



Úrsulo Galván, Ver. 11/DICIEMBRE/2023  
OFICIO No. 206

ASUNTO: Autorización de Digitalización

C. GUSTAVO PEREZ GONZALEZ  
N° CONTROL: 18883495  
CARRERA: LICENCIATURA EN BIOLOGIA  
PRESENTE

Por este conducto me dirijo a usted para comunicarle que su trabajo titulado: "PROPAGACION Y CONSERVACION DE TRES GENEROS DE CACTACEAS MEDIANTE LA TECNICA DE INJERTO DE CORNONA EN DOS PORTAINJERTO". Como opción de Titulación integral mediante: TESIS PROFESIONAL después de haber sido revisado por su Asesor y los integrantes de la Comisión de Revisión y usted haber cumplido con todas las correcciones y los requisitos indispensables, ha sido autorizada su digitalización; por lo que deberá entregar a este Departamento un "Producto Formal de Titulación" de color NEGRO, debiendo presentarse en formato digital atendiendo a las instrucciones para tal efecto.



EDUCACIÓN  
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

**A T E N T A M E N T E**  
*Excelencia en Educación Tecnológica.  
Nuestro Esfuerzo es Progreso.*

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE ÚRSULO GALVÁN

DIVISION DE ESTUDIOS PROFESIONALES

C. URANIA LOPEZ CERDAN  
JEFA DEL DEPTO. DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES

C.c.p. Archivo  
ULC/mri\*





Úrsulo Galván, Ver, 11/DICIEMBRE/2023

ASUNTO: Liberación de Proyecto para Titulación integral.

URANIA LOPEZ CERDAN  
JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
P R E S E N T E

Por este medio le informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para la Titulación integral

Nombre del Egresado	GUSTAVO PEREZ GONZALEZ
Carrera:	LICENCIATURA EN BIOLOGÍA
No. de Control	18883495
Nombre del proyecto	PROPAGACION Y CONSERVACION DE TRES GENEROS DE CACTACEAS MEDIANTE LA TECNICA DE INJERTO DE CORONA EN DOS PORTAINJERTOS
Producto	TESIS PROFESIONAL

Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros egresados.

A T E N T A M E N T E  
Excelencia en Educación Tecnológica®  
"Nuestro esfuerzo es progreso"



ANA GRISEL HERNANDEZ VALLEJO  
JEFA DEL DEPTO. DE INGENIERÍAS

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE URSULO GALVAN  
DEPTO. DE INGENIERIAS

DANIEL UTRERA LOPEZ	JUANA FABIOLA JIMENEZ FLORES	DANIEL MONFIEL LOPEZ
Nombre y Firma del Asesor	Nombre y Firma del Revisor	Nombre y Firma del Revisor

C.c.p. Expediente





**EDUCACIÓN**  
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO  
NACIONAL DE MÉXICO®

# INSTITUTO TECNOLÓGICO DE ÚRSULO GALVÁN

Título Del Proyecto  
PROPAGACION Y CONSERVACION DE  
TRES GENEROS DE CACTACEAS  
MEDIANTE TECNICA DE INJERTO  
(CORONA) EN 2 PORTAINJERTOS.

Presenta:  
GUSTAVO PÉREZ GONZÁLEZ

Para obtener el título de:  
LICENCIADO EN BIOLOGIA

No. Control: 18883495

Úrsulo Galván, Ver., Enero de 2024.

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero agradecer profundamente desde mi corazón a mis padres por su amor y apoyo incondicional desde el inicio de mi formación educativa hasta la culminación de mis estudios en el Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván, y su fe en mi incluso en los momentos más difíciles, ya que son los que con su cariño me han impulsado siempre a seguir con mis metas y nunca abandonarlas frente a las adversidades y también y no menos importante me brindaron el soporte económico para dedicarme a mis estudios.

Agradezco a mi director de Tesis, Ing. Daniel Utrera López, por aceptarme como su tesista y trabajar juntos de la mano en este proyecto, a su vez agradezco también a mis asesores Maestra Juana Fabiola Jiménez Flores, Maestro Daniel Montiel López, Maestro Alfredo Díaz Criollo, quienes con su experiencia, conocimiento y motivación me orientaron en esta investigación.

De igual forma quiero agradecer a todos los docentes que formaron parte de mi formación académica ya que con su guía, consejos y sabiduría llegue adonde estoy hoy.

Son muchas las personas especiales a las que me gustara agradecer su amistad, apoyo, ánimo y compañía en las diferentes etapas de mi vida, algunas están aquí conmigo y otras en mis recuerdos y en el corazón. Sin importar en donde estén o por si alguna vez llegaran a leer estas dedicatorias quiero darles las gracias por formar parte de mí, por todo lo que me brindaron y por todas sus bendiciones.

Esto es para todos ustedes, para las personas que a lo largo de esta carrera han estado ahí, gracias por apoyarme con una mirada, un consejo, un aliento, hoy concluyo un ciclo que me llena de grandes satisfacciones.

Gracias por brindarme su apoyo y su amor incondicional.

## RESUMEN

Las cactáceas son un grupo de plantas endémicas del continente americano, se han descrito a la fecha unas 1500 especies de las cuales unas 850 se encuentran representadas en nuestro país, eso nos convierte en el país más rico en cuanto a diversidad de especies de este grupo de plantas. Sin embargo, por diversas actividades humanas, un gran número de especies se encuentran en alguna categoría de riesgo en la NOM 059, lo cual nos indica que muchas de ellas se encuentran seriamente amenazadas, de ahí la importancia de implementar estrategias que contribuyan de una u otra manera a su conservación en vida silvestre y una de ellas es la técnica de injertos ya que al hacerlo obtendremos crecimiento, brotación, floración y semillas en un tiempo menor. Se evaluaron tres géneros de cactáceas, *Astrophytum* (*Astrophytum asterias*), *Lobivia* (*Lobivia arachnacantha*) y *Gymnocalycium* (*Gymnocalycium mihanovichii*), sobre dos portainjertos *Myrtillocactus* (*Myrtillocactus geometrizans*) e *Hylocereus* (*Hylocereus undatus*), realizando el método de injerto de corona o también conocido como caras planas para determinar cuál de los dos portainjertos proporcionaría un mejor crecimiento de éstos. El diseño experimental usado fue completamente a azar 3 x 2 x 10 de las 60 repeticiones que se realizaron se logró una supervivencia del 100% en ambos portainjertos, los mejores resultados obtenidos fueron en las plantas injertadas en *Myrtillocactus geometrizans*, ya que en las especies *Astrophytum asterias* y *Lobivia arachnacantha* se obtuvo un mayor crecimiento, presencia de brotes y floración, sin embargo, en la especie *Gymnocalycium mihanovichii* los mejores resultados se dieron en el portainjerto de *Hylocereus undatus* ya que se obtuvo brotaciones en algunos testigos, lo cual no es normal en esta especie de cactácea a una tan corta edad.

<b>INDICE</b>		<b>PAG.</b>
I	INTRODUCCION .....	1
II	ANTECEDENTES .....	3
III	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	4
IV	OBJETIVOS.....	5
	4.1 General .....	5
	4.2 Objetivos particulares .....	5
V	HIPOTESIS .....	6
VI	MARCO TEORICO .....	7
	6.1 Generalidades de las cactáceas .....	7
	6.2 Taxonomía de las cactáceas .....	8
	6.3 Morfología de las cactáceas.....	9
	6.3.1 Raíz .....	9
	6.3.2 Tallo .....	10
	6.3.3. Flores .....	10
	6.3.4. Frutos y semillas .....	10
	6.4 Especie <i>Astrophytum asterias</i> .....	11
	6.5. Especie <i>Gymnocalycium mihanovichii</i> .....	12
	6.6. Especie <i>Lobivia arachnacantha</i> .....	14
	6.7 Especie <i>Myrtillocactus geometrizans</i> .....	15
	6.8 Especie <i>Hylocereus undatus</i> .....	16
	6.9 Propagación de cactáceas mediante injerto .....	17
VII	MATERIALES Y METODOS .....	22
	7.1 Ubicación del experimento .....	22
	7.2 Diseño experimental .....	23
	7.3 Metodología .....	26
VIII	RESULTADOS Y DISCUSION .....	28
IX	CONCLUSIONES .....	53
X	RECOMENDACIONES .....	55
XI	FUENTES DE INFORMACION .....	56

# INDICE DE FIGURAS

PAG.

Figura 1.	Área de estudio .....	22
Figura 2.	Portainjertos <i>Myrtillocactus geometrizans</i> , <i>Hylocereus undatus</i> .....	23
Figura 3.	Cajas con las especies que se trabajaron en total 63 unidades .....	24
Figura 4	Testigos en raíz de las tres especies.....	25
Figura 5.	Procedimiento para realizar un injerto.....	27
Figuras 6 y 7.	Comparación y crecimiento porcentual patrones serie "A" y "a" con raíz.....	30
Figura 8.	Formación de botón floral del testigo 1 serie "A" a los 4 meses de injertado .....	32
Figura 9.	Floración del testigo 1 a los 4 meses de injertado.....	32
Figura 10.	Formación de botón floral del testigo 4 a los 5 meses de injertado.....	32
Figura 11.	Floración del testigo 4 a los 5 meses de injertado, se observa la presencia de flor al ser injertado junto al testigo en raíz.....	33
Figura 12 y 13.	Se observan los testigos que se utilizaron para las series "A" y "a" .....	33
Figura 14 y 15	Comparación de crecimiento porcentual patrones serie "B" y "b" con raíz.....	37
Figura 16.	Testigo 1 serie "B" <i>Lobivia</i> injertada en <i>Myrtillocactus geometrizans</i> , floración del 7 de julio.....	39
Figura 17 y 18	Testigo 2 serie "B" <i>Lobivia</i> injertada en <i>Myrtillocactus geometrizans</i> , floración en el mes de mayo .....	39
Figura 19.	Testigo 4 serie "B" <i>Lobivia</i> injertada en <i>Myrtillocactus geometrizans</i> , floración en el mes de junio .....	39
Figura 20.	Testigo 7 serie "B" <i>Lobivia</i> injertada en <i>Myrtillocactus geometrizans</i> , floración en el mes de julio.....	40
Figuras 21 y 22.	Testigo 7 serie "B" <i>Lobivia</i> injertada en <i>Myrtillocactus geometrizans</i> , brote y floración en el mes de julio .....	40
Figura 23	Testigo 1 serie "B" inicio y final del proyecto.....	41
Figura 24	Testigo 2 serie "B" inicio y final del proyecto .....	41
Figura 25	Testigo 4 serie "B" inicio y final del proyecto .....	42
Figura 26	Testigo 5 serie "B" inicio y final del proyecto .....	42
Figura 27	Testigo 6 serie "B" inicio y final del proyecto .....	42
Figura 28	Testigo 8 serie "B" inicio y final del proyecto .....	43
Figura 29	Testigo 9 serie "B" inicio y final del proyecto .....	43
Figura 30	Testigo 10 serie "B" inicio y final del proyecto .....	43
Figura 31	Comparación de crecimiento porcentual entre patrones "C" y "c" con raíz.....	47
Figuras 32 y 33	Injerto serie "c" testigo 5 al inicio del proyecto y comienzo de brote en el mes de mayo respectivamente.....	49
Figuras 34 y 35	Injerto serie "c" testigo 7 al inicio del proyecto y presencia de dos brotes en el mes de mayo respectivamente.....	49
Figuras 36 y 37	Injerto serie "c" testigo 8 al inicio del proyecto y presencia de brotes en el mes de julio respectivamente.....	50
Figura 38	Injertos serie "C" y "c" testigo 7 comparación de crecimiento entre <i>Myrtillocactus G.</i> e <i>Hylocereus U.</i> y el testigo en raíz .....	50
Figura 39	Injertos serie "C" y "c" testigo 5 comparación de crecimiento entre <i>Myrtillocactus G.</i> e <i>Hylocereus U.</i> y el testigo en raíz.....	50
Figura 40	Injertos serie "C" y "c" testigo 8 comparación de crecimiento entre <i>Myrtillocactus G.</i> e <i>Hylocereus U.</i> y el testigo en raíz.....	51

## INDICE DE CUADROS

PAG.

