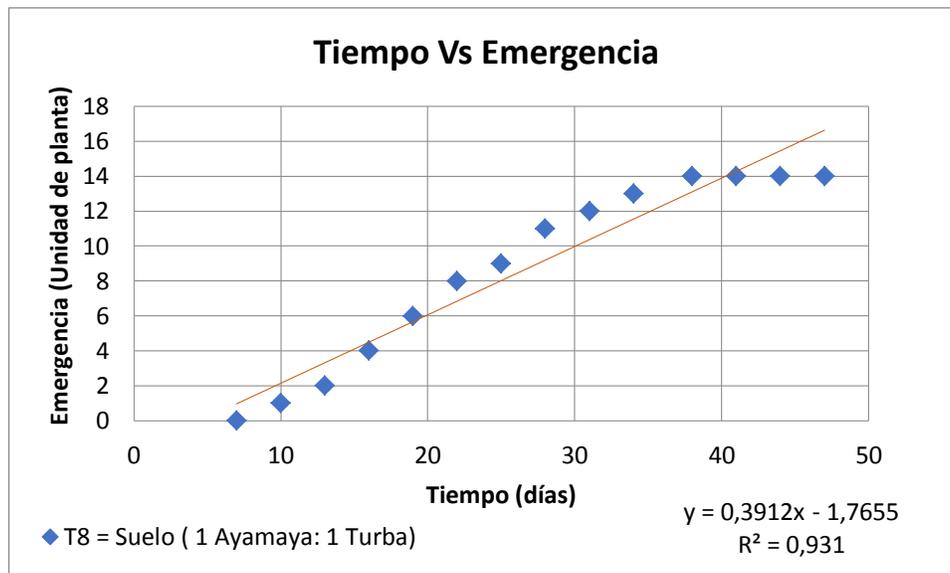


Figura N°14. Frecuencia de emergencia de plántula de q'awchi (*Suaeda foliosa* Moq.) en suelo de Ayamaya proporción (1:1) a los 43 días

En la (Figura N° 15) se observa que hay una mínima emergencia de plantas de q'awchi lo que da a entender que la variación de la emergencia no es dependiente del tiempo.

El ajuste de la emergencia de plántula mediante regresión lineal, el coeficiente de correlación es de $r = 0.69$, este valor nos indica que no existe una correlación positiva lineal entre el tiempo y la emergencia de plántula, esto nos demuestra que a medida que se va aumentando el tiempo el número de plántulas de q'awchi no incrementa debido a las características del suelo de textura arcillosa que dificulta la emergencia de plántula formándose una costra en la superficie del suelo.

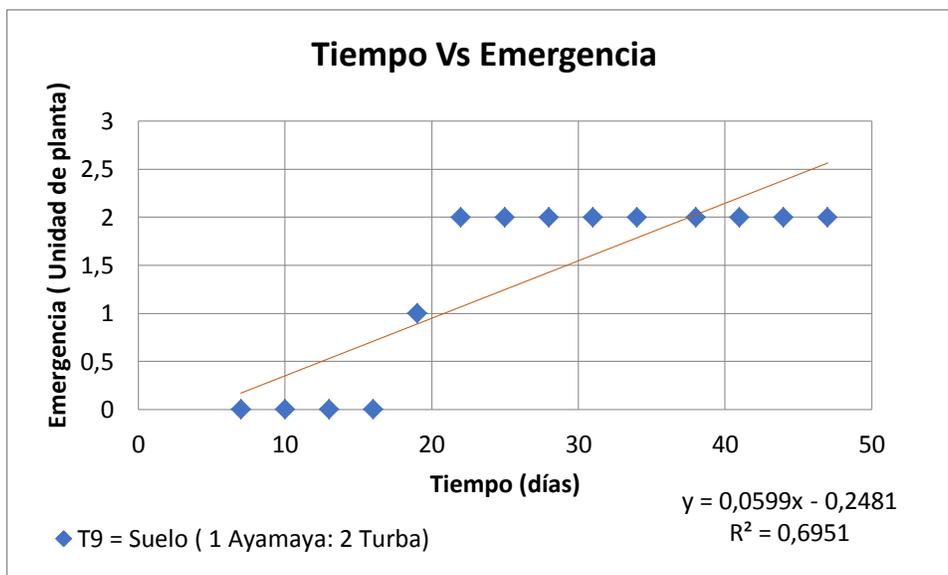


Figura N°15. Emergencia de plántula de q'awchi (*Suaeda foliosa* Moq.) en suelo de Ayamaya proporción (1:2) a los 43 días

Rodríguez (2000), indica que la semilla al estar en reposo está completamente deshidratada rodeada por una cubierta impermeable donde los procesos metabólicos están suspendidos el cual está en una vida interrumpida debido a la carencia de agua y oxígeno. Al realizar los métodos de escarificado se hace una intervención con la ruptura de la cubierta seminal activando los procesos fisiológicos que comienzan con la absorción de agua y crecimiento de las células del embrión y aumento de la actividad metabólica.

6.2.1.2 Análisis de varianza para la emergencia de semillas de q'awchi (*Suaeda foliosa* Moq.) a los 43 días

El coeficiente de variación de 10,95 % lo que indica la confiabilidad de la información ya que se encuentran dentro del parámetros permitidos menor al 30%, Ochoa (2003).

El análisis de varianza para porcentaje de emergencia (Cuadro N° 9) manifestó diferencias altamente significativas entre los tratamientos, el cual hace entender que las proporciones de turba en suelos naturales de Ayamaya, Toledo y suelo

de Lago tienen efecto directo sobre la emergencia de la nueva planta. Para tal efecto se realizó la comparación de medias (Cuadro N° 10).

Lira (2003), señala que la emergencia está mayormente influenciada por las condiciones de humedad y la clase textural del suelo. Asimismo en la etapa inicial, la planta depende de las reservas alimenticias de la semilla que son empleadas para la formación de los órganos que componen la plántula; es decir el desarrollo del sistema radicular y de las hojas verdaderas, los procesos anabólicos dependientes de la fotosíntesis, se traducen en un rápido crecimiento.

Cuadro N° 9. Análisis de varianza para porcentaje de emergencia de plántulas de q'awchi a 40 días

FUENTE DE VARIABILIDAD	GRADO DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	FC	VALOR DE "P"
Tratamientos	8	37,38	4,67	67,04	<0,0001 **
E.E	27	1,88	0,07		
Total	35	39,26			

** = Altamente significativo.

CV = 10,95 %

6.2.1.3 Comparación de medias para porcentaje de emergencia

Los resultados obtenidos de análisis de varianza para porcentaje de emergencia, se manifestó altamente significativo para los tratamientos (Cuadro N° 9), pues los métodos de escarificación influenciaron en el porcentaje de emergencia. Se procedió el análisis de comparación de medias DUNCAN al 5%.

En la prueba de Rango Múltiple de DUNCAN al 5%, del cuadro N° 10, el tratamiento T8 muestra mayor velocidad en cuanto a emergencia de planta, con una media de 16% seguido por T4 tratamientos que con adición del 50% de turba logran obtener un buen porcentaje de emergencia, a su vez estos suelos influyen en la división celular y formación de grasas principalmente en la semilla

que a la vez intensifica en el crecimiento de la radícula con el fósforo asimilable que contienen estos suelos.

Según estos valores, los tratamientos sin adición de turba presentan comportamientos estadísticamente diferentes a aquellas que si tienen turba en distintas proporciones, alcanzando el mayor valor promedio T8 con 16,0 % de emergencia en comparación a uno de los tratamientos testigos que obtuvo un valor bajo promedio T1 del 0% de emergencia esto efecto debido a las características de los suelos con propiedades físicas y químicas no favorables para la semilla.

Cabe recalcar que para que haya emergencia en una semilla el sustrato debe tener una estructura donde el agua pueda moverse a través de las partículas del suelo esto implica un buen riego al igual que la disponibilidad de nutrientes.

Por otra parte es conveniente mencionar que en suelos franco arcillosos, las condiciones para la semilla no son favorables, debido a la concentración de limo y arcilla que dificultan la retención de agua, tienen mayor plasticidad, mayor adhesividad impidiendo el desarrollo de la raíz, a causa de ello se forman costras que impiden la emergencia de la nueva planta, este es el caso del T1 con un porcentaje de emergencia 0 % por otra parte los sustratos salinos pueden retardar la emergencia.

Cuadro N° 10. Prueba Duncan (% emergencia – Sustrato)

TRATAMIENTOS	MEDIAS (%)	DUNCAN (5%)
T8: 1 (Ayamaya): 1 (Turba)	16,00	a
T4: 1 (Toledo): 1 (Turba)	12,50	b
T5: 1 (Toledo): 2 (Turba)	9,75	c
T3: 1 (Ayamaya): 0 (Turba)	8,25	c d
T6: 1 (Lago): 1(Turba)	6,00	d
T2: 1 (Lago): 0(Turba)	1,75	e
T9: 1 (Ayamaya): 2 (Turba)	1,25	e
T7: 1 (Lago): 2 (Turba)	0,75	e
T1: 1 (Toledo): 0 (Turba)	0,00	e

6.3 Altura de planta

6.3.1 Altura de planta bajo diferentes proporciones de suelo.

Para la velocidad de crecimiento con respecto a la altura de planta se tomó lecturas de cada 15 días para los nueve tratamientos, este comportamiento se debe a que las plantas entran en estrés las primeras semanas debido al trasplante y al cambio de temperatura, por lo que se denota en las figuras siguientes:

A partir del día 45 para adelante cada tratamiento toma diferentes velocidades de crecimiento; además de ello se debe tomar en cuenta que las plantas seleccionadas tenían entre dos a tres hojas verdaderas con una altura promedio de 1,0 a 1,5 cm notablemente en el primer mes se observa el crecimiento lento de las planta una vez establecida la planta el crecimiento es dependiente del sustrato.

De acuerdo a las siguientes figuras se puede observar que durante el ensayo la mejor velocidad de crecimiento con relación a la altura de planta fueron los correspondientes a los tratamientos T8 (Ayamaya 1:1) con la mayor altura de 11.38 cm promedio respectivamente seguida por T9 (Ayamaya 1:2) con 10,83 cm

correspondientemente que mantiene la superioridad en cuanto a altura de planta desde el inicio hasta el final del ensayo.

Esto se debe a que los sustratos estaban integrados por suelos de Ayamaya en proporciones de (1:1) y (1:2), por consiguiente se tiene el mayor aporte de fósforo con un 27,15 ppm los mismos que probablemente ofrecen buenas condiciones para su crecimiento. Además los sustratos contienen fósforo y nitrógeno en mayor cantidad como muestra el análisis de suelos.

Estos elementos esenciales como: el fósforo asimilable que juega un rol importante en el material genético como en la división celular y el nitrógeno que es un componente esencial; es decir que en esta etapa de crecimiento estos elementos son de gran importancia ya que de ellas depende el desarrollo de los órganos de la nueva planta.

Con alturas o longitudes menores se tiene a T7 (Lago 1:2) con 5,39 cm y en última posición se tiene la T1 (Toledo 1:0) que presento la menor longitud con 5,12 cm. Esto se debe a que estos suelos son muy pobres en nitrógeno y potasio ya que el potasio interviene en el metabolismo del nitrógeno favoreciendo la síntesis de aminoácidos y proteínas que a la vez ayuda en la apertura de los estomas y una relación directa con el movimiento del agua.

