# Efecto de la escarificación en semilla de Q'awchi *(Suaeda foliosa* Moq.) y desarrollo de plantines en sustratos de suelo natural con turba en K'iphak'iphani, Viacha

## Effect of scarification on seed of Q'awchi (*Suaeda foliosa* Moq.) and development of seedlings in natural soil substrates with peat in K'iphak'iphani, Viacha

*Rogelia Quispe y Alejandro Bonifacio Flores*

**RESUMEN:** El estudio se llevó a cabo, en la fundación PROINPA del municipio de Viacha, Altiplano Central (Provincia Ingavi, Departamento de La Paz), entre las coordenadas 16º 40' 30" de Latitud Sur y 68º 17' 58" de Longitud Oeste y a una altitud de 3880 m.s.n.m durante los años 2017 – 2018, con el objetivo de 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, para tal efecto se emplearon tres suelos de las comunidades de Ayamaya, Lago Poopó y Toledo con proporciones de 1:0; 1:1; 1:2. Se empleó un DCA en laboratorio e invernadero y un DBCA en vivero, en nueve tratamientos y cuatro repeticiones. Fueron evaluadas las siguientes variables: porcentaje de germinación (PG), porcentaje de emergencia (PE), altura de planta (A), días a la ramificación (DR), rendimiento en materia verde (MV) y rendimiento en materia seca (MS). El análisis muestra que el mayor PG se consiguió con la escarificación manual de un 80,75% en 28 días; en cuanto a PE se logró un resultado favorable con el sustrato de Ayamaya de proporción 1:1 para el crecimiento de plántulas en vivero. Con respecto al desarrollo de la plántula A se logró un promedio de 11,38 cm en 225 días con el sustrato de Ayamaya de proporción 1:1. El rendimiento en MV y MS presentó diferencias significativas entre tratamientos logrando un resultado de 103,48 g MV/m$^2$ que equivale a 1034,8 kg MV/ha en sustrato de Ayamaya de proporción 1:1 y 34,49 g MS/m$^2$ lo que equivale a 344,9 kg MS/ha en el mismo sustrato, es decir que a menor tiempo los DR aumenta el desarrollo de la plántula y por ende aumentará la cantidad de MV y MS en lo que respecta al rendimiento.

**PALABRAS CLAVE:** Suaeda foliosa, germinación, materia verde, materia seca.

**ABSTRACT:** The study was carried out, in the PROINPA foundation of the municipality of Viacha, Central Altiplano (Ingavi Province, Department of La Paz), between the coordinates 16º 40 '30 "of Latitud Sur and 68º 17' 58" of West Longitude and one altitude of 3880 meters above sea level during the years 2017 - 2018, with the objective of evaluating the effect of the scarification of Q'awchi seed (*Suaeda foliosa Moq*.) and the development of seedlings on natural substrates with proportions of organic matter, for this purpose they used three soils from the communities of Ayamaya, Lago Poopó and Toledo with proportions of 1:0; 1:1; 1:2 A DCA was used in laboratory and greenhouse and DBCA in nursery, in nine treatments and four repetitions. The following variables were evaluated: germination percentage (PG), emergence percentage (PE), plant height (A), days to branching (DR), yield in green matter (MV) and yield in dry matter (DM) . The analysis shows that the highest PG was achieved with manual scarification of 80.75% in 28 days; As for PE, a favorable result was achieved with the Ayamaya substrate of a 1:1 ratio for the growth of seedlings in the nursery. With respect to the development of seedling A, an average of 11.38 cm was achieved in 225 days with the Ayamaya substrate of a 1:1 ratio. The yield in MV and MS showed significant differences between treatments achieving a result of 103.48 g MV/m$^2$ which is equivalent to 1034.8 kg MV/ha in Ayamaya substrate with a ratio of 1:1 and 34.49 g MS/m$^2$. which is equivalent to 344.9 kg DM/ha in the same substrate, that is to say that the shorter the DR increases the development of the seedling and therefore will increase the amount of MV and MS in terms of yield.

**KEYWORDS:** Foliate Suaeda, germination, green matter, dry matter.

---

**AUTORES:** ***Rogelia Quispe:*** Ingeniería Agronómica. Universidad Mayor de San Andrés. rogellia302qh@gmail.com
***Alejandro Bonifacio Flores:*** Fundación PROINPA. Docente Facultad de Agronomía. Universidad Mayor de San Andrés. bonifloresflores@gmail.com

***Presentado: 10/04/19.*** ***Aprobado: 25/06/19.***

## INTRODUCCIÓN

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

Por lo anterior, 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 provocando así la infertilidad y muerte del suelo. (Orsag, 2010)

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. (Ayala *et al*., 2009)

Por consiguiente, el sobrepastoreo en condiciones edafológicas y ecológicas frágiles conducen a la pérdida gradual de vegetación nativa (Flores y Malpartida, 2008); ante todo de aquellas especies que son palatables para los animales. 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* Moq.), 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.

