



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE INGENIERÍA Y NEGOCIOS SAN QUINTÍN

ESTUDIO COMPARATIVO DE ADAPTACIÓN DE *Stenocereus gummosus* BAJO CONDICIONES DE RIEGO Y TEMPORAL

**TESIS
PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO AGRÓNOMO**

**PRESENTA:
ABEL SOLANO OLIVERA**

SAN QUINTÍN, ENSENADA, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO, MAYO, 2019

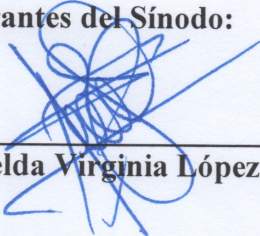
CONSTANCIA DE APROBACIÓN

Presidente:

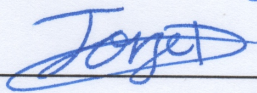
Salvador Ordaz S.
Dr. Salvador Ordaz Silva

Aprobado por los Integrantes del Sínodo:

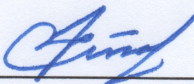
1.-


Sinodal: M.P.A. Imelda Virginia López Sánchez

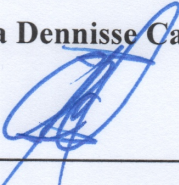
2.-


Sinodal: M.B.C. Jorge Luis Delgadillo Ángeles

3.-


Sinodal: Dra. Laura Dennisse Carrazco Peña

4.-


Sinodal: M.P.A. José Guadalupe Pedro Méndez

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por estar presente en mis triunfos y derrotas, por levantarme de las caídas sufridas en mi vida, por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía en el desarrollo de este trabajo; gracias por darme la fuerza y valor para seguir adelante y permitirme terminar mis estudios y hacer realidad este sueño anhelado.

A mi “ALMA MATER” la Universidad Autónoma de Baja California y a la Facultad de Ingeniería y Negocios San Quintín por haberme brindado la oportunidad de formarme como profesionista hasta este nivel y brindarme su apoyo poniendo a mi disposición el uso de espacios agrícolas y laboratorios dentro de las instalaciones para llevar a cabo esta investigación.

A los maestros que integran el cuerpo docente de esta gran facultad, a todos y cada uno de ellos que contribuyeron en mi formación brindándome sus conocimientos y enseñanzas.

Al PRODEP, por el apoyo económico brindado para la realización del presente trabajo.

A mi cuerpo de asesores

Al Dr. Salvador Ordaz Silva mi presidente de tesis con gran admiración y respeto de manera especial mi agradecimiento leal y profundo por haber confiado en mí, por su paciencia, dedicación, orientación, motivación y tiempo invertido durante el transcurso de la investigación y la elaboración de este trabajo. Por ser aparte de un gran maestro, una de las personas que marcaron mi educación y considerado un gran amigo.

A la M.P.A. Imelda Virginia López Sánchez por la orientación que me brindó para la realización de esta tesis; por su apoyo, amistad, sabios consejos y por la disponibilidad en los momentos precisos.

Al M.B.C. Jorge Luis Delgadillo Ángeles por sus enseñanzas, orientación, motivación y amistad durante mi carrera universitaria; y por sus aportaciones en el desarrollo de este trabajo de investigación.

A la Dra. Laura Dennisse Carrasco Peña por brindarme su apoyo, los conocimientos y la motivación para lograr la culminación de este trabajo.

Al M.P.A. José Guadalupe Pedro Méndez por brindarme su apoyo, motivación, disponibilidad en los momentos requeridos y por su contribución a la revisión del presente trabajo.

A mis amigos Rodrigo, Francisco, Diodoro, Sandra y Cecilia por brindarme su amistad y apoyo desde el primer momento que los conocí, y por acompañarme en los momentos maravillosos y divertidos durante el transcurso de nuestra carrera universitaria.

DEDICATORIA

A MIS PADRES:

Pablita Ofelia Olivera Morales por su apoyo y consejos durante mi vida; por guiarme en todo mi camino y enseñarme que cuando se quiere algo todo es posible, sin importar cual difícil sea el panorama.

Casimiro Eulogio Solano Mendoza gracias por mostrarme que nunca hay que agachar la cabeza y a mantenerse firme sobre nuestras ideas y metas.

Porque ni con todas las palabras y lágrimas bastarían para agradecerles su apoyo, por mostrarme el camino correcto y que la sencillez lo es primero ante todo.

A MIS HERMANOS:

Abelina, Carmen, Ángela, Margarita, Sara, Beatriz, Adriana, Adolfo y Silvia

Gracias por compartir muchos momentos de alegría conmigo, por todo ese amor y apoyo que me brindaron.

*Te agradezco en especial **Silvia** por acompañarme y brindarme tu apoyo durante toda mi carrera universitaria, aún en las peores circunstancias nunca me abandonaste, así como doy gracias por tus consejos y motivación.*

A ARTEMIO VAZQUEZ SANTOS

Mi estimado cuñado, gracias a ti empecé mis estudios; me mostraste que el aferrarnos a nuestros ideales es lo más importante y que el rendirse ante las situaciones más difíciles por las que pasamos no es la opción.

A OBDULIA HERRERA

Le agradezco a dios la haya puesto en mi camino, aunque no me conocía por mucho tiempo no dudo en brindarme su apoyo y amistad. Gracias por motivarme a superarme y mostrarme que podemos ayudar a quien más lo necesita cuando este menos lo espera.

A ANACLETO SOSA BALDIVIA

Gracias por su amistad y sabios consejos, así como el motivarme; me mostró que la sencillez y el seguir lo que realmente amamos y nos apasiona es la clave para una vida feliz.

Son muchas las personas a las que me gustaría agradecer su amistad, apoyo, ánimo y compañía en las diferentes etapas de mi vida. Algunos están conmigo y otros en mis recuerdos y en mi corazón. Sin importar en donde estén quiero darles las gracias por formar parte de mí vida, por todo lo que me han dado y por todas sus bendiciones.

Indice

Índice de figuras.....	I
Índice de cuadros	II
Resumen	III
Summary	IV
Introducción	V
Planteamiento de la problemática	VI
Justificación	VII
Hipótesis	VIII
Objetivo general.....	IX
Objetivos específicos	X
1. Marco teórico.....	1
1.1 Las cactáceas.....	1
1.2 Adaptaciones fenológicas	2
1.3 Adaptaciones morfológicas y fisiológicas	2
1.4 Reproducción	3
1.5 Subfamilias	3
2. El género <i>Stenocereus</i>	3
2.1 Anatomía y morfología	3
2.1.1 Raíz	4
2.1.2 Tallo	4
2.1.3 Flor.....	5
2.2 Reproducción	5
2.2.1 Reproducción sexual.....	5
2.2.2 Reproducción asexual	6
2.3 Usos e importancia.....	7
2.4 Condiciones agroecológicas.....	8
2.4.1 Suelo	8
2.4.2. Temperatura	8
2.4.3. Humedad	8
2.4.4. Enfermedades.....	8
3. <i>Stenocereus gummosus</i>	9
3.1 Taxonomía	9
3.2 Distribución geográfica.....	10
3.3 Generalidades.....	10
4. Materiales y métodos	13

4.1 Localización y descripción del área experimental	13
4.2 Precipitación y temperatura	14
4.3 Obtención y preparación de cladodios	15
4.4 Unidad y diseño experimental	16
4.5 Plantación	16
4.6 Variables evaluadas	16
4.7 Experimento 1. Cladodios bajo condiciones de temporal	17
4.7.1 Marco de plantación	17
4.7.2 Manejo	17
4.7.3 Medición de las variables:	17
4.7.3.1 Peso y longitud de raíces	17
4.8 Experimento 2. Cladodios bajo condiciones de riego	18
4.8.1 Marco de plantación	18
4.8.2 Manejo	18
4.8.3 Medición de las variables	19
4.8.3.1 Peso y longitud de raíces	19
5. Aislamiento de hongos asociados a <i>Stenocereus gummosus</i>	20
5.1 Daños	20
5.2 Aislamiento	21
5.3 Purificación	22
5.4 Identificación	22
6. Resultados y discusión	24
6.1 Experimento 1. Cladodios bajo condiciones de temporal	24
6.1.1 Crecimiento vegetativo	24
6.1.2 Crecimiento radicular	25
6.1.3 Peso y longitud de raíces	26
6.1.3.1 Peso fresco	26
6.1.3.2 Peso seco	27
6.1.3.3 Longitud	28
6.2 Experimento 2: Cladodios bajo condiciones de riego	29
6.2.1 Crecimiento vegetativo	29
6.2.2 Crecimiento radicular	30
6.2.3 Peso y longitud de raíces	31
6.2.3.1 Peso fresco	31
6.2.3.2 Peso seco	32
6.2.3.3 Longitud	33
6.3 Aislamiento de hongos asociados a <i>Stenocereus gummosus</i>	34
6.3.1 <i>Colletotrichum</i> sp.	34

6.3.2 <i>Fusarium</i> sp	35
6.3.3 <i>Rhizoctonia</i> sp.....	35
6.3.4 <i>Sclerotinia</i> sp.	35
6.3.5 <i>Alternaria</i> sp.	36
7. Conclusiones	37
7.1 Experimento 1. Cladodios bajo condiciones de temporal.....	37
7.2 Experimento 2. Cladodios bajo condiciones de riego.....	38
7.3 Aislamiento de hongos asociados a <i>Stenocereus gummosus</i>	39
8. Anexo.....	40
9. Imágenes de los resultados obtenidos en el enraizamiento de <i>S. gummosus</i>	43
Imágenes del crecimiento radicular de <i>S. gummosus</i>	43
Enraizamiento de cladodios del lote experimental temporal	44
Enraizamiento de cladodios del lote experimental con riego	46
Raíces formadas por un cladodio de <i>S. gummosus</i> con riego	49
Raíces formadas por cuatro cladodios de <i>S. gummosus</i> en condiciones de temporal.....	49
10. Literatura citada	50

I. Índice de figuras

Figura	1. Modelo de flujo numérico (León y Domínguez, 1991).....	11
Figura	2. Ubicación de lotes experimentales en la FINSQ de la UABC.....	13
Figura	3. Ubicación del área de extracción del material vegetal.....	15
Figura	4. Síntomas observados en parcelas experimentales de pitayo agrio (<i>Stenocereus gummosus</i>).....	21
Figura	5. Proceso de aislamiento.....	22
Figura	6. Desarrollo micelial en explantes de pitayo.....	22
Figura	7. Morfología y estructura morfológica vista al microscopio.....	23
Figura	8. Crecimiento promedio acumulado en cladodios de pitayo bajo condiciones de temporal.....	24
Figura	9. Promedio de peso fresco (g) de raíces de cladodios de lote experimental temporal..	26
Figura	10. Promedio de peso seco (grs) en raíces de cladodios de lote experimental temporal.	27
Figura	11. Longitud (mm) promedio de raíces de cladodios de lote experimental temporal. ...	28
Figura	12. Crecimiento promedio acumulado en cladodios de pitayo bajo condiciones de riego.....	29
Figura	13. Promedio de peso fresco (g) en raíces de cladodios bajo condiciones de riego.....	31
Figura	14. Promedio de peso seco (g) en raíces de cladodios bajo condiciones de riego.....	32
Figura	15. Longitud promedio (mm) de raíces de cladodios bajo condiciones de riego.....	33

II. Índice de cuadros

Cuadro	1. Precipitación media (mm) en Baja California durante el año 2017.....	14
Cuadro	2. Temperatura media (°C) en Baja California durante el año 2017.....	14
Cuadro	3. Diseño de tratamientos (Riego).....	40
Cuadro	4. Diseño de tratamientos (Temporal).....	40
Cuadro	5. Longitud de raíces de <i>S. gummosus</i> (experimento temporal).....	41
Cuadro	6. Peso de raíces de <i>S. gummosus</i> (experimento temporal).....	41
Cuadro	7. Dosis de enraizador aplicados a cladodios de pitayo agrio.....	42
Cuadro	8. Longitud de raíces <i>S. gummosus</i> (experimento riego).....	42
Cuadro	9. Peso de raíces de <i>S. gummosus</i> (experimento riego).....	42

III. Resumen

Stenocereus gummosus es una cactácea que produce frutos comestibles llamados “Pitayas” colectadas de plantas silvestres por su apreciado sabor; el introducir esta planta como un cultivo es una opción para pequeños productores que no cuentan con recursos para el establecimiento de cultivos tradicionales, sin embargo no hay estudios relacionados para esta especie en cuanto a la propagación y establecimientos bajo un sistema intensivo, por ello el presente trabajo tiene como objetivo el evaluar el crecimiento vegetativo y radicular de cladodios de la pitaya agria (*Stenocereus gummosus*) observando su adaptabilidad bajo condiciones de riego y temporal. Se extrajeron 48 brazos de plantas silvestres de *Stenocereus gummosus*, realizando dos experimentos (Temporal y Riego) y contando con dos tratamientos cada uno (12 de 30 cm y 12 de 60 cm de longitud); los resultados muestran un crecimiento sigmoideal, así como cambios físicos en los tallos de ambos experimentos. En el experimento de temporal el mayor desarrollo vegetativo se presentó en tallos de 60 cm de longitud, elongándose con mayor rapidez en las primeras 19 semanas: el crecimiento radicular se observó en los brazos tras los 64 días después del trasplante (DDT) y concluyendo que en todas las variables medidas fue superior en estacas de 60 cm, sin embargo el desarrollo de pelos absorbentes fue nulo para ambos tratamientos. En el experimento de riego a diferencia del anterior el crecimiento en estacas de 60 cm cesó hasta la semana 26, acumulando más de 6 cm de longitud; en cuanto al crecimiento radicular, este se vio afectado al añadir de 1-2 L de agua mensuales estimulando el desarrollo de pelos absorbentes. A inicio la aplicación de humedad al suelo no inducía la generación tras 46 DDT; fue aplicado un enraizador (Rizoflex) induciendo el enraizamiento de los cladodios tras dos semanas de su aplicación a una dosis de 20 ml/L, que tras el muestreo fue observado un mayor crecimiento en cuanto a

número de raíces secundarias y pelos absorbentes en cladodios de 30 cm. En este experimento las variables en cuanto a crecimiento radicular fue mayor en brazos de 30 cm de longitud.

