



## Características de la pasacana (*Trichocereus pasacana*) y multiplicación dirigida en la Estación Experimental Kiphakiphani

### Characteristics of the pasacana (*Trichocereus pasacana*) and directed multiplication in the Kiphakiphani Experimental Station

*Jenny Giovana Caviña Fernández y Alejandro Bonifacio Flores*

#### RESUMEN:

La pasacana (*Trichocereus pasacana*), es apreciada por la formación de frutos de sabor agradable con propiedades medicinales para tratamientos de úlceras, alergias, fatiga y reumatismo. Esta especie presenta alta resiliencia ante el estrés ambiental, pero la tasa de repoblamiento es escasa en comunidades rurales donde crece debido a condiciones de sequía frecuente. Por lo que se planteó caracterizar el fruto de pasacana en tres estados de madurez según aspectos cualitativos y cuantitativos, extraer la semilla, probar la germinación aplicando tratamientos pregerminativos y evaluar su crecimiento empleando sustratos con materia orgánica. La germinación se realizó en laboratorio bajo diseño completamente aleatorio con arreglo factorial cuya variable de respuesta fue germinación acumulada. Los resultados demostraron que las diferencias entre estados de madurez y tratamientos pregerminativos fueron altamente significativos. Según la prueba de medias Duncan, los mejores tratamientos resultaron ser las semillas de frutos de madurez inicial con escarificado químico (99.50% de germinación) y las semillas de frutos de madurez inicial testigo (99.75% de germinación), en cambio el tratamiento con bajo porcentaje de germinación (57.50%) fue la semilla de frutos de madurez pasada sin tratamiento pregerminativo (testigo). El crecimiento de plántulas se evaluó en walipini adoptando el diseño de bloques completos al azar, cuyas variables de respuesta fueron crecimiento en longitud (mm) y diámetro (mm). Los resultados demostraron que el sustrato con mayor crecimiento de plántulas para longitud y diámetro fue la tierra de lugar con turba en proporción 1:2 (longitud fue de 36.86 mm y diámetro de 37.91 mm) a las 48 semanas después del trasplante. Las plántulas con menor crecimiento fueron del sustrato de arena con turba en proporción 1:2 (longitud de 21.90 mm y diámetro de 21.75 mm).

#### PALABRAS CLAVE:

Pasacana, germinación, multiplicación dirigida, sustratos.

#### ABSTRACT:

The pasacana (*Trichocereus pasacana*), is appreciated for the formation of pleasant-tasting fruits with medicinal properties for treatment of ulcers, allergies, fatigue and rheumatism. This species has high resilience to environmental stress, but the repopulation rate is low in rural communities where it grows due to frequent drought conditions. Therefore, it was proposed to characterize the fruit of pasacana in three stages of maturity according to qualitative and quantitative aspects, extract the seed, test the germination by applying pregerminative treatments and evaluate its growth using substrates with organic matter. Germination was carried out in a laboratory under a completely randomized design with a factorial arrangement whose response variable was accumulated germination. The results showed that the differences between stages of maturity and pregerminative treatments were highly significant. According to the Duncan stocking test, the best treatments were found to be the seeds of initial ripening fruit with chemical scarification (99.50% germination) and the seeds of initial ripening fruit witness (99.75% germination), instead the treatment with low Germination percentage (57.50%) was the seed of fruits of past maturity without pregerminative treatment (control). Seedling growth was evaluated in walipini by adopting the randomized complete block design, whose response variables were growth in length (mm) and diameter (mm). The results showed that the substrate with the highest growth of seedlings for length and diameter was the place of land with peat in a 1:2 ratios (length was 36.86 mm and diameter of 37.91 mm) at 48 weeks after transplantation. The seedlings with the lowest growth were from the sand substrate with peat in a 1:2 ratios (length of 21.90 mm and diameter of 21.75 mm).

#### KEYWORDS:

Pasacana, germination, directed multiplication, substrates.

#### AUTORES:

**Jenny Giovana Caviña Fernández:** Carrera Ingeniería Agronómica. Facultad de Agronomía. Universidad Mayor de San Andrés. [cavinafernandezjennygiovana@gmail.com](mailto:cavinafernandezjennygiovana@gmail.com)

**Alejandro Bonifacio Flores:** Investigador principal Centro de Investigación K'iphak'iphani. Viacha y Docente Facultad de Agronomía, UMSA. [bonifloresflores@gamil.com](mailto:bonifloresflores@gamil.com)

**Recibido:** 15/11/2019. **Aprobado:** 17/02/2020.



## INTRODUCCIÓN

La pasacana es el nombre nativo del fruto comestible y medicinal del cacto *Trichocereus pasacana*. Esta especie crece en zonas áridas del

altiplano entre 3800 y 4500 m.s.n.m., específicamente en pie de monte y cerros de origen volcánico. Los cactus productores de

pasacana se caracterizan por su alta tolerancia a sequías y heladas; sin embargo, su crecimiento es muy lento.

Ante un contexto de cambio climático, la pasacana presenta oportunidades de adaptación a las condiciones áridas impuestas por el calentamiento global y la escasa humedad en el suelo. Sin embargo, no se ha prestado atención para investigar los aspectos reproductivos y mucho menos el repoblamiento de zonas áridas, ignorando los beneficios y bondades que proporciona esta especie.

Según MMAyA (2012), *Trichocereus atacamensis* crece en área restringida en un hábitat extremo y vulnerable por sequía, siendo catalogado en peligro de extinción (EN-B1b) en el Libro Rojo de la Flora Amenazada de Bolivia – Zona Andina. Con respecto a la conservación, en Antofagasta (Chile), el cardón o pasacana (*Echinopsis atacamensis*) está clasificada en la categoría de vulnerable a casi amenazada (Guerrero y León-Lobos, *s.f.*).

La utilidad de esta planta es diversa, el producto principal de consumo es el fruto de pulpa jugosa que tiene propiedades medicinales para tratamiento de úlceras, alergias, fatiga, reumatismo y como fuente de agua por su tejido succulento, la madera se emplea en la construcción de puertas y ventanas, últimamente está siendo empleado para la artesanía. Entre otros usos que se puede dar a esta especie es como adorno paisajístico por su crecimiento esbelto y flores coloridos, también por su fácil adaptabilidad a diferentes sustratos.

En los últimos años, la regeneración de plantas de *T. pasacana* es muy escasa tendiendo a ser nula, por lo que en los campos naturales se observan plantas adultas y pocas plantas jóvenes, lo cual se atribuye a la sequía que no permite la germinación y establecimiento. Por otra parte, las semillas presentan dormancia por la dureza de la testa, siendo necesario el tratamiento respectivo para lograr la germinación.