En la (Figura N° 16) se observa al tratamiento (T1) con suelo de Toledo de proporción (1:0) el cual nos muestra que por los 15 días que pasan, la altura de planta se incrementara en un 0,55 cm; es decir que se incrementará 5 mm. Entonces se llega a la conclusión de que el tiempo tiene una influencia o afecta al crecimiento de las plantas en este caso a la altura de planta del q'awchi en un 92,33 % y los restantes 7,7 % se deben a otros factores.

Las características de este suelo es de textura arcillosa con pH de 8,97 y nitrógeno total de 0,07 % donde indica que la cantidad del nutriente esencial para el desarrollo de plántines es insuficiente lo cual dificultará el crecimiento.

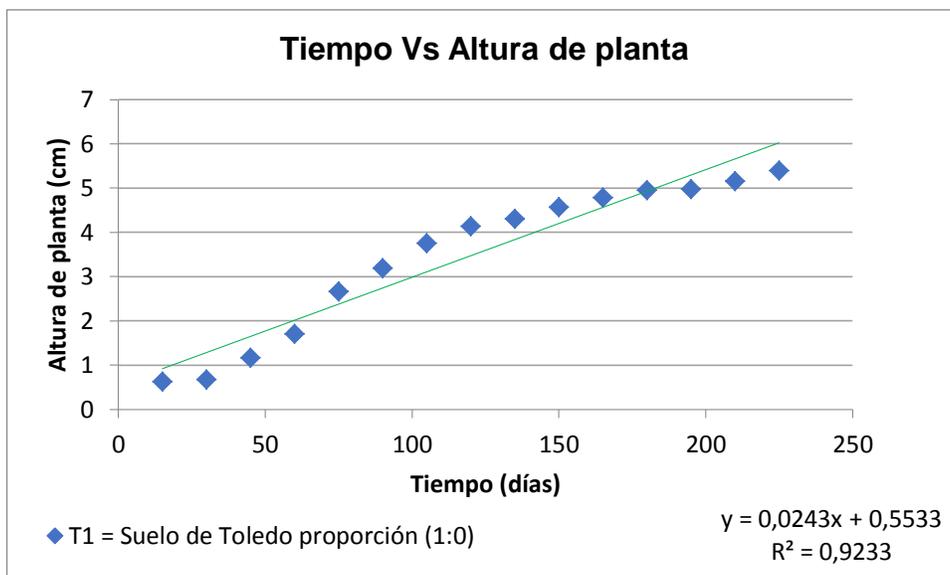


Figura N°16. Frecuencia de crecimiento en plántines de q'awchi en suelo de Toledo de proporción (1:0) a los 225 días

En la (Figura N° 17) se tiene al tratamiento (T4) con suelo de Toledo de proporción (1:1) donde se puede observar que por los 15 días que pasan, la altura de planta se incrementará en un 2,37 cm, el cual permite deducir que el tiempo tiene una influencia o afecta al crecimiento de las plantas en este caso a la altura de planta del q'awchi en un 84,37 %.

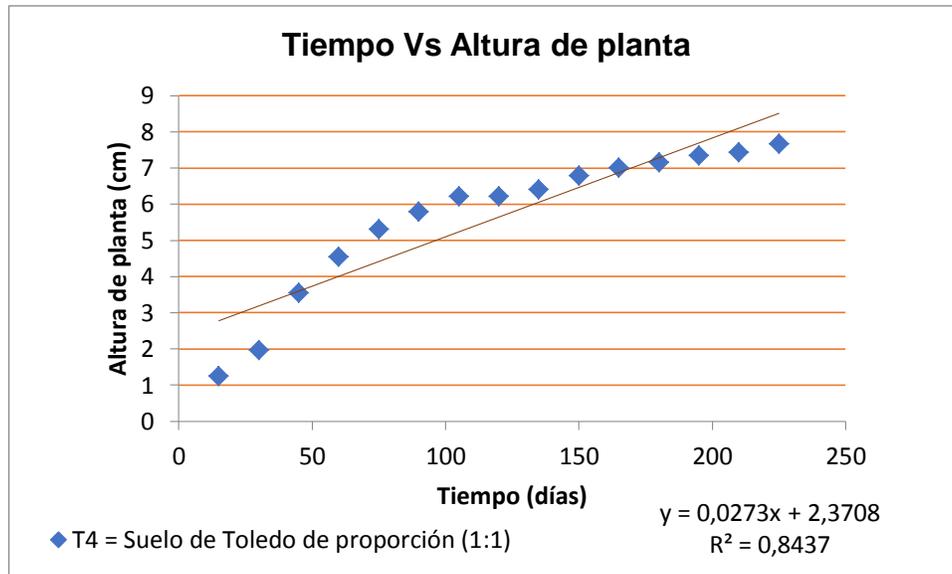


Figura N°17. Frecuencia de crecimiento en plántines de q'awchi en suelo de Toledo de proporción (1:1) a los 225 días

De acuerdo a los resultados de la (Figura N° 18) del tratamiento (T5) correspondiente al suelo de Toledo de proporción (1:2) se tiene que por cada 15 días que pasa, se tendrá un incremento en la altura de planta en un 2,02 cm; es decir que el tiempo tiene influencia directa o afecta al crecimiento de la planta en un 89,3 %.

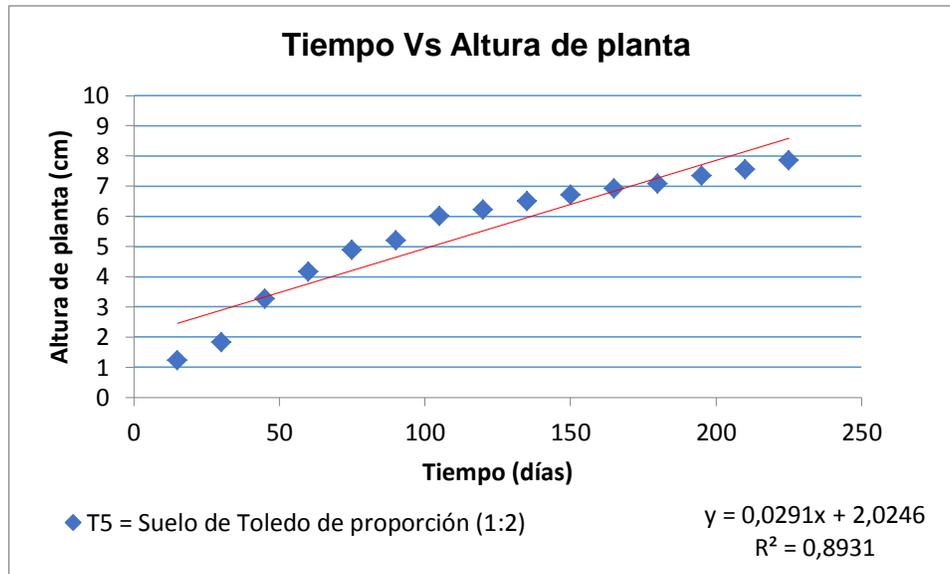


Figura N°18. Frecuencia de crecimiento en plántines de q’awchi en suelo de Toledo de proporción (1:2) a los 225 días

De acuerdo a la (Figura N° 19) del tratamiento (T2) que corresponde al suelo de Lago Poopó de proporción (1:0), se puede observar que la altura de planta tiene dependencia del tiempo; por lo tanto por cada 15 días que pasan la altura de planta incrementa 1,62 cm; lo que vale decir que el tiempo afecta el crecimiento de la planta de q’awchi de forma directa en un 89,3%.

Las características del suelo del Lago Poopó es de nitrógeno total de 0,03 % y un pH de 8,39 en este suelo existe déficit de nitrógeno para el desarrollo de la planta, lo cual permite un crecimiento de planta lento.

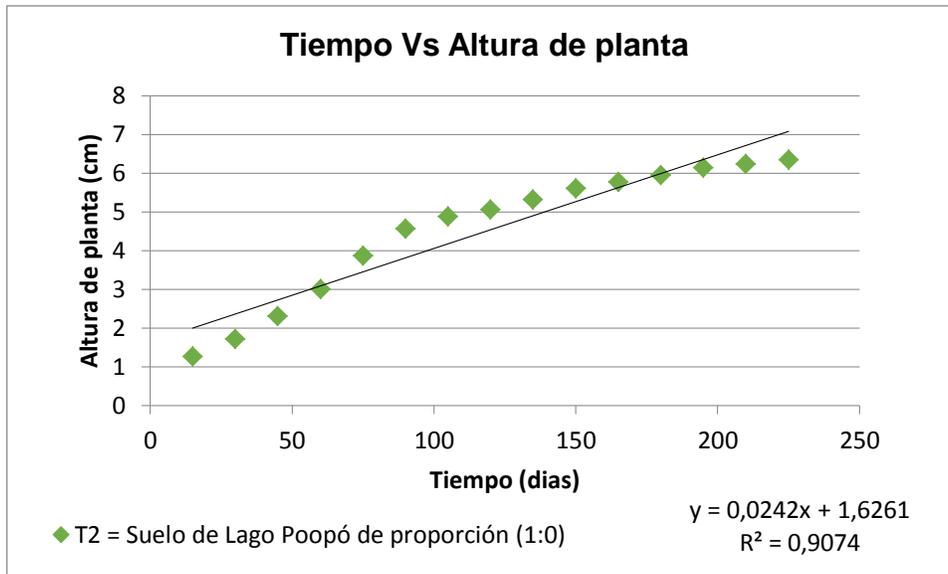


Figura N°19. Frecuencia de crecimiento en plántines de q’awchi en suelo de Lago Poopó de proporción (1:0) a los 225 días

En el tratamiento (T6) con suelo de Lago Poopó de proporción (1:1) donde se puede observar en la (Figura N° 20) que por los 15 días que pasan, la altura de planta se incrementara en 1,62 cm, el cual permite deducir que el tiempo tiene una influencia o afecta al crecimiento de las plantas de q’awchi, en un 90,7 %.

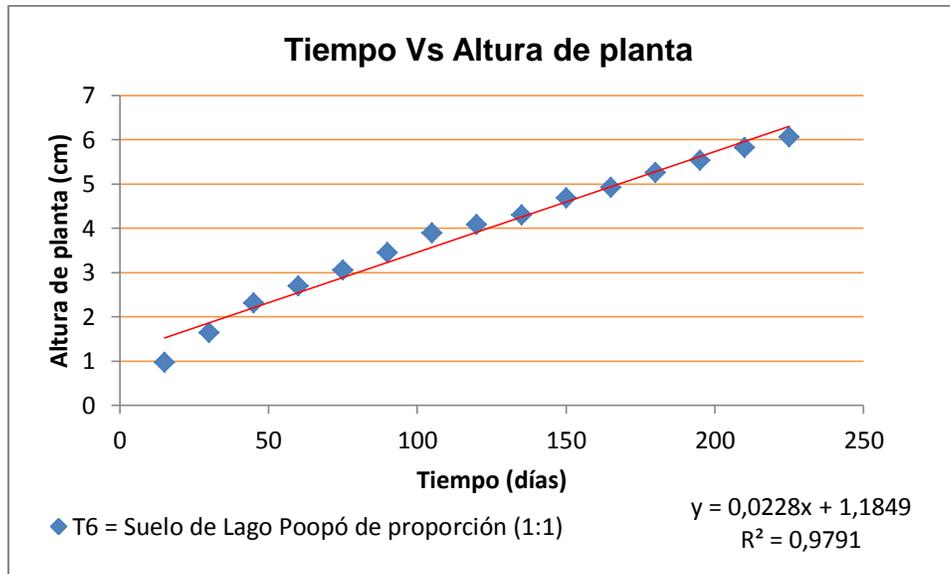


Figura N° 20. Frecuencia de crecimiento en plántines de q'awchi en suelo de Lago Poopó de proporción (1:1) a los 225 días

Los resultados de la (Figura N° 21) muestran que a mayor tiempo, habrá un mayor crecimiento en altura de planta de q'awchi, cual denota que por cada 15 días que pasa la altura de planta incrementara 1,56 cm. Entonces se llega a la conclusión de que el tiempo tiene una influencia o afecta al crecimiento de las plantas en este caso a la altura de planta del q'awchi en un 90,6 % y los restantes 9,4 % se deben a otros factores.