Cuadro 1.	Serie "A", medidas en milímetros de injerto de corona ( <i>Astrophytum asterias</i> ) realizado sobre patrón ( <i>Myrtillocactus</i> ).	28
Cuadro 2.	Serie "a", medidas en milímetros del injerto de corona ( <i>Astrophytum asterias</i> ) realizado sobre patrón ( <i>Hylocereus undatus</i> )	28
Cuadro 3.	Análisis de varianza y prueba de medias (Tukey) de los veinte tratamientos de la especie <i>Astrophytum asterias</i>	29
Cuadro 4.	Análisis de varianza y prueba Tukey para comparación de crecimiento de testigo en raíz con respecto a los testigos injertados	29
Cuadro 5.	Porcentajes de crecimiento de la especie <i>Astrophytum asterias</i>	31
Cuadro 6.	Floración del injerto de la especie <i>Astrophytum asterias</i> realizado sobre patrón <i>Myrtillocactus geometrizans</i>	31
Cuadro 7.	Serie "b", medidas en milímetros injerto de corona ( <i>Lobivia arachnacantha</i> ) realizado sobre patrón ( <i>Myrtillocactus geometrizans</i> )	34
Cuadro 8,	Serie "b," medidas en milímetros injerto de corona ( <i>Lobivia arachnacantha</i> ) realizado sobre patrón ( <i>Hylocereus undatus</i> )	35
Cuadro 9.	Análisis de la varianza y prueba de medias (Tukey) de los veinte tratamientos	35
Cuadro 10.	Análisis de la varianza y prueba de Tukey para comparación de testigo en raíz con respecto a los testigos injertados	36
Cuadro 11.	Porcentajes de crecimiento de la especie <i>Lobivia arachnacantha</i>	37
Cuadro 12.	Serie "b", floración de injerto de corona ( <i>Lobivia arachnacantha</i> ) realizado sobre patrón ( <i>Myrtillocactus geometrizans</i> )	38
Cuadro 13.	Serie "B" floración de injerto de <i>Lobivia arachnacanta</i> sobre <i>Myrtillocactus g.</i>	40
Cuadro 14.	Serie "b", brotaciones (hijos) en injerto de corona ( <i>Lobivia arachnacantha</i> ) realizado sobre patrón ( <i>Myrtillocactus geometrizans</i> )	41
Cuadro 15.	Serie "b", grafica brotaciones (hijos) en injerto de corona de ( <i>Lobivia arachnacantha</i> ) realizado sobre patrón ( <i>Myrtillocactus geometrizans</i> )	44
Cuadro 16.	Serie "c" medidas en milímetros injerto de corona <i>Gymnocalycium mihanovichii</i> realizado sobre patrón <i>Hylocereus undatus</i> .	45
Cuadro 17.	Serie "c" medidas en milímetros injerto de corona <i>Gymnocalycium mihanovichii</i> realizado sobre patrón <i>Hylocereus undatus</i> .	45
Cuadro 18.	Análisis de la varianza y prueba de medias (Tukey) de los veinte tratamientos de la especie <i>Gymnocalycium mihanovichii</i>	46
Cuadro 19.	Análisis de la varianza y prueba de medias (Tukey) para comparación de crecimiento en raíz respecto a los testigos injertados	46
Cuadro 20.	Porcentajes de crecimiento de la especie <i>Gymnocalycium mihanovichii</i>	48
Cuadro 21.	Serie "c" brotaciones (hijos) en injerto de corona ( <i>Gymnocalycium mihanovichii</i> ) realizado sobre patrón <i>Hylocereus undatus</i> ).	49
Cuadro 22.	Serie "c" brotaciones (hijos) en injerto de corona ( <i>Gymnocalycium mihanovichii</i> ) realizado sobre patrón <i>Hylocereus undatus</i> ).	51



## I INTRODUCCIÓN

Las cactáceas son originarias de América, se estima que hay alrededor de 1400 especies de las cuales 518 son endémicas de México, lo que coloca al país como el principal centro de diversidad de cactáceas (Estrada-Arellano et al., 2018); no obstante, la destrucción de su hábitat y el saqueo son factores que reducen sus poblaciones, porque tienen limitantes para restablecerse después de alguna perturbación en su hábitat (Hernández y Godínez, 1994).

La demanda internacional se ha abastecido fundamentalmente con extracción de plantas y semillas en su hábitat natural, la afición de muchos coleccionistas por adquirir plantas exóticas representa una presión para las poblaciones silvestres, los precios que se llegan a pagar por un ejemplar alcanzan magnitudes realmente impresionantes (Conabio 2000).

La actividad humana está teniendo un fuerte impacto en poblaciones de cactáceas, se da la destrucción de hábitats naturales debido a la construcción de caminos, la agricultura, la minería y la extracción de plantas por coleccionistas o comerciantes (Boyle y Anderson, 2002).

Entre sus usos destaca el ornamental debido a la belleza de sus flores, el color y forma de sus espinas y tallos, el tamaño, presencia de fieltro, pelos, colores diversos provocados por mutaciones, entre otras características; por ello el saqueo ilegal de especies de su hábitat ha puesto en riesgo de extinción a muchas especies (Duarte et al., 2014); ante esto el gobierno mexicano creó la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, para la protección de especies nativas de México, incluidas las cactáceas. Sin embargo, el interés de los coleccionistas para adquirir estas plantas no ha cesado; por lo anterior es necesario establecer estrategias para su conservación y aprovechamiento sustentable, que entre las acciones incluyan estudios de las poblaciones silvestres para conocer su estatus (Estrada-Arellano et al., 2018) importancia ecológica (Rosano-Hinojosa et al, 2018), cultural (Castillo-Campohermoso et al., 2010); establecimiento de centros de investigación y propagación de estas plantas, como el Jardín botánico Helia Bravo-Hollis, en Puebla, el Jardín botánico de la U.N.A.M., el Museo del desierto de Coahuila y viveros comerciales, cuyo propósito sea el

de propagar y comercializar plantas cultivadas para evitar la recolección ilegal de estas plantas; a nivel internacional hay trabajos de viveros o instituciones como el Jardín botánico de Huntington (Trager 2013); el Arizona Cactus Garden y el Jardín Exotique de Mónaco.

Los esfuerzos por la conservación de los cactus se están volviendo cada vez más críticos. El convenio CITES (por sus siglas en inglés “Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas) es un buen inicio para proteger a las especies amenazadas y en peligro de extinción, la familia Cactaceae está en peligro más que cualquier otra familia vegetal. La belleza de las especies de cactus, dignas de colección, puede conducir a la desaparición de las poblaciones locales y en algunos casos a la extinción de especies. (Nobel 1998).

Con este trabajo se pretende conservar, reproducir y propagar cactáceas con el fin de evitar la extracción ilegal de su hábitat y que los invernaderos hagan uso de esta técnica de propagación para abastecer la demanda de coleccionistas y con esto mitigar un poco la destrucción de ecosistemas.

## II ANTECEDENTES

México es depositario de una rica variedad de especies de flora; de hecho, es el tercer o cuarto país en el planeta en riqueza de plantas. Los cálculos conservadores estiman que alberga la décima parte de la diversidad biológica del mundo y es la nación con mayor cantidad de reptiles, el segundo en mamíferos, el cuarto en anfibios y el séptimo en aves (Alanís 2001).

El injerto es una práctica muy antigua y se hizo en forma empírica mucho antes de conocer la anatomía y el proceso de unión de los tejidos de una planta, hay referencias que los chinos lo utilizaban desde 1000 A.C., así también los griegos y los Romanos, más tarde en el Renacimiento adquirió importancia para la multiplicación de variedades selectas de frutales y plantas ornamentales para los jardines de Europa. Una planta injertada consta de dos partes, cada una con un genotipo distinto, una forma el sistema radicular, el cuello y una pequeña porción del tronco y se denomina patrón o portainjerto y el resto de la parte superior se llama púa, cultivar o injerto (Flores Pérez, 2009).

Cordero (1997) injertó pitahaya (*Hylocereus undatus*) sobre otras cactáceas. Se injertaron púas de pitahaya (*Hylocereus undatus*, Haworth), sobre otras cactáceas por el método de hendedura. Se obtuvo brotación en los injertos sobre *Hylocereus undatus*, *Opuntia robusta*, *Stenocereus griseus* y *Stenocereus stellatus*, no presentándose sobre *Opuntia licus-indica* y *Nopalea* sp. Las yemas que brotaron en las púas injertadas sobre *Opuntia robusta* en su mayoría fueron florales, aun cuando no desarrollaron. Este autor demostró que la brotación se presentó en dos periodos definidos, que fueron en los meses de abril y septiembre. La mayor longitud de brotes, se obtuvo en las púas injertadas sobre la misma especie. El grosor de la púa es mayor en las especies de *Stenocereus*.

Nichanach Jeeselee (2020), obtuvo resultados favorables en el crecimiento al injertar sobre *Myrtillocactus geometrizans* e *Hylocereus undatus*, plantas de *Astrophytum asterias*. En Tailandia, por ejemplo, el *Astrophytum*, que es una planta endémica de nuestro país.

### III PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las cactáceas en México son un grupo representativo de las zonas áridas que actualmente presenta problemas de conservación debido a la sobre explotación y el saqueo de los que han sido objeto en todo el país. Actualmente muchas de las actividades antropogénicas están causando la disminución de las poblaciones de cactáceas, con acciones tales como la destrucción de su hábitat por asentamientos humanos, saqueo ilegal o la introducción de especies exóticas. (Meza-Rangel, 2014).

Muchas cactáceas están sujetas a la colecta directa, debido a que las especies son buscadas con un interés determinado. Muchas cactáceas ofrecen algún beneficio al hombre y han utilizado como forraje para el ganado como combustible y para la obtención de alimento para la población humana, ya que los tallos (nopales) y los frutos (tunas, chilitos, pitayas, pitahayas, etcétera) de muchas especies son recursos alimenticios importantes en las zonas áridas. Algunas especies son muy apreciadas por los coleccionistas y son buscadas por su rareza, de tal suerte que han estado sujetas a un tráfico ilegal, lo que ha llevado a poner en riesgo a varias especies (Jimenes-Sierra, 2011).

Las cactáceas son plantas que debido a su importancia cultural, alimenticia, industrial, medicinal y sobre todo ornamental se han vuelto vulnerables y en peligro de extinción. Por lo anterior es inminente desarrollar estrategias de conservación mediante la implementación de sistemas tecnológicos de reproducción y propagación para la protección de dichas especies. Es determinante el entendimiento de las funciones de los ecosistemas de zonas áridas de México, mediante el estudio de la biología de sus principales componentes vegetales (cactáceas) para restablecer sus poblaciones naturales y asegurar su conservación, si logramos que nuestra gente conozca las técnicas de propagación mediante injertos tal vez salvaremos y conservaremos especies endémicas y en peligro de extinción del país (Salas 2010).

## IV OBJETIVOS

### 4.1 GENERAL

Propagar y conservar 3 géneros de cactáceas mediante el injerto de corona en dos portainjertos (*Myrtillocactus geometrizans* (garambullo) e *Hylocereus undatus* (pitahaya).

### 4.2. OBJETIVOS PARTICULARES

- Propagar 3 géneros de cactáceas (*Astrophytum*, *Gymnocalycium* y *Lobivia*), mediante la técnica del injerto.
- Observar el comportamiento de 3 géneros de cactáceas (*Astrophytum*, *Gymnocalycium* y *Lobivia*), mediante la técnica del injerto.
- Obtener porcentajes de crecimiento de 3 géneros de cactáceas (*Astrophytum*, *Gymnocalycium* y *Lobivia*), mediante la técnica del injerto.
- Observar rendimiento de dos portainjertos: *Myrtillocactus geometrizans* e *Hylocereus undatus*, así como la vitalidad que aporten a los tres géneros.

## **V HIPOTESIS**

Al menos uno de los tres géneros de cactáceas será favorecido en comportamiento, crecimiento y sanidad al ser injertado.

## **VI MARCO TEORICO**

### **6.1. GENERALIDADES DE LAS CACTACEAS.**

Las cactáceas son una familia vegetal originaria del continente americano, que cuenta con 110 géneros y 1500 especies aproximadamente. De esta cantidad 52 géneros y 850 especies se encuentran en nuestro país, lo que coloca a México como el país con mayor variedad y riqueza de cactáceas a nivel mundial. Más aun, en México se presenta un elevado grado de endemismo, con 18 géneros (35%) y 715 especies (85%) exclusivas de nuestro país (Elizondo et al, 1990).

Las cactáceas son fanerógamas y dicotiledóneas, es decir, producen flores, frutos y semillas, presentan flores perfectas (en algunos casos imperfectas), y la mayoría de ellas requieren de fecundación cruzada para producir semillas, aunque algunas especies son autofértiles. Tal vez la característica más familiar para nosotros sea la de resistir condiciones de sequía (Anderson,2001).

Su sistema radicular además de ser carnoso, puede ser superficial extendido y muy ramificado. Sus flores son de pocos días de duración, muchas veces de un solo día o solo aparecen en la noche, son muy atractivas por sus vistosos colores y formas; son muy visitadas por insectos, aves y murciélagos. En muchas de ellas, sus frutos carnosos son alimento para humanos y fauna silvestre (Bravo 1978).

## 6.2. TAXONOMIA DE LAS CACTACEAS

El panorama taxonómico de este grupo de plantas sigue cambiando año a año, debido al aumento del interés por parte de los científicos en estudiar las cactáceas nativas y al uso de nuevas herramientas moleculares que permiten una nueva aproximación a la clasificación de las especies (Guerrero et al. 2011). Asimismo, en los últimos años se han descrito numerosos taxa nuevos, aunque la falta de conocimientos ecológicos, sumado al hecho de que buena parte de la investigación de campo no ha sido necesariamente publicada por taxónomos, hace que la validez de estos descubrimientos no sea tan clara. Recientemente, se han realizado esfuerzos para evaluar la representatividad de las cactáceas nativas en áreas protegidas e identificar áreas de valor dada su diversidad, incorporando diversos criterios de clasificación taxonómica para establecer áreas con mayor diversidad de taxa (Duarte et al., 2014). Los resultados sugieren que un tercio de las entidades taxonómicas no están incluidas en áreas protegidas.

Por otro lado, cabe destacar que de los estudios referidos solo algunos incluyen información sobre la genealogía de los grupos. Casos especiales son: *Mammillaria*, en donde se conocen más de 160 especies (Hunt, 1983, 1984, 1985, 1986, 1987; Luthy 1995), *Opuntia* con más de 194 especies y variedades silvestres en México (Bravo-Hollis, 1978; Puente, 1992) y la tribu *Pachycereeae* con cerca de 56 especies nativas del territorio nacional (Arias et al, 1997; Gibson y Horak, 1978), sin embargo aún se desconoce gran parte de la historia natural de estos grupos, se carece de exámenes concluyentes sobre su filogenia y especiación, además de que su taxonomía sigue siendo cuestionada.

Tomando como criterio aquellos trabajos que incluyen por lo menos dos de los siguientes aspectos: descripciones taxonómicas, claves de identificación o referencias de herbario, el número de estudios florísticos para cactáceas mexicanas se restringe a 24. Un problema relevante en varios trabajos florísticos para cactáceas mexicanas es la poca información sobre las especies, como descripciones completas, datos fenológicos, discusiones sobre especies afines o variaciones encontradas, así como información sobre los tipos nomenclaturales y las muestras de herbario examinadas. (Gómez, 1998; Hernández y Bárcenas, 1994; Villaseñor et al., 1990).



## **6.3. MORFOLOGIA DE LAS CACTACEAS**

### **6.3.1. RAIZ**

Las raíces de las cactáceas poseen algunas particularidades por las cuales se consideran del tipo xerofítico, se han tenido que adaptar a condiciones adversas del medio como son: falta periódica de humedad, la filtración rápida del agua, intensa insolación, subsuelos calizos, arenosos, de lava, etc. (Bravo, 1994). Por su patrón de distribución las cactáceas presentan tres tipos de raíz; el primero se caracteriza por presentar una principal que constituye el sistema de fijación, las siguientes son las raíces secundarias, que intervienen en la absorción de agua y las sustancias nutritivas disueltas en ella y por último las raíces temporales, que solo aparecen durante la época de lluvias (Arreola,1997).