Así mismo fueron aislados seis hongos fitopatógenos durante el transcurso de los experimentos, identificados mediante el uso de las claves de Barnett y Hunter (1998) los géneros *Rhizoctonia* sp., *Fusarium* sp, *Alternaria* sp, *Colletotrichum* sp. y *Sclerotinia* sp, los cuales ocasionaban algún daño en los cladodios afectando el desarrollo de los mismos.

IV. Summary

Stenocereus gummosus is a cactus that produces edible fruits called "Pitayas" collected from wild plants for its appreciated flavor; the introduction of this plant as a crop is an option for small producers that do not have resources for the establishment of traditional crops, however there are no related studies for this species in terms of propagation and establishments under an intensive system, therefore the The objective of this work is to evaluate the vegetative and root growth of cladodes of the pitaya agria (*Stenocereus gummosus*) by observing its adaptability under irrigation and temporal conditions. 48 *Stenocereus gummosus* arms were extracted from wild plants, carrying out two experiments (Temporary and Irrigation) and counting on two treatments each (12 of 30 cm and 12 of 60 cm of length); the results show a sigmoidal growth, as well as physical changes in the stems of both experiments. In the temporal experiment, the greatest vegetative development occurred in stems of 60 cm in length, elongating faster in the first 19 weeks: root growth was observed in the arms after 64 days after transplantation (DDT) and concluding that in all the measured variables it was higher in stakes of 60 cm, however the development of absorbent hair was null for both treatments. In the irrigation experiment, unlike the previous one, the growth in stakes of 60 cm ceased until week 26, accumulating more than 6 cm in length; In terms of root growth, this was affected by adding 1-2 L of water per month, finding that the application of moisture to the soil did not induce generation after 46 DDT; A rooting machine (Rizoflex) was applied inducing the rooting of cladodes after two weeks of its application at a dose of 20 ml / L, which after sampling was observed a greater growth in number of secondary roots and absorbing hairs in cladodes of 30 cm In this experiment, the variables regarding root growth were greater in arms of 30 cm in length.

Likewise, six phytopathogenic fungi were isolated during the course of the experiments, identified through the use of the keys of Barnett and Hunter (1998) the genera *Rhizoctonia* sp., *Fusarium* sp, *Alternaria* sp, *Colletotrichum* sp. and *Sclerotinia* sp, which caused some damage in the cladodes affecting the development of the cladodes.

V. Introducción

La familia Cactaceae está integrada por plantas capaces de adaptarse en regiones de mayor dificultad para otras plantas debido a las condiciones presentes, así como a las adaptaciones estructurales, fisiológicas, morfológicas, etc. En México el género *Stenocereus* está conformado por 22-24 especies; 8 de ellas son cultivadas y aprovechadas en las regiones del centro y sur del país (Gibson y Horak, 1978; Sánchez, 1984).

Dentro del género *Stenocereus* se encuentra *S. gummosus*, una cactácea muy presente en las diferentes comunidades xerofitas de Baja California, González y col. (2010) proponen 14 ecorregiones en la Península de Baja California y mencionan que el pitayo agrio se encuentra distribuido en 8 de ellas.

Se considera una especie de gran importancia para la economía de personas dedicados a la recolección de sus frutos para la venta de temporada, apreciada por su sabor. El establecimiento de huertos de este frutal es un posible método para explotar el fruto de manera comercial y aprovechar las diferentes áreas donde existe la escasez de agua, sin embargo es necesario el estudio de la fenología y mecanismos de reproducción, así como la reacción de estas al suministro de agua.

VI. Planteamiento de la problemática

Stenocereus gummosus (pitayo agrio) es una cactácea columnar cuyas características morfológicas y fisiológicas la hacen una planta capaz de sobrevivir con pocos recursos en zonas donde otras plantas requieren de muchos cuidados y del uso de altas tecnologías. Sin embargo se carece de información acerca de la adaptación de estas para poder introducirlas

bajo un sistema de producción intensivo, así como de las enfermedades que afectan el desarrollo y reproducción de la planta.

VII. Justificación

El establecimiento de esta cactácea para su explotación puede ser una opción para aumentar los ingresos de pequeños productores con poca disponibilidad de agua, con lo cual aprovechar superficies donde la producción de cultivos tradicionales es muy costosa; sin embargo es escasa la información disponible acerca de esta planta.

Al igual que muchas plantas las cactáceas son susceptibles al ataque de enfermedades; *Opuntia*, *Hylocereus* y *Selenicereus* son géneros de importancia económica, donde es clara su susceptibilidad al ataque de diferentes agentes fitopatógenos que pueden afectar su desarrollo y reproducción; Para el género *Stenocereus* es escasa la información reportada acerca de este hecho, por ello los resultados obtenidos durante el proyecto pueden ser de utilidad para futuras investigaciones relacionadas con esta cactácea presente en la Península de Baja California (PBC), ya sea para su conservación o su comercialización, así como ser utilizada para otras especies de la familia Cactaceae.

VIII. Hipótesis

- a) Los cladodios de mayor longitud tendrán mejor adaptabilidad con un mayor desarrollo vegetativo.
- b) Los explantes con riego enraizaran primero y presentaran una mayor masa radicular en comparación al temporal.

IX. Objetivo general

Evaluar el crecimiento vegetativo y radicular de cladodios de pitaya agria (*Stenocereus gummosus*) bajo condiciones de riego y temporal.

X. Objetivos específicos

- Evaluar el crecimiento vegetativo de los cladodios de acuerdo a su longitud.
- Evaluar el desarrollo radicular de acuerdo a la relación con la longitud de los cladodios.
- Evaluar el desarrollo radicular bajo condiciones de riego y temporal.

1. Marco teórico

1.1 Las cactáceas

Las cactáceas son plantas consideradas nativas del Continente Americano; se encuentran distribuidas y presentes desde los territorios de Canadá hasta el estrecho de Magallanes en América del Sur (Bravo, 1978; Borrego y Burgos, 1986), siendo México su centro de origen y especiación (Bravo, 1978).

La familia Cactaceae la integran alrededor de 1500 - 2000 especies, de los cuales 550 - 900 están presentes en México; el 79% de estas son endémicas del país (Bravo-Hollis, 1978); Barthlott y Hunt, 1993; CONABIO, 2000).

Este grupo de plantas posee una estructura similar a las otras dicotiledóneas, sin embargo se diferencian de ellas al ser xerófitas; la característica única en estas plantas es la presencia de areolas, que no se presenta en ninguna otra familia del reino vegetal (Trevison y Demaio, 2006).

De acuerdo a Gibson (1973); Bravo (1978) y Rzedowski (1978) los géneros y especies que componen al grupo de las cactáceas se distribuyen en mayor cantidad en las regiones áridas y semiáridas; aunque también hay algunas cactáceas presentes en áreas tropicales húmedas e intertropicales creciendo como epífitas (Bravo-Hollis, 1978; Bravo-Hollis y Scheinvar, 1995).

1.2 Adaptaciones fenológicas

El que una plántula de cactácea se logre desarrollar es debido a que la germinación de sus semillas se sincroniza con la temporada de lluvias, momento en cual la plántula debe acumular la mayor cantidad de agua posible para poder sobrevivir a su primera época seca, y en consecuencia generar el mayor rendimiento posible; por otro lado también a la alta posibilidad de que las semillas dispersadas logren alcanzar algún sitio favorable para su desarrollo gracias a su forma de dispersión (De la Barrera, 1997). Las aves que se alimentan de los frutos de estas plantas, son consideradas los mejores medios de dispersión de las mismas hacia lugares seguros para su crecimiento y reproducción. Aunque los murciélagos realizan la misma función que las aves, estas tienen mayor eficacia al depositar sus heces frecuentemente en árboles donde reposan (Fleming y Sosa, 1994). Valiente y Arizmendi (1997) explican la intervención de dispersores secundarios (ratones, hormigas, etc.), los cuales toman y dispersan las semillas de frutos parcialmente consumidos que caen al suelo en la reproducción masiva de cactáceas.

1.3 Adaptaciones morfológicas y fisiológicas

Para lograr desarrollarse en medios desérticos las cactáceas han desarrollado el metabolismo ácido crasuláceo (CAM) el cual representa la adaptación fisiología y bioquímica más importante. Este es un tipo de proceso fotosintético singular, mantiene los estomas cerrados durante el día y abiertos durante la noche cuando la temperatura del medio es similar al de la planta (Pimienta, 1990), disminuyendo la pérdida de agua por transpiración (Kluge y Ting, 1978, Whitting *et. al.*, 1979), sin embargo cuentan con la singularidad de comportarse como una planta C3 y mantener abiertos los estomas cuando el medio presenta ciertas condiciones, por ejemplo periodos lluviosos largos (Nobel, 1994).

1.4 Reproducción

Las cactáceas se pueden propagar mediante reproducción sexual (semilla) y asexual a partir de vástagos o brotes y esquejes, aunque también existen los métodos de injerto y la micropropagación (Arredondo, 2002).

1.5 Subfamilias

De acuerdo a Barthlott y Hunt (1993) la familia *Cactaceae* cuenta con tres subfamilias: *Pereskioideae*, *Opuntioideae* y *Cactoideae*; en esta última los géneros se dividen en nueve tribus llamados *Browningieae*, *Calymmantheae*, *Cereeae*, *Trichocereae*, *Pachycereae*, *Hylocereeae*, *Rhipsalideae*, *Notocacteae* y *Cacteae* (Ortega-Baes *et al.*, 2010; dos Santos *et al.*, 2012; Vázquez-Sánchez *et al.*, 2012).

2. El género *Stenocereus*

En la tribu *Pachycereae* se encuentran las subtribus *Pachycereinae* y *Stenocereinae* (Gibson y Nobel, 1986); el género *Stenocereus* pertenece a la segunda subtribu, siendo la de mayor importancia económica; y ampliamente distribuido en las zonas áridas de México (Nerd *et. al.*, 2002), aunque también se encuentran en las Antillas y el Norte de América del Sur (Bravo, 1978); de acuerdo a Hunt (1999) el género cuenta con 23 especies, de los cuales la mayoría presenta endemismo en México; Arreola (1999) considera a 22 especies como nativas de este país y a 20 de ellas como endémicas.

2.1 Anatomía y morfología

El crecimiento de este género es arborescente (columnar) frecuentemente de gran tamaño (Bravo, 1978), llegando a alcanzar una altura de entre 6-9 m; desarrolla un tronco y ramas bien definidas, de un diámetro aproximado de 35 cm. Para diferenciarlos se toman en

cuenta características como el número de costillas que presentan, las espinas, el tamaño y el color del fruto formado, considerados como las más importantes (Bravo-Hollis, 1978; Gibson y Horak, 1978).

2.1.1 Raíz

El pitayo presenta dos tipos de raíces, las secundarias o adventicias y las principales. El primer tipo se desarrolla fuera del suelo tras la escasez de agua, mientras que el segundo tipo se desarrolla bajo el suelo (Pliego, 2009), compuestas principalmente por un sistema radical superficial que después de las lluvias en cuestión de horas comienza a desarrollar raíces absorbentes para aprovechar lo mayor posible la humedad presente.

2.1.2 Tallo

Presentan un tronco bien definido o candelabroiformes que a veces se ramifican desde la base, con costillas en el tallo que varía en número desde 5 hasta 20 (Bravo, 1978) y con areolas normalmente localizadas en la cresta de las costillas con funciones similares a las yemas axilares de otras dicotiledóneas (Bravo y Sánchez, 1991).

En la corteza del tallo de pitayo hay una ausencia de cristales de oxalato de calcio, debido al bajo contenido de calcio en el clorenquima, que en el caso del nopal es mayor (Robles, 1994). Los estomas presentes en el tallo de pitayo se encuentran hundidos (Pliego, 2009) y en baja densidad (Gibson y Nobel, 1986).