### *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.

### *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.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se llevó a cabo durante la gestión 2017 a 2018, en el Centro de Investigación de la fundación PROINPA (Promoción e Investigación de Productos Andinos) del municipio de Viacha, Altiplano Central (Provincia Ingavi, La Paz), entre las coordenadas 16º 40' 30" de Latitud Sur y 68º 17' 58" de Longitud Oeste y a una altitud de 3.880 m.s.n.m. Las temperaturas en estos ecosistemas varían, teniendo valores que oscilan entre los

10ºC en las noches (diciembre-febrero) y hasta 5,6 ºC durante el día (junio-septiembre) (SENHAMI, 2016).

El material biológico fue el Q'awchi, (*Suaeda foliosa* Moq.) recolectada de la localidad de Toledo provincia Saucari del departamento de Oruro.

La población del ensayo, estuvo conformada por 16 unidades de cajas Petri, 6 unidades de bandejas de 200 hoyos y 900 macetas.

**Pruebas de laboratorio**

Las semillas puras fueron mezcladas de forma homogénea y distribuida a 400 semillas al azar para cada tratamiento y repetición de manera aleatoria distribuidas uniformemente en una cápsula Petri.

Para los tratamientos, se sometió a diferentes métodos de pruebas de escarificación: mecánica, química y manual, que posterior a ello las semillas estuvieron en la cámara climática a temperatura de 20,2°C, luz del 40% con humedad promedio de 80 % por un lapso de 28 días.

En 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).

**Ensayo en invernadero**

En invernadero las semillas de Q'awchi fueron sembradas en los diferentes sustratos acondicionados como tratamientos, donde se mezclaron los suelos de Ayamaya, Toledo y Lago Poopó 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. Los tratamientos se distribuyeron de la siguiente forma:

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

El periodo de la prueba fue de 40 días (porcentaje de emergencia) evaluado bajo un diseño completamente al azar

**Trasplante de plantines en vivero**

En la preparación del sustrato se utilizó muestras de suelo con textura arcillosa a limoso de Toledo, Lago Poopó (Provincia Saucari, Oruro) y Ayamaya (provincia Aroma, La Paz), con poco a casi nada de materia orgánica, estos fueron brevemente cernidos y mezclados en proporciones (1:0), (1:1) y (1:2) con turba.

Para el trasplante fue de 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.

Finalmente, el crecimiento de plántulas se evaluó en vivero y se eligió al azar a las plántulas para demostrar su desarrollo en los sustratos previstos de (1:0), (1:1) y (1:2).

**Cosecha de Q'awchi**

La cosecha se realizó trascurridos 6.5 meses después del trasplante de las plántulas, para cada tratamiento se cosechó las plantas que se usaron en el estudio las mismas se pesaron en materia seca y materia verde restando el peso de la raíz según el método de los cultivos en forraje.

**Diseño experimental y análisis estadístico**

Se utilizó un diseño estadístico completamente al azar en laboratorio e invernadero y diseño de bloques completamente al azar en invernadero en cada sector con un tratamiento testigo al cual no se aplica ningún

tratamiento, esto con fines de comparación. De acuerdo a Ochoa (2009), el modelo estadístico propuesto para laboratorio, invernadero y vivero fue:

a) DCA

$$Yij = \mu + \alpha i + \varepsilon ij$$

***Donde:***

$Y_{ij}$ = Una observación cualquiera.
$\mu$ = Media poblacional $\alpha_i$ = Efecto del i-ésimo tratamiento.
$\varepsilon_{ij}$ = Error experimental.

b) DBCA

$$Yij = \mu + \beta j + \alpha i + \varepsilon ijk$$

***Donde:***

$Y_{ijk}$ = Una observación cualquiera
$\mu$ = Media poblacional
$\alpha_i$ = Efecto del i-ésimo tratamiento
$\beta_j$ = Efecto del j-esimo bloque.
$\varepsilon_{ik}$ = Error experimental

La información se procesó mediante el análisis de varianza (ANVA) y cuando se evidenció las diferencias significativas (5 % de probabilidad), se realizó la prueba de comparación múltiple de medias usando el test de Duncan. Todos los análisis se realizaron utilizando el paquete estadístico. (InfoStat/L, 2004)

## Mediciones realizadas

### *Variables agronómicas*

Son el Porcentaje de germinación (PG), el Porcentaje de emergencia (PE), la Altura de planta (A) y Días a la ramificación (DR).

### *Variables de las propiedades físicas y químicas del suelo*

Las propiedades físicas toman en cuenta el potasio intercambiable, el nitrógeno, el fósforo total y asimilable; en las propiedades químicas se mide el pH y la conductividad eléctrica.