En Bolivia no se realizaron ensayos de multiplicación dirigida de *Trichocereus pasacana*; pero como referencia y guía en la presente investigación se consideró las investigaciones realizadas en cactáceas principalmente orientados a fines ornamentales y conservacionistas.

Bonifacio (2019) en la prueba de germinación de las semillas de pasacana extraídas de frutos en estado de madurez plena y madurez pasada, no consiguió que las semillas germinaran, pero al escarificarlas con arena alcanzaron a germinar entre un 50% a 55%.

Los objetivos de este trabajo fueron los siguientes.

- Describir las características fenotípicas del fruto de pasacana.
- Evaluar dos diferentes métodos de escarificación en las semillas de pasacana.
- Evaluar el crecimiento de plántulas de pasacana en sustratos con materia orgánica.

## REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### La pasacana

#### *Origen de la pasacana*

Pizarro (2014) menciona que las cactáceas son originarias del continente americano y otras son endémicas del Sur de Perú, Norte de Chile y Sur de Bolivia. Kiesling (1978) reporta que *Trichocereus pasacana* crece en Argentina Catamarca, Tucumán, Salta y Jujuy, así también en Bolivia y es uno de los elementos definitorios de la provincia fitográfica de la Prepuna, se desarrolla en laderas rocosas de pendientes menores a 45° de inclinación y semiplanicies entre los 2500 y 3000 m.s.n.m.

#### *Estados de conservación de la pasacana*

En estudios realizados en Chile, la pasacana en sus primeras etapas de crecimiento fue encontrado entre especies de *Opuntia ignescens*, *Opuntia soehrensii* y *Baccharis tola* que actúan como plantas nodriza, también en grietas en las rocas, es allí donde las plántulas en

la primera etapa de crecimiento obtienen las mejores condiciones para el repoblamiento (Pinto y Moscoso, 2004).

### **Morfología de la pasacana**

Las raíces de algunas cactáceas columnares son del tipo simple con otras de tipo engrosadas y fibrosas las cuales se sujetan firmemente del sustrato rocoso con la finalidad de aprovechar el microclima húmedo que se crea en sus grietas. Una forma de sintetizar su alimento es que exuda sustancias como ácidos orgánicos y carbohidratos al suelo, que junto a las raíces efímeras muertas forman nutrientes que luego serán absorbidos por la misma planta (Pizarro, 2014).

Badano y Schlumpberger (2001) aseveran que la pasacana presenta raíces superficiales ampliamente ramificadas y también presenta raíces profundas.

La pasacana forma troncos de 15 m de altura y hasta 50 cm de diámetro, con 40 costillas, pocas veces ramificada, el tallo presenta areolas grandes que se disponen en pares que miden hasta dos centímetros de diámetro y son circulares, cuando las areolas son jóvenes se encuentran cercanos y con el pasar del tiempo se alejan hasta tres centímetros, tienen un color amarillo-castaño (Kiesling, 1978).

En la revista Ecología en Bolivia, Halloy (2008), reporta la información sobre el crecimiento en plantas de distintas edades que medían de tres a 800 cm, las plantas en estudio en los primeros 30 años medían 25 cm, a los 60 años medían 95 cm y a los 120 años medían alrededor de los cinco metros, demostrando una paulatina aceleración con el tiempo. La planta invierte toda su energía en un solo ápice, con esta condición la planta más pequeña que medía 3.9 cm alcanzó 15 cm en 23 años.

Según Bonifacio (2019) plantas de pasacana de aproximadamente 15 años de edad crecen en promedio entre 4.91 cm ( $\pm 0.78$ ) a 7.20 cm ( $\pm 0.58$ ) por año en suelos de origen volcánico.

Las flores de *Trichocereus pasacana* son hermafroditas, solitarias y auto incompatibles que se disponen lateralmente, presentan un hipanto cubierto de pelos que se inserta sobre el ovario, las piezas periánticas tienen disposición espiralada, las externas son de color verde y las internas blanco-amarillentas, ambas con disposición espiralada (Kiesling, 1978).

Los estudios realizados por Bonifacio (2019), afirman que las flores del cacto de pasacana están concentradas en la parte apical del cacto como una corona de flores. Presenta una floración diurna (apertura floral a las 9.00 am y el cierre a las 6.00 pm aproximadamente), la apertura de las flores de un individuo no es homogénea, ya que se da en el lapso de 6 a 12 días.

En los estudios realizados en la localidad de Orinoca perteneciente al departamento de Oruro se evidenció que los cactos adultos de pasakana florecen en la primera quincena del mes de octubre. La floración de esta especie entre los conocimientos del saber local es considerada un fito-indicador, es decir que al iniciar la floración se inicia la siembra de papa y si hay buena fructificación de pasakana, entonces habrá buena producción de papa (Bonifacio, 2019).

El fruto de *Trichocereus pasacana* es carnoso, abayado de color verde con pulpa blanca y dulce (Badano y Schlumpberger, 2001).

Kiesling (1978) afirma que el fruto de la pasacana es de forma globosa y de color verde con el estilo persistente que mide aproximadamente cinco centímetros de diámetro que a su vez está recubierto por pelos blancuzcos. Hoffmann y Walter (2004), citado por Banco Base de Semillas – INIA (*s.f.*) aseveran que el fruto de pasacana es esférico de color verde oscuro y densamente recubierto de pelos largos, se abre longitudinalmente en la madurez por dos a cuatro aberturas.

En la localidad de Orinoca del departamento de Oruro, se observan frutos maduros a fines de diciembre y durante el mes de

enero, deduciendo que el periodo de maduración es de 80 a 90 días (Bonifacio, 2019).

Las semillas de *Trichocereus pasacana*, son de color oscuro a negro, presentan doble tegumento, tiene forma de una coma comprimida lateralmente. El embrión tiene la radícula cónica, tiene dos cotiledones cortos que miden alrededor de 0.2 a 0.5 mm los cuales al arquearse dan una forma curva al embrión, sus sustancias de reserva se encuentran en forma de gránulos de almidón y pequeñas gotas de aceite (Kiesling, 1978).

Pizarro (2014) afirma que la superficie de la semilla (testa) muestra una fusión del hilum y el micrópilo conformando la RMH (región micro polar).