### **6.3.2. TALLO**

En las cactáceas el tallo conforma básicamente el cuerpo de la planta, engrosado por el desarrollo del parénquima (tejido de almacenamiento) interviene en la conducción de nutrientes, asume la función de las hojas, convirtiéndose en un almacenador y regulador de agua. Varían en forma, tamaño y ramificaciones, pero en ellos siempre se aprecian tubérculos o costillas, son generalmente verdes, según la especie, puede presentar coloraciones intensas o no, durante el invierno muchos de ellos adquieren coloración rojiza en sus partes expuestas directamente a la intemperie, especialmente en tubérculos y las areolas. Los tipos morfológicos principales son: globoso, cilíndrico, candelabroforme, cladodio en forma de hoja y columnar. Los tallos aplanados en forma de raqueta, técnicamente denominados cladodios, son particulares de los nopales. Los tallos columnares o cilíndricos se observan en los órganos o pitayos, estos pueden ser simples y carecer de ramificación o ser ramificados. A los tallos cilíndricos de tres costillas se les llama trialados como en *Hylocereus undatus* (pitahaya). Otra forma de tallo es el globoso varían en tamaño, algunos son gigantescos, alargados, casi cilíndricos, del porte de un barril, por lo que se denominan toneliformes; otras son diminutas, alcanzando su madurez con solo dos centímetros de diámetro y de altura (Arreola,1997).

### **6.3.3. FLORES**

Las flores de las cactáceas son hermafroditas (agrupan al gineceo o pistilo y al androceo o estambres dentro de una sola estructura floral) y muy efímeras. Tienen formas, tamaños y coloraciones muy diversas. En general se han hecho famosas por su hermosura, aparecen generalmente en primavera y durante esa estación transforman las zonas áridas en jardines llenos de esplendor. La forma de las flores es comúnmente campanulada y sus colores variados y combinados. Las flores pueden ser diurnas o nocturnas y su producción se restringe a una por areola (Bravo, 1994; Nava, 1997).

### **6.3.4. FRUTOS Y SEMILLAS**

Los frutos de las cactáceas son bayas, las cuales pueden ser carnosos, jugosos o secos, en época de fructificación atraen a las aves y mamíferos que se alimentan de ellos, los hay dehiscentes e indehiscentes, los frutos constan de una cámara en cuyo interior se encuentran las semillas, unidas por una estructura llamada funículo, la cual determina su carnosidad o succulencia. La forma de los frutos es variable, desde globosos hasta alargados, son lanosos, escamosos espinosos, y su coloración puede ser blanca, verde, amarilla, púrpura, azul o casi negra (Pacheco 1997).

Las semillas de las cactáceas son generalmente pequeñas de uno a dos milímetros de longitud, algunas pueden medir hasta medio centímetro, tienen formas diversas; discoide, reniformes, ovoides y son de colores que varían del negro al crema pasando tonalidades pardas castañas o con tintes rojizos. (Bravo, 1994).

#### 6.4. ESPECIE *ASTROPHYTUM ASTERIAS*

*Astrophytum asterias* (cactus estrella o falso peyote) es un pequeño cactus globoso de 6 a 10 cm de diámetro, de color verde grisáceo, con tricomas, sin espinas y con 6 a 9 areolas. Las flores son amarillas y tienen un centro rojo. Los frutos largos, rojos y carnosos producen de 56 a 95 semillas marrones/negras (Rocha, 1995). Tallo más o menos hemisférico, de hasta 5.5 cm de altura y 10 cm de diámetro, sin espinas; epidermis verde grisácea provista de numerosos y diminutos puntos blancos; ápice hundido, con algo de lana. Costillas 7 u 8, muy anchas, redondeadas y nada o poco prominentes, de 3 a 3.5 cm de anchura, duras, rectas. Aréolas en el dorso de las costillas, distantes entre sí, 4 a 7 mm, prominentes, circulares, de 4 a 5 mm de diámetro, con fieltro blanco, carentes de espinas. La especie fue listada en octubre de 1993 como una especie de prioridad dos por el Servicio de Pesca y Vida Silvestre de los Estados Unidos (USFWS, 1993), en el apéndice 1 de CITES (Lüthy, 2001) y en la lista mexicana de especies en peligro de extinción.

La especie *Astrophytum asterias* se distribuye en el estado de Tamaulipas y en la región vecina de Nuevo León, extendiéndose hasta la parte sur de Texas; habiéndose señalado para Ciudad Guerrero, Tamaulipas, y de Barredilas, Nuevo León. Además, en la Mesa de Llera, cerca del Rio Guayalejo. El aspecto casi geométrico de la planta recuerda determinadas esculturas prehispánicas de México (Bravo-Hollis et al., 1991).

La especie *Astrophytum asterias* tanto por ser un elemento florístico con valor farmacológico, ornamental, ecológico, científico, cultural, así como por ser considerada una especie en peligro de extinción (IUCN, 1983, 1985; Malda, 1990); merece la atención de los científicos y de los manejadores de los recursos naturales, ya que en la actualidad no existen estudios ecológicos específicos que nos den la pauta para su protección y conservación.

Una gran amenaza para el cactus estrella es la recolección de plantas silvestres este cactus es muy apreciado por los entusiastas de los cactus y se cultiva desde la década de 1930, sin embargo, las plantas recolectadas en el medio silvestre se valoran por su extrema rareza.

El cactus estrella de Nuevo León se cree extinto por recolección. (Sánchez-Mejorada, et al. 1986) también hay indicios de que la recolección continua en el sitio tamaulipeco y que los niños locales están conscientes del interés de los extranjeros en el cactus estrella y de su disposición a pagar dinero por las plantas (Charles Glass, 1994).

Aunque México tiene leyes que prohíben la exportación de cactus nativos, tanto las leyes mexicanas de importación/exportación como las protecciones CITES son difíciles de aplicar en la zona fronteriza con mucho tráfico como Texas y México. Por lo tanto, la recolección de plantas silvestres seguirá siendo una amenaza principal para el cactus estrella hasta que la educación sobre la conservación de las plantas reemplace el alto valor actual otorgado a las plantas recolectadas del medio silvestre.

#### **6.5. ESPECIE GYMNOCALYCIUM MIHANOVICHII**

Gymnocalycium es un género de cactus globosos del este de los Andes y Sudamérica (Anderson, 2001). El tipo, *Echinocactus denudatus* Link & Otto fue descrito por Ludwig Pfeiffer en deriva del griego gymnos, desnudo, y cáliz, yema, en referencia a la yema floral glabra (Britton & Rose, 1919; Chittenden, 1951).

El número de especies que lo componen ha variado según autores. Por ejemplo, Britton & Rose, 1919 reconocieron alrededor de 23, todas de Sudamérica, este de los andes y principalmente Argentina

Con unas pocas especies de Bolivia, Paraguay y Uruguay (Britton & Rose 1919), mientras Arechavaleta 1903-1911) incluye representantes de este género dentro de *Echinocactus* Link & Otto. En obras posteriores de carácter hortícola, como las de (Chittenden 1951) se incluyen 16 especies, o por ejemplo (Bailey & Bailey 1930) citan cinco. En épocas más recientes, la gran popularidad de estos cactus se ha traducido en un gran número de nombres y numerosas publicaciones.

Gerhart Franken 1976-1977, Bohumil Schutz, en 1986 y Jhon Pilbeam en 1995, han publicado importantes tratamientos del género, pero uno de los más valiosos en la adjudicación del estatus de muchos nombres de especies son los trabajos de Detlev Metzinger, Máximo Meregalli y Roberto Kiesling, de 1995 (cf. Anderson, 2001).

La especie *Gymnocalycium* se caracteriza por presentar bajo crecimiento, tallos generalmente solitarios con varias costillas y en ocasiones tuberculadas, no tienen diferenciada zona fértil, las flores simplemente nacen del ápice del tallo generalmente deprimido. Las flores se abren durante el día, morfológicamente son infundibuliformes o acampanadas, y de coloración blanca o rosada. Los pericarpelos y los tubos florales poseen unas pocas escamas anchas y obtusas con márgenes membranosos, sus areolas son desnudas y los frutos son oblongos o globosos, secos o carnosos y dehiscentes (Anderson, 2001).

La primera planta de *Gymnocalycium mihanovichii* sin clorofila (el pigmento que da el color verde a las plantas) se encontró en 1941 en Japón, en cultivo como planta de vivero, mantenida viva por injerto. Desde 1970 se ha desarrollado una nueva mutación del color. Todas son reproducidas utilizando vástagos de las plantas madres. Las plantas se injertan completamente en rizomas de cactus reproducidos artificialmente. Estos rizomas se producen a partir de plantas genitoras seleccionadas, en su mayor parte, *Hylocereus* spp. y *Harrisia jusbertii*. La producción anual, principalmente de Brasil, República de Corea y Japón, se estima en 10 a 15 millones de especímenes. (CITES 1992).

*Gymnocalycium* comprende unas 50 especies, la mayor parte de ellas endémicas de regiones geográficas restringidas (Charles, 2009; Metzinger, 2012). En Argentina es el género de la familia con mayor número de especies (41), representando el 18% de la riqueza total de *Cactaceae* (Kiesling et al., 2008). Actualmente al género se lo divide en subgéneros de acuerdo a la clasificación establecida por (Schütz 1986) basado en las características de las semillas, la anatomía floral y del fruto. Es abundante en ambientes serranos entre 500 y 1200 msnm (Charles, 2009; Gurvich et al., 2014).

## 6.6. ESPECIE LOBIVIA ARACHNACANTHA

El Género *Lobivia* comprende a más de 100 especies y subespecies de plantas de la Familia *Cactaceae*, su nombre es un anagrama de Bolivia el país con más abundancia en este género, también están distribuidos en Argentina y Perú. Tienen Formas globulares o cilíndricas achatados (pequeños) muy parecidas a las *Echinopsis*. (Actualmente todo este género migro al género *Echinopsis*, tienen abundante floración, con flores grandes y de vivos colores. Este género necesita del frío y la sequedad del invierno para poder florecer en primavera y verano y en primavera-verano mantener en húmedo, en exposición directa al sol. El caso de las Cactáceas es complicado porque no hay consenso en cuanto al nombre válido de muchas especies. Así tenemos que a las *Lobivias* las han cambiado a *Echinopsis*, a las *Sulcorebutias* las llaman ahora *Rebutias*, etc. (Isela M. y Stephan B. 2005).

Se agrupa libremente, formara grandes grupos con el tiempo, su tallo es de aplanado a esférico de color verde oscuro con costillas con muescas débiles, cada cabeza mide hasta 4 cm. De ancho, sus espinas, todas las radiales en forma de telaraña, blancas, amarillas o marrones, erizadas, curvas y cortas. Sus flores muy llamativas de unos 5 cm. De ancho con un tubo floral delgado de hasta 5 cm o más de largo, comúnmente de color amarillo dorado a naranja, a menudo más grandes que la planta misma, pero también se reportan flores de color rojo o blanco, las flores se abren durante el día desde la primavera hasta el verano, su fruto es verde rojizo. (Buining & Ritter 1974).

## 6.7 ESPECIE MYRTILLOCACTUS GEOMETRIZANS

El garambullo *Myrtillocactus geometrizans* es una cactácea columnar endémica de México (Bravo-Hollis y Sánchez-Mejorada, 1978). Ecológicamente es importante ya que incrementa la cantidad de materia orgánica en los suelos y evita la erosión, captura CO<sub>2</sub>, promueve la estabilización de suelos inestables y la infiltración de agua pluvial (González Insuasti y Caballero, 2007; Luna-Morales y Aguirre, 2001). En matorrales abiertos destaca *Myrtillocactus geometrizans* como elemento arborescente y presenta una alta densidad fuera de las áreas cultivadas (González Insuasti y Caballero, 2007; Luna-Morales y Aguirre, 2001).

Se distribuye principalmente en las zonas áridas en los estados de Hidalgo, Querétaro, Guanajuato, Michoacán, Jalisco, San Luis Potosí, Zacatecas, Tamaulipas, Nuevo León, Estado de México, Puebla, Veracruz, Guerrero y Oaxaca (Guzmán et al., 2003). Las flores son tubulares de color blanco verdoso y producen frutos comestibles del tipo baya, de color azul rojizo (Arias 2010). En el valle de Tehuacán, en el centro de México, la temporada de fructificación va de marzo a septiembre y se ha reportado que cada planta adulta produce un promedio de 7,650 frutos; sus semillas son dispersadas principalmente por aves y mamíferos (Pérez Villafaña y Valiente Banuet, 2009).

Es una especie endémica de México, ampliamente distribuida por todo el territorio, excepto en el sur y en Caribe. Es característica de los matorrales xerófilos en las zonas de transición hacia los bosques de caducifolios, sobre suelos salinos o calizos, en áreas de clima cálido y árido, aunque con lluvias en verano. (Guzmán et al., 2003).

En México se manejan sus poblaciones naturales y en Centroamérica se cultiva en huertos familiares para el aprovechamiento de sus frutos, que son muy apreciados y sirven para aportar un complemento a las economías domésticas, además, es la especie más utilizada como portainjertos en la producción mundial de cactus. (Guzmán & Arias 2007).

## 6.8 ESPECIE HYLOCEREUS UNDATUS

Existen hasta 27 especies del género *Hylocereus*, de las cuales solo 19 tienen descripciones taxonómicas y, de estas, tres son consideradas como sinonimias, de tal forma que, de acuerdo con publicaciones válidas para la taxonomía de cactáceas, a la fecha hay 16 especies formalmente descritas, de estas 16 especies del género 12 se encuentran en México (Rodríguez, 2000).