### *Variables de rendimiento*

Se busca medir el rendimiento en materia verde (MV) y el rendimiento en materia seca (MS).

## RESULTADOS Y DISCUSIONES

En la figura 1 se muestra la frecuencia de la germinación en las semillas de Q'awchi el mismo que fue evaluada en las variables: PG. El análisis de varianza para el PG mostró diferencias altamente significativas entre los métodos de escarificación de la semilla ($P<0,05$). Al aplicar prueba de Duncan se observó que los tratamientos de suelo con proporciones de turba (1:0) (1:1) y (1:2) presentaron diferencias estadísticas en la PE, A, MV y MS.

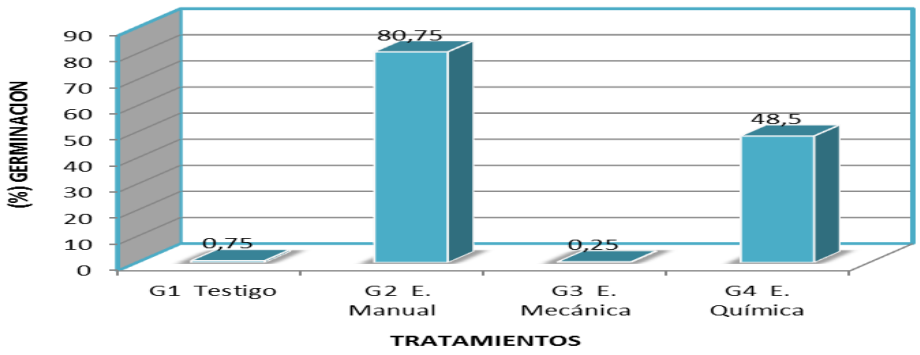


Figura 1. Frecuencia de la germinación de la semilla de q'awchi a los 28 días.

Los resultados que se observan en la figura 1 presentan diferencias altamente significativas entre tratamientos para la germinación en las semillas, esto significa que el ensayo el escarificado dio un resultado positivo logrando un 80,75% de germinación con el método de escarificación manual.

De igual manera se observa en la figura 1, el resultado de las semillas sin ningún tratamiento logrando así un PG del 0,75% de germinación en 28 días.

Goitia (2015), reportó 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.

Para los diferentes métodos de escarificación aplicadas, en la prueba de Duncan (tabla 1) se muestra las diferencias significativas (P<0,05) respecto a PG se obtuvo un buen resultado que se traduce a un incremento en la emergencia de con respecto al testigo.

Tabla 1. Prueba Duncan para el porcentaje de germinación con diferentes tratamientos de escarificación.

| 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 |

Para las proporciones de turba aplicadas, las diferencias significativas (P<0,05) respecto análisis de varianza mostro también a PE se obtuvo un buen resultado que se traduce como un incremento en rendimiento y los testigos lo que nos indica que la en el sustrato de Ayamaya de proporción proporción de turba coadyuva en el (PE) (1:1), respecto al testigo. como también en (A) y (MV).

Tabla 2. Resumen de análisis de varianza de las variables agronómicas y de rendimiento.

| | Porcentaje germinación (%) | Porcentaje emergencia (%) | Altura planta (cm) | Días a la ramificación (días) | Rendimiento en materia verde (g MV/m$^2$) | Rendimiento en materia seca (g MS/m$^2$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **GL** | 3 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| **CM** | 64,70 | 4,67 | 21,43 | 1371,75 | 2022,60 | 18,70 |
| **P** | <0,0001 ** | <0,0001 ** | <0,0001 ** | 0,0001 ** | <0,0001 ** | <0,0001 ** |
| **CV** | 8,58 % | 10,95 % | 17,73 % | 17,36 % | 14,46 % | 14,96 % |

Los resultados obtenidos en el análisis de varianza (tabla 2) son considerados buenos, bajo las condiciones en las que se realizó el ensayo, y visualiza la posibilidad de producir y manejar el cultivo de Q'awchi con los requerimientos de nutrientes necesarios.

La emergencia (PE) 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. (Lira 2003)

Para el caso de (A) fue favorable, debido a que en las condiciones experimentales donde se llevó a cabo el ensayo con suelos y turba permitieron una mayor aireación y aprovechamiento de los nutrientes por las raíces. Dicho proceso es muy importante, ya que de esta forma se mejora el rendimiento en (MV) y (MS).

Estos resultados mejoran con lo planteado por Gutiérrez (2009), quien constató que el sustrato con (turba-tierra del lugar-arena) de proporciones (3:2:1) fue el mejor alcanzando una altura de 2 cm 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.