Las semillas de pasacana son pequeñas, miden alrededor de 1.4 mm por 1 mm por 0.8 mm, tiene forma de urna, presentan doble tegumento de color negro y carecen de endospermo (Badano y Schlumpberger, 2001; Kiesling, 1978).

### **Multiplicación dirigida**

#### ***Crecimiento y propagación***

El crecimiento de las plantas de pasacana es lento, en individuos de 3 a 800 cm demuestran crecimiento de pocos milímetros por año hasta 1.4 cm a medida que incrementa su tamaño, la planta llega a crecer hasta 25 cm en 30 años (Halloy, 2008).

#### ***Propagación por semilla***

La semilla es el medio principal por el que las plantas se perpetúan de generación en generación. La vida de la semilla es una serie de eventos biológicos, comienza con la floración y termina con la germinación de la semilla madura (Tarima, 1996).

La propagación por semilla en pasacana se puede dar con facilidad ya que no presenta dificultades para germinar, sus semillas sobrepasan el 90% de germinación en 12 días con

temperaturas de al menos 20°C cuando son expuestas a la luz, mientras que si son mantenidas en la oscuridad la germinación no supera el 20%. (Banco Base de Semillas – INIA, s.f.)

### ***Factores que afectan la germinación***

Según Gómez (2000), los factores que afectan la germinación son la temperatura, la humedad y Fernández y Johnston (1986) dicen que también el oxígeno.

Se requiere de un suministro adecuado de humedad que se da a través del medio de germinación o sustrato, debe haber adecuado humedecimiento del sustrato o de las semillas para tener buena aireación y disponibilidad de oxígeno. Las semillas pueden embeber vapor de agua en una atmósfera saturada (Gómez, 2000).

Las semillas varían con relación a sus requerimientos de temperatura para la germinación. Para cada tipo de semilla existen tres puntos cardinales en la escala de temperaturas: mínima, óptima y máxima (Gómez, 2000).

Fernández y Johnston (1986) indican que la falta de oxígeno limita la germinación, pero en muchas especies tienen la testa dura que pueden ser impermeable al oxígeno aun después de ser hidratadas lo que determina la respiración anaeróbica hasta que la testa se rompe.

Delouche (2001) dice que el oxígeno rara vez es un factor limitante, a menos que el humedecimiento excesivo de la semilla o del sustrato restrinja el intercambio gaseoso.

### ***Tratamientos pre germinativos en las semillas***

En México, se realizaron estudios sobre el efecto de escarificado en semillas de dos especies de *Mammillaria*, las semillas fueron sometidas a escarificación química en soluciones de ácido giberelico y ácido sulfúrico donde hubo variabilidad de respuestas, las semillas escarificadas con ácido sulfúrico por dos minutos registraron el 100% de germinación superando a

los resultados obtenidos en agua. Los resultados se obtuvieron en la segunda y tercera semana realizada la escarificación, sin embargo, para realizar estos tratamientos se sumergieron las semillas en una solución de hipoclorito de sodio (Navarro *et al.*, 2008).

Goitia (2003) afirma que el objetivo del tratamiento pre germinativo es obtener el máximo número de plántulas por unidad de peso de semilla y que la germinación sea uniforme.

- **Escarificación mecánica**

La escarificación mecánica consiste en causar daño en la testa de la semilla evitando lastimar el embrión, este tratamiento consiste en eliminar la testa de las semillas de forma manual o con superficies abrasivas (Pérez 2008, citado por Charuc 2016).

- **Escarificación química**

La escarificación química, consiste en remojar las semillas por 15 minutos a 2 horas en compuestos químicos. El tiempo de tratamiento varía según la especie, al finalizar el tratamiento se escurre el compuesto químico y las semillas se lavan con abundante agua (Hartmann y Kester, 2003).

El hipoclorito de sodio es una sustancia oxidante y corrosivo de rápida acción que puede destruir o dañar irreversiblemente otra superficie con la cual entra en contacto (EcuRed, 2016).

## **Sustratos**

El sustrato es cualquier medio que se utilice para cultivar plantas en recipientes que tengan una altura limitada y que su base se halle a presión atmosférica. La caracterización de los sustratos distingue las propiedades físicas, químicas y biológicas, la importancia del conocimiento de estas propiedades radica en que de ellas dependerá el manejo adecuado de la fertilización y el riego (Burés, *s.f.*).

### **Descripción general de algunos sustratos**

Las turbas son materiales de origen vegetal más o menos humificados y

descompuestos, básicamente pueden clasificarse en turbas rubias (turba de *Sphagnum*) y turbas negras. Las turbas rubias tienen un mayor contenido de materia orgánica y están menos descompuestas que las turbas negras que al estar más mineralizadas, tienen un menor contenido de materia orgánica (Sustratos, *s.f.*).

La tierra volcánica es de origen volcánico, están compuestos de sílice, aluminio y óxidos de hierro. También contiene calcio, magnesio, fósforo y algunos oligoelementos, las granulometrías son muy variables, por esta razón las propiedades físicas de estos materiales cambian en función de sus composiciones granulométricas, el pH de las tierras volcánicas es ligeramente ácido con tendencia a la neutralidad y la capacidad de intercambio catiónico es muy baja llegando a ser nula (Sustratos, *s.f.*).

Las arenas y gravas son materiales de canteras naturales y su composición depende fundamentalmente del origen de rocas que preceden, tienen alta porosidad y sus porcentuales en agua y/o en aire son elevados con lo que deben emplearse volúmenes altos de material para un correcto desarrollo de los cultivos. Básicamente se distinguen dos grandes grupos, de composición silíceo y calcáreo (Sustratos, *s.f.*).

Según Pizarro (2014), en las zonas de estudio donde hay más presencia de cactáceas el suelo es rocoso con poca materia orgánica, además gravoso, en cambio en suelo tipo Solonchak-Haplico (suelo arenoso con exceso de sales solubles y puede presentar costras salinas de Cloruros, Sulfatos, Yeso y Carbonato de Calcio) disminuye la densidad de establecimiento de las cactáceas.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Localización**

El presente trabajo se realizó en el Centro de Investigación de la Fundación PROINPA, ubicado a 4 km al sur de la ciudad de Viacha de

la provincia Ingavi del departamento de La Paz y a 41 km de la ciudad de La Paz, se encuentra entre las coordenadas de 16° 40' 30" Latitud Sur y 68° 17' 30" Longitud Oeste, a una altitud de 3880 m.s.n.m.