La pitahaya (*Hylocereus sp.*) se encuentra ampliamente distribuida en la selva tropical y subtropical de México y representa un recurso fotogénico con potencia frutícola, ornamental y medicinal (Bárceñas-Abogado, et al., 2002). Esta planta se ha aprovechado desde épocas remotas, a través de la recolección de sus frutos para el consumo, o del uso de tallos o flores para la preparación de remedios caseros (Rodríguez, 1993).

Dentro de su uso potencial, en Nicaragua y algunos lugares de México se destacan el consumo de tallos tiernos, de sabor similar al del nopal, por lo que pueden cocinarse o formar parte de una ensalada (Meraz-Alvarado et al., 2003). Los tallos también tienen un alto valor como forraje para el ganado mayor (ovinos, bovinos, caprinos, etcétera) y también es bien aceptado por las aves (Castillo-Martínez, 2008).

Entre los usos más conocidos está el de planta de ornato, que fue el primer uso que le dieron en países europeos, actualmente, en los países del sureste asiático y Australia se comercializa como planta de ornato. En este último, las flores se utilizan para arreglos florales (del Angel-Perez et al., 2012). La *pitahaya* también se utiliza como portainjerto de varias cactáceas ornamentales y de especies raras o carentes de clorofila (Castillo. Martínez, 2006).



## 6.9 PROPAGACION EN CACTACEAS MEDIANTE INJERTO

Los orígenes del injerto se reportan a la antigüedad, hay pruebas de que el arte de injertar era conocido por los chinos cuando menos desde el año 1000 A.C., éste método consiste en unir porciones de dos plantas distintas para ayudar a aquellas que tienen dificultad para vivir directamente del suelo y también para obtener ejemplares raros o ilustrativos, esta técnica es de utilidad para salvar especies en peligro de extinción ya que se puede acelerar el desarrollo y crecimiento de plantas que han perdido el sistema radical (Harman y Kester's 2002),

De las partes de la planta a unir, a una se le llama injerto; el cual se inserta en el tallo de la otra planta, denominada patrón o portainjerto que se convierte en su soporte y le proporciona los elementos necesarios para su crecimiento, de tal manera que se logra una íntima conexión entre ambas partes por medio de la generación de los tejidos de conducción, que permite el crecimiento como una sola planta (Anderson, 1997; Baldini, 1992).

En México las cactáceas son apreciadas como plantas de ornato, existen pocas empresas productoras de estas con fines ornamentales, en contraste con España, China, Japón, Tailandia y Estados Unidos de Norteamérica que propagan cactáceas de forma comercial, hay cactus que son difíciles de cultivar debido a su lento crecimiento en su hábitat natural o en sustrato, a su escaso sistema radicular por lo cual es difícil que crezcan a partir de sus propias raíces por su gran sensibilidad a la humedad, así mismo existen otras de crecimiento muy lento y falta de pigmentos fotosintéticos, no tienen la capacidad de sobrevivir por sí mismos como es el caso de los *Gymnocalycium mihanovichii*, *Rebutias*, *Astrophytum* y las *Lobivias* (Arévalo 2000; Reyes y Arias, 1997).

El injerto es de utilidad en los siguientes casos:

- 1- En los cactus de colores (rojo, rosa, anaranjado o amarillo) que carecen de clorofila (pigmento verde) que son incapaces de sobrevivir por sí mismos. Se recurre a injertos sobre un portainjerto que les suministre el alimento. Por ejemplo, Lobivias amarillas, *Gymnocalycium*s de color rojo.
- 2- Las plantas crestadas cactus arrugados, parecidos a cerebros. La explicación de sus extrañas formas no están del todo claras. Es raro que florezcan y den semillas, así que para propagarlos se esquejan o se injertan. Además, su crecimiento es más rápido injertado y no está en contacto con el sustrato para evitar que se pudra.
- 3- Para salvar a una planta cuyo tallo o raíces se estén pudriendo. La solución es cortar el tallo e injertarlo sobre un pie sano.
- 4- Una especie de crecimiento lento injertada sobre un patrón vigoroso crecerá más rápido. De esta manera se obtienen esquejes pronto o se acelera la floración y con ella la obtención de semillas. Los productores los podrán vender antes.
- 5- Los patrones o portainjertos confieren a algunos tipos de cactus mayor resistencia a la pudrición y al frío.
- 6- Se realizan también sobre un pie alto y se injerta una especie que tienda a crecer hacia abajo (decorativo).
- 7- Acelerar la floración.
- 8- Obtener la mayor producción de frutos.
- 9- Obtener semilla de especies de difícil propagación. (Anderson 1997; Felker, 2003).

Desde el punto de vista anatómico la unión entre plantas se inicia dentro del anillo de los haces vasculares donde se encuentra el xilema, que se encarga del transporte de nutrimentos y el agua a través de la planta desde las raíces.

En el exterior se encuentra el floema que almacena la energía y el agua y se encarga de los productos de desecho. El xilema, el cambium y el floema juntos, forman el cuerpo o sistema vascular, para conseguir un injerto con éxito el xilema, el cambium y el floema de ambas plantas, deben coincidir lo más posible (Harman y Kester's 2002).

Los cactus son muy fáciles de injertar entre especies y no suelen dar problemas si seguimos la técnica y lo hacemos con cuidado e higiene. En general se procura que haya un parentesco entre ellas, perteneciendo ambas a la misma familia y género. No obstante, para el resto de plantas crasas, los patrones e injertos, deben ser compatibles entre sí. La técnica de injertar cactus también se utiliza para formar nuevas especies de plantas. Los injertos en cactáceas, se acostumbran hacer en especies de lento crecimiento o de difícil enraizamiento. Esta técnica es comúnmente usada en plántulas injertadas tan pronto como sea posible, ya que muestran un crecimiento mucho más rápido, así pues, una planta injertada de un año de edad tendrá el mismo tamaño que una planta de 4-5 años crecida normalmente (Pizzetti 1987).

Las plantas sobre las que se coloca el injerto se seleccionan por su rapidez de crecimiento y facilidad de cultivo. Las especies recomendadas para servir de patrón de injerto son: *Pereskia* sp., *Myrtillocactus geometrizans*, *Hylocereus* sp. y *Selenicereus* sp. Los tejidos se sueldan mejor en la época vegetativa, por lo tanto, se recomienda injertar en primavera y verano, así como en días no lluviosos que pudieran proporcionar un ambiente apto para que proliferen hongos y bacterias (Harman y Kester's 2002).

Los sistemas de injertos más utilizados en cactáceas son de caras planas, de cuña y lateral. En la mayor parte de los injertos se precisa que la planta injertada y el patrón sean de la misma familia. El injerto de caras planas es el más utilizado porque es el más sencillo y rápido, suele dar buenos resultados y se realiza desde finales de primavera a mediados del verano. Consiste en cortar a lo largo de un trozo del extremo de una planta vigorosa con un cuchillo se dé una base de 2.5 a 5 cm. De alto en la maceta, la planta a injertar se corta de un solo tajo para colocarla sobre el patrón. Si el anillo del has vascular del patrón e injerto tienen el mismo diámetro coinciden los haces vasculares al unir la planta (Toogood, 2002).

El invierno es la estación más desfavorable para la realización de injertos, puesto que se necesita que las especies estén en crecimiento activo para que pueda amarrar el injerto. Si se cuenta con un invernadero o interior para controlar la luz y la temperatura (calefacción), se amplían las posibilidades de éxito (Cordero, 1999; y Arévalo, 2000).

#### Injertos en cactus mutantes cromáticos

E. Watanabe y K. Kitoh en 1930, importaron de Alemania 300 semillas de *Gymnocalycium mihanovichii* y las sembraron. En 1940 obtuvieron plantas adultas y por consiguiente 10 mil semillas, las cuales fueron plantadas y observaron dos plantas levemente enrojecidas posteriormente se multiplicaron por hijuelos y de toda esa segregación de colores obtuvieron un color rojo que se popularizo comercialmente injertado sobre pitahaya (Kobayashi, 1996).

En la actualidad se conocen más de 50 mutantes cromáticos de *Gymnocalycium mihanovichii* a los que se ha dado nombre de cactus cromáticos (Arévalo, 2000).

A partir de 1970, se han producido otros mutantes cromáticos en cactáceas, específicamente en *Gymnocalycium* spp. *Echinopsis silvestrii* y *Parodia scopam* que han incursionado entrado en el comercio internacional en grandes cantidades, se producen vegetativamente utilizando brotes de las plantas progenitoras injertadas. Todos los especímenes de mutantes cromáticos se injertan en cactus patrones reproducidos artificialmente. Estos patrones se producen a partir de plantas progenitoras seleccionadas, principalmente *Harrisia* “Jusbertii” e *Hylocereus* spp (Troubatchow 1997).

Los injertos de cactáceas son plantas admiradas en todo el mundo, aproximadamente 15 millones de injertos se comercializan en el mercado internacional, de los cuales Corea produce aproximadamente 10 millones; 50 nuevos cultivares de brillantes colores fueron desarrollados y cultivados por The Nacional Horticultural Research Instituto (NHRI) y el Rural Development Administration (RDA), y Goyang Cactus Experiment Station, Gyeonggi Province (Myeong et al., 2004).

La injertación de los cactus es una industria estable en Corea, debido a que está constante introducción de nuevos injertos y nuevas técnicas de cultivo (Lee y Oda, 2003). Corea exporta injertos de cactus a más de 20 países incluyendo Estados Unidos, China y Canadá, de los cuales el 70% son injertos de *Gymnocalycium mihanovichii*, el 20% de *Lobivia silvestrii* y *Notocactus scopa*, y el 10% restante corresponde a *E. leningaussi* y *G. baldianum* (Myeong et al., 2004).

## VII MATERIALES Y METODOS

### 7.1. UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO

Los injertos se realizaron en un periodo comprendido del mes de febrero a agosto del 2023, en un vivero de 30 metros cuadrados, con estructura de concreto y cubierta de plástico para invernadero con malla mosquitera alrededor del mismo ubicado en Cardel, Veracruz, con las coordenadas 19°21'35'N 96°21'32'W. La temperatura promedio máxima registrada en el interior ha sido de 38 °C y la mínima cuando se ha presentado mal tiempo ha sido de 24 °C.



Figura 1. Área de estudio. A) vivero visto de la parte superior, B) interior del vivero, C) vista satelital. (Pérez Gustavo, 2023).

## 7.2. DISEÑO EXPERIMENTAL

El proyecto con el cual se trabajo es un diseño experimental al azar,

3 x 2 x 10 x 3 (3 injertos x 2 portainjertos x 10 repeticiones) + 3 testigos en raíz. La duración del experimento abarco un periodo de 180 días (6 meses); se analizaron las variables de crecimiento: diámetro de la planta injertada en los dos portainjertos y diámetro del testigo en raíz. El análisis de varianza de las variables de crecimiento se hizo evaluando el factor principal del diseño: crecimiento en milímetros de planta injertada y el testigo en raíz. Para la comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ); los análisis estadísticos se realizaron con el programa Infostat. Versión 2020.

### **Portainjertos:**

*Myrtillocactus geometrizans* x 30 repeticiones

*Hylocereus undatus* x 30 repeticiones



Figura 2. Portainjertos *Myrtillocactus geometrizans*, *Hylocereus undatus*.

(Pérez Gustavo, 2023).

**Especies:**

*Astrophytum asterias* x 10 repeticiones en *Myrtillocactus geometrizans* y 10 en *Hylocereus undatus* = 20 unidades.

*Lobivia Arachnacanta* x 10 repeticiones en *Myrtillocactus geometrizans* y 10 en *Hylocereus undatus* = 20 unidades.

*Gymnocalycium Mihanovichii* x 10 repeticiones en *Myrtillocactus geometrizans* y 10 en *Hylocereus undatus* = 20 unidades.



Figura 3. Cajas con las especies que se trabajaron en total 63 unidades.

(Pérez Gustavo, 2023).

**Testigos en raíz** :1 ejemplar de cada genero = 3





Figura 4. Testigos en raíz de las tres especies.

Variables a medir:

1. Tamaño de la planta convencional en raíz.
2. Tamaño de los injertos: en *Myrtillocactus geometrizans* e *Hylocereus undatus*, (diámetro).
3. Presencia de brotación.
4. Presencia de Floración.

### 7.3. METODOLOGÍA

Se realizó un diseño experimental completamente al azar de tres especies por dos tratamientos. Las unidades experimentales consistieron en dos portainjertos, los cuales son *Myrtillocactus geometrizans* e *Hylocereus undatus*, donde el número de replicas por tratamiento fue de 10 repeticiones en un portainjerto y 10 en otro; las plantas utilizadas para injertar fueron *Astrophytum asterias*, *Lobivia arachnacantha* y *Gymnocalycium mihanovichii*.

Los pasos para la realización del injerto se muestran en la figura 5.

- A) Selección del portainjerto a trabajar.
- B) Se realiza corte horizontal en la punta del portainjerto.
- C) Corte transversal de 45° a las 5 costillas del portainjerto para que no se deshidrate el ápice. Este detalle es muy importante para que el tallo no se comprima y despegue el injerto al secar la herida.
- D) Vista del ápice con los cortes de las costillas realizados (biselado)
- E) Corte de la planta a injertar en donde se observan los haces vasculares que tienen que coincidir para así tener un injerto exitoso.
- F) Amarre del injerto con película autoadherible.

Una vez realizados los injertos, a los 7 días se les retiró la película adhesiva, se hizo revisión de los mismos y el 100% fue un éxito ya que no hubo desprendimiento del injerto. Se registró mensualmente medición con un vernier cada planta y se llevó registro tanto de diámetro, brotes y floraciones.