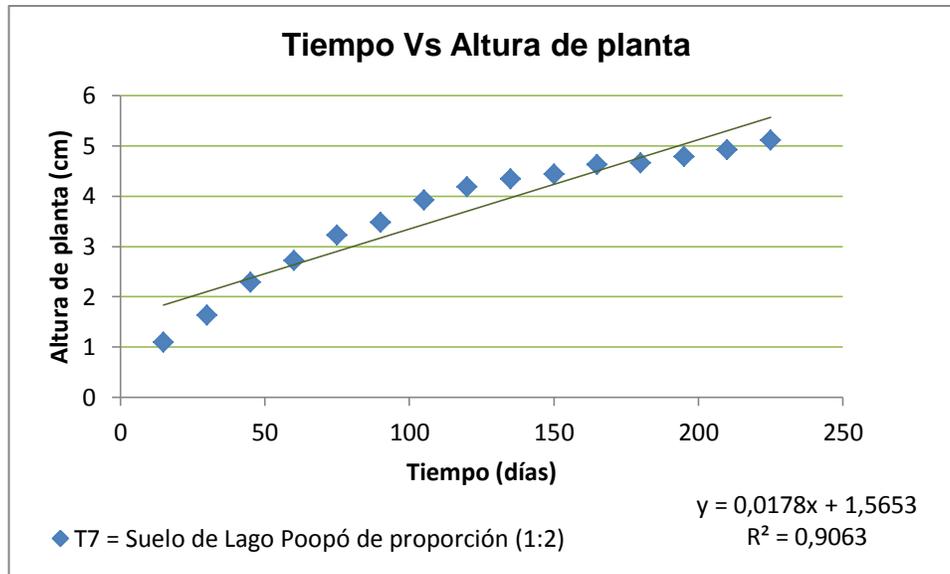


Figura N° 21. Frecuencia de crecimiento en plántines de q’awchi en suelo de Lago Poopó de proporción (1:2) a los 225 días

Los resultados que muestra la (Figura N° 22) del tratamiento (T3) que corresponde al suelo de Ayamaya de proporción (1:0) donde la altura de planta de q’awchi incrementa con el tiempo; lo cual significa que por cada 15 días que pasa la altura de planta incrementa en un 0,87 cm por lo que el tiempo tiene una influencia con la altura de planta en un 95,6 %.

En este tratamiento el contenido de nutrientes y el pH neutro favorecen parcialmente a la planta porque en ella se encuentra un alto contenido de fosforo asimilable de 27,15 ppm el cual la planta aprovecha para su crecimiento.

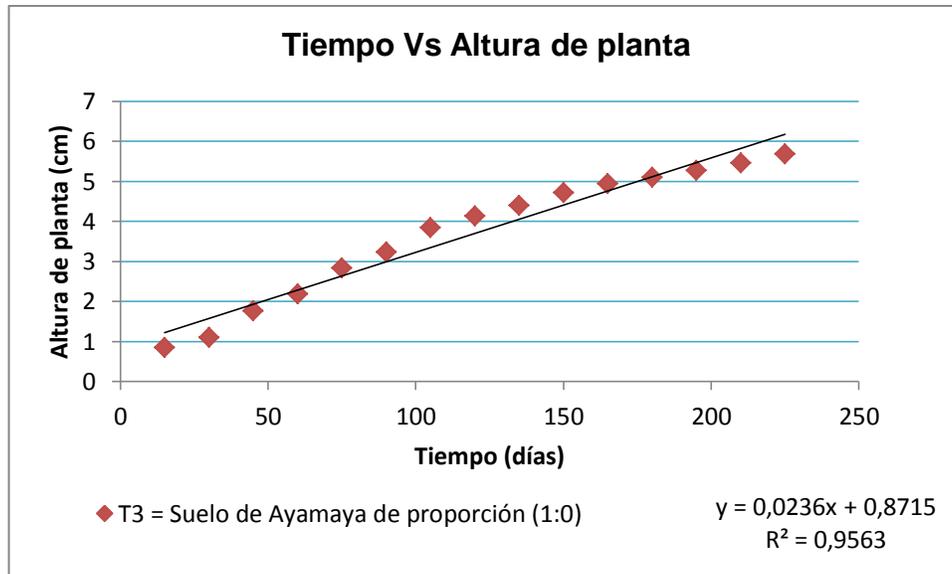


Figura N° 22. Frecuencia de crecimiento en plántines de q’awchi en suelo de Ayamaya de proporción (1:0) a los 225 días

En la (Figura N° 23) se observa al tratamiento (T8) con suelo de Ayamaya de proporción (1:1) el cual nos muestra que por los 15 días que pasan, en lo que respecta la altura de planta se incrementará en un 1,68 cm. Entonces se llega a la conclusión de que el tiempo tiene una influencia o afecta al crecimiento de las plantas en este caso a la altura de planta del q’awchi en un 92,9 % y los restantes 7,1 % se deben a otros factores.

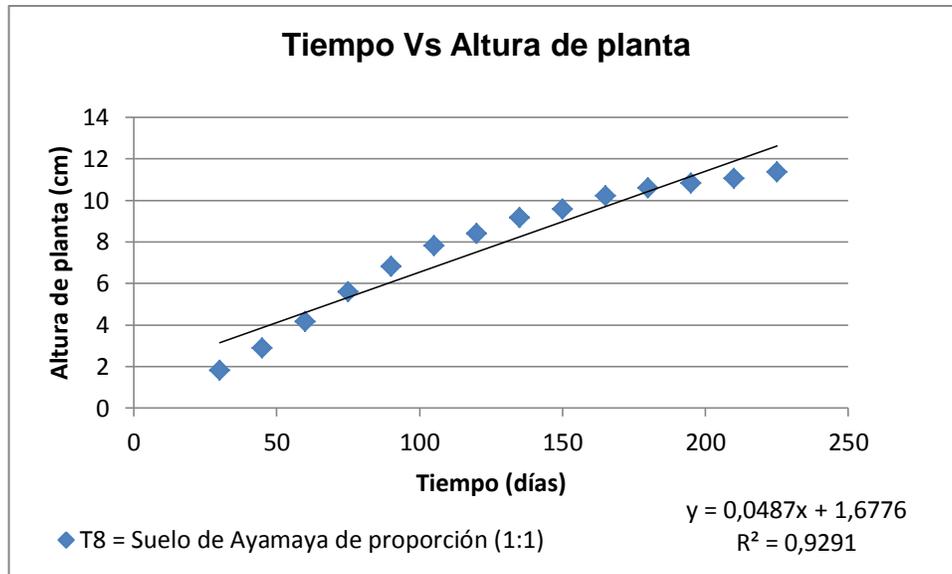


Figura N° 23. Frecuencia de crecimiento en plántines de q'awchi en suelo de Ayamaya de proporción (1:1) a los 225 días

Los resultados del tratamiento (T9) de suelo de Ayamaya con proporción (1:2) muestra resultados de que por cada 15 días que pasa el crecimiento de la planta aumenta en altura o crecimiento en 1,16 cm, por lo cual influye en la variable altura de planta con un 94,8 % como se observa en la (Figura N° 24).

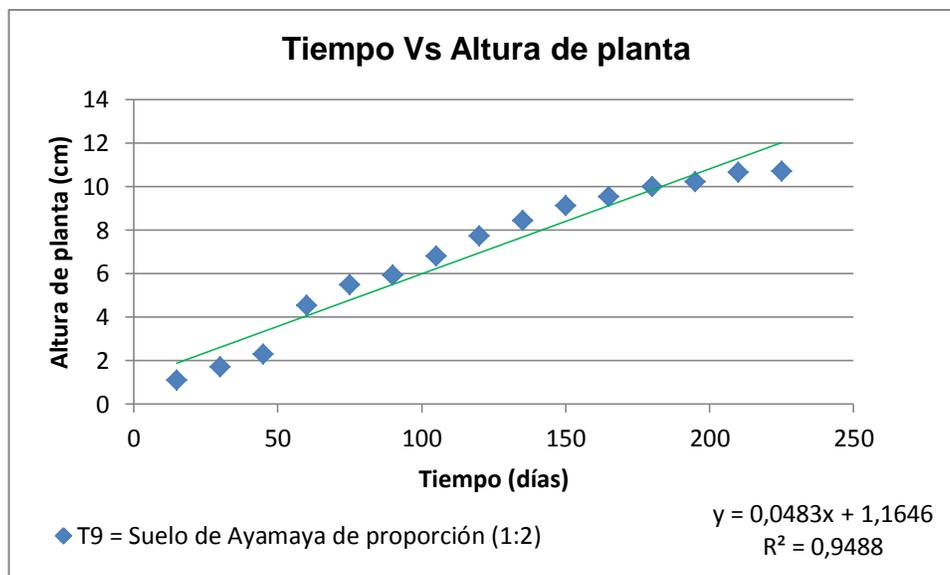


Figura N° 24. Frecuencia de crecimiento en plántines de q’awchi en suelo de Ayamaya de proporción (1:2) a los 225 días

6.3.1.1 Análisis de varianza para altura de planta bajo diferentes tipos de suelo

En el (Cuadro N° 11) se muestra el análisis de varianza para la variable altura de planta, donde el coeficiente de variación fue de 17,73 % que indica la confiabilidad de la información y se encuentra dentro del rango permitido menor 30%.

En el análisis de varianza se observa que no existen diferencias significativas para bloques, esto indica que en los bordes no se encontró un efecto directo en el crecimiento del q’awchi, en relación a la altura de la planta. Sin embargo para tratamientos existen diferencias altamente significativas, esto refleja que los diferentes sustratos tuvieron un efecto directo en cuanto a la velocidad de crecimiento en relación a la variable altura de planta.

Al respecto Rodríguez (1999), menciona que el agua es uno de los factores más importantes para la activación de la semilla, el crecimiento y desarrollo de las plantas, desde la germinación hasta la madurez fisiológica de los cultivos, ya que a lo largo del crecimiento de la planta el agua proporciona un medio de transporte de elementos nutritivos y la conservación de la turgencia; es decir que el

crecimiento es un proceso fisiológico muy complicado que depende de los procesos que tienen lugar en una planta, como: la fotosíntesis, respiración, absorción de agua, sustancias minerales y orgánicas.

Maldonado (2012), menciona que la humedad interviene en la transpiración, crecimiento de tejidos, fecundación de las flores de igual manera requieren de bastante luminosidad para que de esta manera pueda, a través de sus hojas, producir alimento necesario para su crecimiento. Así mismo, este autor señala que la ausencia de luz provoca alteraciones en la parte foliar y en la fructificación.