El material vegetal (frutos de pasacana) se obtuvo de la población de la comunidad Lloco del distrito municipal Orinoca de la provincia Sud Carangas que se encuentra en la zona occidental del Departamento de Oruro, ubicado a 185 km al sur de la ciudad de Oruro y a 20 km al oeste del lago Poopó, se encuentra entre las coordenadas de 18° 58' 00" Latitud Sur y 67° 15' 29" Latitud Oeste, a una altitud de 3790 m.s.n.m.

### **Materiales**

Para la recolección de frutos (en estados de madurez inicial, plena y pasada) se empleó guantes de goma, cuchillos, marbetes y canastas de recolección y los materiales de laboratorio fueron calibrador digital, lupa, balanza analítica, refractómetro, cámara climática ajustada a una temperatura de 20 °C con humedad relativa de 42% e iluminada las 24 horas del día, cajas Petri, pinzas, papel absorbente, solución de hipoclorito de sodio al 2.5% y agua.

Para el establecimiento del ensayo en walipini (crecimiento de plántulas) se utilizó marbetes, pala, picota, yutes, tamizador, bandejas de plástico de 50 hoyos, sustratos (arena, tierra de lugar, turba), regaderas (aspersores), palas de jardinería, cámara fotográfica, regla milimetrada y malla semisombra y los materiales de gabinete fueron lapiceros, cuaderno de apuntes, reglas, tijeras, paquete estadístico InfoStat/L.

### **Métodos**

El trabajo de investigación se desarrolló en tres etapas: caracterización de los frutos de pasacana, pruebas de germinación en las semillas de pasacana y evaluación del crecimiento de las plántulas de pasacana. Las primeras dos instancias se evaluaron en

condiciones de laboratorio y la última instancia en walipini.

### ***Caracterización de los frutos de pasacana***

En los frutos de pasacana en estados de madurez inicial, madurez plena y madurez pasada, se evaluaron sus características cualitativas (color de cáscara, color de pulpa, forma, pubescencia y dulzor) y características cuantitativas (diámetro ecuatorial, longitud, peso entero, peso de la cáscara, peso de la pulpa, volumen de la pulpa, porcentaje de sólidos totales y peso de semillas por fruto).

### ***Pruebas de germinación***

Las semillas fueron extraídas de frutos diferenciados por el estado de madurez tales como estado de madurez inicial, madurez plena y madurez pasada. El método de extracción de semilla fue por agitación con agua de grifo y secadas en ambientes de laboratorio. La semilla obtenida fue sometida a tratamientos pregerminativos los que fueron escarificado manual, escarificado químico y tratamiento testigo. El escarificado manual consistió en frotar las semillas de manera uniforme con arena de duna, la escarificación química consistió en sumergir las semillas en una de solución de hipoclorito de sodio al 2.5% por 30 minutos y el tratamiento testigo en cuyas semillas no se aplicó ningún tratamiento pre germinativo.

### ***Diseño experimental para la prueba de germinación***

Para las pruebas de germinación se empleó un diseño completamente al azar con arreglo factorial, con el siguiente modelo aditivo lineal (Ochoa, 2016).

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Dónde:

$Y_{ijk}$  = Una observación cualquiera (germinación).

$\mu$  = Media general.

$\alpha_i$  = Efecto fijo del  $i$  - ésimo estado de madurez.

$\beta_j$  = Efecto fijo del  $j$  –ésimo tratamiento pre germinativo.

$(\alpha\beta)_{ij}$  = Efecto fijo de interacción de  $i$  –ésimo estado de madurez con  $j$  –ésimo tratamiento pre germinativo.

$\mathcal{E}_{ijk}$  = Efecto aleatorio de residual error experimental NIID –  $(0, \delta_e^2)$ .

Los tratamientos formados se detallan en el cuadro 1. La variable de respuesta fue germinación acumulada que se registró desde que se observó las primeras semillas germinando (ocho días) hasta los 36 días.

Tabla 1. Tratamientos formados para la prueba de germinación.

Tratamientos	Descripción
T <sub>1</sub>	madurez inicial – testigo
T <sub>2</sub>	madurez inicial – escarificado anual
T <sub>3</sub>	madurez inicial – escarificado químico
T <sub>4</sub>	madurez plena – testigo
T <sub>5</sub>	madurez plena – escarificado manual
T <sub>6</sub>	madurez plena – escarificado químico
T <sub>7</sub>	madurez pasada – testigo
T <sub>8</sub>	madurez pasada – escarificado manual
T <sub>9</sub>	madurez pasada – escarificado químico

### ***Crecimiento de las plántulas de pasacana***

Las plántulas de pasacana se obtuvieron de las pruebas de germinación. Se trasplantaron a los diferentes sustratos las plántulas que ya presentaban sus primeras raicillas, además que eran de tamaño similar.

### ***Diseño experimental para la prueba de germinación***

Para evaluar el crecimiento de las plántulas, se empleó el diseño de bloques completamente aleatorios, en el que se bloqueó la proximidad a las paredes del walipini, con el siguiente modelo aditivo lineal (Ochoa, 2016).

$$x_{ij} = \mu + \beta_j + \alpha_i + \mathcal{E}_{ij}$$

Dónde:

$X_{ij}$  = observación cualquiera.

$\mu$  = media general.

$\beta_j$  = efecto de  $j$ –ésimo bloque.

$\alpha_i$  = efecto de  $i$ –ésimo tratamiento.

$\mathcal{E}_{ij}$  = error experimental.

Los sustratos que se emplearon se detallan en la tabla 2. Las variables de respuesta fueron crecimiento en longitud (mm) y crecimiento en diámetro (mm) registrados hasta las 48 semanas después del trasplante.

Tabla 2. Tratamientos formados para la evaluación de crecimiento de las plántulas.

Tratamientos	Descripción
T <sub>1</sub>	tierra de lugar (testigo)
T <sub>2</sub>	arena 1: turba 1
T <sub>3</sub>	arena 1: turba 2
T <sub>4</sub>	tierra de lugar 1: turba 1
T <sub>5</sub>	tierra de lugar 1: turba 2

## **RESULTADOS Y DISCUSIONES**

### **Características cualitativas de los frutos de pasacana**

Los frutos en estado de madurez inicial se los puede diferenciar por la consistencia de la cáscara que es dura y engrosada, en la cual se observa gran cantidad de pelos o lanosidad que son blandos y tornan un color café suave. La pulpa es consistente y de color blanquecino donde se observan las semillas de color negro y algunas semillas que aún se ven de color café van tornándose hacia el color negro.