En el caso del pitayo (*S. queretaroensis*) los tallos presentan tejido aerenquima en su estructura. Sajeve y Mauseth (1991) explican que la presencia de este tejido en tallos fotosintéticos cumplen una función importante al intervenir en la difusión del CO₂ desde los

estomas hasta el clorénquima; este tejido cumple una función semejante al del mesófilo esponjoso en las hojas.

2.1.3 Flor

Los pitayos presentan una floración asincrónica (varios eventos de iniciación floral) de acuerdo a De la Barrera (1997) esta es conocida como una estrategia ante algún evento climático que dañen las yemas florales. Y por otra parte se evita la competencia de fotoasimilados entre el desarrollo vegetativo y reproductivo,

Las yemas florales se desarrollan en las areolas presentes de la mitad del brazo hacia el ápice (Salcedo y Arreola, 1991), formadas durante el crecimiento del año anterior y solo puede cumplir esta función una vez (Pimienta- Barrios, 2000; Loza-Cornejo *et. al.*, 2003; Ramírez, 2006).

2.2 Reproducción

La reproducción de estas plantas se puede llevar a cabo mediante diversas formas, siendo las más comunes la asexual por medio de partes vegetativas o bien de manera sexual mediante semillas.

2.2.1 Reproducción sexual

Las aves consumen las semillas al momento de comer el fruto, que tras pasar por el sistema digestivo de éstas y de los diferentes frugívoros endozoocóricos (Bregman, 1988) se elimina el mucílago que recubre la semilla y además se adelgaza la testa, que ocurre cuando la semilla pasa por los jugos digestivos ácidos. Sin embargo, en este proceso se terminan por dañar algunas semillas, mientras que otras aún conservan la viabilidad para lograr germinar. La escarificación es requerida algunas veces para romper el estado de latencia en el que se

encuentran las semillas de cactáceas (Silva *et al.*, 1997; Flores-Martínez y Manzanero-Medina, 2002). En un estudio realizado por Rodríguez *et al.* (2013) ellos reportaron una baja tasa de germinación en semillas de *S. stellatus*; Rojas *et al.* (2001) y Godínez *et al.* (2005) sugieren que para lograr un aumento en la tasa de germinación de semillas de *Stenocereus stellatus* se requieren dejar en almacenamiento por un tiempo. A partir de muestras utilizadas en un estudio realizado por Rodríguez *et al.* (2013) se observó que las semillas no germinaron después de mantenerse en almacenamiento por tres meses, sin embargo, si germinaron tras un periodo de 14 meses.

La humedad es un factor clave para la germinación de las semillas; Guillen *et al.* (2011) comenta que las semillas de *S. stellatus* presentan mayor susceptibilidad por falta de humedad en comparación a *S. pruinus* y otras cactáceas columnares.

Las plántulas que emergen de las semillas de *Stenocereus* presentan un hipocotilo corto y con dos cotiledones de forma triangular y grandes (Bravo, 1978) con una tasa de crecimiento aproximado de 4-5 cm anual (Loza-Cornejo *et al.*, 2003), considerada una inconveniencia para llegar a la etapa de reproducción por su lento crecimiento.

2.2.2 Reproducción asexual

La reproducción del pitayo comúnmente se hace mediante el uso de tallos obtenidos de plantas silvestres o en cultivares y deben estar libres de enfermedades o daños.

La reproducción asexual en plantas tiene una gran ventaja al acorta el tiempo requerido por el estado juvenil de la planta clon para iniciar la floración y fructificación (Hartmann y Kester, 1980), motivo por el cual es un método muy utilizado para propagar la planta de pitayo en los huertos, aunque repercute en la variabilidad genética, limitándola

(López, *et al.*, 2000) ocasionando en plantas obtenidas mediante este método susceptibilidad a cambios drásticos en las condiciones ambientales ya sean bióticos o abióticos (Hartmann y Kester, 1980).

2.3 Usos e importancia

La pitaya es recolectada de las plantas silvestres (*Stenocereus* spp) por los pobladores locales para su consumo o su comercialización local o en ciudades cercanas, convirtiéndose en un complemento alimenticio y económico para las comunidades asentadas en esas zonas (Pimienta-Barrios y Nobel, 1994).

Los frutos de cactáceas trepadoras y columnares presentan un alto potencial para uso industrial (Esquivel, 2004), debido a que de la cascara y pulpa se extraen pectinas y colorantes, conteniendo pigmentos similares a los extraídos en betabel (Reynoso *et. al.*, 1997; Beltrán-Orozco *et. al.*, 2009). Además de la importancia socioeconómica, el pitayo es una especie muy importante para la estabilidad de los ecosistemas semiáridos tropicales y subtropicales. El efecto antropogénico así como la extracción excesiva de material vegetativo trae como resultado la disminución de plantas silvestres, bajando la producción de frutos y afectando con ello su reproducción, además del impacto causado a poblaciones de animales que dependen de los frutos en la temporada seca, principalmente murciélagos (Petit, 1995; Petit y Pors, 1996) debido a que las poblaciones silvestres proporcionan agua y energía en la época más seca (primavera) a diferentes organismos mediante sus flores y frutos, cuando el alimento fresco es escaso (Sahley, 1996; Petit y Pors, 1996; Petit, 1995).

2.4 Condiciones agroecológicas

2.4.1 Suelo

Los suelos del tipo franco arenosos u originados de gravilla o roca tipo laja, son los ideales para un adecuado desarrollo de plantas de pitayo, aunque debido al origen del mismo, es necesario la incorporación de materia orgánica para mejorar la fertilidad; y además de que deben presentar buen drenaje para evitar problemas radicales (Rojas *et al.*, 2001).

2.4.2. Temperatura

El intervalo oscila entre los 10° y 40° C para su desarrollo. Las plantas no toleran las bajas temperaturas, presentando una mayor sensibilidad en el crecimiento vegetativo y el desarrollo floral, afectando al crecimiento y ocasionando pérdidas en la producción debido a la caída de flores; y en los peores casos la producción es nula (Pimienta - Barrios, 2000). Pliego (2009) opina que la media anual óptima oscila entre los 2 ° y 17 ° C, tolerando temperaturas máximas de 38 a 40 ° C.

2.4.3. Humedad

Las plantas de pitayo pueden desarrollarse con 1500 – 2000 mm anual (Pliego, 2009). Los riegos de auxilio son un método empleado en huertos ubicados cerca de las casas cuando el fruto está en desarrollo (Bárcenas y Jiménez, 2010).

2.4.4. Enfermedades

Las plantas de *Stenocereus* no son exentas a presentar ataques de enfermedades fungosas o bacterianas, sin embargo la información acerca de estas enfermedades, los síntomas y el agente causal es escaso.

Para *Stenocereus stellatus* la antracnosis (*Colletotrichum* sp) y la pudrición basal del fruto (agente causal no identificado) son un problema fitosanitario que limitan la producción (Pliego, 2009). Ríos (1997) considera como principales enfermedades en la pitaya a los hongos *Fusarium oxysporum* (Fusariosis), *Phytophthora* (podredumbre del cuello), *Monosporium*, *Phoma* (Pudrición interna), *Botrytis*, manchas secas (*Ascochyta*, *Phyllosticta*, *Perisporium*), *Uromyces* (Roya), *Helminthosporium* (Podredumbre negra) y la bacteria *Erwinia*.

3. *Stenocereus gummosus*

3.1 Taxonomía

Reino *Plantae*

División *Magnoliophyta*

Clase *Magnoliopsida*

Orden *Caryophyllales*

Familia *Cactaceae*

Subfamilia *Cactoideae*

Tribu *Pachycereae*

Género *Stenocereus*

Especie *S. gummosus* (Engelm) Gibson & Horak

3.2 Distribución geográfica

La especie *S. gummosus* es considerada casi endémica del estado de Baja California, sin embargo es posible encontrarlo en la región de punta Sargento, Sonora (Rebman & Norman, 2012) y en Baja California Sur.

En el estado de Baja California se encuentra “habitando desde el sur del municipio de Ensenada hasta la región del cabo, en la isla de san Martin y en la mayoría de las islas del golfo” (Rebman & Norman, 2012). El pitayo agrio se encuentra ampliamente destacado en la Península de Baja California (PBC), González y *col.* (2010) proponen 14 ecorregiones en la PBC donde esta cactácea se encuentra distribuida en 8 de ellas.

3.3 Generalidades

Estas pueden establecerse a nivel del mar y llegando a observarse hasta los 800 msnm (Hastings *et al.*, 1972).

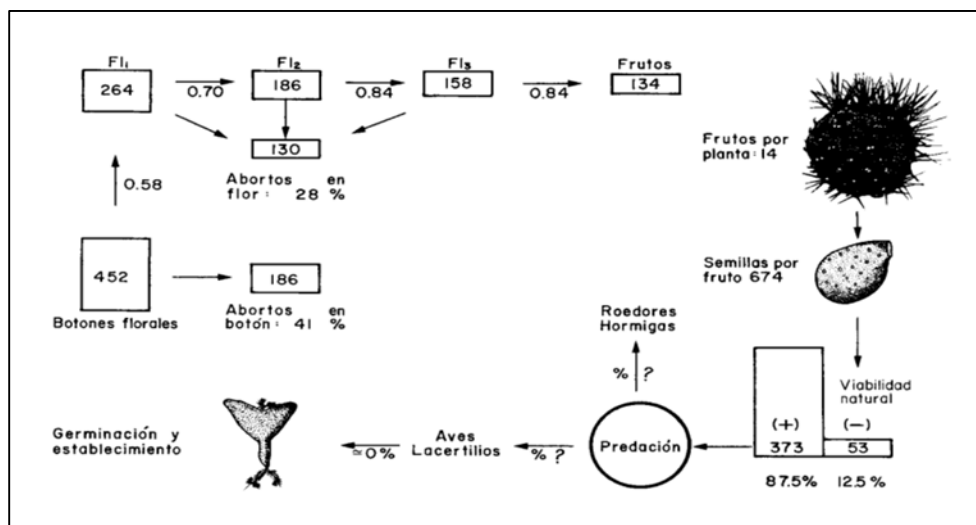
El pitayo agrio (*S. gummosus*) presenta crecimiento erguido pudiendo alcanzar los 2.5 m de altura, y ramificado formando una cobertura amplia e impenetrable de hasta 10 m de ancho (Rebman & Norman, 2012). Desarrolla tallos de color gris-verde que alcanzan una longitud de hasta 3 metros. Los tallos poseen entre 8-9 costillas, y sobre ellas se sitúan las areolas con 8-12 espinas radicales y 3-9 ubicadas centralmente, con una espina más larga (hasta 4 cm) que el resto; las espinas tienden a mostrarse de un color gris a un gris rojizo con puntas de una tonalidad más oscura (Rebman & Norman, 2012).

Esta cactácea puede reproducirse de manera sexual, donde intervienen distintos organismos para la polinización y diseminación de las semillas. Las flores del pitayo se desarrollan en las areolas cercanas al ápice, formadas en el crecimiento anterior.

La floración ocurre de manera asincrónica, debido a ello es posible observar diferentes etapas de flores desarrolladas en una misma planta, con el objetivo de evitar la pérdida total de las flores por algún factor biótico o abiótico;

La planta hace un alto gasto de energía para producir las flores, sin embargo se presentan altas incidencias de abortos por planta durante el proceso de reproducción sexual (León y Domínguez, 1991); estos autores muestran mediante el modelo de flujo (Fig.1) los resultados obtenidos a partir de la investigación de 10 plantas de pitayo agrio (*S. gummosus*), observando un alto número de abortos desde el inicio en la etapa de botón floral hasta la etapa floral.

Figura 1. Modelo de flujo numérico (León y Domínguez, 1991)



La reproducción asexual es otro método de propagación utilizado por estas plantas, partiendo a partir de los tallos o brazos del individuo (León y Domínguez, 1991) consideran ésta como el método principal de propagación aun tomando en cuenta la gran producción de semillas viables por parte de la planta. El enraizamiento y autonomía del tallo es debido al

crecimiento decumbente y la alta ramificación de la planta, ocasionando que algunas ramas tengan contacto con el suelo, dando como resultado una nueva planta.

Por tal motivo, y dada la importancia de esta planta en la región y para muchas familias que buscan sus frutos como un sustento económico se plantea en el presente realizado un estudio comparativo de adaptación de *S. gummosus* bajo condiciones de riego y temporal.

4. Materiales y métodos

4.1 Localización y descripción del área experimental

El presente estudio se llevó a cabo dentro de las instalaciones de la Facultad de Ingeniería y Negocios San Quintín de la Universidad Autónoma de Baja California, ubicada en el Ejido Padre Kino, km 180.2 de la carretera transpeninsular, Ensenada, Baja California, México.

El lote experimental 1 se ubicó al suroeste de la facultad en una sección del campo agrícola. Mientras el lote experimental 2 se ubicó en la parte oeste de la Facultad universitaria (Fig.2). En el lote 1 se estableció el experimento a base de riego que consistía en proporcionar 1 litro de agua cada 15 días. El lote experimental correspondiente al temporal se localizó en el lote 2.