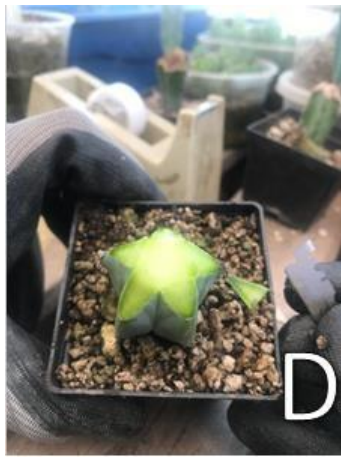
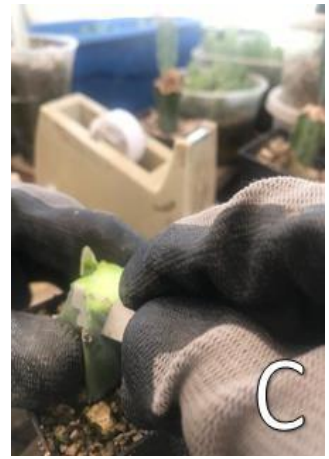


Figura No. 5. Procedimiento para realizar un injerto.

(Pérez Gustavo, 2023).

## VIII RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de resultados:

Una vez realizado el experimento y recabado los datos correspondientes del mismo, se procedió a la captura de la información obtenida, se realizó un análisis de varianza, para la comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ); los análisis estadísticos se realizaron con el programa Infostat. Versión 2020, se obtuvieron graficas porcentuales de crecimiento entre patrón y raíz, comparación porcentual de crecimiento entre patrones por serie, floraciones y brotaciones donde las hubo para cada una de las series con las que se trabajó.

**Cuadro 1. Serie "A", medidas en milímetros de injerto de corona (*Astrophytum asterias*) realizado sobre patrón (*Myrtillocactus*).**

FECHA		TESTIGOS									
MEDICION	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	EN RAIZ
06/02/2023	20	21	20	20	21	20	20	19	20	20	20
20/02/2023	20	22	24	21	22	22	20	19	20	20	21
14/03/2023	22	25	25	24	23	22	21	23	22	23	21
07/04/2023	24	28	26	27	24	23	27	26	27	25	21
07/05/2023	26	32	29	30	25	26	32	31	28	28	22
07/06/2023	30	36	29	35	27	34	36	38	33	32	22
07/07/2023	33	40	31	42	30	39	41	44	36	35	22
07/08/2023	36	45	31	45	38	44	45	50	38	35	22

**Cuadro 2. Serie "a", medidas en milímetros del injerto de corona (*Astrophytum asterias*) realizado sobre patrón (*Hylocereus undatus*)**

FECHA		TESTIGOS									
MEDICION	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	EN RAIZ
06/02/2023	19	20	20	20	19	19	20	20	20	20	20
20/02/2023	19	20	20	20	19	19	20	20	20	20	21
14/03/2023	20	21	22	21	20	19	21	21	20	22	21
07/04/2023	21	21	23	21	21	22	21	21	21	23	21
07/05/2023	21	21	24	21	22	23	22	22	21	23	22
07/06/2023	23	26	26	22	25	24	23	23	24	24	22
07/07/2023	23	30	27	23	25	26	25	26	25	25	22
07/08/2023	25	32	32	26	27	28	27	29	30	26	22

## Análisis de la varianza

### Serie A

ESPECIE *ASTROPHYTUM ASTERIAS*

### INJERTO

## Cuadro 3. Análisis de varianza y prueba de medias (Tukey) de los veinte tratamientos de la especie *Astrophytum asterias*.

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>	Aj	CV
INJERTO	20	0.68	0.66	13.19	

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	781.25	1	781.25	37.83	<0.0001
ESPECIE	781.25	1	781.25	37.83	<0.0001
Error	371.70	18	20.65		
Total	1152.95	19			

**Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=4.26958**

Error: 20.6500 gl: 18

ESPECIE Medias n E.E.

<b>HYLOCEREUS UNDATUS</b>	<b>28.20</b>	<b>10</b>	<b>1.44</b>	<b>A</b>
<b>MYRTILLOCACTUS G.</b>	<b>40.70</b>	<b>10</b>	<b>1.44</b>	<b>B</b>

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

### RAIZ

## Cuadro 4. Análisis de varianza y prueba Tukey para comparación de crecimiento de testigo en raíz con respecto a los testigos injertados.

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>	Aj	CV
RAIZ	20	0.00	0.00	3.29	

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.00	1	0.00	0.00	>0.9999
ESPECIE	0.00	1	0.00	0.00	>0.9999
Error	9.00	18	0.50		
Total	9.00	19			

**Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.66437**

Error: 0.5000 gl: 18

ESPECIE Medias n E.E.

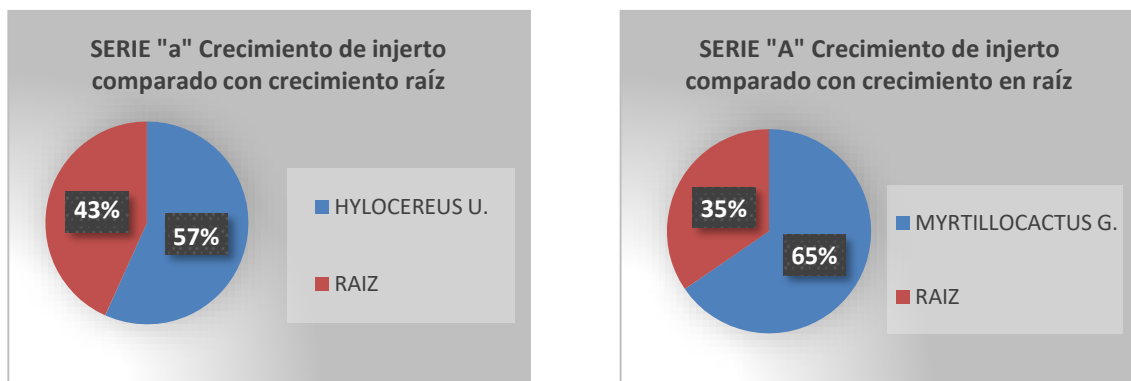
1	21.50	10	0.22	A
2	21.50	10	0.22	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

De acuerdo al análisis estadístico de varianza realizado y como se observa en el (cuadro 3) si existen diferencias significativas entre los dos portainjertos y el testigo en raíz ya que el valor de p es igual a  $=0.0001$  lo que nos indica que si hubo varios tratamientos con una diferencia en crecimiento exponencial.

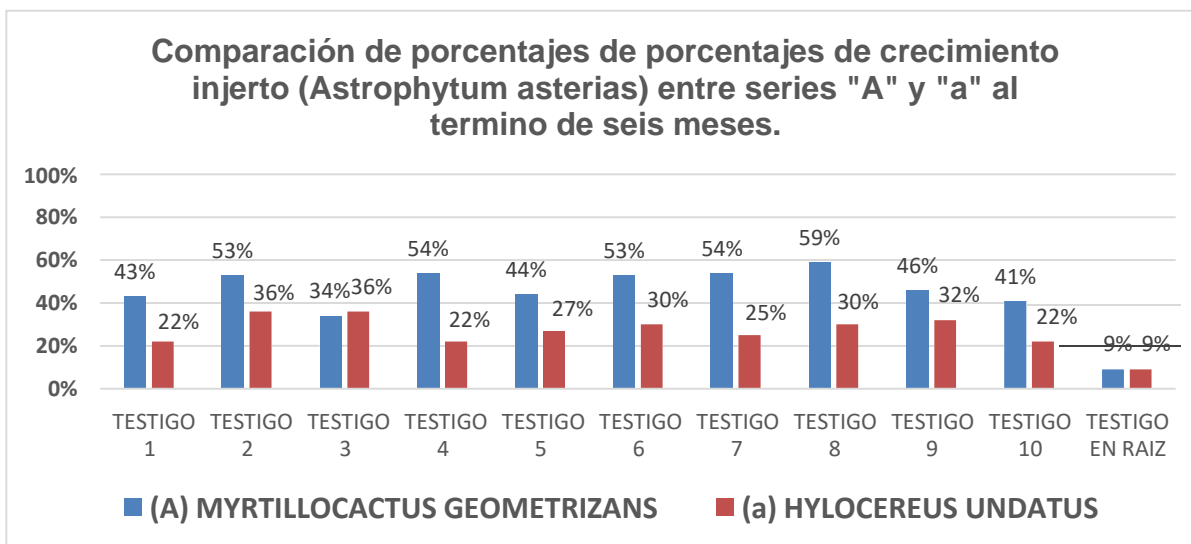
De acuerdo a la prueba estadística de medias que se realizó por medio del test de Tukey se comprobó que la especie *Astrophytum asterias* injertado en el portainjerto *Myrtillocactus geometrizans* tuvo un resultado mayor en crecimiento con una media de 40.70 a comparación del injertado en *Hylocereus undatus* con 28.20

Con los resultados de la prueba estadística queda demostrado que al comparar el crecimiento del injerto en los dos portainjertos con el testigo en raíz hubo un crecimiento del 57% en *Hylocereus undatus* como se observa en la figura 6 y el 65% en *Myrtillocactus geometrizans*, como se observa en la figura 7, mientras que en raíz solo hubo un crecimiento del 43% y 35% respectivamente.



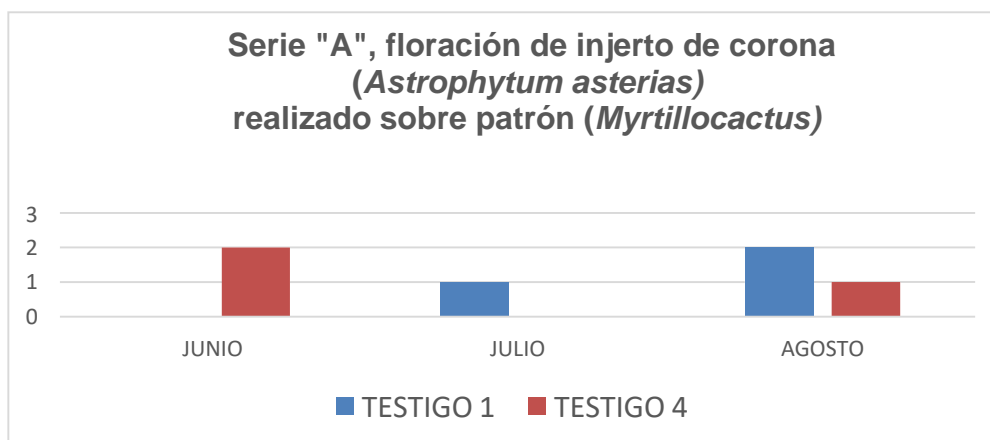
**Figuras 6 y 7. Comparación de crecimiento porcentual patrones serie "A" y "a" con raíz.**

**Cuadro 5. Porcentajes de crecimiento de la especie *Astrophytum asterias***



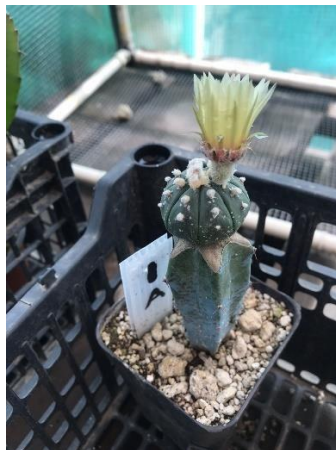
Podemos observar que al injertar la especie *Astrophytum asterias* sobre *Myrtillocactus geometrizans*, se obtuvo un resultado favorable en cuestión de crecimiento prácticamente en todos los tratamientos de la serie “A”, siendo el tratamiento 8 el de mayor crecimiento durante la investigación, con un porcentaje de 59% y comparado con el mismo tratamiento pero en la serie “a” se obtuvo un porcentaje del 25%, a su vez el tratamiento 10 fue el de menor crecimiento pero aun así con crecimiento favorable en comparación del injerto de la serie “a” del mismo tratamiento sobre *Hylocereus Undatus* y también comparado con el crecimiento del testigo en raíz que casi no obtuvo crecimiento.

**Cuadro 6. Floración del injerto de la especie *Astrophytum asterias* realizado sobre patrón *Myrtillocactus geometrizans*.**





**Figura 8. Formación de botón floral del testigo 1 serie "A" a los 4 meses de injertado.**



**Figura 9. Floración del testigo 1 a los 4 meses de injertado.**



**Figura 10. Formación de botón floral del testigo 4 a los 5 meses de injertado.**





**Figura 11. Floración del testigo 4 a los 5 meses de injertado, se observa la presencia de flor al ser injertado junto al testigo en raíz.**



**Figuras 12 y 13. Se observan los testigos que se utilizaron para las series “A” y “a”.**

Estos resultados no concuerdan con lo publicado por Emiliano Carrasco (2018) quien trabajo con la especie *Astrophytum asterias* injertada en *Myrtillocactus geometrizans* como medida de protección de *A. asterias* el estado de Tlaxcala y a pesar que su proyecto solo tuvo una duración de 90 días, obtuvo un crecimiento de 0.5 mm, que es un resultado inferior al resultado obtenido en el presente trabajo de investigación durante el mismo periodo (90 días) obteniéndose en los testigos más productivos un crecimiento de 12mm.(testigos 7 y 8, serie “A”), como se observa en el cuadro 1.

Nichanach Jeeselee, (2020), también trabajo con la especie *Astrophytum asterias* haciendo una comparación entre los portainjertos *Myrtillocactus geometrizans* e *Hylocereus undatus*, en la cual sugiere que el injerto más recomendable para propagar esta planta es el *Myrtillocactus geometrizans*, ya que obtuvo 0.48 mm promedio de crecimiento mientras que en *Hylocereus undatus* obtuvo un crecimiento de 0.39 mm por semana; en esta investigación se obtuvo un crecimiento de 1.53mm semanal en *M. geometrizans* y 1.09 mm semanal en *Hylocereus undatus*, si comparamos estos resultados con los de Nichanach J., queda demostrado que el portainjerto *Myrtillocactus geometrizans* es el que dio mejor resultado.

De acuerdo con Fleicher y Schütz, (1978), una de las principales ventajas al injertar cactus es que alcanzan una floración en menor tiempo, y por tanto consiguen una floración más frecuente, aumentando el número de flores y muchas veces son incluso son más grandes las floraciones que en plantas no injertadas. Martínez Avalos *et al.* (2004), concluyen que esta especie requiere al menos 3 años para alcanzar su madurez reproductiva para poder reproducirse por medio de la floración, en este proyecto la floración se obtuvo cuando la planta tenía un año de edad y cinco meses de injertada.