Los frutos maduros presentan apariencia brillante con muy pocos pelos, además se observa la cáscara blanda y delgada. Los frutos en madurez plena suelen abrirse longitudinalmente en forma unilateral o bilateral, el fruto abierto exhibe la pulpa y estos frutos fisurados tienden a fermentar y cambiar sus propiedades.

Los frutos en estado de madurez pasada tienen consistencia más blanda en comparación con los frutos de madurez plena, la cáscara tiende a marchitarse, la pulpa pasa a ser mucilaginoso con olor

característico a fermentado, las semillas son mucho más vistosas debido a que el mucilago se vuelve en un color poco transparente.

Tabla 3. Características cualitativas de los frutos de pasacana en los tres diferentes estados de madurez.

Características	Estados de madurez de los frutos		
	Madurez inicial	Madurez plena	Madurez pasada
Color del fruto	Verdoso intenso que va de oscuro a claro hacia sus polos	Verdoso que va de intenso a claro, apariencia semi brillante	Rojiza, púrpura a blanquecina, en otros casos verde muy oscuro a negro de apariencia brillante
Color de la pulpa	Blanquecino, a simple vista se ve que abunda el almidón y tiene consistencia firme	Blanquecino, a simple vista se ve que abunda el almidón, pero también va degradando a ser sustancia mucilaginosa	Blanco- verdoso y un tanto transparente, el fruto de apariencia consistente pasa a ser blando, la pulpa es de aspecto mucilaginosa
Forma del fruto	Es una baya globosa de forma esférica a ovoide	Es una baya globosa de forma esférica a ovoide, longitudinalmente abierta	Es una baya globosa de forma esférica a ovoide, frecuentemente marchitada
Pubescencia	Mayor presencia de pelos que son blandos	La presencia de pelos va disminuyendo	La presencia de pelo tiende a desaparecer
Dulzor de la pulpa	Relativamente dulce llegando a ser neutro	Dulce llegando a ser neutro	De dulce pasa a ser un poco agrio

Bonifacio (2019) afirma que los frutos verdes o inmaduros tienen consistencia firme y son cubiertos de bastante vellosidad que a medida que van madurando, los vellos se van desprendiendo por lavado con las primeras lluvias de la época o por el viento. Los frutos maduros son de apariencia brillante y

consistencia blanda, mientras que los frutos sobremaduros se abren longitudinalmente exponiendo la pulpa que llega a ser alimento de los pájaros, al deshidratarse los frutos se van desprendiendo de la planta.



Figura 1. Frutos de pasacana en los tres diferentes estados de madurez.



En los frutos muestreados se pudo observar que la tonalidad de color verde en la cáscara varía según el estado de madurez en el que se encuentre, en cuanto a la pulpa se afirma que tiene un sabor muy agradable y el color del mismo es blanquecino.

Bonifacio (2019) asevera que hay diversidad de colores de fruto en relación al color de la flor, entre ellos púrpura, verde crema, verde claro, amarillenta, rosada y rojo; respecto a los

pelos que presentan los frutos, se sostiene que no son urticantes y van desapareciendo conforme va madurando.

### **Características cuantitativas de los frutos de pasacana**

Los frutos en estado de madurez inicial presentan menor tamaño, el tamaño máximo que alcanza el fruto es en estado de madurez plena y disminuyendo por deshidratación en estado de madurez pasada.

Tabla 4. Características cuantitativas de los frutos de pasacana en los tres diferentes estados de madurez.

Características	Estado de madurez de los frutos		
	Madurez inicial	Madurez plena	Madurez pasada
Diámetro ecuatorial	4.82 cm	5.62 cm	4.69 cm
Longitud	5.41 cm	5.85 cm	4.98 cm
Peso entero	50.47 g	70.51 g	30.80 g
Peso de pulpa	24.64 g	39.37 g	23.96 g
Peso de cáscara	25.83 g	30.5 g	6.84 g
Volumen de la pulpa	24 cm <sup>3</sup>	38 cm <sup>3</sup>	38 cm <sup>3</sup>
Porcentaje de sólidos totales	7.9 %	8.9 - 9 %	11 – 11.9 %
Peso de semillas por fruto	1.67 g	3.85 g	2.95 g

Según Bonifacio (2019), cada planta adulta prolífica forma en promedio 51 frutos, considerando los resultados del cuadro 4, se estima que la planta en promedio produce 2580 g de fruto entero. Por otra parte, se evidenció que, en los frutos en estado de madurez plena, el peso de pulpa es mayor al peso de la cáscara.

Para Banco Base de Semillas – INIA (*s.f.*), el fruto de la pasacana es esférico u oval, mide cinco centímetros de diámetro y es de color verdoso que coincide con Kiesling (1978), este autor argumenta que el fruto de la pasacana es de forma globosa y de color verde con el estilo persistente y a su vez está recubierto por pelos blancuzcos.

Rivera (*s.f.*) dice que el fruto abayado formado a partir de una flor con un solo pistilo es considerado fruto simple carnosos que tiene el epicarpio generalmente delgado, mesocarpio carnosos y más o menos jugoso, en el endocarpio

se encuentran las semillas que se observan a simple vista.

### **Prueba de germinación en laboratorio**

Las semillas de los tratamientos descritos anteriormente empezaron a germinar a los ocho días de haber puesto las semillas en condiciones adecuadas y a partir de ese instante la evaluación fue por 36 días.

Según el análisis de varianza para la germinación acumulada o total (cuadro 5), las diferencias observadas para el factor madurez fueron altamente significativas de tal manera que las semillas empleadas de los frutos en diferentes estados de madurez tienen influencia en cuanto a la germinación expresada en porcentaje.

Para el factor escarificado (tratamientos pre germinativos) el resultado fue altamente significativo, esto quiere decir que al menos uno de los tratamientos tiene efecto

diferenciado del resto y para la interacción madurez por escarificado, el resultado fue

altamente significativo, dando a conocer que ambos factores son dependientes.

Tabla 5. Análisis de varianza del porcentaje de germinación acumulada (36 días).

Fuentes de variación	GL	SC	CM	F	p-valor
Modelo	8	5838.50	729.81	85.86	<0,0001
Madurez	2	2169.50	1084.75	127.62	<0,0001 **
Escarificado	2	1934.00	967.00	113.76	<0,0001 **
Madurez*escarificado	4	1735.00	433.75	51.03	<0,0001 **
Error	27	229.50	8.50		
Total	35	6068.00			

\*\* = Altamente significativo. Diferencia estadística significativa al nivel de 5%. C.V. = 3.33%

Fuente: Caviña (2019)

El coeficiente de variación fue de 3.33%, este valor nos indica que los datos obtenidos son confiables por lo tanto hubo un buen manejo de las unidades experimentales.