En ambos experimentos se utilizaron explantes de 30 y 60 cm con un marco de plantación de 3 metros entre hileras y 2 m entre plantas.



Lote experimental temporal

Lote experimental con riego

Figura 2. Ubicación de lotes experimentales en la FINSQ de la UABC.

Para la identificación de los géneros de hongos asociados al pitayo agrio (*Stenocereus gummosus*) se utilizó el laboratorio de fitopatología ubicado en las instalaciones de la UABC FINSQ.

4.2 Precipitación y temperatura

La precipitación promedio anual del estado fue de 10.93 mm (CONAGUA, 2017) y la temperatura promedio del estado en los meses durante el año 2017 no tienden a ser menor a la media de 15.5 °C y no sobrepasan los 29.3 °C (CONAGUA, 2017).

Cuadro 1. Precipitación media (mm) en Baja California durante el año 2017.

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual	Prom.
Precipitación promedio	53.6	44.9	1.4	0.0	7.9	0.2	2.9	7.1	9.6	0.0	1.4	2.8	131.18	10.93

Cuadro 2. Temperatura media (°C) en Baja California durante el año 2017.

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom.
Temperatura promedio	13.7	15.5	19.2	20.4	22.7	26.4	29.3	29	25.5	23.2	19.2	15.8	21.7

4.3 Obtención y preparación de cladodios

Los cladodios utilizados en ambos lotes experimentales fueron recolectados de plantas silvestres ubicadas en la propiedad privada denominada Rancho Las Palomas, el cual se ubica en las latitudes 30.568775 N y -115.877020 O, perteneciente al Sr. Juventino Contreras en San Quintín (Fig. 3). El material vegetativo consistió en tallos de pitayo de 30 y 60 cm de longitud.

Figura 3. Ubicación del área de extracción del material vegetal.



Los explantes se obtuvieron mediante el uso de un machete para retirarlos de la planta madre, tratando de hacer un solo corte, para evitar posibles daños al cladodio, seleccionando cladodios sanos, libres de daños, enfermedades y plagas; tras haber seleccionado y colectado la cantidad necesaria, éstos se trasladaron hasta las instalaciones de la Facultad universitaria, y puestos en el Laboratorio de usos Múltiples, para su posterior cicatrización. A los cladodios seleccionados no se les retiró el ápice.

4.4 Unidad y diseño experimental

La unidad utilizada por lote experimental fue de 24 plantas, manejando dos tamaños de cladodios:

- 12 cladodios de 30 cm de longitud
- 12 cladodios de 60 cm de longitud

Los experimentos fueron realizados mediante un diseño experimental de bloques completamente al azar, teniendo un total de 6 bloques; mostrando el acomodo final del diseño en los cuadros 3 y 4 (Anexo 1).

4.5 Plantación

Los cladodios fueron plantados manualmente después de dos meses de ser extraídos de su medio ambiente, a una profundidad de 4 pulgadas, manteniendo los cladodios en posición vertical.

La plantación se realizó con suelo seco para facilitar el trabajo, evitando dejar espacios de aire en la base de los brazos y presionando un poco el suelo que rodeaba el cladodio al término para mantenerlo firme al suelo. Durante este proceso, el manejo de los cladodios se realizó con cuidado para evitar posibles heridas.

4.6 Variables evaluadas

- Crecimiento promedio acumulado de tallos.
- Peso fresco promedio de raíces.
- Peso seco promedio de raíces.
- Longitud promedio de raíces.

4.7 Experimento 1. Cladodios bajo condiciones de temporal

4.7.1 Marco de plantación

Se utilizó un marco de plantación de 3 m X 3 m, manteniendo dos hileras en dirección de N-S.

4.7.2 Manejo

El manejo agronómico del cultivo consistió en retirar la maleza grande, dejando los residuos pequeños en el lugar y se preparó el suelo mediante el uso de maquinaria e implemento agrícola (disca), descompactando el suelo e incorporando la materia orgánica al mismo. Este experimento fue realizado a ras del suelo y se trató como una plantación de temporal, por lo cual no se le incorporo artificialmente agua en ningún momento.

Se realizó solo una limpia posterior al trasplante eliminando la maleza emergente el lote experimental y en ningún momento se usó algún enraizador para estimular los cladodios.

4.7.3 Medición de las variables:

4.7.3.1 Peso y longitud de raíces

Tras el término de la toma de datos de crecimiento se procedió a la extracción de 10 cladodios (5 de cada longitud) al azar en cada lote experimental, a los cuales se les midieron dos variables, la longitud y el peso alcanzado por las raíces a los 242 días después del trasplante.

Longitud de raíces: la longitud máxima se obtuvo midiendo la raíz más larga que presentaban los cladodios, que consistieron en las mismas plantas utilizadas para el peso (Cuadro 5 del Anexo 2).

Peso de las raíces: se retiraron las raíces de los cladodios con ayuda de una navaja; una vez retirados se procedió al registro del peso de las mismas con el uso de una pesa y la balanza analítica (Cuadro 6 del Anexo 2).

4.8 Experimento 2. Cladodios bajo condiciones de riego

4.8.1 Marco de plantación

Se utilizó un marco de plantación de 3 m x 3 m, manteniendo un adecuado espacio para su posterior manejo, y una posible visualización completa del cladodio para posteriores observaciones.

4.8.2 Manejo

En el área designada se limpió y retiró toda la maleza que se hallaba en el lugar; se preparó el suelo manualmente hasta su total descompactación; posteriormente se formaron 6 camas de 12 m de largo con dirección N-S y con una separación entre camas de 3 m.

Después del trasplante se aplicaron riegos a los cladodios a intervalos de tiempo de 30 y 15 días, aplicando un total de 1-2 litros de agua mensuales, de acuerdo a las condiciones ambientales que se presentaron, evitando un exceso de humedad que perjudicara el desarrollo radicular del explante.

Se llevaron a cabo limpiezas posteriores del área experimental, eliminando la maleza que se desarrollaba sobre las camas y entre ellas, para evitar competencia con los cladodios de pitayo, y para eliminar algún sesgo en la toma de datos del crecimiento radicular.

Se usó un Promotor del Desarrollo Radicular y Vigorizante Vegetal (RizoFlexx); utilizando la dosis alta y baja recomendada para un frutal, descrita en la etiqueta del producto

(De acuerdo a cálculos correspondientes 1.5 ml/10 l de agua y 2.5 ml/10 l de agua respectivamente) para inducir el desarrollo radical. Fue aplicado un litro de agua por cladodio y las dosis fueron aplicadas como se muestra en el cuadro 7 del Anexo 3.

Se mantuvo en observación durante 26 días, sin embargo no se logró el estímulo de los cladodios. Se optó por la dosis utilizada para enraizar cladodios de *Hylocereus* (10,000 mg/l de Ácido IndolButirico (AIB) en el trabajo de Vargas *et al.* (2003). Sin embargo al tratarse de un cladodio de mayor grosor en comparación a tallos de *Hylocereus* y *Selenicereus* se decidió duplicar la dosis recomendada, dando como resultado 20 ml/L. Por la humedad presente en el suelo se aplicó 0.5 L de agua por explante.

4.8.3 Medición de las variables

4.8.3.1 Peso y longitud de raíces:

Tras el término de la toma de datos de crecimiento se procedió a la extracción de 10 cladodios (5 de cada longitud) al azar en cada lote experimental.

En este proceso se midieron dos variables, la longitud y el peso alcanzado por las raíces a los 242 días después del trasplante.

Longitud de raíces: de manera similar se midió en este caso la raíz más alargada alcanzada por los cladodios muestreados (Cuadro 8 del Anexo 3).

Peso de las raíces: se retiraron las raíces de los cladodios con ayuda de una navaja; una vez retirados, se procedió al registro del peso de las mismas con el uso de una balanza analítica (Cuadros 9 del Anexo 3).

5. Aislamiento de hongos asociados a *Stenocereus gummosus*

5.1 Daños

Se presentaron daños durante la etapa de cicatrización de los cladodios y posterior al trasplante en campo, dañando la parte aérea del cladodio y la porción del mismo bajo el suelo, presentándose desde agrietamientos hasta pudriciones.

Características de los daños observados en cladodios de pitayo:

1. El primer daño fue observado durante el lapso de cicatrización de los brazos, lográndose apreciar el micelio, ocasionando una lesión en la base.

Observaciones tras el trasplante:

2. El primer daño fue observado afectando una herida cercana al suelo, el cual se fue agravando, formando una cobertura color negro sobre ella.

3. Se apreció una pudrición acuosa en los costados de la base de un cladodio, afectando a primera vista la cutícula antes de la epidermis.

4. Se observaron pudriciones en la base de los cladodios durante el enraizamiento mostrándose sobre el daño un crecimiento micelial blanquecino.

5. Se encontró una especie de erupción en una areola del cladodio liberando estructuras similares a grumos color negro, a la vez se aprecia la degradación de la cutícula, misma que se seca y fragmenta tomando una coloración café-grisácea.

6. Se hallaron rupturas de la cutícula y epidermis (de adentro hacia afuera) que después se mantenían con un encostramiento duro color blanco.

7. Por último se mostraban daños debajo de la cutícula, tomando una coloración blanca y con el paso del tiempo se tornaban color café claro; al pasar los días dicha porción dañada normalmente se desprendía de la planta.



Figura 4. Síntomas observados en parcelas experimentales de pitayo agrio (*Stenocereus gummosus*).

5.2 Aislamiento

Se extrajeron los explantes con el daño, y fueron llevados al laboratorio de Fitopatología de la Facultad de Ingeniería y Negocios San Quintín de la Universidad Autónoma de Baja California.

Los explantes se desinfectaron con una solución de hipoclorito de sodio al 5% (v/v), posteriormente se lavaron con agua destilada para retirar el exceso de cloro, se secaron y colocaron en cajas Petri con medio de cultivo PDA en condiciones asépticas (mediante el uso de la campana) para evitar posibles contaminaciones.

Finalmente se sellaron las cajas Petri con kleen pack y se incubaron a 28° C en la estufa de cultivo hasta observar el desarrollo de algún microorganismo en los explantes puestos.



Figura 5. Proceso de aislamiento.

5.3 Purificación

Al momento de tener en las cajas Petri el micelio del hongo se procede a la purificación; de igual forma realizado en condiciones asépticas, tomando con ayuda del asa bacteriológico un fragmento del micelio, el cual se colocó en cajas Petri nuevas con medio de cultivo PDA que después se sellaban. Tras obtener una muestra pura se realizaron tres repeticiones, para tener cajas con el hongo sin contaminación alguna.



Figura 6. Desarrollo micelial en explantes de pitayo.

5.4 Identificación

Una vez obtenida la caja con la muestra del fitopatógeno puro se procede a la identificación del mismo con la ayuda de las claves de Barnett y Hunter (1998).

Para ello se realizaron preparaciones en portaobjetos en condiciones asépticas y después se observaron en un microscopio compuesto Carl Zeiss Primo Star para poder observar la morfología y estructuras del hongo y llevar a cabo la posterior identificación de los géneros a los que pertenecen mediante el uso de las claves de Barnett & Hunter (1998).

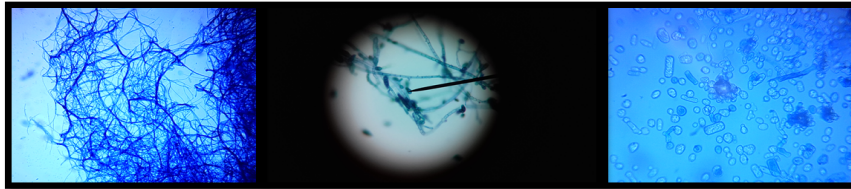


Figura 7. Morfología y estructura morfológica vista al microscopio.