Cuadro N° 11. Análisis de varianza para la altura de planta en 225 días

FUENTE DE VARIABILIDAD	GRADO DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	FC	VALOR DE "P"
Bloques	3	0,16	0,05	0,03	0,9921 NS
Tratamientos	8	171,46	21,43	12,55	<0,0001 **
EE	24	40,99	1,71		
Total	35	212,62			

** = altamente Significativo; NS = No significativo

CV = 17.73 %

6.3.1.2 Comparación de medias Duncan ($\alpha = 0.05$) para altura de planta

De acuerdo al (Cuadro N° 11) del análisis de varianza para altura de planta, existe diferencias altamente significativas entre tratamientos, donde las diferentes proporciones de sustratos tuvieron su efecto sobre la altura de planta, por tanto se realizó el análisis la comparación de medias de rango múltiple de DUNCAN al 5%.

De acuerdo a los resultados de la comparación de media Duncan para la variable altura de planta se determinó que el primer grupo está integrado por los tratamientos T8 y T9 alcanzando la mayor altura (Cuadro N° 12).

Estos resultados se podrían explicar sobre la base del sustrato donde al añadir turba al suelo mejora en la textura; esto quiere decir que facilita el movimiento de los nutrientes como del agua al igual que mejora la aireación por la característica fibrosa de la turba, y además de ello se observó que mantiene la humedad del suelo que es beneficioso para la planta que por ende este tiene una buena absorción de nutrientes.

Con los resultados obtenidos se demostró que aplicando diferentes niveles de turba en los suelos de Ayamaya, Toledo y suelo de Lago se pueden llegar a obtener diferentes velocidades de crecimiento en relación a la altura de planta, esto a causa de que adicionando diferentes proporciones de turba se adiciona nitrógeno lo cual genera una mayor longitud, ya que el nitrógeno es uno de los elementos esenciales para el desarrollo de la planta; sin embargo no se puede mencionar lo mismo de aquellos tratamientos que no se adicionaron turba.

Goitia (2015), menciona que la materia orgánica mejora la estructura física del suelo, mejor absorción del agua, mayor capacidad para retener el agua, menor erosión del suelo, menor formación de costras y terrones, condiciones más favorables para la germinación de las semillas y mejores condiciones para el desarrollo y crecimiento de la raíz y la planta en todas las especies.

Con respecto a las alturas de planta Rocha (1983), menciona que a los dos años las plantas de q'awchi, alcanzaron una altura de 15 a 20 cm que se expresa en 17,5 cm en 730 días con aspecto arbustivo en condiciones anegadas en la región de Choquecota, departamento de Oruro.

Al notar diferencia en los sustratos existe significancia, lo que demuestra que sea cual fuere la combinación nos dará resultados estadísticamente diferentes en relación a la altura de planta.

Sin embargo Gutiérrez (2009), indica que los resultados obtenidos para la variable altura de planta, establece que el sustrato con (turba-tierra del lugar-arena) de (3:2:1) fue mejor alcanzando una altura de 2cm en 60 días, con

respecto a los otros sustratos, debido a que retiene mayor humedad, facilitando la salida de los excesos de agua, es liviano y permite la aireación de las raíces.

Cuadro N° 12. Prueba Duncan para altura de planta en diferentes sustratos (225 días).

TTRATAMIENTOS	MEDIA (cm)	DUNCAN (5 %)
T8: 1 (Ayamaya) : 1(Turba)	11,38	a
T9: 1 (Ayamaya) : 2 (Turba)	10,83	a
T5:1 (Toledo) : 2 (Turba)	7,85	b
T4: 1 (Toledo) : 1 (Turba)	7,67	b c
T2: 1 (Lago) : 0 (Turba)	6,35	b c d
T6: 1 (Lago) : 1 (Turba)	6,06	b c d
T3: 1 (Ayamaya) : 0 (Turba)	5,69	c d
T7:1 (Lago): 2 (Turba)	5,39	d
T1: 1 (Toledo):0 (Turba)	5,12	d

6.4 Rendimiento en materia verde

6.4.1 Materia verde de plántines de q'awchi (*Suaeda foliosa* Moq.) en 225 días

Los resultados del análisis de varianza para rendimiento en materia verde revelaron que hubo diferencias estadísticas en los tratamientos, como se muestra en el (Cuadro N°13).

6.4.1.1 Análisis de varianza para materia verde bajo diferentes tipos de suelo

En el análisis estadístico para materia verde (Cuadro N° 13), manifestó un coeficiente de variación de 14.46%. Además existen diferencias significativas a un nivel de significancia de 5% entre los tratamientos, el cual hace entender que los sustratos proporcionados tienen efectos diferentes sobre el crecimiento de la planta con relación a la materia verde por lo que se realizó la comparación de medias (Cuadro N° 14).

La diferencia en relación a la materia verde de los plantines con respecto a los tratamientos se debe a que suelos con características físicas y químicas favorables para la planta son las adecuadas para obtener un buen rendimiento.

Así mismo estos tratamientos tendrían que prolongarse mucho más tiempo debido al periodo de crecimiento, por lo cual no lograron llegar a la etapa fenológica óptima para forraje, presentado un estado tierno al momento de la cosecha, influyendo en el rendimiento de materia verde. La cosecha óptima o el pastoreo óptimo es después de haber transcurrido dos años de edad después de la siembra (Ayala *et. al.*2009).

Otro factor importante que se debe tener en cuenta es la disponibilidad de nitrógeno que es el principal elemento que permite el crecimiento vegetativo y un intenso color verde, condiciones excesivas o deficiencias de nitrógeno pueden prolongar el periodo de crecimiento y retrasar la madurez. Esto ocurre frecuentemente cuando no se tiene a disponibilidad de la planta las cantidades adecuadas de los otros elementos nutritivos (Tisdale, 1988).

Cuadro N° 13. Análisis de varianza para rendimiento de q'awchi (g/MV/m²) en 225 días.

FUENTE DE VARIABILIDAD	GRADO DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	FC	VALOR DE "P"
Bloques	3	355,10	118,37	1,29	0,2996 NS
Tratamientos	8	16180,83	2022,60	22,09	<0,0001 **
E.E	24	2197,47	91,56		
Total	35	18733,41			

** = Altamente significativo NS = no significativo

CV = 14.46 %

6.4.1.2 Comparación de medias Duncan ($\alpha = 0.05$) para rendimiento en materia verde

De acuerdo al (Cuadro N°13) del análisis de varianza para el rendimiento en materia verde, existe diferencias significativas entre tratamientos, los diferentes sustratos proporcionados tuvieron efecto sobre el crecimiento del q'awchi, por tanto se realiza el análisis de comparación de medias de rango múltiple de DUNCAN al 5%.

De acuerdo a los resultados obtenidos para la variable materia verde (Cuadro N° 14) se aprecia que el mejor rendimiento está en el primer grupo integrado por T8 donde el promedio de su rendimiento es de 103,48 g/MV/m² lo que quiere decir 1034,8 kg/MV/ha,

El menor rendimiento se obtuvo con T1 (1(Toledo): 0(Turba)) donde se tiene un promedio de su rendimiento 25,30 g/MV/m² lo que quiere decir 253,0 kg/MV/ha, esto debido a que estos suelos tienen un alto contenido de limo y bajos porcentajes de nitrógeno y materia orgánica, lo que produce una pulverización de sus agregados.

La notoria acumulación de sales causante del encostramiento que impide el intercambio gaseoso del suelo con la atmosfera, la emergencia de la planta, la infiltración del agua al suelo debido a la reducción de los espacios porosos (macroporos) que juegan un papel importante en el crecimiento de la raíz.

Por otro lado Rodríguez (1999), menciona que cuando una planta experimenta un déficit de agua u otros elementos necesarios para el desarrollo de la planta, hace que se cierren los estomas, con los cuales decrece la absorción de dióxido de carbono, aspecto que determina la reducción de la fotosíntesis, influyendo en el crecimientos y desarrollo normal de las plantas.

Cuadro N° 14. Prueba Duncan (materia verde – Sustrato)

TRATAMIENTOS	MEDIA (g/MV/m²)	DUNCAN (5 %)
T8: 1(Ayamaya) : 1(Turba)	103,48	a
T9: 1 (Ayamaya) : 2 (Turba)	80,31	b
T5: 1 (Toledo) : 2 (Turba)	80,31	b
T4: 1 (Toledo) : 1 (Turba)	75,35	b c
T6:1 (Lago) : 1 (Turba)	71,72	b c
T2: 1 (Lago) : 0 (Turba)	61,42	c
T3: 1 (Ayamaya) : 0 (Turba)	47,27	d
T7: 1 (Lago) : 2 (Turba)	40,44	d
T1: 1 (Toledo) : 0 (Turba)	25,30	e

6.5 Rendimiento en materia seca

6.5.1 Materia seca de plántines de q'awchi (*Suaeda foliosa* Moq.) en 225 días

El análisis de varianza para rendimiento en materia seca (cuadro N° 15), nos presenta los siguientes resultados:

6.5.1.1 Análisis de varianza para materia seca bajo diferentes tipos de suelo

El coeficiente de variación para la variable rendimiento de materia seca fue 14,96% valor que está dentro el rango admisible para evaluar el carácter rendimiento expuesto por Ochoa (2009).

Según el análisis de varianza (Cuadro N° 15), las diferencias observadas entre bloques no se presenta diferencias significativas, pero entre tratamientos las diferencias observadas en el rendimiento de materia seca para tratamientos son altamente significativas, lo cual significa que al menos uno de los tratamientos tiene efecto diferenciado del resto de los tratamientos expresado en rendimiento de materia seca.

Al respecto Chilón (2014), señala que la poca disponibilidad de los nutrientes, exclusivamente orgánicas pueden limitar el estado nutricional de las plantas si estas no satisfacen sus necesidades, como también la alta probación significa un efecto competitivo entre las plantas, por luz, agua, nutrientes, espacio físico tanto sobre la superficie como por debajo, esta competencia se refleja en el rendimiento.

Cuadro N° 15. Análisis de varianza para rendimiento de q'awchi en materia seca (g/MS/m²)

FUENTE DE VARIABILIDAD	GRADO DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	FC	VALOR DE "P"
Bloques	3	56,10	166,78	1,74	0,8225 NS
Tratamientos	8	1778,50	18,70	20,63	<0,0001 **
E.E	24	258,62	10,78		
TOTAL	35	2093,22			

NS = No significativo; ** = altamente significativo

CV = 14,96 %

6.5.1.2 Prueba de medias entre tratamientos para rendimiento en materia seca

Los resultados obtenidos de análisis de varianza para rendimiento en materia seca, se expresó significativo para los tratamientos (Cuadro N° 15), pues el factor altura de planta, manifestó su efecto sobre el rendimiento de materia seca, para lo cual se procedió el análisis de comparación de medias DUNCAN al 5% (Cuadro N° 16).

La prueba de Duncan permite visualizar seis grupos de medias similares. Lo que se destaca lo que se destaca el tratamiento T8 suelo de Ayamaya y turba en proporciones (1:1) que ha alcanzado el mayor rendimiento promedio y es diferente al rendimiento de otros tratamientos. El segundo grupo está conformado por los tratamientos T9, T5, T4 y T6 con rendimientos similares.