**Cuadro 7. Serie "b", medidas en milímetros injerto de corona (*Lobivia arachnacantha*) realizado sobre patrón (*Myrtillocactus geometrizans*).**

FECHA	TESTIGO										EN RAIZ
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
06/02/2023	15	15	14	15	15	16	15	15	15	15	15
20/02/2023	15	15	14	15	15	16	15	15	15	15	15
14/03/2023	15	15	17	15	15	17	15	15	15	18	15
07/04/2023	16	17	16	17	17	18	22	20	15	18	16
07/05/2023	30	31	24	32	34	19	22	23	30	20	16
07/06/2023	32	35	28	36	37	19	24	26	32	22	16
07/07/2023	34	39	36	38	40	22	28	32	35	32	17
07/08/2023	37	41	37	40	40	36	29	32	35	42	17

**Cuadro 8. Serie "b," medidas en milímetros injerto de corona (*Lobivia arachnacantha*) realizado sobre patrón (*Hylocereus undatus*).**

FECHA	TESTIGO										EN RAIZ
	MEDICION	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
06/02/2023	15	15	15	15	15	15	16	14	15	15	15
20/02/2023	15	15	15	15	16	15	17	14	16	17	15
14/03/2023	16	16	15	17	16	17	18	15	16	17	15
07/04/2023	17	17	15	17	18	18	20	15	19	17	16
07/05/2023	17	18	18	18	19	19	21	17	21	19	16
07/06/2023	17	18	19	18	21	20	22	19	22	20	16
07/07/2023	19	18	23	19	23	22	23	20	22	20	17
07/08/2023	19	19	23	19	24	23	23	21	23	22	17

**Análisis de la varianza**

SERIE B  
 INJERTO  
 GENERO LOBIVIA ARACHNACANTHA

**Cuadro 9. análisis de la varianza y prueba de medias (Tukey) de los veinte tratamientos.**

Variable N R<sup>2</sup> R<sup>2</sup> Aj CV  
 INJERTO 20 0.86 0.85 11.03

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1170.45	1	1170.45	112.48	<0.0001
ESPECIE	1170.45	1	1170.45	112.48	<0.0001
Error	187.30	18	10.41		
Total	1357.75	19			

**Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=3.03080**

Error: 10.4056 gl: 18

ESPECIE Medias n E.E.

<b>HYLOCEREUS UNDATUS</b>	<b>21.60</b>	<b>10</b>	<b>1.02</b>	<b>A</b>
<b>MYRTILLOCACTUS GEOMETRIZANS</b>	<b>36.90</b>	<b>10</b>	<b>1.02</b>	<b>B</b>

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

## RAIZ

### Cuadro 10. análisis de la varianza y prueba de Tukey para comparación de testigo en raíz con respecto a los testigos injertados.

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>	Aj	CV
RAIZ	20	0.00	0.00	0.00	5.44

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.00	1	0.00	0.00	>0.9999
ESPECIE	0.00	1	0.00	0.00	>0.9999
Error	13.80	18	0.77		
Total	13.80	19			

#### Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.82267

Error: 0.7667 gl: 18

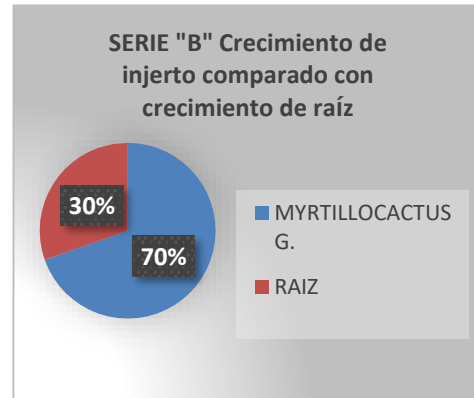
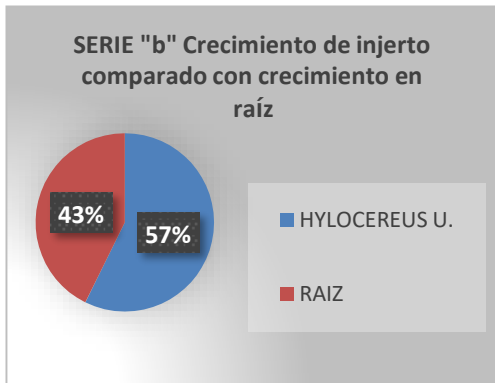
ESPECIE	Medias	n	E.E.
1	16.10	10	0.28 A
2	16.10	10	0.28 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

De acuerdo al análisis estadístico de varianza realizado y como se observa en el (cuadro 9) si existen diferencias significativas entre los dos portainjertos y el testigo en raíz ya que el valor de  $p=0.0001$ . Lo que nos indica que hubo más de un tratamiento con una diferencia significativa en crecimiento.

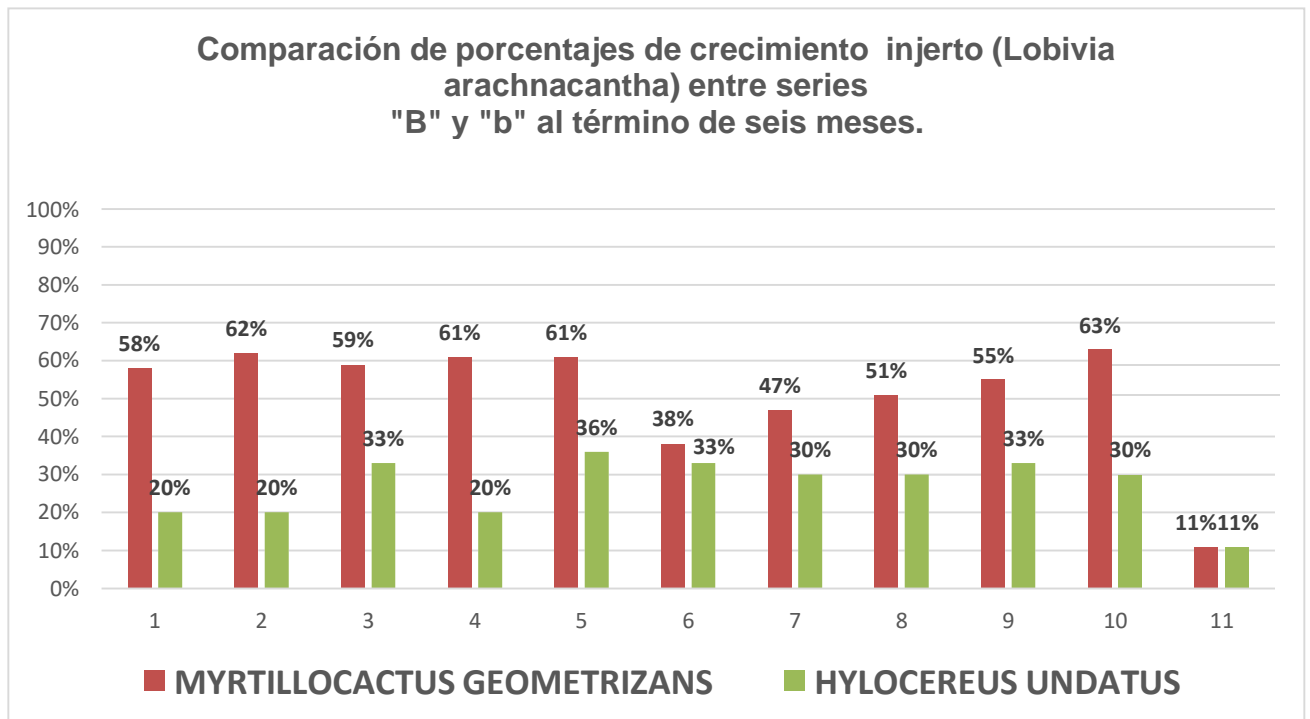
Con respecto a la prueba estadística de medias que se realizó por medio del test de Tukey se comprobó que la especie *Lobivia arachnacantha* injertada en el portainjerto *Myrtillocactus geometrizans* tuvo un mayor crecimiento con una media de 36.90 a comparación del injertado en *Hylocereus undatus* con 21.60.

Con los resultados de la prueba estadística queda demostrado que al comparar el crecimiento del injerto en los dos portainjertos con el testigo en raíz hubo un crecimiento del 57% en *Hylocereus undatus* y el 70% en *Myrtillocactus geometrizans*, mientras que en raíz solo hubo un crecimiento del 43% y 30% respectivamente, en esta serie se dio un resultado igual de favorable respecto al patrón *Myrtillocactus*, dando como resultado que tanto en la serie de la especie *Astrophytum asterias* y ésta, sea el portainjerto idóneo para que tengan un crecimiento más elevado.



Figuras 14 y 15. comparación de crecimiento porcentual patrones serie “B” Y “b” con raíz.

CUADRO 11. Porcentajes de crecimiento de la especie *Lobivia arachnacantha*



Como se observa en el cuadro 11 los injertos realizados de *Lobivia* sobre *Myrtillocactus geometrizans*, obtuvieron diferencias de crecimiento significativas en comparación con los injertados en *Hylocereus undatus*, el testigo 10 tuvo el mayor crecimiento con un 63% y en comparación con el mismo testigo, pero en la otra serie “b” que tuvo un 30% de crecimiento.

A su vez los testigos que tuvieron menor crecimiento fueron los testigos 1,2 y 4 con 20% de crecimiento en *Hylocereus*, el testigo en raíz tuvo muy bajo crecimiento ya que solo creció un 11% en comparación a los testigos injertados.

A su vez, otra de las grandes diferencias que se obtuvieron es que de los injertos realizados en *Myrtillocactus* se obtuvo floración en los testigos 1, 2, 4, 7 y 9 como se observa en el (cuadro 12) y a su vez se obtuvo presencia de hijuelos en los testigos 1, 2, 4, 5, 6, 8, 9 y 10 como se observa en el (cuadro 13), de acuerdo a Oudshoorn (1978) el adelanto de la brotación y floración es por efecto del portainjerto.

Los injertos realizados en el patrón *Hylocereus* no presentaron en ninguna repetición presencia de botones florales, como a su vez ninguno tuvo brotaciones de hijuelos, lo que nos indica que no se dio una buena unión de haces vasculares, lo más probable es que se trate de un problema de incompatibilidad entre estas especies de acuerdo a lo señalado por Hartman y Kester (1988), quienes indican que cuando el injerto falla en formar unión en un gran porcentaje de casos es incompatibilidad.

De lo anterior podemos indicar que lo más probable es que la especie *Hylocereus undatus* no tenga compatibilidad con *Lobivia arachnacantha*.

**Cuadro 12. serie "b", floración de injerto de corona (*Lobivia arachnacantha*) realizado sobre patrón (*Myrtillocactus geometrizans*).**

FECHA MEDICION	TESTIGO 1	TESTIGO 2	TESTIGO 4	TESTIGO 7	TESTIGO 9
06/02/2023	0	0	0	0	0
20/02/2023	0	0	0	0	0
14/03/2023	0	0	0	0	0
07/04/2023	0	0	0	0	0
07/05/2023	2	3	2	0	1
07/06/2023	2	0	1	0	1
07/07/2023	4	0	0	1	2
07/08/2023	0	0	0	0	0



**Figura 16. Testigo 1 serie "B", *Lobivia* injertada en *Myrtillocactus geometrizans*, floración del 7 de julio.**



**Figuras 17 y 18. Testigo 2 serie "B", *Lobivia* injertada en *Myrtillocactus geometrizans*, botón y floración en el mes de mayo.**



**Figura 19. Testigo 4 serie "B", *Lobivia* injertada en *Myrtillocactus geometrizans*, floración en el mes de junio.**

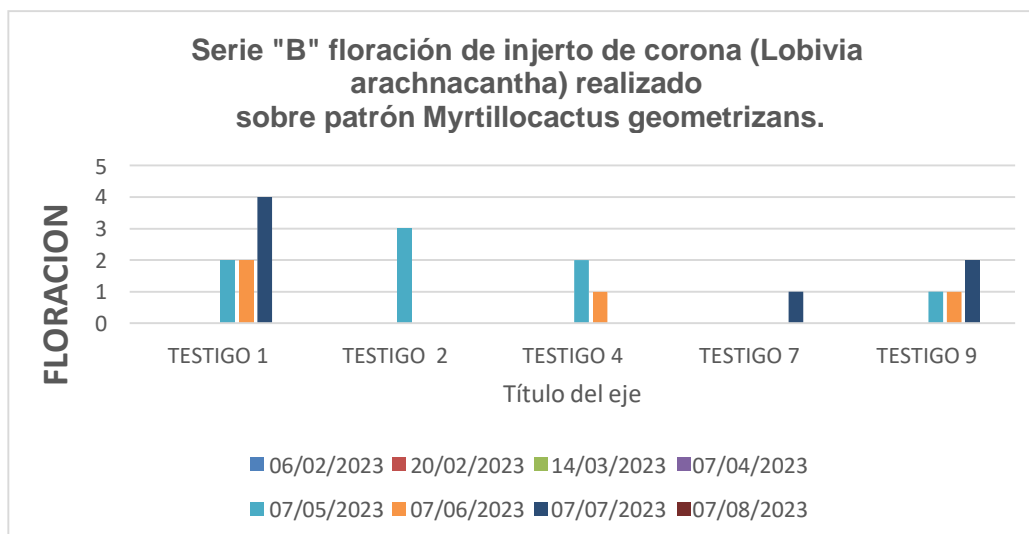


Figura 20. Testigo 7 serie “B”, *Lobivia* injertada en *Myrtillocactus geometrizans*, floración en el mes de julio.



Figuras 21 y 22. Testigo 7 serie “B”, *Lobivia* injertada en *Myrtillocactus geometrizans*, brote y floración en el mes de julio.

Cuadro 13. serie “B” floración de injerto de *Lobivia arachnacantha* sobre *Myrtillocactus geometrizans*.