6. Resultados y discusión

6.1 Experimento 1. Cladodios bajo condiciones de temporal

6.1.1 Crecimiento vegetativo

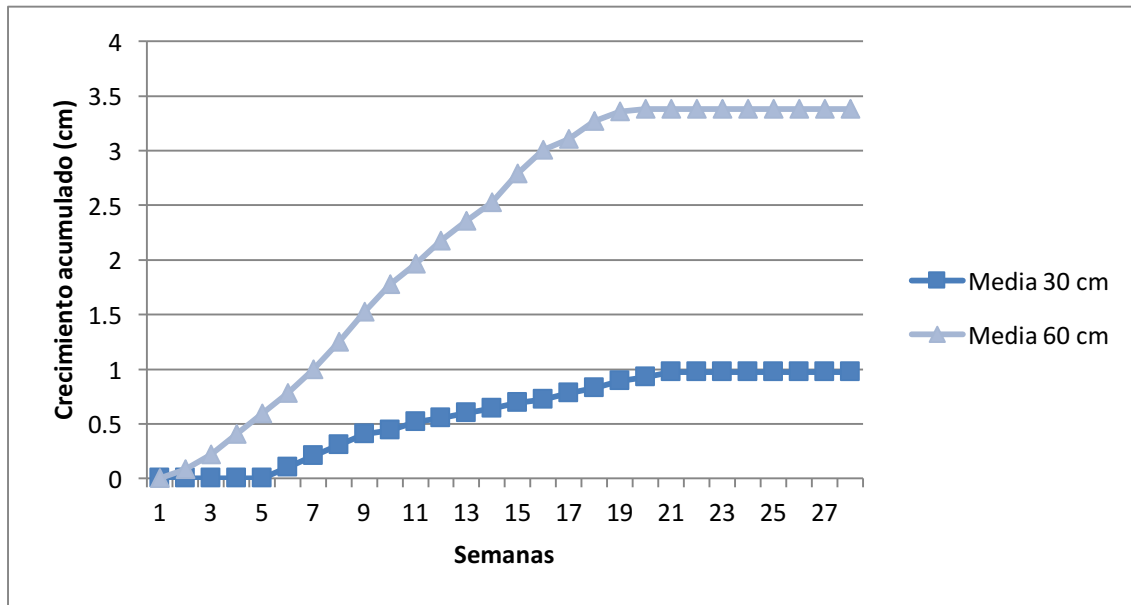


Figura 8. Crecimiento promedio acumulado en cladodios de pitayo bajo condiciones de temporal.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente estudio se reporta que esquejes de 60 cm de *S. gummosus* mostraron el mayor crecimiento acumulado al transcurrir 27 semanas del trasplante. Las curvas muestran una tendencia a la elongación en las primeras 19 semanas, para después detener su crecimiento.

Como se muestra en la figura 8, el crecimiento del pitayo agrio en ambas longitudes siguen la típica curva sigmoide, como la observada por Pimienta *et al.* (2002) en su investigación en *S. queretaroensis*; la primer fase se observa en la elongación lenta que después pasa a la fase logarítmica donde el crecimiento se acelera para culminar en una fase de equilibrio donde ésta cesa y pasa al estado de dormancia.

En este estudio dicho proceso es más evidente en esquejes de 60 cm, puesto que continuaron con su desarrollo vegetativo y unas cuantas entraron al estado de dormancia, mientras los cladodios de 30 cm tienden a detener su crecimiento unas semanas tras ser retirados de la planta madre.

Debido a la dominancia apical del cladodio estos no desarrollaron brazos laterales; en el trabajo de López *et al.* (2000) observaron que al retirar el ápice de los brazos y plantados de forma vertical, estimuló el desarrollo del mayor número de brotes.

Se observan notables cambios en los esquejes durante la cicatrización, por ejemplo la coloración de las espinas del ápice normalmente tienden a ser rojizos con puntas color negro, sin embargo al ser retirados de la planta madre estas se tornan de un color grisáceo al transcurrir los días, además de que se volvieron más frágiles al tacto, así como se presenta un cambio en la coloración del tallo a ser un verde grisáceo más oscuro; estos efectos fueron más marcados en aquellos cladodios de longitud menor.

Se presentó la floración en los esquejes; la areola con desarrollo floral inicia cambiando los colores de los tricomas presentes del típico gris a un ocre dorado; sin embargo fueron abortadas durante su desarrollo o poco después de su cierre. Incluso cuando la areola muestra su desarrollo, ésta llega a detenerse durante ese lapso antes de la aparición de la flor.

6.1.2 Crecimiento radicular

En el lote experimental del temporal los cladodios desarrollaron raíces tras 64 días después del trasplante, Mondragon-Jacobo *et al.* (2003) explican que el desarrollo de raíces puede llevarse a cabo gracias al agua acumulada en el cladodio; es así que la ausencia de humedad en el suelo no es una limitante para este proceso.

En los primeros datos tomados a los 64 días, se observó en cada tratamiento que más de la mitad de cladodios mostraban nula emergencia radicular, sin embargo en la extracción de éstos para obtener los datos correspondientes, salvo una el resto de esquejes mostraban raíces formadas. Al parecer el tiempo puede influir en el enraizamiento de las estacas. La emergencia de las raíces (inducidas) se presenta en la zona de cicatrizado del esqueje, próximos al cambium vascular, donde se diferencian ciertas células que dan origen a estos órganos.

6.1.3 Peso y longitud de raíces

6.1.3.1 Peso fresco

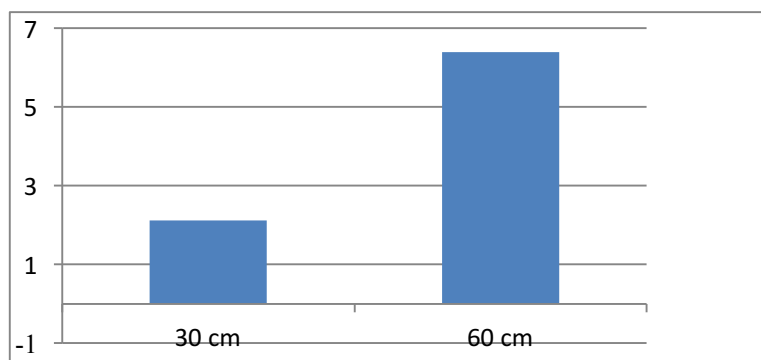


Figura 9. Promedio de peso fresco (g) de raíces de cladodios de lote experimental temporal.

En la figura 9 se evidencia el promedio de pesos mayor en cladodios de 60 cm en comparación a esquejes de 30 cm, con 6.4 grs y 2.12 grs respectivamente, en su trabajo Aguilar (2015) al comparar en *Cereus triangularis* dos longitudes de cladodios (30 cm y 50 cm) concluye que la longitud de estacas de 50 cm mostraron influencia en la variable “peso de raíces”. Costa y Challa (2002) comentan que el tamaño del cladodio puede influir en el desarrollo radicular, debido a la producción de hormonas relacionado a la longitud de este,

por su parte Hartmann *et al.* (2002) explican que aparte de las hormonas, las sustancias de reserva influyen en el enraizamiento.

6.1.3.2 Peso seco

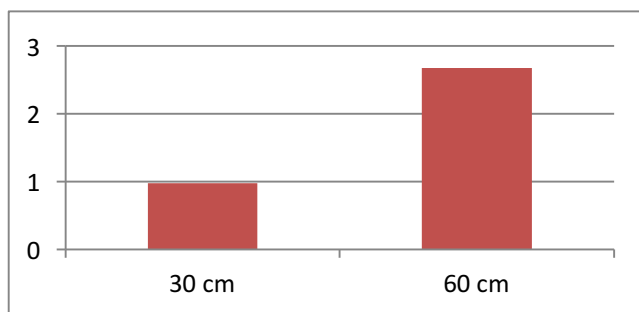


Figura 10. Promedio de peso seco (grs) en raíces de cladodios de lote experimental temporal.

En la figura 10 se muestra el valor más alto de peso promedio en cladodios de 60 cm de longitud, en comparación a los de menor longitud, con 2.68 grs y 0.976 grs respectivamente, mostrando mayor desarrollo de materia seca.

En ambas longitudes el desarrollo de pelos absorbentes y raíces secundarias fue nulo, presentando solo las raíces inducidas. En relación al porcentaje de humedad retenida por las estacas se encontró en los esquejes de 30 y 60 cm un 45.524% y 62.916% respectivamente, observando que no hay una diferencia significativa en cuanto a la retención de humedad de acuerdo al peso seco.

6.1.3.3 Longitud

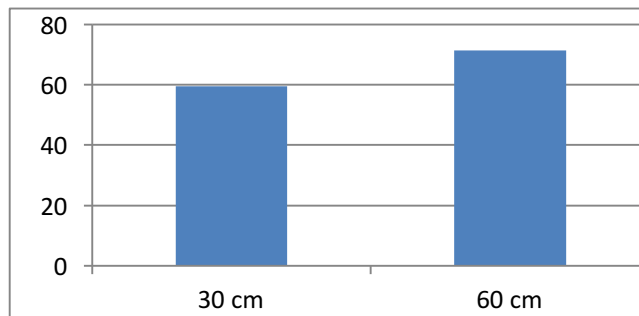


Figura 11. Longitud (mm) promedio de raíces de cladodios de lote experimental temporal.

Los cladodios de 60 cm muestran un promedio de 71.4 mm y 59.6 mm en esquejes de 30 cm, observándose el mayor promedio en los de mayor longitud, sin embargo estadísticamente no hay diferencia significativa en los resultados (Figura 11).

Cabe destacar que en ambas longitudes se presentaron raíces con la cofia atrofiada, afectando su elongación, induciendo la ramificación de estas, sin embargo tras ello se vuelven a dañar, siendo más evidentes las lesiones en cladodios de 60 cm. Estas raíces desarrollan un grosor mayor al visto en otras estacas, en cuento a esto, la compactación que presentaba el suelo puede ser el factor causal de los presentes daños, Unger y Kasper (1994) explican que los factores derivados de la compactación del suelo tiende a afectar la elongación longitudinal y radial de las raíces; en un trabajo realizado por Abercrombie (1990), se observó este problema en arboles de aguacate (*Persea americana Mill.*) debido que el desarrollo radical se vio afectado por la compactación del suelo.

6.2 Experimento 2: Cladodios bajo condiciones de riego

6.2.1 Crecimiento vegetativo

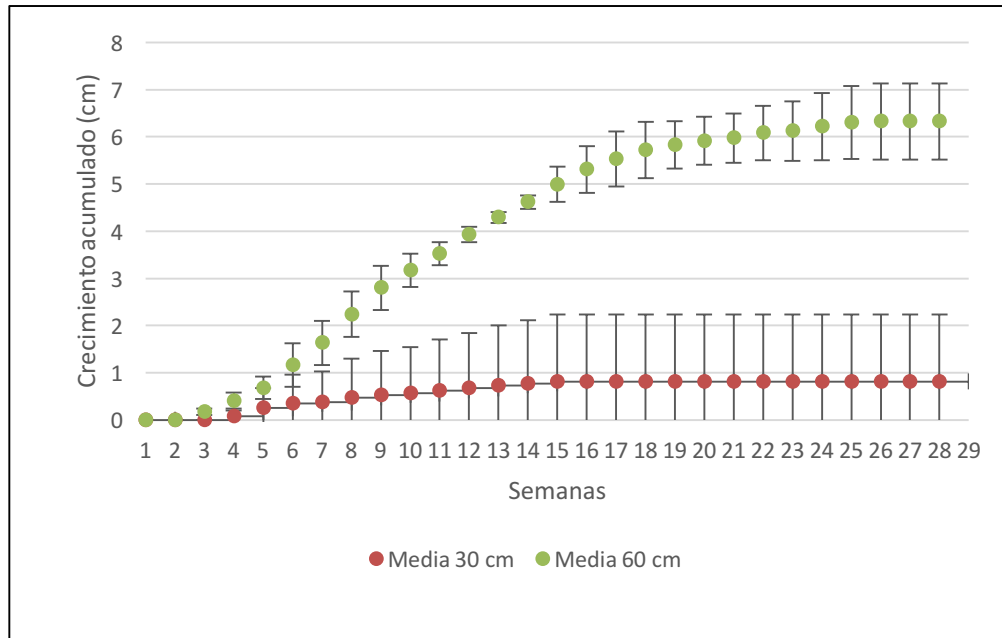


Figura 12. Crecimiento promedio acumulado en cladodios de pitayo bajo condiciones de riego.

La curva sigmoidea de la figura 12, es similar al experimento de temporal, se muestra el crecimiento acumulado mayor en esquejes de 60 cm, elongandose poco más de 6 cm y los cladodios de 30 cm no alcanzaron a acumular ni siquiera 1 cm promedio de crecimiento. En esquejes mayores se observa que el crecimiento acumulado cesó después de la semana 26.

Las observaciones fueron similares a los vistos en el temporal, los cladodios de 30 cm entran en dormancia poco tiempo después de ser retirados de la planta madre, así como cambio de coloración y espinas cercanas al ápice del tallo y fragilidad de las espinas.

6.2.2 Crecimiento radicular

D' Trinidad (1999) observó el enraizamiento en cladodios de *Hylocereus* después de 28 días del trasplante y sin eliminar la maleza presente; comenta en su trabajo que en ese lapso se dio el proceso de formación del callo y posteriormente el desarrollo radicular primario, sin embargo en el estudio realizado con estacas de *S. gummosus* no se observó la inducción del enraizamiento después de 46 días tras su establecimiento, de acuerdo a Szarek y Ting (1975) las cactáceas con mayor estrés desarrollan el sistema radicular con mayor rapidez en presencia de humedad, por ejemplo, el nopal tras 24 horas genera raíces, aunque este factor no parece haber influido en ambas longitudes de estacas de pitayo agrio.

La longitud del cladodio es otro factor importante a considerar en la reproducción asexual; Mizrahi *et al.* (2002) sostienen utilizar cladodios de 25 – 40 cm, López *et al.* (2000) recomiendan que para *S. griseus* se usen cladodios de 0.5 m, mostrando buenos resultados. En el presente experimento se manejaron cladodios de 30 y 60 cm de longitud, utilizando medidas recomendadas en pitaya y *S. griseus*, sin embargo ninguno logró el desarrollo radicular a los 46 días después del trasplante.