El menor rendimiento se ha registrado para T1 que corresponde al sustrato proveniente del suelo de Toledo. Los otros tratamientos se encuentran entre los valores descritos. Es así que el crecimiento del vástago da como resultado el rendimiento de la materia seca donde T8 alcanza en rendimiento 34,49 g/MS/m² que quiere decir 344,9 kg/MS/ha y un menor rendimiento T1 con 9,52 g/MS/m² que vale decir 95,2 kg/MS/ha.

Alzerreca (1986), citado por Hervé *et al.*, (2002) menciona que los arbustales de q'awchi pueden llegar a tener una producción alrededor de 1.300 kg MS/ha; es decir que cuanto más años tiene la planta su producción aumentará. Teniendo datos de la provincia Villarreal, evaluaciones hechas en 1996 a 1998 dan resultados de q'awchiales de dos años, implantados en zanjas espaciadas de 2.5 m, dan una producción de 322 kg MS/ha; es decir un valor similar a la de un Tholar pajonal (392 kg MS/ha).

Bear (1999), manifiesta que más de la mitad del peso seco de las plantas está formada por nitrógeno, potasio y silicio, donde la mayor parte de nitrógeno y de fosforo están presentes bajo la forma orgánica los otros elementos se encuentran en forma inorgánica.

Cuadro N° 16. Prueba Duncan (materia seca – sustrato)

TRATAMIENTOS	MEDIA (g/ms/m²)	DUNCAN (5 %)
T8: 1 (Ayamaya) : 1 (Turba)	34,49	a
T9: 1 (Ayamaya) : 2 (Turba)	26,77	b
T5: 1 (Toledo) : 2 (Turba)	26,77	b
T4: 1 (Toledo) : 1 (Turba)	24,18	b c
T6: 1 (Lago) : 1 (Turba)	23,22	b c
T2: 1 (Lago) : 0 (Turba)	20,47	c d
T3: 1 (Ayamaya) : 0 (Turba)	15,75	d e
T7: 1 (Lago) : 2 (Turba)	14,89	d e
T1: 1 (Toledo) : 0 (Turba)	9,52	f

6.6 Días a la ramificación

6.6.1 Días a la ramificación del q'awchi en 225 días

Al respecto Tisdale (1988), menciona que el 95% del tejido de las plantas está compuesto de carbono, nitrógeno, hidrogeno y oxigeno; solo cerca del 5% queda como ceniza después que el tejido de la planta se deseca o se quema este es el caso del nitrógeno, potasio y fosforo que limita el crecimiento y desarrollo de la planta; por lo tanto es una limitante para el desarrollo de las plantas que requieren de los elementos esenciales en grandes cantidades para su desarrollo.

6.6.1.1 Análisis de varianza de días a la ramificación

El análisis de varianza en la variable días a la ramificación registro un coeficiente de variación de 17,36 % indicando que los datos son confiables por encontrarse por debajo del 30% que es el rango permitido (Ochoa, 2009).

En el (Cuadro N° 17) se muestra la relación del análisis de varianza de días a la ramificación, donde las diferencias son notorias en los tratamientos, esto se debe a las características del sustrato. El crecimiento vegetativo está influenciado por el tiempo en que la planta mantiene activa la división celular, en el ápice de las células apicales lo cual se lleva a cabo con una división longitudinal de tejidos de función especializada seguidamente el crecimiento del tallo principal disminuye debido a que las plantas entraron al inicio de la ramificación (Rodríguez ,2000).

En los tratamientos la adición de turba ayuda con un porcentaje de nitrógeno que ayuda de gran manera en el crecimiento de los órganos vitales como la raíz, tallo y hojas; es decir que al dar las condiciones mínimas, las plantas reaccionan de manera favorable.

Cuadro N° 17. Análisis de varianza para días a la ramificación del q'awchi

FUENTE DE VARIABILIDAD	GRADO DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	FC	VALOR DE "P"
Bloques	3	279,78	93,26	0,49	0,6940 NS
Tratamientos	8	10974,0	1371,75	7,18	0,0001 **
EE	24	4588,22	191,18		
Total	35	15842,0			

** = Significativo

CV = 17,36 %

6.6.1.2 Comparación de medias para días a la ramificación

Los resultados obtenidos de análisis de varianza para días a la ramificación, se manifestó significativo para los tratamientos (Cuadro N° 17), pues el sustrato denota su efecto sobre la velocidad de crecimiento de ramas. Se procedió el análisis de comparación de medias DUNCAN al 5%.

En la prueba de Rango Múltiple de DUNCAN al 5%, del (Cuadro N° 18) el tratamiento T5, muestra el menor tiempo respecto a la velocidad de crecimiento de ramas con un 57,50 días promedio, seguido por el T4 esto se debe a que en estos tratamientos las plantas no tuvieron la mejor altura pero en ramificación fueron las primeras a causa de las características del sustrato; es decir debido al alto grado de plasticidad que impide el ingreso de agua como el movimiento de los nutrientes en consecuencia la planta forma sus órganos a corta edad.

Cuadro N° 18. Prueba Duncan (Días a la ramificación – Sustrato)

TRATAMIENTOS	MEDIA (días)	DUNCAN (5 %)
T7: 1 (Lago) : 2 (Turba)	104,25	a
T1: 1 (Toledo) : 0 (Turba)	104,00	a
T3: 1 (Ayamaya) : 0 (Turba)	99,75	a
T9: 1 (Ayamaya) : 2 (Turba)	79,50	b
T6: 1 (Lago) : 1 (Turba)	75,25	b
T2: 1 (Lago) : 0 (Turba)	70,50	b
T8: 1 (Ayamaya) : 1 (Turba)	64,00	b
T4: 1 (Toledo) : 1 (Turba)	62,25	b
T5: 1 (Toledo) : 2 (Turba)	57,50	b

6.7 Resultado del análisis de suelos en laboratorio

6.7.1 Análisis físico químico de suelos

Las muestras de suelo enviadas al laboratorio dieron los siguientes resultados como se muestra en el (Cuadro N° 19).

En el (Cuadro N° 19) se muestra los resultados del análisis de laboratorio de los diferentes sustratos, debido a que no se tiene conocimiento de los requerimientos nutricionales del q'awchi no se sabe de forma exacta las cantidades de N P K necesarias para el desarrollo de esta especie.

Orsag (2010), comenta que son suelos salinos aquellos que tienen cantidades elevadas de sales solubles, que interfiere en la mayoría de los cultivos; además tienen una conductividad eléctrica en extracto de saturación mayor a 4 dS/m mientras que el porcentaje de sodio intercambiable es menor a 15 llegando a tener un pH menor a 8.5.

El mismo autor menciona que en suelos alcalinos se presentan concentraciones de sodio intercambiable que interfiere en el desarrollo de las plantas no contiene

sales solubles; cabe recalcar que el porcentaje de sodio intercambiable es mayor a 15 y conductividad eléctrica del extracto es menor a 4 dS/m con un pH que sobrepasa los 8,5 estos suelos con su deterioro marcado son mucho más difíciles de recuperar (Orsag, 2010).

Con relación al nitrógeno como se muestra en el cuadro anterior, los niveles son bajos, pues una planta cualquiera requiere mínimamente de 0,1 a 2 % de N₂ lo cual es desfavorable para su desarrollo en este caso al no tener datos del requerimiento de N₂ del q'awchi no se sabe qué (%) requerirá para su completo desarrollo.

En el caso del suelo de Ayamaya con un pH de 7.14 y nitrógeno total de 0,122 %, se puede mencionar que este suelo es neutro y tiene la condición mínima para el desarrollo de la plántula, dado es el caso que al adicionar turba estaríamos aumentando con un 1,827 % de nitrógeno total que sin lugar a duda mejora la disponibilidad de nutrientes además de mejorar la estructura.

En la textura los suelos son arcillosos (T1 y T3) además de ello tienen una característica que estos suelos son muy plásticos que se inclina un poco más a lo compacto, el cual llega a encostrarse, dificultando el crecimiento de la raíz por ende el desarrollo de la planta.

Tisdale (1988), destaca los resultados de numerosos experimentos donde se demuestra que entre los nutrientes de la planta el nitrógeno, el fósforo y potasio tienen poca o ninguna influencia sobre la acidez o basicidad del suelo. Los transportadores de nitrógeno; sin embargo tienen un efecto considerable sobre el pH del suelo y sobre las pérdidas de los cationes por filtración.

Cuadro N° 19. Resultado de los análisis de laboratorio realizados en el Instituto IBTEN.

TRAT.	pH	CONDUCTIVIDAD ELECTRICA dS/m	N. TOTAL (%)	P. ASIMILABLE (ppm)	K. INTERCAMBIABLE meq/100g
T1 (Toledo)	8,97	3,550	0,07	14,05	1,74
T2 (Lago)	8,39	8,620	0,033	5,06	1,34
T3 (Ayamaya)	7,14	0,341	0,122	27,15	1,45
T10 (Arena fina)	8,12	0,091	0,012	4,61	0,24
Turba	3,63	2,060	1,827	11,69	0,94

VII. CONCLUSIONES

En el trabajo de investigación sobre el efecto de la escarificación en semilla de q'awchi (*Suaeda foliosa* Moq.) y desarrollo de plantines en sustratos de suelo natural con turba en Kiphakiphani, Viacha, se llegaron a las siguientes conclusiones.

Los métodos de escarificación incrementaron de forma parcial en el porcentaje de germinación con excepción del testigo, comprobando que la mejor respuesta corresponde al tratamiento G2 (escarificado manual) con un valor de 80,75 % de germinación, contrariamente el testigo G1 reporta un valor de 0,75 % de germinación, comprobándose que el escarificado tiene un efecto positivo sobre la germinación.

En relación al porcentaje de emergencia, el más alto corresponde al tratamiento T8 con un 80 % de emergencia y el menor porcentaje de emergencia fue del tratamiento T1, con 0% de emergencia. Por tanto la mejor alternativa de producción fue reflejada por el tratamiento T8.

En el análisis de crecimiento los suelos con adición de turba registran un buen crecimiento en relación a otros tratamientos que no tienen incorporación de turba.

Para crecimiento de planta con suelos naturales de Ayamaya, Toledo y suelo de Lago Poopó con la adición de turba se observó que son significativas para altura de planta, por consiguiente aplicando el 50 % de turba es favorable.

Con un sustrato de Ayamaya (1:1) T8 se logró obtener una mayor altura de planta con 11,38 cm promedio donde a mayor altura mayor producción de materia verde y sin la adición de turba se lograron alturas menores dado el caso del T1 con un promedio de 5,12 cm. Por tanto se concluye que el tratamiento T8 muestra la mejor condición en cuanto a textura franco arcilloso, en lo que se refiere al crecimiento.

Los tratamientos que mejores respuestas tuvieron en cuanto a días a la ramificación fueron los tratamientos T5 (Toledo 1:2) y T8 (Ayamaya 1:1) que llegaron a ramificarse en menor tiempo con 58 días T5 y 64 días T8.

La mejor respuesta en relación al rendimiento en peso de materia verde se atribuye al tratamiento T8, con 103,48 g MV/m² que equivale a 1034,8 kg MV/ha que contrariamente no ocurre de igual manera con uno de los testigos T1 que obtuvo un peso de materia verde de 25,30 g MV/m² que equivale a 253 kg MV/ha.