**Cuadro 14. serie "b", brotaciones (hijos) en injerto de corona (*Lobivia arachnacantha*) realizado sobre patrón (*Myrtillocactus geometrizans*).**

FECHA MEDICION	TESTIGOS								
	1	2	4	5	6	8	9	10	
MAYO	3	3	1	2	0	3	2		
JUNIO	6		5	11	3		6		
JULIO		14	7	15	8	5	7		
AGOSTO	8	16	13	16	5		9	1	



**Figura 23. testigo 1 serie "B" inicio y final del proyecto.**



**Figura 24. testigo 2 serie "B" inicio y final del proyecto.**



**Figura 25. testigo 4 serie "B" inicio y final del proyecto.**



**Figura 26. testigo 5 serie "B" inicio y final del proyecto.**



**Figura 27. testigo 6 serie "B" inicio y final del proyecto.**



**Figura 28. testigo 8 serie "B" inicio y final del proyecto.**

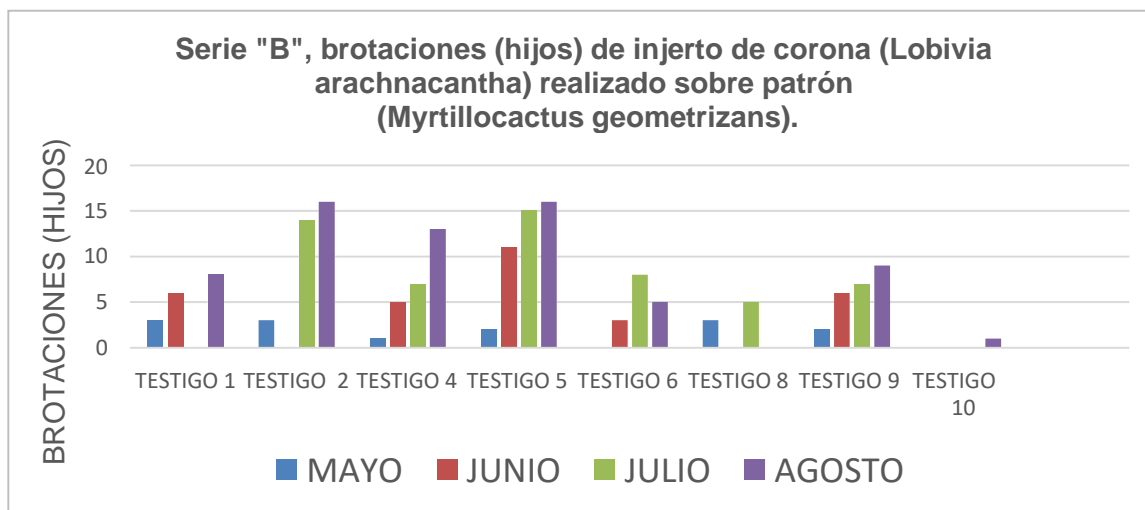


**Figura 29. testigo 9 serie "B" inicio y final del proyecto.**



**Figura 30. testigo 10 serie "B" inicio y final del proyecto.**

**Cuadro 15. serie "B", gráfica brotaciones (hijos) en injerto de corona de (*Lobivia arachnacantha*) realizado sobre patrón (*Myrtillocactus geometrizans*).**



Sánchez (2008) reportó la emisión de tres flores en injertos de *Lobivia aurea* que tenían tres meses de injertados, lo cual se asemeja a nuestra investigación ya que las primeras floraciones las obtuvimos de igual forma, a los tres meses en el mes de mayo.

En el cuadro 14 se observa que se presentó brotación en varios periodos comenzando en el mes de mayo justo tres meses después de haberse injertado. Este comportamiento podría estar relacionado con lo indicado por Castillo et al. (1994) y Weiss (1993), en el sentido de que los periodos de brotación en injertos de cactáceas son muy constantes una vez que comienzan a mostrar índices de hijuelos.

De acuerdo a Neda Bayat (2016) las brotaciones se empiezan a presentar en primavera y son mayores que en otoño, lo que concuerda con el periodo de las brotaciones en este trabajo ya que empezaron a brotar en los testigos en el mes de mayo, en consecuencia, el éxito del injerto en primavera es mayor que en otra estación del año, a su vez Jeong *et. al.* (2007) estudiaron el efecto de la temperatura ambiente sobre la toma de injertos y el crecimiento post-injerto, y encontraron que con una temperatura promedio de 30° a 35° C los injertos tienen un crecimiento y producción de brotes mejor, cabe recalcar que la temperatura promedio presentada durante los meses de este proyecto fue de 30° C.

**Cuadro 16. Serie "C" medidas en milímetros injerto de corona  
(*Gymnocalycium mihanovichii*) realizado sobre patrón (*Myrtillocactus*).**

FECHA	TESTIGO										EN RAIZ
MEDICION	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
06/02/2023	18	17	18	17	18	18	18	18	17	18	18
20/02/2023	18	18	18	19	18	18	18	18	17	18	18
14/03/2023	21	18	19	24	19	22	20	21	22	21	19
07/04/2023	21	19	21	28	20	23	21	22	22	23	20
07/05/2023	25	20	23	29	23	24	23	22	24	25	20
07/06/2023	34	25	29	30	24	29	30	29	25	28	20
07/07/2023	38	29	33	37	29	33	36	34	27	30	20
07/08/2023	46	35	33	40	40	33	44	35	30	33	20

**Cuadro 17. serie "c," medidas en milímetros injerto de corona  
(*Gymnocalycium mihanovichii*) realizado sobre patrón (*Hylocereus undatus*)**

FECHA	TESTIGOS										EN RAIZ
MEDICION	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
06/02/2023	18	17	17	18	18	18	18	18	17	18	18
20/02/2023	18	17	17	18	18	18	18	18	18	18	18
14/03/2023	19	18	19	19	18	18	23	21	21	21	19
07/04/2023	20	21	22	20	20	20	28	24	22	23	20
07/05/2023	20	23	25	20	25	22	33	24	24	29	20
07/06/2023	23	26	29	25	31	28	37	31	29	32	20
07/07/2023	26	31	34	28	34	33	41	34	34	37	20
07/08/2023	26	35	34	30	36	35	46	35	34	40	20

**Cuadro 18. Análisis de la varianza y prueba de medias (Tukey) de los veinte tratamientos de la especie *Gymnocalycium mihanovichii*.**

SERIE C  
INJERTO

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>	Aj	CV
INJERTO	20	0.03	0.00	14.75	

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	16.20	1	16.20	0.57	0.4584
ESPECIE	16.20	1	16.20	0.57	0.4584
Error	507.80	18	28.21		
Total	524.00	19			

**Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=4.99040**

Error: 28.2111 gl: 18

ESPECIE Medias n E.E.

**HYLOCEREUS UNDATUS** 35.10 10 1.68 A

**MYRTILLOCACTUS GEOMETRIZANS** 36.90 10 1.68 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Cuadro 19. Análisis de la varianza y prueba de medias (Tukey) para comparación de crecimiento en raíz con respecto a los testigos injertados.**

RAIZ

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>	Aj	CV
RAIZ	20	0.00	0.00	4.36	

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.00	1	0.00	0.00	>0.9999
ESPECIE	0.00	1	0.00	0.00	>0.9999
Error	13.00	18	0.72		
Total	13.00	19			

**Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.79847**

Error: 0.7222 gl: 18

ESPECIE Medias n E.E.

1 19.50 10 0.27 A

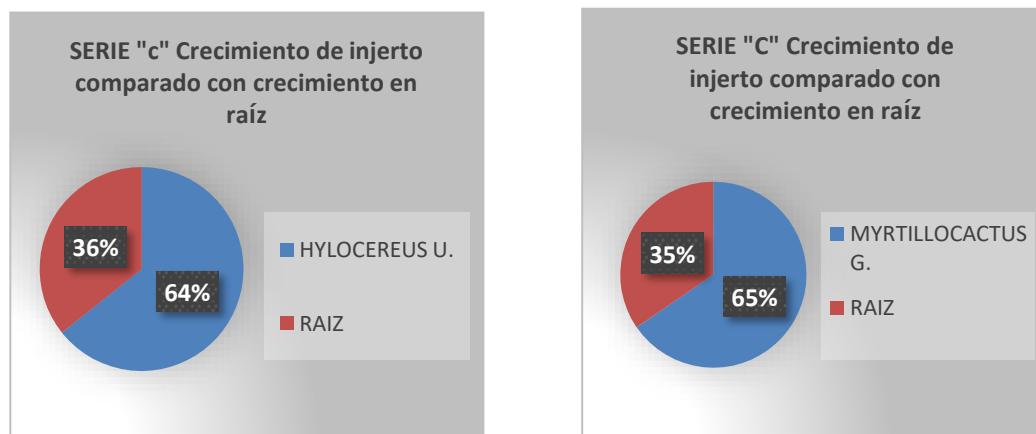
2 19.50 10 0.27 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

De acuerdo al análisis estadístico de varianza realizado y como se puede observar en el (cuadro 17) no existen diferencias significativas entre los dos portainjertos y el testigo en raíz ya que el valor de  $p=0.4584$  es mayor a  $0.05$  con lo cual rechazamos la hipótesis alterna que nos dice que nuestros datos no tendrían una distribución normal y aceptamos la hipótesis nula ya que nuestros datos tienen una distribución normal y no hay suficiente prueba estadística de que los datos tuvieran una diferencia significativa .

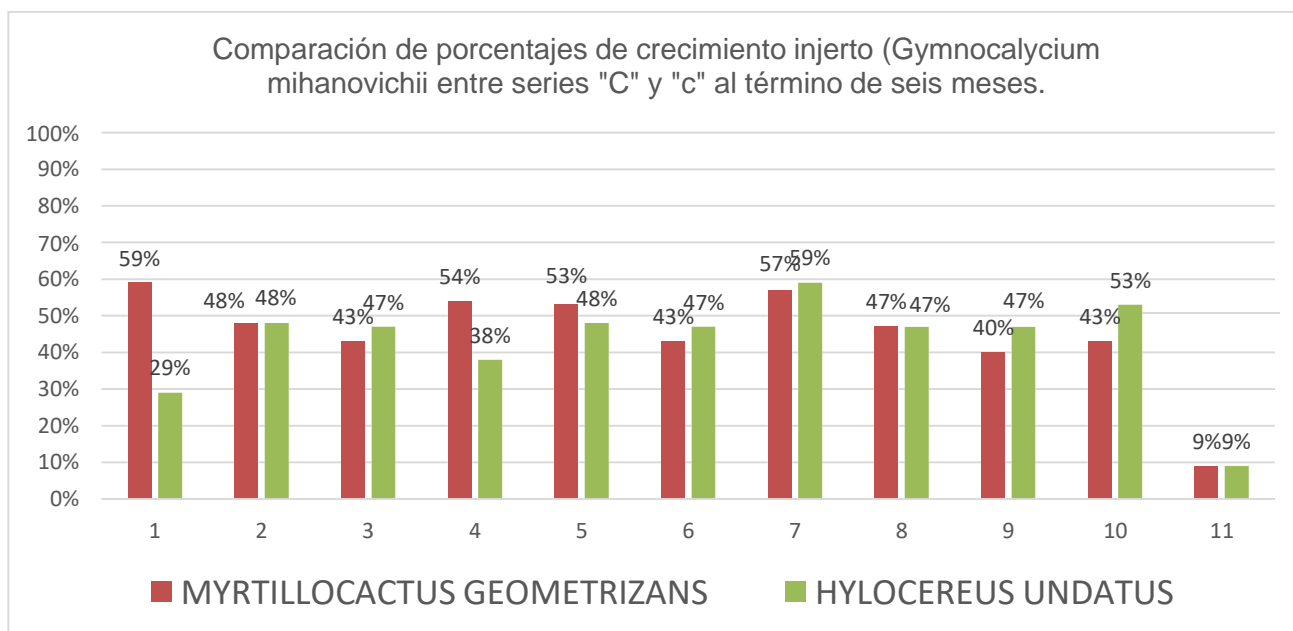
De acuerdo a la prueba estadística de medias que se realizó por medio del test de Tukey comprobamos que la especie injertada en el portainjerto *Myrtillocactus geometrizans* tuvo un resultado mayor, pero por muy poco porcentaje en crecimiento a comparación del injertado en *Hylocereus undatus*.

Con los resultados de la prueba estadística queda demostrado que al comparar el crecimiento del injerto en los dos portainjertos con el testigo en raíz hubo un crecimiento del 64% en *Hylocereus undatus* y el 65% en *Myrtillocactus geometrizans*, mientras que en raíz solo hubo un crecimiento del 36% y 35% respectivamente.



**Figura 31. Comparación de crecimiento porcentual entre patrones "C" y "c" con raíz.**

**Cuadro 20. Porcentajes de crecimiento de la especie *Gymnocalycium mihanovichii***



Como se observa en el cuadro 20 los injertos que fueron realizados de la especie *Gymnocalycium mihanovichii* sobre el patrón *Myrtillocactus geometrizans* obtuvieron mejor resultado en crecimiento, pero por muy poco respecto a los injertados en *Hylocereus undatus*, los 2 testigos que tuvieron un mayor crecimiento fueron el testigo numero 1 injertado en *Myrtillocactus* y el testigo 7 injertado en *Hylocereus* ambos con 59% de crecimiento.

El testigo que tuvo menor crecimiento fue el numero 1 con 29% de la serie "c" que corresponde a los injertados en *Hylocereus*, mientras que el mismo testigo 1 pero de la serie "C" tuvo un crecimiento de 59%.

El patrón *Myrtillocactus geometrizans* les dio vigor y crecimiento rápido a sus testigos en comparación al testigo en raíz, pero en ningún testigo hubo presencia de brotes y flores, a comparación con los injertados en *Hylocereus* como los testigos 5,7 y 8 como se observa en el (cuadro 20), que tuvieron presencia de brotes, lo que nos da como conclusión que para una mejor y rápida propagación de la especie *Gymnocalycium Mihanovichii* la mejor opción es injertarlos en *Hylocereus Undatus*.