Tabla 6. Prueba de medias Duncan para el factor madurez para la germinación acumulada.

Madurez	Medias	Duncan
Inicial	98.33	A
Plena	84.58	B
Pasada	80.08	C

Fuente: Caviña, 2019

En la prueba de medias Duncan para el factor madurez que muestra el cuadro 6, se observa la formación de tres grupos diferenciados. En primer lugar, se encuentra madurez inicial que es estadísticamente el mejor de los tratamientos empleados en cuanto este factor refiere y por último se encontró a madurez pasada.

Bonifacio (2019) asevera que en las pruebas de germinación de semillas extraídas de frutos maduros y sobremaduros de pasakana, no se logró conseguir germinación en un periodo de 30 días, por ello la incertidumbre de si las semillas extraídas de frutos en estado de madurez inicial podrían germinar de forma natural. Esto se evidencia en este trabajo donde se observa como mejor tratamiento a las semillas extraídas de frutos en estado de madurez inicial con una media de 98.33% de germinación.

Tabla 7. Prueba de medias Duncan para el factor escarificado para germinación acumulada.

Escarificado	Medias	Duncan
Químico	94.50	A
Manual	91.00	B
Testigo	77.50	C

Fuente: Caviña, 2019

La tabla 7 contiene la prueba de medias Duncan para el factor escarificado, se observa la formación de tres grupos diferenciados, en primer lugar, se encuentra escarificado químico que fue el mejor de los tratamientos empleados y por último se tienen las semillas sin escarificar que estadísticamente fue el que menos semillas germinadas presentó. Bonifacio (2019) al realizar pruebas de germinación en la especie en estudio, evidenció que aplicando a las semillas el escarificado con arena, consiguió que las semillas germinen de 50 a 55% en un lapso de 15 a 20 días.

En la prueba de medias Duncan realizado para la interacción madurez por escarificado (tabla 8) como primer lugar se encuentran el tratamiento de madurez inicial-testigo, el tratamiento de madurez inicial-escarificado químico y el tratamiento de madurez inicial-escarificado manual que a su vez también pertenece al segundo grupo.

El primer grupo, teniendo resultados estadísticamente similares en los tratamientos que lo conforman, se llegaría a recomendar el

tratamiento de madurez inicial-testigo debido a que para obtener mayor cantidad de semillas germinadas no requiere ningún proceso de escarificado lo que eroga gastos económicos y pérdida de tiempo realizando el escarificado.

Los últimos grupos conformados por el tratamiento de madurez plena-testigo y madurez

pasada-testigo, no es recomendado ya que la cantidad de semillas germinadas es relativamente baja y más aún el tratamiento de madurez pasada-testigo el cual sólo obtuvo el 57.50 % de semillas germinadas, por lo tanto, estos dos tratamientos no son recomendados ya que su porcentaje de germinación es relativamente bajo.

Tabla 8. Prueba de medias Duncan para la interacción madurez por escarificado para la germinación acumulada.

Madurez	Escarificado	Medias	Duncan
Inicial	Testigo	99.75	A
Inicial	Químico	99.50	A
Inicial	Manual	95.75	A B
Pasada	Químico	93.25	B C
Plena	Químico	90.75	C D
Pasada	Manual	89.50	C D
Plena	Manual	87.75	D
Plena	Testigo	75.25	E
Pasada	Testigo	57.50	F

Fuente: Caviña (2019).

Según Banco Base de Semillas – INIA (*s.f.*), esta especie cactácea puede ser propagada fácilmente por semillas, ya que no presenta dificultades para germinar, sus semillas sobrepasan el 90% de germinación en 12 días.

Caviña (2019) en las pruebas de germinación realizadas en semillas extraídas de frutos en tres diferentes estados de madurez, en el registro de germinación cada dos días, evidenció que las semillas extraídas de frutos en estado de madurez inicial con escarificado químico presentan un alto porcentaje de germinación (99.75%) al cabo de 10 días después de haberle dado condiciones adecuadas para renuevo celular.

### Crecimiento en longitud (mm) de las plántulas de pasacana

El análisis de varianza realizado para el crecimiento en longitud de las plántulas a las 48 semanas de ser trasplantadas (cuadro 9) se observa que la diferencia entre bloques resultó ser insignificante por lo tanto el diseño empleado perdió precisión; sin embargo, la diferencia entre sustratos fue significativo, esto refleja que al menos un sustrato es diferente del resto en cuanto al crecimiento en longitud de las plántulas. El coeficiente de variación hallado demuestra confiabilidad.

Tabla 9. Análisis de varianza para la longitud (mm) de las plántulas a las 48 semanas de ser trasplantadas.

F.V.	GL	SC	CM	F	p-valor
Modelo	7	667.95	95.42	7.99	0.0010
Bloque	3	50.18	16.73	1.40	0.2903 NS
Sustrato	4	617.76	154.44	12.94	0.0003 **
Error	12	142.27	11.94		
Total	19	811.22			

\*\* = Altamente significativo, NS = No significativo. Diferencia estadística significativa al nivel de 5%. C. V.= 12.47%.

Fuente: Caviña (2019).



Para las diferencias estadísticas del crecimiento en longitud, se observó que a mayor tiempo de evaluación se evidencia el crecimiento notorio de las plántulas, deduciéndose que las plántulas se encuentran en proceso de establecimiento en las primeras semanas y las diferencias en crecimiento no son detectables.

Tabla 10. Prueba de medias Duncan para el crecimiento en longitud (mm) de las plántulas a las 48 semanas de ser trasplantadas.

Sustratos	Medias (mm)	Duncan
Tierra de lugar 1: turba 2	36.86	A
Tierra de lugar 1: turba 1	30.65	B
Tierra de lugar (testigo)	26.69	B C
Arena 1: turba 1	22.48	C
Arena 1: turba 2	21.90	C

Fuente: Caviña (2019).

En la prueba de medias Duncan efectuada para la longitud de las plántulas a las 48 semanas de ser trasplantadas (cuadro 10) se observa la conformación de tres grupos, donde en primer lugar se encuentra el sustrato en el que se empleó tierra de lugar con turba en proporción 1:2, con una media de 36.86 mm y el tercer grupo que obtuvo menor crecimiento en longitud conformado por tres tratamientos que fueron el tratamiento testigo, y el tratamiento de arena con turba en proporción 1:1 y 1:2.