Se obtuvo mejores resultados en cuanto al rendimiento de materia seca, con el tratamiento T8 de sustrato (Ayamaya 1:1) con un promedio de 34,49 g MS/m² que equivale a 349,9 kg MS/ha.

VIII. RECOMENDACIONES

En base a los objetivos, los resultados obtenidos en el trabajo de investigación sobre la escarificación y desarrollo de plantines de q'awchi en sustrato de suelo natural con turba en diferentes proporciones, se recomienda lo siguiente.

Se recomienda el uso de la escarificación manual en este tipo de semillas que ayudan de gran manera acelerando la repoblación del q'awchi en suelos poco favorables o desgastados.

Se sugiere la producción de esta especie forrajera ya que es de gran valor alimenticio para el ganado en suelos poco productivos

Estudiar los tipos de sustrato requeridos para plantines de q'awchi en pan de tierra (embolsados), hasta que estos estén listos para ser trasplantados al terreno definitivo, de tal modo que haya una mayor población para la alimentación ganadera.

Realizar trabajos de investigación sobre el requerimiento nutricional en macronutrientes y micronutrientes necesarios para esta especie.

Realizar estudios de uso de sustratos en la producción de plantines por periodos más prolongados, en cuya composición se emplee otros insumos más del lugar, como ser abonos de los animales que pastan por el lugar o abonos líquidos, donde se encuentra esta especie.

Realizar un estudio similar al presente trabajo de investigación en otras especies, que se desarrollan en este tipo de suelos ya que con el cambio climático se requiere de información sobre estas especies tolerantes a este cambio brusco.

IX. BIBLIOGRAFIA

- Alvarado, R. 2009. Manual de Sustratos para viveros: Departamento de Edafología. Nva. ed. Madrid, s.e.106 p.
- Alzerreca, H. 1992. Recursos forrajeros nativos y la desertificación en las tierras altas de Bolivia: Ministerio de Asuntos Campesinos y Agropecuarios (MACA), Instituto Nacional de Fomento Lanero (INFLO), Estudios especializados N° 40. La Paz – Bolivia. 126 p.
- Aparicio, C. 2000.Extracción de diferentes dosis de abonos orgánicos. (en línea). Consultado el 15 de diciembre de 2018, disponible en: [http://www:monografías.com/trabajos14/fitomas.shtml](http://www.monografías.com/trabajos14/fitomas.shtml)
- Aguirre, A. 1988. Propagación de especies forestales de la Región Andina del Perú: Concejo Nacional de Ciencia y ecología. Ed. act. E.I.R.L. Lima, Perú, s. e. 120 p.
- Abad, M. 1991. Los sustratos hortícolas: II Congreso Nacional de Fertirrigación. Almería, 18 – 20 septiembre. Fundación para la Investigación Agraria en la Provincia de Almería. Ed. Act. España, s.e. 15 p.
- Ayala, G., Taquichiri, L., Núñez, D., 2009. Recuperación de suelos salinos mediante el cultivo del q'awchi: Secretaria Departamental de Recursos Naturales y Medio Ambiente. Oruro, Bolivia, s.e. 36 p.
- Badaya, A. 2006. Sustratos. (en línea) Consultado 3 de abril de 2018. Disponible: <http://www.cuadrilladeanana.es/santacatalina/glosario.php>
- Ballester-olmos, F. J. 1993. Sustratos Para El Cultivo De Plantas Ornamentales. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. INSTITUTO NACIONAL DE REFORMA Y DESARROLLO AGRARIO. Hojas Divulgadoras. Núm. 11/92 HD. Imprime I.G. SALIENS S.A. – Rufino Gonzáles. 14 – 28027 Madrid. 44 p.
- Bear, G.2000. Suelos y fertilizantes.3ra ed. Traducida por J. Bozal. Barcelona. Omega, s.e. 480 p.

- Bosque, H. 2009. Fisiología vegetal: Guía de prácticas de laboratorio. s.e. La Paz, Bolivia, 70 p.
- Bustamante, Z. y Ruiz, C. 1988. Ecología de Bolivia. (Nutrientes del Q'awchi (*Suaeda foliosa*) forrajera del Altiplano Central de Bolivia): Instituto de Ecología en Bolivia. s.e. La Paz, Bolivia, 27(9):58-60.
- Chilón, H. 2014. Manual de fertilidad de suelos y nutrición de plantas: Prácticas de campo y laboratorio. 2 ed. La Paz, Bolivia, Ed CIDAT.250 p.
- Chumacero, J. 2006. Plan de Desarrollo Municipal 2006 - 2010 gobierno municipal de Viacha. 359 p.
- Fassbender, H.W., 2009. Química de suelos, con énfasis en los suelos de América Latina. (Serie de libros y materiales educativos; no. 24), San José, C.R., IICA. 422 p.
- Flores, A & Malpartida, E. 2008. Manejo de praderas nativas y pasturas en la región alto andina del Perú: Banco agrario tomo I. Ed. fondo del libro. Perú, s.e. 247p.
- Fossati, J. & Olivera, T. 2000. Tratamientos pre germinativos. COTESU, Cochabamba, Bolivia, 8 p.
- García, E; Beck, S. 2006. Puna: Botánica Económica de los Andes Centrales. Herbario Nacional de Bolivia, Instituto de Ecología. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz 15(15). 51:76.
- Goitia, L. 2015. Manual de Dasonomía y Silvicultura: UMSA (Universidad Mayor de San Andrés), 2 ed. La Paz, Bolivia, s.e. 185 p.
- Gutiérrez, J. 2009. Comportamiento del cultivo de q'awchi (*Suaeda foliosa* Moq.) en diferentes sustratos y concentraciones salinas de agua de riego en ambientes atemperados y campo abierto, en el municipio de Toledo departamento de Oruro. Tesis de grado. Facultad de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y Veterinaria, Universidad Técnica de Oruro, Oruro, Bolivia. 81p.
- Hartman, H. & Kester, D. 1997, Propagación de plantas, principios y prácticas. Ed. Continental S.A. México, 180 p.

- Hervé D., Ledezma R., Orsag, V. 2002 Limitantes y manejo de los suelos salinos y/a sódicos en el altiplano boliviano. Ed. IRD - Institut de recherche pour le développement. La Paz, Bolivia, s.e. 169 p.
- Huerre, C. & Carballo, N. 1991. Horticultura. Ed. Pueblo y Educación. Habana, s. e. 75p.
- Lira, R. 2003. Fisiología vegetal. 2da Ed. México. Ed Trillas. 237 p.
- Lleellish, M., J. Odar & H. Trinidad. 2015. Guía de flora de las lomas de Lima. Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre. Lima, peru.162 p.
- Maldonado, F.2012. Manual de laboratorio citología, anatomía y morfología vegetal. Ed act. La Paz, Bolivia, s.e. 97 p.
- Mariscal, A. (1992). Agroclimatología. Universidad Tomas Frías, Potosí, Bolivia. p 47.
- Masaguer, A. y López, C. 2006. Sustratos para vivero. Departamento de Edafología ETSIA Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid España. 8 p.
- Miranda, R. 2002. Propiedades físicas y químicas de los suelos: Segunda parte 2 ed. La paz. Bolivia, s.e. 457p.
- Ochoa, R. 2009. Diseños Experimentales. Ed. Universitario. Puno, Perú, s.e. 299 p.
- Orsag, V. 2010. El recurso suelo principios para su manejo y conservación. 1ra Ed. La paz, Bolivia, ed. Zeus. 473 p.
- Pennigsfeld, F y Kurzmann, P. 1983. Cultivos hidropónicos y en turba. Ed. Mundi-Prensa Castello. Madrid, 2da Edición. 343 p.
- Pérez, V. 2009. Praderas Nativas, Manejo y Recuperación, serie: ganadería alto andina. Ed act. La Paz, Bolivia, s.e. 80 p.
- Rojas, F .2001. Catálogo de plantas. Ed act. La Paz, Bolivia, s.e. 78 p.
- Rojas, M. 2008. Determinación del nivel óptimo de kauchi (*Suaeda foliosa*) y alfalfa (*Medicago sativa*), para el control del timpanismo en ovinos: Tesis de grado. Facultad de agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz. Bolivia. 79 p.

- Ramírez, S. 2010. Diagnóstico comunitario participativo sobre la flora nativa dirigido a programas de formación en ayllus Manazaya y Ayparavi municipio Chipaya, Oruro. Tesis de grado. Facultad de ciencias agrícolas, pecuarias, forestales y veterinaria. Universidad Mayor de San Simón. Cochabamba, Bolivia. 148 p.
- Rocha, E. 1983. Estudio agronómico nutritivo y análisis de semilla del q'awchi (*Suaeda foliosa* Moq.) en dos épocas de siembra: ABOPA. Potosí, Bolivia. 12(9).206:209
- Rodríguez, M. 1999. Fisiología Vegetal. Cochabamba-BO, Ed. Los Amigos del Libro.429 p.
- Rodríguez, M. 2000. Morfología y anatomía vegetal. 3 ed. Cochabamba, Bolivia s.e. 513 p.
- Salm, H; Castro, J.2005. Propiedades químicas y potencial productivo de los suelos del departamento de la paz, Bolivia. Revista boliviana de química. 22(17).23:26.
- Sánchez, C. 2004. Cultivo y Comercialización de Hortalizas, Editorial Ripalme. Lima, Perú, s.e. 79 p.
- SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología). 2016. Información agro climática de la localidad de Viacha (Serie 2000 -2016). La Paz, Bolivia. 10 p.
- Serrano, Z. 1979. Cultivo de hortalizas en invernadero. Ed. AEDOS. Barcelona- España, s.e. 252 p.
- Tisdale, N. 1988. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. 1ra ed. México, s.e.760 p.

ANEXOS

Anexo N° 1. Riesgos climáticos diario presentados en el Municipio de Viacha del año 2017 y 201

Día	DIC.		ENERO		FEBRERO		MARZO		ABRIL		MAYO		JUNIO		JULIO	
	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min
1	17	2	18	4	11	6	13	4	16	-2	14	-2	16	-6	17	-3
2	20	0	17	5	13	6	13	3	16	0	20	-2	15	-6	16	-3
3	12	6	15	6	12	6	13	4	17	1	17	1	6	-1	16	-7
4	12	4	17	4	17	6	12	4	17	1	15	0	6	0	15	-5
5	12	2	20	3	17	7	14	6	17	-1	14	-1	14	0	17	-3
6	16	2	18	6	15	6	14	4	16	2	14	-1	13	0	17	-3
7	14	4	16	3	12	14	12	4	15	0	16	-1	14	0	17	-8
8	16	4	10	4	13	4	16	4	17	0	14	-1	12	-3	16	-8
9	16	3	10	4	12	4	13	5	17	1	16	1	10	-1	16	-7
10	19	2	14	4	14	5	14	4	18	0	16	1	9	0	15	-5
11	18	3	12	5	13	5	17	2	18	-2	17	-5	10	-2	14	-3
12	18	5	14	4	13	5	14	5	19	1	17	-1	13	-4	10	-1
13	19	4	10	5	14	5	15	6	14	1	16	-4	12	0	13	-3
14	18	3	13	4	14	5	12	5	15	3	15	-2	13	1	11	-5
15	17	3	12	5	13	3	14	5	16	2	16	-2	13	1	13	-6
16	18	3	13	4	14	5	12	6	16	2	16	-3	14	0	13	-5
17	21	2	15	5	15	5	13	4	16	1	17	-6	14	-3	14	-5
18	14	3	15	4	17	5	15	2	16	2	16	-4	13	-1	13	-2
19	15	3	13	4	17	1	16	3	18	1	14	-6	15	-3	14	-4
20	17	6	10	4	17	4	14	5	17	0	16	-6	15	-3	10	-1
21	15	4	14	4	13	2	15	4	16	-1	17	-5	15	-2	4	0
22	14	4	15	3	11	5	17	1	16	-2	16	-4	14	-3	11	-1
23	16	5	12	3	15	2	16	4	16	4	16	-5	15	-4	13	-4
24	16	6	13	4	14	3	18	2	14	4	16	-6	14	-4	15	-3
25	14	6	12	4	15	4	15	5	15	1	15	-5	15	-4	14	-2
26	15	5	15	2	15	3	16	3	16	1	17	-6	12	1	15	-4
27	16	3	17	3	13	4	14	0	17	0	16	-5	15	-3	15	-5
28	16	4	12	5	13	1	17	3	15	3	16	-5	16	-5	14	-1
29	13	3	15	3	-	-	16	2	16	-1	15	-5	16	-5	15	-3
30	16	6	16	4	-	-	11	3	16	0	16	-3	-	-	15	-6
31	18	5	17	6	-	-	14	2			15	-5	-	-	16	-5
32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Anexo N° 2. Altura de planta del q'awchi en un periodo de 6.5 meses