El desarrollo de dicho órgano es afectado por diferentes factores, Taiz y Zeiger (1991) comentan que estos pueden tratarse desde características propias de la planta (p.e. la especie) hasta variables ambientales (p.e. temperatura, concentración de O₂) y Pasqual *et al.* (2001) explican que para inducir la rizogénesis debe existir entre hormonas promotoras e inhibidoras de crecimiento un equilibrio que dé pie a la iniciación radicular.

Se observó el enraizamiento doce días después de aplicar una dosis duplicada del enraizador Rizoflex; fue mayor el número de raíces en cladodios de pitayo de 30 cm (más de

cuatro), mientras que en aquellos de 60 cm de longitud mantenían mínimo una y máximo tres raíces desarrolladas, encontrando resultados similares a los de Vargas *et al.* (2003) quienes observaron que al utilizar una concentración alta de AIB en cladodios de *Hylocereus*, el número de raíces aumentaba, sin embargo los resultados obtenidos contrastan con aquellos obtenidos por Aguilar (2015) quien concluye que los enraizadores no muestran una gran influencia en cuanto al enraizamiento de esquejes de *Cereus triangularis*.

6.2.3 Peso y longitud de raíces

6.2.3.1 Peso fresco

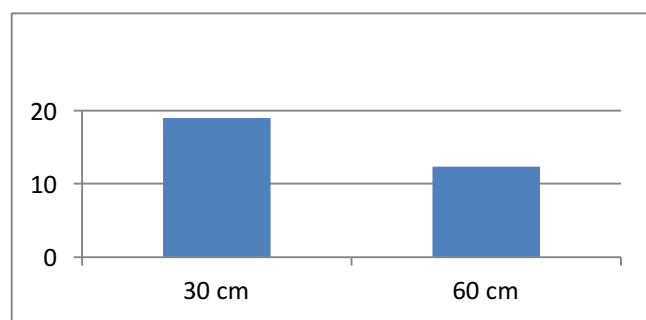


Figura 13. Promedio de peso fresco (g) en raíces de cladodios bajo condiciones de riego.

En la figura 13 se muestran los promedios de 19 g y 12.4 g para los cladodios de 30 cm y 60 cm respectivamente, observando que la mayor acumulación se presentó en los esquejes de menor longitud, lo cual contrasta con los resultados obtenidos por Aguilar (2015) en la comparación de esquejes de 30 cm y 50 cm de *Cereus triangularis*, obteniendo el mayor peso promedio de raíces en cladodios de 50 cm de longitud.

Acerca de esto Pimienta *et al.* (1995) explican que posiblemente el aumento de la masa radicular de un esqueje se deba al bajo desarrollo vegetativo y reproductivo durante ese lapso; esta información es similar a lo visto en el lote experimental, donde estacas de 30 cm

no mostraban un activo desarrollo vegetativo, sin embargo las estacas de 60 cm aumentaban progresivamente su desarrollo, observando en ellas un bajo número de raíces y baja ramificación.

Ambas longitudes mostraban cierta ramificación y desarrollo de pelos absorbentes, sin embargo fue superior en cladodios de 30 cm donde fue observado el desarrollo de una gran masa radicular. El desarrollo de pelos absorbentes y aumento de raíces puede adjudicarse al suministro de agua ya que las raíces de estas plantas reaccionan con rapidez al presentarse humedad en el suelo desarrollando las llamadas “raíces de lluvia”.

Cabe mencionar que la cantidad de raíces pudo ser mayor sin embargo estas se redujeron debido al ataque de *Sclerotinia* sp.

6.2.3.2 Peso seco

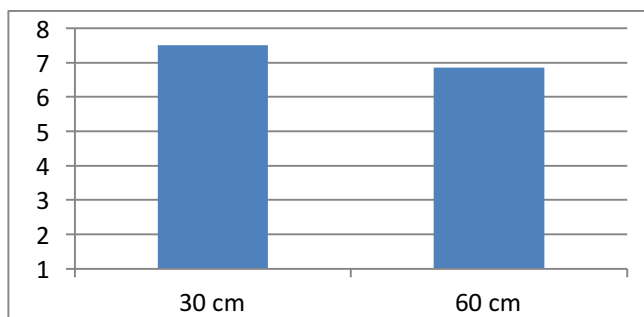


Figura 14. Promedio de peso seco (g) en raíces de cladodios bajo condiciones de riego.

En la figura 14 se observa que la materia seca desarrollada en las raíces de los cladodios si bien es mayor en cladodios de 30 cm, no presenta una diferencia significativa debido a los valores de 7.5 g promedio en cladodios de 30 cm y 6.85 grs para cladodios de 60 cm. Mediante los presentes resultados se observa una cantidad de agua retenida mayor en raíces formadas por cladodios de menor longitud, probablemente debido a la ramificación de

las raíces lo cual aumentaba la cantidad de absorción de agua y nutrientes aunque estas sean delgadas.

6.2.3.3 Longitud

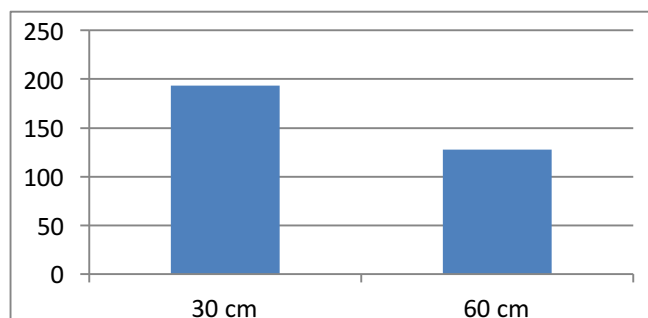


Figura 15. Longitud promedio (mm) de raíces de cladodios bajo condiciones de riego.

Conforme a los resultados de la figura 15 se observa que la longitud de las raíces en cladodios de 30 cm muestran un mayor valor en comparación a los esquejes de 60 cm, contrastando los promedios de 193.6 mm y 127.8 mm respectivamente.

6.3 Aislamiento de hongos asociados a *Stenocereus gummosus*

Los géneros de hongos identificados, de acuerdo a las características morfológicas y estructurales, corresponden a *Rhizoctonia* sp., *Fusarium* sp, *Alternaria* sp, *Colletotrichum* sp. y *Sclerotinia* sp. Es escasa la información relacionada a las enfermedades que afectan las especies dentro del género *Stenocereus*.

6.3.1 *Colletotrichum* sp.

En la especie *S. gummosus* se encontraron daños en cladodios, identificando a *Colletotrichum* sp. como agente causal de ciertos daños presentes, sin embargo se ha observado la incidencia de este hongo en otra especie de *Stenocereus*, Pliego (2009) considera a *Colletotrichum* sp. (Antracnosis) como una limitante en la producción de *Stenocereus stellatus*. Méndez-Gallegos *et al.* (2009) consideran a este género de hongo como una de las principales enfermedades en el nopal, provocando lesiones negras color negro y profundas; por otro lado Araujo y Medina (2008) identificaron las especies *Colletotrichum gloesporioides* y *Fusarium oxysporum* entre otros provocando daños en la especie *Selenicereus megalantus*. En otra cactácea de importancia económica *Hylocereus undatus* (Haw.) Britton and Rose han reportado un grupo de hongos y otros microorganismos que afectan distintos órganos de la planta, entre los cuales se encuentra *Colletotrichum gloesporioides* (Penz.) Penz. y Sacc. Para esta misma planta también se ha reportado la incidencia de *Fusarium* spp. (Chí, 1998; Liou *et al.*, 2001; Valencia-Botin *et al.*, 2004; Ríos, 1997).

6.3.2 *Fusarium* sp

En el presente trabajo se encontró a *Fusarium* sp. causando una pudrición acuosa cercana a una areola próxima a la base del cladodio, Ríos (1997) considera un conjunto de hongos y una bacteria, dentro de los cuales se encuentra *Fusarium oxysporum* (Fusariosis) considerándola como una de las principales enfermedades que afectan la planta del pitayo. En *Opuntia* es mencionado este género afectando principalmente las primeras etapas de desarrollo de la planta (Anderson, 2001) y Monroy (2010) relaciona a *Fusarium* spp. como agente causal de la pudrición en raíces de plantas de nopal. Flores (2012) aisló a *F. lunatum* de cladodios de esta cactácea, mostrando como síntomas manchas sobre el órgano.

6.3.3 *Rhizoctonia* sp.

Rhizoctonia sp. es un hongo que afecta la raíz, tallo, tubérculos y cualquier otro órgano que se encuentre bajo el suelo (Agrios, 1996), ocasionando la pudrición de esos órganos, o presentando lesiones circulares fuera del suelo ocasionados por el hongo (en plántulas) (Agrios, 1996); este patógeno se presentó en el cladodio de pitayo agrio trasplantados, ocasionando una costra de color negro; con respecto a la etapa de desarrollo del cladodio se considera similar a la información obtenido por Anónimo (2001) mencionando que *Rhizoctonia* afecta las plantas de nopal que se encuentran en sus primeras etapas de crecimiento.

6.3.4 *Sclerotinia* sp.

En opuntia se menciona a *Sclerotinia* provocando síntomas de pudrición en raíces (Monroy, 2010); mediante el presente trabajo se encontró que también afecta al pitayo agrio (*S. gummosus*), ocasionando pudriciones durante la emergencia de raíces en los esquejes, así

como daños en la parte aérea que produjeron la ruptura de la cutícula y epidermis, que después se cubría con una costra gruesa y dura de color blanco.

6.3.5 *Alternaria* sp.

Alternaria muestra la capacidad de afectar cactáceas como el nopal; se le asocia al mal de oro o mancha dorada, presentándose primero en las areolas y diseminándose en el resto de tejidos, ocasionando la coloración amarilla en la penca, afectando con ello la fotosíntesis del tallo (Monroy, 2010). En el lote experimental se encontró de igual manera este hongo afectando similarmente primero la areola; tras ello destruye la cutícula alrededor de ella, mostrándose después el daño en forma de grumos duros de color negro. Se presentó también sobre las costillas causando un agrietamiento de la cutícula dejando al descubierto la epidermis, donde se observa un cambio de coloración del típico verde a un color grisáceo mostrando una acumulación de puntos negros en él y posteriormente en conjunto le dan una tonalidad oscura.

7. Conclusiones

7.1 Experimento 1. Cladodios bajo condiciones de temporal

1. Los cladodios de 60 cm de longitud muestran un mayor crecimiento acumulado en comparación al otro tratamiento; aunado a ello estas junto a las de 30 cm siguen un crecimiento sigmoidal, aunque a ritmos diferentes.
2. Los cladodios de 30 cm entran en dormancia con mayor rapidez a diferencia de cladodios de 60 cm, los cuales detienen su crecimiento de manera lenta.
3. Los tallos del pitayo agrio (*S. gummosus*) presentan ciertos cambios con el pasar de los días tras ser retirados los brazos de la planta madre, como un cambio en la coloración de las espinas típicamente rojizas de punta negra a grisáceas y sensibles al tacto, así como un cambio un poco notable de su coloración y turgencia.
4. Ambas longitudes de cladodios desarrollan un escaso crecimiento radicular de escasa longitud y cantidad; en cuanto al desarrollo de pelos absorbentes, estas tuvieron nulo desarrollo en los esquejes muestreados.
5. El desarrollo radicular es inducido en la zona de cicatrizado del esqueje, cercanos al cambium vascular.
6. Los esquejes de *S. gummosus* presentan cierta dominancia apical, al no permitir el desarrollo de ramificaciones en los tallos utilizados.
7. Se presenta la inducción floral en los cladodios, observándose con mayor frecuencia en los cladodios de 60 cm, sin embargo estas son abortadas tras la apertura de la misma o durante la formación de esta.

7.2 Experimento 2. Cladodios bajo condiciones de riego

1. Es evidente el crecimiento sigmoidal presente en ambas longitudes de cladodios y más notorio en aquellos de 60 cm de longitud, los cuales mostraron el mayor crecimiento vegetativo, acumulando poco más de 6 cm de longitud.

2. La dormancia en los cladodios de 30 cm se presentó tras unas semanas después de ser retirados los brazos de las ramas de plantas silvestres.

3. Se observaron cambios notables en las espinas y tallo similares a los observados en los cladodios del lote experimental de temporal.

4. Los esquejes de *S. gummosus* presentan cierta dominancia apical, al no permitir el desarrollo de ramificaciones en los tallos utilizados.

5. El enraizador estimulo el desarrollo radicular de los cladodios con una dosis de 20,000 mg L⁻¹, sin embargo es recomendable realizar más estudios relacionados para observar el efecto en los cladodios a diferentes dosis.

6. El suministro artificial de agua muestra una clara influencia en cuanto al desarrollo de la masa radicular, beneficiando la longitud y el número de raíces secundarias y pelos absorbentes; y por ende el mayor peso de estas.