Tabla 11. Análisis de varianza para el diámetro (mm) de las plántulas a las 48 semanas de ser trasplantadas.

F.V.	GL	SC	CM	F	p-valor
Modelo	7	768.14	109.73	11.91	0.0001
Bloque	3	46.16	15.39	1.67	0.2260 NS
Sustrato	4	721.99	180.50	19.60	< 0.0001 **
Error	12	110.53	9.21		
Total	19	878.68			

\* = Significativo, NS = No significativo. Diferencia estadística significativa al nivel de 5%. C.V. = 10.81%.

Fuente: Caviña (2019).

El análisis de varianza (tabla 11) realizado para el crecimiento en diámetro a las 48 semanas de ser trasplantadas, las diferencias entre bloques fueron no significativo, esto quiere decir que el diseño empleado perdió precisión, en

Banco Base de Semillas – INIA (*s.f.*) afirma que la planta de pasacana teniendo 18 meses de edad, presenta una altura de dos a tres centímetros.

Según Halloy (2008), el cacto de pasacana demuestra una paulatina aceleración de crecimiento con el tiempo, su crecimiento medio por año es de dos centímetros. Sin embargo, empleando sustrato elaborado con tierra de lugar (tierra de cerro de origen volcánico) con turba en proporción 1:2 se consiguió un crecimiento en longitud de 3.686 cm en 48 semanas.

Bonifacio (2019) en sus estudios realizados sobre el crecimiento del cacto de pasacana, los individuos estudiados de aproximadamente 15 años de edad presentan un crecimiento promedio anual de 7.20 cm ( $\pm 0.58$ ) en sitios de pie de monte y 4.91 cm ( $\pm 0.78$ ) en cerro de origen volcánico.

Con estos resultados se llega a saber que empleando la tierra de lugar (suelo de origen volcánico) donde crece esta especie de forma natural y añadiéndole turba en doble proporción, las plántulas crecerán relativamente acelerado respecto a lo que dan a conocer la revista Banco Base de Semillas – INIA (*s.f.*) y Halloy (2008).

### Crecimiento en diámetro (mm) de las plántulas de pasacana

cambio para las diferencias entre sustratos resultó ser altamente significativo lo que demuestra que al menos uno de los sustratos empleados es diferente de los demás. El

coeficiente de variación obtenido se encuentra en el rango de confiabilidad.

Tabla 12. Prueba de medias Duncan para el crecimiento en diámetro (mm) de las plántulas a las 48 semanas de ser trasplantadas.

Sustratos	Medias (mm)	Duncan
Tierra de lugar 1: turba 2	37.91	A
Tierra de lugar 1: turba 1	31.04	B
Tierra de lugar (testigo)	27.55	B
Arena 1: turba 1	22.19	C
Arena 1: turba 1	21.75	C

Fuente: Caviña (2019).

En la prueba de medias Duncan de la semana 48 después del trasplante, se observa tres grupos estadísticamente diferenciados, en primer lugar, se encuentra el tratamiento de tierra de lugar con turba en proporción 1:2 el cual obtuvo un crecimiento medio de 37.91 mm de diámetro y el tratamiento que obtuvo un tamaño menor fue el de arena con turba en proporción 1:2, donde las plántulas tenían una media de crecimiento en diámetro de 21.75 mm.

Banco Base de Semillas – INIA (*s.f.*) menciona que las plántulas de pasacana de 18 meses de edad (72 semanas) alcanzaron un crecimiento de 1.5 a dos centímetros de diámetro, sin embargo, en este trabajo las plántulas que tenían 48 semanas de edad obtuvieron un crecimiento medio de 3.791 cm de diámetro, empleando el mejor sustrato (tierra de lugar con turba en proporción 1:2) y el más bajo crecimiento fue 2.175 cm en sustrato de arena con turba en proporción 1:2.

Estos resultados demuestran que si se adiciona materia orgánica al medio donde crecen las plántulas en estudio, se obtendrá mayor crecimiento tanto en diámetro como en longitud.

## CONCLUSIONES

Los frutos en estado de madurez inicial presentan consistencia firme, la cáscara es engrosada con mayor presencia de pelos, en cambio en madurez plena son de color variado

(verde, púrpura, rojo) y su consistencia es blanda con menor presencia de pelos y de sabor dulce agradable, en cambio los frutos en estado de madurez pasada su consistencia es aún más blanda, la cáscara se vuelve delgada y la presencia de pelos es casi nula, el sabor es dulce pero tiende a sufrir descomposición por ello no es muy agradable.

Las semillas que se encuentran en la pulpa de los frutos en estudio en su mayoría se notan maduras por el aspecto negruzco que presentan, se observan a simple vista y a medida que el fruto va madurando es aún más notorio como el caso de la pulpa de los frutos en estado de madurez pasada, donde el almidón termina siendo una sustancia mucilaginosa medio transparente.

En cuanto a las características cuantitativas, los frutos de madurez inicial presentan menor peso de pulpa con respecto a los de madurez plena y madurez pasada, la longitud, diámetro, peso entero y peso de semillas por fruto, no es dependiente del estado de madurez que presentan los frutos. El porcentaje de sólidos totales aumenta cuando los frutos pasan a madurez pasada con el valor de 11.9 %, cuando los frutos se encuentran en estado de madurez inicial el porcentaje de sólidos totales es 7.9%.

Los tratamientos pre germinativos (escarificado), para la variable germinación acumulada (total) según la prueba de medias Duncan, los tratamientos estadísticamente mejores fueron los de semillas de frutos en estado de madurez inicial testigo (sin escarificar) y madurez inicial con escarificado químico que son estadísticamente similares cuyas medias de germinación son 99.75% y 99.50% respectivamente.

Los valores porcentuales más bajos hallados fueron los tratamientos en los que se empleó semillas extraídas de frutos en estado de madurez plena y madurez pasada a los que no se aplicó ningún tratamiento pregerminativo

(testigo) cuyas medias de germinación fueron 75.25% y 57.50% respectivamente.

Realizando las comparaciones de los dos métodos de escarificado en las semillas de pasacana (escarificación manual y escarificación química), el que mayor cantidad de semillas germinadas presentó fue el escarificado químico esto para los tres estados de madurez de frutos que se empleó.

Con este trabajo se considera que las semillas se encuentran fisiológicamente listas para renuevo celular cuando el fruto se encuentra en estado de madurez inicial y al pasar a madurez plena y madurez pasada, las semillas entran en dormancia.