REPETICIONES	TRATAMIENTOS								
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
I	6,12	6,07	7,90	7,37	8,50	5,97	4,38	8,98	12,08
II	4,68	6,53	3,58	8,35	6,92	7,57	5,98	12,50	9,72
III	5,47	6,93	3,77	7,05	7,97	5,30	4,98	13,67	10,87
IV	5,28	5,88	7,52	7,90	8,02	5,42	5,12	10,35	10,63

Anexo N° 3. Porcentaje de germinación del q'awchi en un periodo de 28 días.

TRATAMIENTOS				
REPETICIONES	G1	G2	G3	G4
I	1,41	8,31	1	6,51
II	1,41	9	1	7,48
III	1	9,84	1	6,93
IV	11,41	8,94	1,41	7,14

Anexo N° 4. Promedios de días a la ramificación del q'awchi en 6.5 meses.

TRAT.	DESCRIPCION DE LOS TRATAMIENTOS	DIAS A LA RAMIFICACION				PROMEDIO (días)
		I	II	III	IV	
T1	1(Toledo) : 0(turba)	107	97	107	105	104
T2	1(Lago) : 0 (Turba)	62	75	55	90	71
T3	1(Ayamaya) : 0(Turba)	97	107	105	90	100
T4	1(Toledo) : 1(turba)	55	75	57	62	61
T5	1(Toledo) : 2(turba)	50	55	50	75	58
T6	1(Lago) : 1 (Turba)	75	72	92	62	75
T7	1(Lago) : 2 (Turba)	85	97	105	130	104
T8	1(Ayamaya) : 1(Turba)	72	55	72	57	64
T9	1(Ayamaya) : 2(Turba)	97	52	97	72	80

Anexo N° 5. Porcentaje de emergencia del q'awchi en un periodo de 1.5 meses.

TRATAMIENTOS												
REPETICIONES	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
I	1	1,14	3,16	4,12	3,46	2,64	1,41	3,6	1	4,35	2,83	4,24
II	1	2	2,83	3,6	3,16	3	1,41	4,47	1,73	4,47	3,46	4,58
III	1	1,41	3	4	3,31	2,44	1,41	3,16	1,73	4	3,46	4,12
IV	1	2	3	4,47	3,16	2,44	1	2,83	1,41	4,35	4,16	4

Anexo N° 6. Rendimiento de materia verde del q'awchi en un periodo de 6.5 meses.

REPETICIONES	TRATAMIENTOS								
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
I	40,500	62,120	40,500	78,327	75,573	78,327	35,073	83,673	97,200
II	48,600	64,800	51,273	70,227	91,773	70,227	32,400	124,173	72,900
III	43,170	67,470	54,027	75,573	75,573	72,900	26,973	121,500	75,573
IV	45,920	51,270	43,173	67,473	78,327	78,327	26,973	84,564	75,573

Anexo N° 7. Rendimiento de materia seca del q'awchi

REPETICIONES	TRATAMIENTOS								
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
I	13,500	20,709	13,500	26,109	25,191	26,109	11,691	27,891	32,400
II	16,200	21,600	17,091	23,409	30,591	23,409	10,800	41,391	24,300
III	14,650	22,491	18,009	25,191	25,191	24,300	8,991	40,500	25,191
IV	15,309	17,091	14,391	18,009	26,109	26,109	8,991	28,188	25,191

Anexo N° 8. Emergencia media diaria de Q'awchi (*Suaeda foliosa* Moq.) en 1.5 meses.

N° de días/siembra	Emergencia media diaria (n° de plántulas/día)								
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	1	1	0	0	1	0
10	0	0	1	1	0	0	1	1	1
13	0	0	0	0	2	2	2	2	3
16	0	1	1	2	4	3	1	4	2
19	0	0	3	4	5	2	1	6	1
22	0	0	4	6	4	1	2	4	1
25	0	0	1	5	1	1	3	6	2
28	0	1	2	2	5	1	2	2	1
31	0	0	1	3	3	1	1	3	0
34	0	0	1	1	2	0	2	3	0
37	0	0	0	1	1	0	1	1	1
40	0	0	0	0	0	0	0	0	0
43	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Anexo N° 9. Riesgos climáticos diario presentados en el Municipio de Viacha del año 2017 y 2018.

Día	DIC.		ENERO		FEBRERO		MARZO		ABRIL		MAYO		JUNIO		JULIO	
	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min
1	17	2	18	4	11	6	13	4	16	-2	14	-2	16	-6	17	-3
2	20	0	17	5	13	6	13	3	16	0	20	-2	15	-6	16	-3
3	12	6	15	6	12	6	13	4	17	1	17	1	6	-1	16	-7
4	12	4	17	4	17	6	12	4	17	1	15	0	6	0	15	-5
5	12	2	20	3	17	7	14	6	17	-1	14	-1	14	0	17	-3
6	16	2	18	6	15	6	14	4	16	2	14	-1	13	0	17	-3
7	14	4	16	3	12	14	12	4	15	0	16	-1	14	0	17	-8
8	16	4	10	4	13	4	16	4	17	0	14	-1	12	-3	16	-8
9	16	3	10	4	12	4	13	5	17	1	16	1	10	-1	16	-7
10	19	2	14	4	14	5	14	4	18	0	16	1	9	0	15	-5
11	18	3	12	5	13	5	17	2	18	-2	17	-5	10	-2	14	-3
12	18	5	14	4	13	5	14	5	19	1	17	-1	13	-4	10	-1
13	19	4	10	5	14	5	15	6	14	1	16	-4	12	0	13	-3
14	18	3	13	4	14	5	12	5	15	3	15	-2	13	1	11	-5
15	17	3	12	5	13	3	14	5	16	2	16	-2	13	1	13	-6
16	18	3	13	4	14	5	12	6	16	2	16	-3	14	0	13	-5
17	21	2	15	5	15	5	13	4	16	1	17	-6	14	-3	14	-5
18	14	3	15	4	17	5	15	2	16	2	16	-4	13	-1	13	-2
19	15	3	13	4	17	1	16	3	18	1	14	-6	15	-3	14	-4
20	17	6	10	4	17	4	14	5	17	0	16	-6	15	-3	10	-1
21	15	4	14	4	13	2	15	4	16	-1	17	-5	15	-2	4	0
22	14	4	15	3	11	5	17	1	16	-2	16	-4	14	-3	11	-1
23	16	5	12	3	15	2	16	4	16	4	16	-5	15	-4	13	-4
24	16	6	13	4	14	3	18	2	14	4	16	-6	14	-4	15	-3
25	14	6	12	4	15	4	15	5	15	1	15	-5	15	-4	14	-2
26	15	5	15	2	15	3	16	3	16	1	17	-6	12	1	15	-4
27	16	3	17	3	13	4	14	0	17	0	16	-5	15	-3	15	-5
28	16	4	12	5	13	1	17	3	15	3	16	-5	16	-5	14	-1
29	13	3	15	3	-	-	16	2	16	-1	15	-5	16	-5	15	-3
30	16	6	16	4	-	-	11	3	16	0	16	-3	-	-	15	-6
31	18	5	17	6	-	-	14	2			15	-5	-	-	16	-5
32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Anexo N° 10. Germinación media diaria de Q'awchi (*Suaeda foliosa* Moq.) en 1 mes

N° de días/siembra	Germinación media diaria (n° de plántulas/día)			
	T1	T2	T3	T4
1	0	0	0	0
6	0	0	0	3
8	0	5	0	2
9	0	5	0	1
10	0	4	0	3
11	0	4	0	6
12	0	3	0	4
13	1	4	0	4
14	0	6	0	2
15	0	7	0	5
16	0	6	0	3
17	0	5	1	6
18	1	4	0	4
19	0	3	0	5
20	0	3	0	2
21	0	4	0	2
22	0	2	0	3
23	0	3	0	0
24	0	2	0	1
25	0	1	0	0
26	0	1	0	1
27	0	1	0	1
28	0	0	0	0
29	0	0	0	0
30	0	0	0	0

Anexo N° 11. Velocidad de crecimiento altura de planta en 6.5 meses

VELOCIDAD DE CRECIMIENTO ALTURA (cm/día)										
Fecha	DIAS	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
13/11/17	15	0,62	1,26	0,85	1,25	1,23	0,97	1,10	0,81	1,10
27/11/17	30	0,67	1,72	1,10	1,96	1,83	1,65	1,64	1,81	1,70
11/12/17	45	1,17	2,31	1,76	3,55	3,28	2,31	2,29	2,89	2,30
18/12/17	60	1,70	3,00	2,19	4,54	4,16	2,70	2,72	4,18	4,54
02/01/18	75	2,66	3,87	2,84	5,31	4,88	3,06	3,23	5,6	5,50
15/01/18	90	3,19	4,57	3,23	5,79	5,2	3,45	3,48	6,83	5,94
29/01/18	105	3,75	4,88	3,85	6,21	6,02	3,90	3,92	7,83	6,81
12/02/18	120	4,14	5,06	4,13	6,22	6,23	4,09	4,19	8,40	7,74
26/02/18	135	4,31	5,32	4,40	6,41	6,50	4,30	4,35	9,16	8,44
12/03/18	150	4,57	5,60	4,72	6,79	6,71	4,69	4,44	9,58	9,12
26/03/18	165	4,78	5,77	4,95	7,01	6,93	4,93	4,63	10,21	9,54
09/04/18	180	4,95	5,94	5,10	7,16	7,08	5,26	4,66	10,6	10,00
23/04/18	195	4,12	6,14	5,27	7,35	7,35	5,54	4,79	10,84	10,23
07/05/18	210	5,16	6,23	5,46	7,43	7,55	5,83	4,93	11,07	10,66
21/05/18	225	5,39	6,35	5,69	7,67	7,85	6,06	5,12	11,38	10,72

Anexo N° 12. Análisis de Varianza y prueba de comparación de medias Duncan para porcentaje de germinación (%).