Tabla 3. Resumen de los resultados de prueba Duncan para variables agronómicas y rendimiento.

| **Porcentaje de emergencia (%)** | | **Altura de planta (cm)** | | **Días a la ramificación (días)** | | **Rendimiento en materia verde (g MV/m$^2$)** | | **Rendimiento en materia seca (g MS/m$^2$)** | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Duncan (5%) | | Duncan (5%) | | Duncan (5%) | | Duncan (5%) | | Duncan (5%) | |
| T8 | 16,00 A | T8 | 11,38 A | T7 | 104,25 A | T8 | 103,48 A | T8 | 34,49 A |
| T4 | 12,50 B | T9 | 10,83 A | T1 | 104,00 A | T9 | 80,31 B | T9 | 26,77 B |
| T5 | 9,75 C | T5 | 7,85 B | T3 | 99,75 A | T5 | 80,31 B | T5 | 26,77 B |
| T1 | 0,00 E | T1 | 5,12 D | T5 | 57,50 B | T1 | 25,30 E | T1 | 9,52 F |

El resultado del análisis de varianza (Tabla 3) para la variable (DR) mostró diferencias significativas en cuanto a los sustratos proporcionados (P<0,05). Con el suelo de Ayamaya de proporción (1:2) registro un menor número de días comparando con suelo de lago Poopó de proporción (1:2). Se constató una diferencia promedio de 46,75 días.

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 cuanto al rendimiento (tabla 3) a la (MV) las proporciones de turba en suelos naturales presentaron diferencias altamente significativas entre sí (P<0,05). No obstante, se visualizó una pequeña ventaja en referente a (DR), con el cual se produjo un aumento en rendimiento.

Por otra parte, es importante tener en cuenta la disponibilidad de nitrógeno en el suelo donde es el principal elemento que permite el crecimiento vegetativo además de caracterizar 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)

El análisis de varianza aplicado a la variable rendimiento en (MS), aportó resultados con diferencias altamente significativas entre el desarrollo de plantas en suelos con proporciones de turba ($P<0,05$). La fluctuación numérica observada en esta variable, se explica a que los factores externos y ambientales influyen parcialmente pero de forma directa es más el suelo un factor importante.

El valor de (MS) promedio que el mejor rendimiento está en el primer grupo integrado por T8 donde el promedio de su rendimiento es de 34,49 g/MS/$m^2$ lo que quiere decir 344,9 kg/MS/ha.

Aunque el valor de (MS) sea mayor o menor (Bear, 2000), 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.

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 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).

Analizando los resultados de forma general en función a los sustratos y el método de escarificación utilizadas en este estudio, el (PG) y (PE) presentó ventajas para la variable (MS) y (MV) ya que el Q'awchi se desarrolló con ventaja en relación a la (A) que finalmente aumento en valores numéricos al rendimiento. Esto podría explicarse debido a que las proporciones y concentraciones en que se encuentran los nutrientes en el sustrato proporcionado sea la más adecuada a los requerimientos del Q'awchi bajo las condiciones de la experimentación.

## CONCLUSIONES

En el trabajo de investigación se encontró efecto significativo en la escarificación de semilla (método de escarificación manual) y el desarrollo de plantines en suelo con turba (Ayamaya de proporción 1:1).

La mejor respuesta en relación a (PG) 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, en relación al PE, el más alto corresponde al tratamiento T8 con un 80 % de emergencia y T1, con 0% de emergencia.

Con el sustrato de Ayamaya (1:1) T8 se logró obtener mayor altura de planta (A) 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 logra un peso de materia verde de 25,30 g MV/$m^2$ que equivale a 253 kg MV/ha.

Finalmente, la mejor respuesta en relación al rendimiento en peso de materia verde se atribuye al tratamiento T8, con 103,48 g MV/$m^2$ que equivale a 1034,8 kg MV/ha y 34,49 g MS/$m^2$ que equivale a 349,9 kg MS/ha.

## REFERENCIAS BIBLIGRAFICAS

Ayala, G.; Taquichiri, L. y Núñez, D. (2009). Recuperación de suelos salinos mediante el cultivo del q'awchi: Secretaria Departamental de Recursos Naturales y Medio Ambiente. Oruro, Bolivia,

Bear, G. (2000). Suelos y fertilizantes.3ra ed. Traducida por J. Bozal. Barcelona. Omega, s.e. 480 p.

Flores, A. y 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.

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.

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.

Lira, R. (2003). Fisiología vegetal. 2da Ed. México. Ed Trillas. 237 p.

Orsag, V. (2010). El recurso suelo principios para su manejo y conservación. 1ra Ed. La paz, Bolivia, ed. Zeus. 473 p.

SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología). (2016). Información agroclimática de la localidad de Viacha Viacha (Serie 2000 -2016). La Paz, Bolivia. 10 p.