El crecimiento de las plántulas de pasacana que se desarrollaron en los diferentes sustratos empleados fue estadísticamente similares al principio. Sin embargo, a las 48 semanas después del trasplante se obtuvo significancia, en longitud las plántulas tenían una media de 36.86 mm, que fue el crecimiento más alto conseguido con el sustrato de tierra de lugar con turba en proporción 1:2 y el valor más bajo de 21.90 mm en el sustrato de arena con turba en proporción 1:2.

En cuanto al crecimiento en diámetro, el valor más alto fue 37.91 mm con el sustrato de tierra de lugar con turba en proporción 1:2 y el menor crecimiento fue 21.75 mm en el sustrato de arena con turba en proporción 1:2.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Badano, EI.; Schlumpberger, BO. (2001). Sistema de cruzamiento y estimaciones en la eficiencia de polinización sobre *Trichocereus pasacana* (Cactaceae) en dos poblaciones del Noroeste argentino. Revista Gayana. 58(2):115-122. Disponible en: <http://dx.doi.org/104067/S0717-66432001000200002>. Consultado 29 agosto 2018.
- Banco Base de Semillas – INIA. *Echinopsis atacamensis* (Phil.). (s.f.) Ficha Especies. 4p. Disponible en: [www.inia.cl > propagación > doc > Echinopsis atacamensis.pdf](http://www.inia.cl/propagacion/doc/Echinopsis_atacamensis.pdf). Consultado 15 agosto 2018.
- Bonifacio, A. (2019). Características morfológicas y reproductivas de la pasacana (*Trichocereus tarapacana subsp. Pasacana*) en el distrito municipal de Orinoca, Sur Carangas, Oruro. Revista Aphapi 5(2):1564-1573.
- Burés, S. (s.f.) Manejo de sustratos. Curso de Gestión de Viveros Forestales. Barcelona. 15p.
- Caviña, JG. (2019). Características de la pasacana (*Trichocereus pasacana*) y multiplicación dirigida en tres tipos de sustrato en la Estación Experimental Kiphakiphani. Tesis de licenciatura. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. 112 p.
- Charuc, J. (2016). Evaluación de Métodos de Escarificación en Semillas de Pacaina (*Chamaedorea sp*); Chimaltenango. Tesis de licenciatura. Ciudad de Guatemala, Guatemala, Universidad Rafael Landívar. Campus de Quetzaltenango.
- Delouche, J. (2001). El proceso de la germinación. Trad. Jaira Correa. In Curso Internacional de Entrenamiento sobre semilla mejorada para América Latina. Campinas, Brasil. 3p.
- Ecured, (2016). Conocimiento con todos y para todos: Hipoclorito de sodio. Disponible en: [http://www.ecured.cu/Hipoclorito de sodio](http://www.ecured.cu/Hipoclorito_de_sodio). Consultado 15 agosto 2018.
- Fernández, G.; Johnston, M. (1986). Fisiología vegetal experimental. Instituto Interamericano de Cooperación para la

- Agricultura. San José - Costa Rica, Servicio Editorial. IICA. pp. 340 - 341.
- Gómez, F. (2000). Germinación de semillas y evaluación de plántulas: Cuando repetir una prueba de germinación, Institución Colombiana Agropecuario. Boletín 2000-14:9.
- Goitia, L. (2003). Manual de Dasonomía y Silvicultura. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. 159p.
- Guerrero P. y León-Lobos P. (s.f.) Ficha de antecedente de la especie. *Trichocereus atacamensis* (Phil.) Backeb. 5 p. Disponible en: [http://www.mma.gob.cl/clasificacionespecies/fichas6proceso/fichas2010/Trichocereus\\_atacamensis\\_Echinopsis\\_atacamensis\\_FINAL\\_P06R2\\_RCE.pdf](http://www.mma.gob.cl/clasificacionespecies/fichas6proceso/fichas2010/Trichocereus_atacamensis_Echinopsis_atacamensis_FINAL_P06R2_RCE.pdf). Consultado 10 junio 2019.
- Halloy, S. (2008). Crecimiento exponencial y supervivencia del cardón (*Echinopsis atacamensis* subsp. *Pasacana*) en su límite altitudinal (Tucumán, Argentina). Revista Ecología en Bolivia. 43(1):6-15.
- Hartmann, H.; Kester, D. (2003). Propagación de plantas Compañía Editorial Continental, S.A. de C. V. Distrito Federal, México 760p.
- Kiesling, (1978). El género *Trichocereus* (Cactaceae) I. Las especies de la Argentina. Article in *Darwiniana*. 21(2-4):263-330. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/281637848>. Consultado 15 agosto 2018.
- MMAyA. (2012). Libro Rojo de la Flora amenazada de Bolivia. Vol. I. Zona Andina. Ministerio de Medio Ambiente y Agua, La Paz, Bolivia. 600 p.
- Navarro, MC.; Cervantes, G.; Lazarro, JO. (2008). Efecto de la escarificación de semillas en la germinación de dos especies de *mammillaria*. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Revista Zonas Áridas. Puebla, México 12(1):97-105.
- Ochoa, RR. (2016). Diseños Experimentales. Ediciones OCHOA. La Paz, Bolivia. pp. 359 – 361.
- Pinto, R.; Moscoso, D. (2004). Estudio poblacional de *Echinopsis atacamensis* (Cactaceae) en la Región de Tarapacá (I), norte de Chile. *Chloris Chilensis*. Año 7(2). Disponible en: <http://www.chlorischile.cl/EchinopsisPinto>. Consultado 10 junio 2019.
- Pizarro, J. (2014). Cactáceas de Tacna. Primera edición. Tacna, Perú. 85 p. Disponible en [https://www.CACTACEASDETACNA.Jos\\_Pizarro\\_Excerpted.pdf](https://www.CACTACEASDETACNA.Jos_Pizarro_Excerpted.pdf). Consultado 1 agosto. 2018.
- Rivera, O. (s.f.) Biología de Plantas. Presentación Fruto y semilla. Universidad Nacional de Colombia. Disponible en: <https://cuestionesdebiologia.files.wordpress.com>. Consultado 13 septiembre 2018.
- Sustratos. (s.f.) Sustratos Capítulo 2. Disponible en: [www.horticom.com/cultivossinsuelo](http://www.horticom.com/cultivossinsuelo). Consultado 29 agosto 2018.
- Tarima, J. (1996). Módulos de Capacitación en sistemas Agroforestales: Manual de viveros. 2da edición. Santa Cruz, Bolivia. 53 - 61.