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
%	16	0,99	0,99	8,58

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	194,09	3	64,70	412,77	<0,0001
TRATAMIENTOS	194,09	3	64,70	412,77	<0,0001
Error	1,88	12	0,16		
Total	195,97	15			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 0,1567 gl: 12

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.	
G2	80,75	4	0,20	A
G4	48,50	4	0,20	B
G1	0,75	4	0,20	C
G3	0,25	4	0,20	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo N° 13. Análisis de Varianza y prueba de comparación de medias Duncan para porcentaje de emergencia (%).

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
% EMERG	36	0,95	0,94	10,95

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	37,38	8	4,67	67,04	<0,0001
TRAT	37,38	8	4,67	67,04	<0,0001
Error	1,88	27	0,07		
Total	39,26	35			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 0,0697 gl: 27

TRAT	Medias	n	E.E.	
8,00	16,00	4	0,13	A
4,00	12,50	4	0,13	B
5,00	9,75	4	0,13	C
3,00	8,25	4	0,13	C D
6,00	6,00	4	0,13	D
2,00	1,75	4	0,13	E
9,00	1,25	4	0,13	E
7,00	0,75	4	0,13	E
1,00	0,00	4	0,13	E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo N° 14. Análisis de Varianza y prueba de comparación de medias Duncan para altura de planta (cm).

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
ALTURA	36	0,81	0,72	17,73

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	171,63	11	15,60	9,14	<0,0001
BLOQUE	0,16	3	0,05	0,03	0,9921
TRATAMIENTO	171,46	8	21,43	12,55	<0,0001
Error	40,99	24	1,71		
Total	212,62	35			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 1,7079 gl: 24

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
T8	11,38	4	0,65	A
T9	10,83	4	0,65	A
T5	7,85	4	0,65	B
T4	7,67	4	0,65	B C
T2	6,35	4	0,65	B C D
T6	6,06	4	0,65	B C D
T3	5,69	4	0,65	C D
T7	5,39	4	0,65	D
T1	5,12	4	0,65	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo N° 15. Análisis de Varianza y prueba de comparación de medias Duncan para rendimiento en materia verde (g MV/m²).

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
MV	36	0,88	0,83	14,46

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	16535,93	11	1503,27	16,42	<0,0001
BLOQUES	355,10	3	118,37	1,29	0,2996
TRATAMIENTOS	16180,83	8	2022,60	22,09	<0,0001
Error	2197,47	24	91,56		
Total	18733,41	35			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 91,5613 gl: 24

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.	
T8	103,48	4	4,78	A
T9	80,31	4	4,78	B
T5	80,31	4	4,78	B
T6	74,95	4	4,78	B C
T4	72,90	4	4,78	B C
T2	61,42	4	4,78	C
T3	47,24	4	4,78	D
T1	44,55	4	4,78	D
T7	30,35	4	4,78	E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo N° 16. Análisis de Varianza y prueba de comparación de medias Duncan para rendimiento en materia seca (g MS/m²).

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
M.S	36	0,88	0,82	14,96

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1834,60	11	166,78	15,48	<0,0001
BLOQUES	56,10	3	18,70	1,74	0,1865
TRATAMIENTOS	1778,50	8	222,31	20,63	<0,0001
Error	258,62	24	10,78		
Total	2093,22	35			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 10,7757 gl: 24

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.	
T8	34,49	4	1,64	A
T9	26,77	4	1,64	B
T5	26,77	4	1,64	B
T6	24,98	4	1,64	B C
T4	23,18	4	1,64	B C
T2	20,47	4	1,64	C D
T3	15,75	4	1,64	D E
T1	14,91	4	1,64	E
T7	10,12	4	1,64	F

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo N° 17. Análisis de Varianza y prueba de comparación de medias Duncan para días a la ramificación (días).

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
NDR	36	0,71	0,58	17,36	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	11253,78	11	1023,07	5,35	0,0003
BLOQUE	279,78	3	93,26	0,49	0,6940
TRATAMIENTO	10974,00	8	1371,75	7,18	0,0001
Error	4588,22	24	191,18		
Total	15842,00	35			

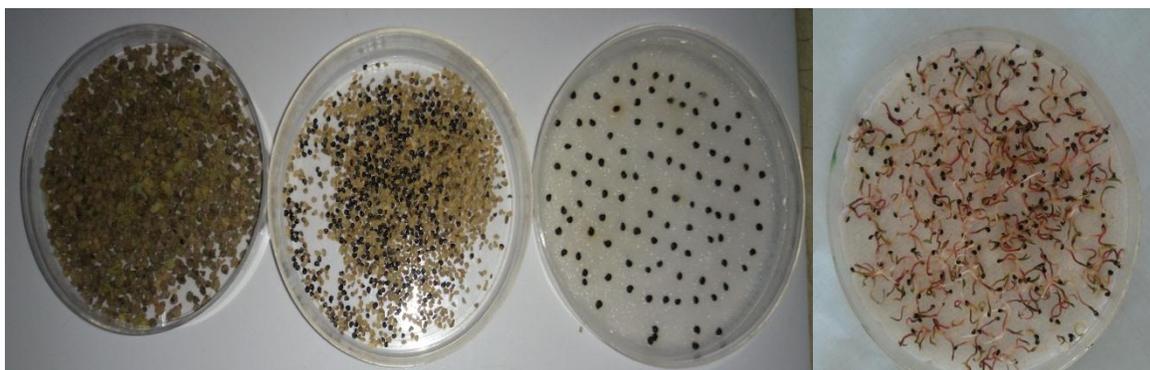
Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 191,1759 gl: 24

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
T7	104,25	4	6,91	A
T1	104,00	4	6,91	A
T3	99,75	4	6,91	A
T9	79,50	4	6,91	B
T6	75,25	4	6,91	B
T2	70,50	4	6,91	B
T8	64,00	4	6,91	B
T4	62,25	4	6,91	B
T5	57,50	4	6,91	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo N° 18. Limpieza y eliminación del perigonio de las semillas de q'awchi para su posterior germinación en laboratorio.



Anexo N° 19. Prueba de germinación con escarificación química, física y mecánica en la cámara climática de laboratorio.



Anexo N° 20. Plantines de q'awchi (*Suaeda foliosa* Moquin) en desarrollo en los diferentes sustratos.



Anexo N° 21. Análisis físico químico de los suelos en estudio por IBTEN.



MINISTERIO DE ENERGÍAS

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

ANALISIS FISICO QUIMICO DE SUELOS

INTERESADO : *ROGELIA QUISPE HUANCA*
PROCEDENCIA : *Departamento : LA PAZ,*
Provincia : SICA SICA,

NO SOLICITUD: *143E / 2018*
FECHA DE RECEPCION : *21 / Agosto / 2018*
FECHA DE ENTREGA : *19/ Septiembre/ 2018*

PROINPA

DESCRIPCIÓN : *MUESTRA DE SUELO : Turba*

N° Lab.	PARAMETRO	Resultado	Unidades	Método
418-01 /2018	pH en agua 1:5	3,63	-	Potenciometría
418-02 /2018	Conductividad eléctrica en agua, 1:5	2,060	dS/m	Conductancia
418-03 /2018	Nitrógeno total	1,827	%	Kjeldahl
418-04 /2018	Fósforo asimilable	11,69	ppm	Espectrofotometría UV-Visible
418-05 /2018	Potasio intercambiable	0,94	meq/100 g	Volumetría

OBSERVACIONES,- ** Cationes de Cambio extraídos con Acetato de amonio 1 N.



RESPONSABLE DE LABORATORIO

JORGE CHUNGARA C.



MINISTERIO DE ENERGÍAS

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

ANALISIS FISICO QUIMICO DE SUELOS

INTERESADO : *ROGELIA QUISPE HUANCA*
PROCEDENCIA : *Departamento : ORURO,*
Provincia : SAUCARI,
TOLEDO

NO SOLICITUD: *149 / 2018*
FECHA DE RECEPCION : *28 / Agosto / 2018*
FECHA DE ENTREGA : *28 / Septiembre / 2018*

DESCRIPCIÓN : *MUESTRA DE SUELO Toledo*

N° Lab.	PARAMETRO	Resultado	Unidades	Método
457-01 /2018	pH en agua 1:5	8,97	-	Potenciometría
457-02 /2018	Conductividad eléctrica en agua, 1:5	3,550	dS/m	Conductancia
457-03 /2018	Potasio intercambiable	1,74	meq/100 g	Emisión atómica
457-04 /2018	Nitrógeno total	0,07	%	Kjeldahl
457-05 /2018	Fósforo asimilable	14,05	ppm	Espectrofotometría UV-Visible

OBSERVACIONES,- ** Cationes de Cambio extraídos con Acetato de amonio 1 N.



RESPONSABLE DE LABORATORIO

JORGE CHUNGARA C.

**MINISTERIO DE ENERGÍAS**

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

ANALISIS FISICO QUIMICO DE SUELOS

INTERESADO : *ROGELIA QUISPE HUANCA*
PROCEDENCIA : *Departamento : ORURO,*
Provincia : CERCADO,

NO SOLICITUD: *143B / 2018*
FECHA DE RECEPCION : *21 / Agosto / 2018*
FECHA DE ENTREGA : *19/ Septiembre/ 2018*

PROINPA

DESCRIPCIÓN : *MUESTRA DE SUELO : Lago*

Nº Lab.	PARAMETRO	Resultado	Unidades	Método
415-01 /2018	pH en agua 1:5	8,39	-	Potenciometría
415-02 /2018	Conductividad eléctrica en agua, 1:5	8,620	dS/m	Conductancia
415-03 /2018	Nitrógeno total	0,033	%	Kjeldahl
415-04 /2018	Fósforo asimilable	5,06	ppm	Espectrofotometría UV-Visible
415-05 /2018	Potasio intercambiable	1,34	meq/100 g	Volumetría

OBSERVACIONES,- ** Cationes de Cambio extraídos con Acetato de amonio 1 N.



RESPONSABLE DE LABORATORIO
JORGE CHUNGARA C.



MINISTERIO DE ENERGÍAS

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

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE SUELOS

INTERESADO : *ROGELIA QUISPE HUANCA*
PROCEDENCIA : *Departamento : LA PAZ,*
Provincia : SICA SICA,

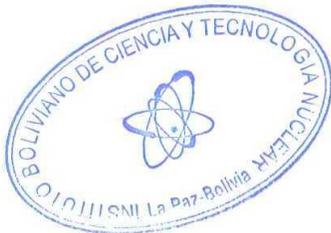
NO SOLICITUD: *143C/2018*
FECHA DE RECEPCION : *21 / Agosto / 2018*
FECHA DE ENTREGA : *19/ Septiembre/ 2018*

PROINPA

DESCRIPCIÓN : *MUESTRA DE SUELO : Ayamaya*

Nº Lab.	PARAMETRO	Resultado	Unidades	Método
416-01 /2018	pH en agua 1:5	7,14	-	Potenciometría
416-02 /2018	Conductividad eléctrica en agua, 1:5	0,341	dS/m	Conductancia
416-03 /2018	Nitrógeno total	0,122	%	Kjeldahl
416-04 /2018	Fósforo asimilable	27,15	ppm	Espectrofotometría UV-Visible
416-05 /2018	Potasio intercambiable	1,45	meq/100 g	Volumetría

OBSERVACIONES,- ** Cationes de Cambio extraídos con Acetato de amonio 1 N.



RESPONSABLE DE LABORATORIO

JORGE CHUNGARA C.