7. Las raíces desarrolladas no se expanden muy lejos del bulbo húmedo.

8. El mayor desarrollo radicular se presentó en los cladodios de 30 cm; esto podría adjudicarse a que cladodios de esta longitud mostraron un bajo desarrollo vegetativo y reproductivo durante el lapso del experimento.

9. La floración se presenta con mayor frecuencia en los cladodios de 60 cm de longitud, sin embargo estas son abortadas tras su floración o durante su desarrollo.

7.3 Aislamiento de hongos asociados a *Stenocereus gummosus*

1. Se observa la susceptibilidad de los cladodios de *Stenocereus gummosus* a diferentes microorganismos, identificando los géneros de hongos fitopatógenos *Rhizoctonia* sp., *Fusarium* sp, *Alternaria* sp, *Colletotrichum* sp. y *Sclerotinia* sp como los agentes causales de daños encontrados en cladodios de los lotes experimentales del presente trabajo.

2. El ataque de estos hongos fitopatógenos afecta tanto el desarrollo radicular, vegetativo y reproductivo del cladodio; llegando a causar el deterioro del mismo y por consecuencia la muerte de este si no es tratado el daño a tiempo.

3. *Alternaria* sp. presenta mayor importancia debido al daño progresivo en los cladodios, logrando deteriorar el esqueje en menor tiempo.

4. *Sclerotinia* sp. se considera un fitopatógeno de importancia durante la etapa de enraizamiento, ya que se muestra un claro daño en el deterioro de raíces de los cladodios. No se recomienda utilizar una pasta de fungicida para proteger la base de estos, puesto que aumenta la proliferación del hongo debido a la retención de la humedad en la base de los mismos.

5. *Colletotrichum* sp. es un microorganismo fitopatógeno que al igual que *Alternaria* sp. afecta el desarrollo vegetativo del brazo, sin embargo el daño de este no avanza tan rápido como *Alternaria* sp.

6. Se consideran de menor importancia a *Fusarium* sp. y *Rhizoctonia* sp. debido a la menor presencia de estos en los lotes experimentales.

8. Anexo

Anexo 1:

Acomodo de repeticiones en lotes experimentales (N-S)

Cuadro 3. Diseño de tratamientos (Riego)

60 cm	30 cm	30 cm	60 cm	60 cm	30 cm
T2R1P1	T1R1P1	T1R2P1	T2R2P1	T2R3P1	T1R3P1
T2R1P2	T1R1P2	T1R2P2	T2R2P2	T2R3P2	T1R3P2
T2R1P3	T1R1P3	T1R2P3	T2R2P3	T2R3P3	T1R3P3
T2R1P4	T1R1P4	T1R2P4	T2R2P4	T2R3P4	T1R3P4



Cuadro 4. Diseño de tratamientos (Temporal).

T1R1P1 (30 cm)	T1R3P1 (30 cm)
T1R1P2 (30 cm)	T1R3P2 (30 cm)
T1R1P3 (30 cm)	T1R3P3 (30 cm)
T1R1P4 (30 cm)	T1R3P4 (30 cm)
T1R2P1 (30 cm)	T2R2P1 (60 cm)
T1R2P2 (30 cm)	T2R2P2 (60 cm)
T1R2P3 (30 cm)	T2R2P3 (60 cm)
T1R2P4 (30 cm)	T2R2P4 (60 cm)
T2R1P1 (60 cm)	T2R3P1 (60 cm)
T2R1P2 (60 cm)	T2R3P2 (60 cm)
T2R1P3 (60 cm)	T2R3P3 (60 cm)
T2R1P4 (60 cm)	T2R3P4 (60 cm)

Anexo 2:

Cuadro 5. Longitud de raíces de *S. gummosus* (experimento temporal).

Longitud de raíces de <i>S. gummosus</i> (experimento temporal)		
Longitud del cladodio (cm)	Tratamiento	Longitud (mm)
30	T1R1P3	17 mm
30	T1R2P4	16 mm
30	T1R3P1	0
30	T1R2P3	256 mm
30	T1R1P2	9 mm
60	T2R3P3	17 mm
60	T2R2P2	62 mm
60	T2R2P4	33 mm
60	T2R3P1	34 mm
60	T2R1P2	211 mm

Cuadro 6. Peso de raíces de *S. gummosus* (experimento temporal).

Peso de raíces de <i>S. gummosus</i> (experimento temporal)					
Longitud del cladodio (cm)	Tratamiento	PF (gr)	PS (gr)	CA (gr)	%H
30	T1R1P3	0.7	0.2	0.5	71.43
30	T1R2P4	0.7	0.4	0.3	42.86
30	T1R3P1	0	0	0	0
30	T1R2P3	9	4.2	4.8	53.33
30	T1R1P2	0.2	0.08	0.12	60
60	T2R3P3	2.2	0.7	1.5	68.18
60	T2R2P2	2.4	0.9	1.5	62.5
60	T2R2P4	8.2	2.8	5.4	65.85
60	T2R3P1	3.1	1	2.1	67.74
60	T2R1P2	16.1	8	8.1	50.31

PF: Peso Fresco
PS: Peso Seco
CA: Contenido de Agua
%H: porcentaje de Humedad

Promedios					
Tratamiento	PF (gr)	PS (gr)	CA (gr)	%H	Longitud (mm)
T1(30 cm)	2.12	0.976	1.144	45.5	59.6
T2(60 cm)	6.4	2.68	3.72	62.9	71.4

Anexo 3:

Cuadro 7. Dosis de enraizador aplicados a cladodios de pitayo agrio.

60 cm	30 cm	30 cm	60 cm	60 cm	30 cm
T2R1P1	T1R1P1	T1R2P1	T2R2P1	T2R3P1	T1R3P1
T2R1P2	T1R1P2	T1R2P2	T2R2P2	T2R3P2	T1R3P2
T2R1P3	T1R1P3	T1R2P3	T2R2P3	T2R3P3	T1R3P3
T2R1P4	T1R1P4	T1R2P4	T2R2P4	T2R3P4	T1R3P4

En blanco= 2.5 ml/10 l Sombreado= 1.5 ml/10 l

Cuadro 8. Longitud de raíces *S. gummosus* (experimento riego).

Longitud de raíces de <i>S. gummosus</i> (experimento riego)		
Longitud del cladodio (cm)	Tratamiento	Longitud (mm)
30	T1R1P2	208 mm
30	T1R2P1	220 mm
30	T1R2P4	71 mm
30	T1R3P3	62 mm
30	T1R3P1	407 mm
60	T2R1P2	354 mm
60	T2R1P4	147 mm
60	T2R2P4	47 mm
60	T2R3P3	28 mm
60	T2R2P1	63 mm

Cuadro 9. Peso de raíces de *S. gummosus* (experimento riego).

Peso de raíces de <i>S. gummosus</i> (experimento riego)					
Longitud (cm)	Cladodio	PF (gr)	PS (gr)	CA (gr)	%H
30	T1R1P2	19.9	10.8	9.1	45.73
30	T1R2P1	14.3	6	8.3	58.04
30	T1R2P4	2.7	1.2	1.5	55.55
30	T1R3P3	3.6	1.2	2.4	66.67
30	T1R3P1	54.5	18.3	36.2	66.42
60	T2R1P2	53	30.4	22.6	42.64
60	T2R1P4	5.8	2.7	3.1	53.45
60	T2R2P4	0.2	0.03	0.17	85
60	T2R3P3	0.8	0.2	0.6	75
60	T2R2P1	2.2	0.9	1.3	59.09

PF: Peso Fresco
PS: Peso Seco
CA: Contenido de Agua
%H: porcentaje de Humedad

Promedios					
Tratamiento	PF (gr)	PS (gr)	CA (gr)	%H	Longitud (mm)
T1(30 cm)	19	7.5	11.5	60.5	193.6
T2(60 cm)	12.4	6.8	5.5	44.8	127.8

9. Imágenes de los resultados obtenidos en el enraizamiento de *S. gummosus*

Imágenes del crecimiento radicular de *S. gummosus*



Enraizamiento de cladodios del lote experimental temporal





Enraizamiento de cladodios del lote experimental con riego







Raíces formadas por un cladodio de *S. gummosus* con riego



Raíces formadas por cuatro cladodios de *S. gummosus* en condiciones de temporal



10. Literatura citada

- Abercrombie, R.A. 1990. Root distribution of avocado trees on a Sandy loam soil as affected by soil compaction. *Acta Horticulturae* 275: pp. 505-512.
- Aguilar Z.G.S. 2015. Evaluación de tres enraizadores y dos tamaños de cladodios en la propagación asexual de pitahaya amarilla *Cereus triangularis* (L.) Haw., en Yantzaza. Tesis. Universidad Nacional de Loja. Loja, Ecuador.
- Agrios. G., N. 1996. Fitopatología. 2da. Edición. Editorial LIMUSA s.a. México
- Anderson, E.F. 2001. Classification of Cacti. In, *The Cactus Family*. Timber Press, Portland, Oregon
- Anónimo. 2001. Diseases of Opuntia. Extension plant Pathology
- Araujo, J. y Medina, O. 2008. Reconocimiento de patógenos asociados al cultivo de pitahaya amarilla (*Selenicereus megalantus* Haw.) en el departamento del Valle del Cauca. Tesis de grado. Valledupar: Universidad Popular del Cesar. Facultad de Ciencias de la Salud Microbiología, 2008. 148 p.
- Arredondo, G.A. 2002. Propagación y mantenimiento de cactáceas. Folleto técnico Num. 21. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. San Luis Potosí, S.L.P., México.
- Arreola, H., 1999. "Taxonomía del pitayo (*Stenocereus* [Berger] Ricc.)", en Pimental-Barrios, E. (comp.), *El pitayo en Jalisco y especies afines en México*, Universidad de Guadalajara, Guadalajara, México.
- Bárceñas, A.P. y Jimenez, C.V. 2010. Pitayas y pitahayas (*Stenocereus spp.* e *Hylocereus spp.*), recursos agrícolas en el valle de Tehuacan Puebla. Sociedades rurales, Producción y Medio Ambiente. Vol 10. No.19.
- Barnett, H. L. and Barry B. Hunter. 1998. Illustrated genera of Imperfect Fungi. Fourth edition. APS Press The American Phytopathological Society St. Paul, Minnesota.
- Barthlott, W. y Hunt D.R., 1993. The families and genera of vascular plants. Vol II: Flowering Plants. Dicotyledons (edited by Kubitzki K., J.G. Rohwer and Bittrich V.). 161- 197.
- Beltrán, O.M.C., Oliva, C.T.G., Gallardo, V.T. y Osorio, R.G. 2009. "Ácido Ascórbico, Contenido Fenólico y Capacidad Antioxidante de las Variedades Rojas, Cereza, Amarilla y Blanca del Fruto del Cactus de la Pitaya (*Stenocereus stellatus* Riccobono)", *Agrociencia*. 43: 153-162.

- Bregman, R. 1988. Forms of seed dispersal in cactaceae. *Acta Botánica. Neerlandica* 37:395-402.
- Borrego, E.F. y Burgos, V. N. 1986. *El Nopal*. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. México. 201 p.
- Bravo, H.H., 1978. *Las Cactáceas de México*. Vol. 1. Universidad Nacional Autónoma de México. México. D.F. 743 p.
- Bravo, H.H. y Sánchez, M.H. 1991. *Las Cactáceas de México. Vol. III*. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.
- Bravo H.H., L. Scheinvar. 1995. *El interesante mundo de las cactáceas*. CONACYT y Fondo de Cultura Económica. México. D.F.
- Chí, M.F. 1998. Etiología y Manejo Integral de la Bacteriosis (*Erwinia carotovora* Smith) en Pitahaya (*Hylocereus undatus* Britt y Rose). Tesis de Maestría en Ciencias en Horticultura. Instituto Tecnológico Agropecuario No. 2. Conkal, Yucatan, México. 61 p.
- CONABIO. 2000. Estrategia nacional sobre biodiversidad de México. SEMARNAP-CONABIO. México, D. F. 103 p.
- CONAGUA. 2017. Precipitación (mm)a nivel nacional y por entidad federativa .
Extraído de:
<https://smn.cna.gob.mx/tools/DATA/Climatolog%C3%ADa/Pron%C3%B3stico%20clim%C3%A1tico/Temperatura%20y%20Lluvia/PREC/2017.pdf>
- CONAGUA. 2017. Temperatura media a nivel nacional y por entidad federativa.
Extraído de:
<https://smn.cna.gob.mx/tools/DATA/Climatolog%C3%ADa/Pron%C3%B3stico%20clim%C3%A1tico/Temperatura%20y%20Lluvia/TMED/2017.pdf>
- Costa, J.M. y Challa, H. 2002. The effect of the original leaf area on growth of softwood cuttings and planting material of rose. *Scientia Hort.* 95, 111-121.
- De la Barrera, M.E. 1997. Adaptaciones reproductivas y fisiológicas a la aridez en cactáceas. Monografía de la universidad de Guadalajara. Zapopan. Jalisco.
- D'Trinidad, B.M.A. 1999. Evaluación de diferentes periodos de enmalezamiento en viveros de pitahaya (*Hylocereus undatus* Britt & Rose). Trabajo de diploma. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua.
- dos Santos G.J., Scremin, D.E. y Soffiatti. P. 2012. Stem and root anatomy of two species of *Echinopsis* (Trichocereae: Cactaceae). *Revista Mexicana de Biodiversidad* 83(4): 1036-1044. DOI: <http://dx.doi.org/10.7550/rmb.28124> [Links]

- Esquivel P. 2004. Los frutos de las cactáceas y su potencial como materia prima. *Agronomía Mesoamericana* 15(2): 215-219.
- Fleming T.H. y Sosa, V. 1994. Effects of nectarivorous and frugívoros mammals on reproductive success of plants. *Journal of Mammalogy*. 75(4):845-851.
- Flores-Martínez A. y Manzanero-Medina G.L., 2002. Conservación de cactáceas endémicas de Oaxaca, pag. 143-147. En memorias del III Simposio Internacional Sobre la Flora Silvestre de Zonas Áridas. Universidad de Sonora. Hermosillo. México.
- Flores F.R. 2012. Identificación de hongos asociados a la mancha negra del nopal (*Opuntia ficus-indica* Mill) y su sensibilidad al quitosano.(Tesis maestría). Instituto Politécnico Nacional, centro de desarrollo de productos bióticos. Yautepec, Morelos. México.
- Gibson, A.C. y Horak, K. E. 1978. "Systematic anatomy and phylogeny of Mexican columnar cacti", en *Annals of the Missouri Botanical Garden*. 65:999-1057.
- Gibson, A.C. 1973. Comparative anatomy of secondary xylem in Cactoideae (*Cactaceae*). *Biotropica* 5:29-65
- Gibson, A.C. y Nobel, P.S., 1986. *The Cactus Primer*. Harvard University Press Cambridge Massachusetts. U.S.A.
- Godínez, A.H., Ríos, C.L. y Pérez, F. 2005. Characteristics of seedling establishment of *Stenocereus stellatus* (Cactaceae) in the Tehuacan Valley, México. *The Southwestern Naturalista* 50:375-380.
- González, A. C. E., Peña, G. P. y Ezcurra, E. 2010. Ecorregiones de la Península de Baja California: una síntesis. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*.
- Guillen S., Terrazas T., De la Barrera E. y Casas A. 2011. Germination differentiation patterns of wild and domesticated columnar cacti in a gradient of artificial selection intensity. *Genetic Resources and Crop Evoution* 58:409-423.
- Hartmann, H.T. y Kester, D.E. 1980. *Propagación de plantas. Principios y prácticas*. Editorial continental. México, D.F. 814 págs.
- Hartmann, H.T., Kester, D.E, Davies, Jr.F.T. y Geneve, R.L. 2002. *Plant propagation: principles and practices*. 7. Ed. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.
- Hastings, J.M., Turner, R.M. y Warren, D.K. 1972. An atlas of some plant distribution in the Sonoran Desert. University of Arizona. Institute of Atmospheric Physics. Technical Reports on the Meteorology and Climatology of Arid Regions. No. 21. Tucson. 255 pp.

- Hunt, D.R., 1999. CITES. Cactaceae Checklist. 2da ed. Royal Botanic Gardens Kew and International Organization for Succulent Plant Study. Lemous Limited. Milborne port. 315 pp.
- Kluge, M., Ting, I.P. 1978. Crassulacean acid metabolism. Berlin Heidelberg. Springer Verlag. 209 pp. / Analysis of an ecological adaptation.
- León De la Luz J. L. y Domínguez, C.R. 1991. Evaluación de la reproducción por semilla de la pitaya agria (*Stenocereus gummosus*) en Baja California Sur, México. Centro de Investigaciones Biológicas de Baja California Sur, México. Acta Botánica Mexicana 14: 75-87
- Liou, M.R., Hung, C.L, and Liuo, R.F. 2001. First report of Cactus Virus X con *Hylocereus undatus* (Cactaceae) in Taiwan. (Abstracto). Plant Disease 85:229.
- López, G.R., Días P. J.C. y Flores M.G., 2000. Vegetative propagation of three species of cacto: Pitaya (*Stenocereus griseus*), tunillo (*S. stellatus*) and jiotilla (*Escontria chiotilla*). Agrociencia. 34:365-367.
- Loza, C.S., Terrazas, T., López. L. y Trejo, C. 2003. Características Morfo-Anatómicas y Metabolismo Fotosintético en Plántulas de *Stenocereus queretaroensis* (Cactaceae): Su Significado Adaptativo, vol. 28, num. 2. p.83-89.
- Méndez, G. S. de J, Talavera, M.D y García, H.E.J. 2009. Identificación y control de las principales enfermedades del nopal. Revista Salud Publica y Nutrición 2:2-13.
- Mizrahi, Y., A. Nerde Y. Sitrit. 2002. New fruits for arid climates. Pp 378-384. En: Janick, J y A. Whipkey (eds.). trends in new crops and new uses. Alexandria, Egipto.
- Monroy L.M. 2010. Plagas y enfermedades del nopal (*Opuntia ficus-indica*). Tecnología Agro 52
- Mondragón- Jacob, Candelario; Méndez-Gallegos, Santiago de J. y Olmos-Oropeza, Genaro. 2003. El cultivo de *Opuntia* para la producción de forraje: de la reforestación al cultivo hidropónico. En El nopal (*Opuntia* spp.) como forraje. (pp. 130-131). Estudio FAO Producción y Protección Vegetal. N° 169.
- Nerd, A.N., Tel-zur, Y.M. 2002. Fruits of vine and columnar cacti, in: Cacti. biology and uses. P.S. Nobel (ed.). University of California Presa. U.S.A., 185-197 pp.
- Nobel, P.S. 1994. Remarkable agaves and cacti. Oxford University Presa. New York.
- Nobel, P.S., 1994. Root-soil responses to water pulses in dry environments. En: Caldwell, M.M. y R.W. Pearcy. Explotation of environmental heterogeneity by planta. Academic Presa. San Diego.

- Ortega-Baes, P., S. Sührling, J. Sajama, E. Sotola, M. Alonso-Pedano, S. Bravo y H. Godínez-Álvarez. 2010. Diversity and conservation in the cactus family. In: Ramawat, K. G. (ed.). Desert Plants, Biology and Biotechnology. Springer-Verlag. Berlin, Germany. Pp. 157-173. DOI: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-02550-1_8 [Links]
- Pasqual, M., N.N.J. Chalfun, J.D. Ramos, M.R. do Vale y C.R. de Silva. 2001. Fruticultura comercial: propagacao de plantas frutiferas. Universidad Federal de Lavras, Brasil.
- Petit, S. 1995. The pollinators of two species of columnar cacti con Curacao, Netherlands Antilles. *Biotropica* 27(4): 538-541.
- Petit, S. y Pors, L. 1996. Survey of a columnar cacti and carrying capacity for nectar feeding bats on Curacao. *Conservation Biology* 10(3):769-775.
- Pimienta, B.E. 1990. El nopal tunero (*Opuntia spp.*): una alternativa ecológica productiva para las zonas áridas y semiáridas. *Ciencia* 44 (3): 339-350.
- Pimienta, B.E. 1990. Fase progamica en angiospermas. *Ciencia* 41: 319- 332).
- Pimienta, B.E. (comp.). 2000. Simposio internacional sobre el cultivo y aprovechamiento de la Pitaya (*Stenocereus*) y la Pitahaya (*Hylocereus* y *Selenicereus*). Universidad de Guadalajara. México.
- Pimienta, B.E y P.S. Nobel. 1994. Pitaya (*Stenocereus spp.* Cactaceae) an ancient and modern fruit crop of México. *Economic Botany*. 48: 76-83.
- Pimienta, B.E., Robles. M. C. y Domínguez, de la Torre. A. 1995. Estrategias fisiológicas y reproductivas de adaptación del pitayo a la aridez. *Revista Ciencia*. p.51-60.
- Pimienta, B.E., Robles. M. C. y Pimienta, B.E. 2002. Crecimiento primario en plantas silvestres de pitayo (*Stenocereus queretaroensis* (Weber) Buxbaum) y su relación con temperatura, lluvia y micorrizas. *Revista Fitotec. Mex.* Vol. 25 (2): p. 219-222
- Pliego, O.A.D. 2009. Características generales de la pitaya (*Stenocereus stellatus*) en México. Monografía de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila; México.
- Ramirez, F. 2006. Manual de producción de pitaya. Secretaria de Desarrollo Rural. Puebla.México.
- Rebman, J.P. & Norman, C.R. 2012. Baja California plant guide. 3^{er} edition. Everbest printing Co. San Diego C.A. 451 pages.

- Reynoso, R., Garcia F.A., Morales D. y Gonzalez, de Mejia.E. 1997. "Stability of betalain pigments from a cactacea fruit", en Journal of Agricultural and Food Chemistry. 45(8):2884-2889.
- Ríos, A.A., 1997. Suculentas mexicanas/Cactáceas.CUS publicaciones. México. p. 79-85.
- Robles, M.C., 1994. Estudio anatomico-fisiologico comparativo entre el nopal (*Opuntia ficus-indica*(L) Miller) y el pitayo (*Stenocereus queretaroensis* (Webb) Buxbaum).(Tesis). Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jal., México.
- Rodriguez, M.J., Guillén, S. y Casas, A. 2013. Consecuencia de la domesticación de *Stenocereus stellatus* en el tamaño de las semillas y en la germinación en un gradiente de estrés hídrico. Centro de Investigaciones en Ecosistemas, Morelia, Michoacan. Mexico. Botanic Sciences 91(4): 485-492.
- Rojas, A.M., Casas A. y Vasquez Y.C. 2001. " Seed germination of wild and cultivated *Stenocereus stellatus* (Cactaceae) from the tehuacán-Cuicatlan Valley, Central México", en Journal of Arid Environments, vol.49.(2)279-287.
- Rzedowski, J. (1978). *Vegetación de México*. México D.F.: Limusa.
- Salcedo, P.E. y Areola, N.H.J. 1991. El cultivo del pitayo en techaluta, Jalisco. Revista de la Sociedad Mexicana de Cacología
- Sánchez, M.H. 1984. Origen, taxonomía y distribución de las pitayas en México. En Aprovechamiento del pitayo. ITAO-Oaxaca, UAM. México. pp. 6-21.
- Szarek S., & Ting I. 1975. Physiological Responses to Rainfall in *Opuntia basilaris* (Cactaceae). American Journal of botany. 62(6), 602-609. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/2441938>.
- Sahley, C.T. 1996. Bat and hummingbird pollination of an autotraploide columnar cactus, *Weberbauerocereus weberbaueri* (Cactaceae). American Journal of Botany 83:1329-1336.
- Saveja, M. y Mauseth, J.D. 1991. Leaf-like structure in the photosynthetic succulent steem of cacti. Annals of bot. 68:405-411
- Silva De A.A.C., Bruno L.M., De Oliveira S.A.D. y Nunes R.F. 1997. Quebra de dormência de sementes de sucupira-preta, Pesquisa Agropecuaria Brasileira 32:465-469.
- Taiz, L. and Zeiger, E. 1991. Plant physiology. The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc. Redwood City, California. 282-367.
- Trevisson, M. y Demaio, P. 2006. Cactus de Córdoba y centro de Argentina. 1ra edición. Ediciones L.O.L.A. Bs.As. 80 pags.

- Unger, W.P. and Kaspar, T.C. 1994. Soil compaction and root growth: A review. *Agronomy Journal* 86: 759-766.
- Valencia-Botin, A.J., Sandoval-Islas, J.S., Cardenas-Soriano, E., Michailides, T.J., and Rendon-Sanchez, G. 2004. A new stem spot disease of pitahaya [*Hylocereus undatus* (Haw.) Britton and Rose] caused by *Fusicoccum*-like anamorph of *Botryosphaeria dothidea* (Moug.:Fr.) Ces. and De Not. in México. *Revista Mexicana de Fitopatología* 22:140-142.
- Valiente -Banuet, A. y Arizmendi, M.C. 1997. Interacciones entre cactáceas y animales: polinización, dispersión de semillas y nuevos individuos. En: *Suculentas Mexicanas Cactáceas*. CVS Publicaciones. México. pp: 61-67.
- Vázquez-Sánchez, M., T. Terrazas y S. Arias . 2012. El hábito y la forma de crecimiento en la tribu Cactaeae (Cactaceae, Cactoideae). *Botanical Sciences* 90(2): 97-108. DOI: <http://dx.doi.org/10.17129/botsci.477> [Links]
- Vargas-Santiago G., Ortiz-Hernández, Y.D., Alcántar-González, G.E. 2003. Propagación vegetativa de *Hylocereus undatus* y su relación con el AIB y sustrato. *Cactáceas y Suculentas Mexicanas Tomo XLVIII año 48 (3)*: 111-117.
- Whitting, H.B., De Venter, H.A. y Small, S.J.G. 1979. Crassulacean acid metabolism in jointed cactus (*Opuntia aurantiaca* Lindley). *Agroplantae*. 11:41-43.