**Cuadro 21. Serie "c" brotaciones (hijos) en injerto de corona (*Gymnocalycium mihanovichii*) realizado sobre patrón (*Hylocereus undatus*).**

FECHA MEDICION	TESTIGO 5	TESTIGO 7	TESTIGO 8
MAYO	1	2	
JULIO			2



**Figuras 32 y 33. Injerto serie "c" testigo 5 al inicio del proyecto y comienzo de brote en el mes de mayo respectivamente.**



**Figuras 34 y 35. Injerto serie "c" testigo 7 al inicio del proyecto y presencia de dos brotes en el mes de mayo respectivamente.**



**Figuras 36 y 37. Injerto serie “c” testigo 8 al inicio del proyecto y presencia de brotes en el mes de julio respectivamente.**



**Figura 38. Injertos serie “C” y “c” testigo 7 comparación de crecimiento entre *Myrtillocactus G.* e *Hylocereus U.* y el testigo en raíz.**

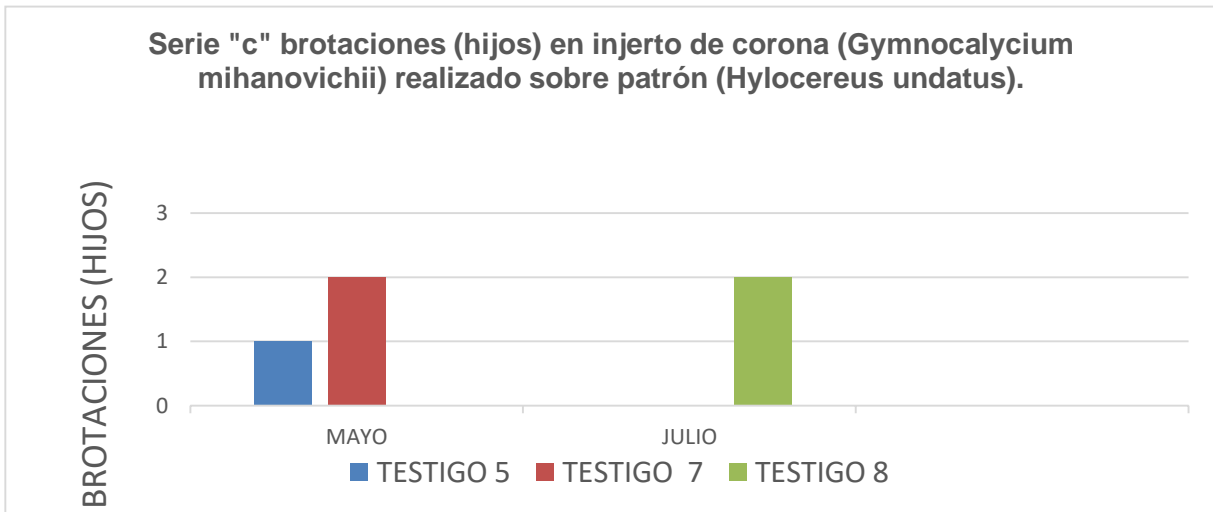


**Figura 39. Injertos serie “C” y “c” testigo 5 comparación de crecimiento entre *Myrtillocactus G.* e *Hylocereus U.* y el testigo en raíz.**



Figura 40. Injertos serie “C” y “c” testigo 8 comparación de crecimiento entre *Myrtillocactus G.* e *Hylocereus U.* y el testigo en raíz.

Cuadro 22. Serie "c" brotaciones (hijos) en injerto de corona (*Gymnocalycium mihanovichii*) realizado sobre patrón (*Hylocereus undatus*).



R. Perumal *et. al.* (2020) estudiaron los efectos de la compatibilidad de injertos de cactus ornamentales, donde la especie *Gymnocalycium mihanovichii* fue injertada en 2 patrones los cuales eran *M. geometrizers* y *H. undatus* y concluyeron que los injertados en *Hylocereus* tienen capacidad de producir retoños más rápido que los injertados en *Myrtillocactus*, a su vez en sus estudios de crecimiento el que obtuvo mejor crecimiento fueron los injertados en *M. geometrizers* con una circunferencia de 14.64mm mientras que en *Hylocereus* fue de 10.74mm pero contando con presencia de retoños.

De acuerdo a Volker Schadlich (2012) la especie *Gymnocalycium Mihanovichii* en raíz comienza a producir hijuelos a partir de los cinco años en adelante, a su vez la floración comienza por primera vez a los tres años; en este proyecto se obtuvieron las primeras brotaciones a los tres meses de haberse injertado y tomando en cuenta que la planta tenía la edad de un año desde su germinación, queda demostrado que mediante la técnica de injerto aceleramos el proceso de crecimiento, obteniendo hijuelos aproximadamente cuatro años antes de lo señalado por el mismo autor.

## IX CONCLUSIONES

La propagación de cactáceas mediante injertos es una técnica eficiente y eficaz cuando se desea obtener rápido crecimiento, floración y brotación en un tiempo menor, en comparación con una planta que sigue su proceso de crecimiento en raíz, las cactáceas que están en categorías de riesgo, pueden ser tratadas por medio de esta técnica para conservarlas y reproducirlas rápidamente con el fin de mitigar un poco la extracción ilegal y el peligro constante de que desaparezcan totalmente de su hábitat. Por otra parte, la propagación por injertos desde un punto de vista comercial, es la más utilizada en el mundo para reproducir plantas ornamentales, ya que gracias al rápido crecimiento se obtienen brotes, flores y semillas a corto plazo.

Al realizar la comparación del crecimiento de injertos sobre los dos portainjertos (*Myrtillocactus Geometrizans* e *Hylocereus undatus*), las especies que mostraron diferencias significativas en crecimiento fueron *Astrophytum asterias* con un porcentaje de crecimiento del 65% mientras que en *H. undatus* fue de 57%, por otro lado, al injertar *Lobivia arachnacantha* en *Myrtillocactus geometrizans* hubo un crecimiento del 70% y en *Hylocereus undatus* un crecimiento de 57%. La especie *Gymnocalycium mihanovichii* si presentó crecimiento entre porta injertos y con respecto al testigo en raíz pero con la prueba estadística, quedo demostrado que no hubo mucha diferencia significativa, los 2 patrones le dieron al injerto el mismo porcentaje de crecimiento, esta especie se adapta muy bien tanto injertada en *Myrtillocactus geometrizans* con un 65% de crecimiento, así como para *Hylocereus undatus* con un 64%, la mayor diferencia en esta serie entre los portainjertos está en que *Hylocereus undatus* logro que en 3 testigos existiera presencia de brotaciones, lo que comprueba lo redactado por varios coleccionistas y autores, que el mejor portainjerto para reproducir al género *Gymnocalycium* es usando como patrón al *Hylocereus undatus*.

La presencia de flores solamente se registró en especies injertadas en el patrón *Myrtillocactus Geometrizers*, la especie *Astrophytum asterias* con 6 flores repartidas en 2 testigos y la especie *Lobivia arachnacantha* presento floración en los testigos 1,2,4,7 y 9 , cabe mencionar que no fue posible la obtención de semillas, ya que la presencia de las flores fueron en periodos y días distintos y nunca hubo una coincidencia para poder realizar la polinización, esto podría obtenerse al dejar que el proyecto tenga más duración para poder incrementar la posibilidad de que las floraciones se coordinen entre los ejemplares .

La especie con mayor presencia de brotes fue *Lobivia arachnacantha*, injertada en *Myrtillocactus Geometrizers* obteniéndose brotes en los testigos 1 (8 brotes), 2 (16 brotes) 4 (13 brotes), 5 (16 brotes), 6 (5 brotes), 8 (5 brotes), 9 (9 brotes) y 10 (1 brote), por otro lado, en la misma serie, pero injertados en *Hylocereus undatus* no hubo presencia de flores ni de brotación en ninguna repetición.

El uso de injertos en cactáceas a pesar de que no es algo novedoso se ha aplicado principalmente en especies ornamentales, no existe mucha información sobre el uso como portainjertos de *Hylocereus undatus* y de *Myrtillocactus geometrizers*, así como de las especies y géneros que se usaron en este trabajo para la realización de los injertos ,es por esto la importancia de la realización de este trabajo para demostrar la eficacia de propagar cactáceas mediante la técnica del injerto, y así ayudar a la conservación y preservación de una manera más rápida.

## XI RECOMENDACIONES

- Extender el análisis por un periodo mínimo de un año y medio para obtener mejores resultados, logrando con ello que coincidan en floración varias plantas y poder polinizar para la obtención de semillas.
- Evaluar otras alternativas de portainjertos para evaluar su rendimiento (*Acanthocereus*, *Ferocactus*, *Grussoni*, *Echinopsis*, *Perezkiopsis*).
- Utilizar alternativas de injertos sobre todo de especies de muy lento crecimiento o que estén en peligro en hábitat para evaluar su crecimiento.
- Injertar en la estación de primavera para obtener resultados fiables.

## XI FUENTES DE INFORMACION

Alanís, G. 1992. Cactáceas en peligro de extinción, amenazadas o raras para el noreste de México. Presentado en la 5\* Reunión Nacional de Jardines Botánicos, Xalapa, Ver.

Alanís, G.F. 2001. Saqueo y tráfico de cactáceas, un detrimento patrimonial de recursos naturales. En: Alanís FG, Ledezma MA (eds). Memoria 3er. Taller regional de cactáceas del noreste de México.

Anderson M. 1997. Grafting succulents. Cactus and succulent journal (U.S.). 69(1):17-25

Anderson, F. E. 2001. The cactus family; by Timber Press, Inc. The Haseltine building 133 Sw second Avenue, Suite 450 Portland, Oregón 97204, USA; 776.

Arechavaleta, J. 1903-1911. Flora uruguaya, anales del Museo Nacional de Montevideo, Montevideo.

Arévalo G., M. 2000. Análisis entre la relación patrón-injerto entre cactáceas. Tesis de maestría. Colegio de postgraduados, Montecillo Estado de México.

Arias S. Gama L.S. y Guzmán Cruz L.V.1997. Cactácea. Fascículo 14 UNAM México. 146 pp.

Arias M., S. 1997. Distribución general de las cactáceas. *In*. Mexicanas: Cactáceas.

Rodríguez, P. L. (ed.) Suculentas México, D.F.

Arreola N.H.J. 1997. Formas de vida y características morfológicas. *In*: Suculentas Mexicanas: Cactáceas Rodríguez; P.C. (ed) México, D.F.

Bailey, L. H. & E. Z. Bailey. 1930. Hortus a concise dictionary of gardening, general horticulture and cultivated plants in north América. The McMillan company, New York.

Baldini, E. 1992. Arboricultura general. Traducción al español de J. de la Iglesia G. Madrid, España.

Bárceñas-Abogado. P., T. Olivera-Flores, L. Tijrina-Chavez y A. Larque-Saavedra. 2002. Características agronómicas de la pitahaya (*Hylocereus spp.*). universidad Autónoma Metropolitana-Colegio de Postgraduados. México. 62pp.

Becerra R. 2002. The cactus family. Portland, Oregón, U.S.A., Timber press.776p.

Becerra R. 2000. Revista Biodiversitas. 6(22).

Boyle, T. H. and E.F. Anderson. 2002. Biodiversity and conservation in cacto. Biology and uses. Charter 8. Nobel, P.L. (ed). University of California, U.S.A.



- Bravo-Hollis H y Mac Dougall T. 1958. Revisión del género *Neodawsonia*, Anales del Instituto de Biología de la Universidad Nacional de México. 29:73-87.
- Bravo-Hollis H. 1978. Las cactáceas de México. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Bravo-Hollis, H. & Sánchez, H. 1992. Las cactáceas de México. Universidad Nacional Autónoma de México. Vol. II. 404 pp.
- Bravo-Hollis, H. Sánchez-Mejorada, H. 1978. las cactáceas de México. Universidad Nacional Autónoma de México. Vol. I. México, D. F.
- Bravo H.C.1994. Las cactáceas de México. Vol. III. UNAM. México, D.F.
- Britton, N.L. & Rose, J. N. 1919. The cactaceae. Descriptions and illustrations of plants of cactus family. Vols. I-II. Dover Publications, inc. New York.
- Buining & F. Ritter) *Echinopsis arachnacantha* 1974 H. Friedrich. in Kakteen And. Sukk. 25(4): 82.
- Castillo, M.R., y Y.D. Ortiz H. 1994. Floración y fructificación de Pitahaya en Zaachila, Oaxaca. Rev. Fitotec. Mex. Vol. 17:12-19.
- Castillo-Campohermoso, A. D., A. López-Espinosa, I. Ocampo-Fletes. 2010. Conocimiento y uso de cactáceas por familias campesinas en Coxcatlán, Puebla. Ra Ximhai. 6: 347-353.
- Castillo-Martínez, R., H. Calix de Dios y A. Rodríguez. 1996. Guía técnica para el cultivo de pitahaya. Universidad de Quintana Roo, México 158 pp.
- Castillo-Martínez. y M. Livera-Muñoz, A. E. Brechú y G. J. Marquez-Guzman 2006.
- Carrasco-Rueda E., Uso de injertos como medida de protección de las cactáceas *Astrophytum asterias* en el estado de Tlaxcala. Instituto Sor Juana Inés de la Cruz, Tlaxcala de Xicoténcatl, Tlax. 9000, México.2018.
- Compatibilidad sexual entre cinco genotipos de pitahaya (*Hylocereus undatus*) Agrociencia 39 (2); 183-194.
- Cordero, I. 1997. Injertos de pitahaya (*Hylocereus undatus* Haworth) sobre otras cactáceas. Professional Thesis. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 51 p.
- Cordero, I. 1999. Injertos de pitahaya (*Hylocereus undatus* Haworth) sobre otras cactáceas y su relación con el contenido de azúcares. Tesis de Maestría. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma de Chapingo, Texcoco, Estado de México, México.

Charles, G. 2009. *Gymnocalycium* in habitat and culture.

CITES Cactaceae Checklist compiled by D. Hunt (1992). Royal Botanic Gardens, Kew, U.K.

Cushman J. 2001. Crasulacean Acid metabolism a Plastic Photosynthetic Adaptation to Arid Environments. *Plant Physiol.* 127:1439-1448.

Cruz C.M. 1996. Cultivo de Pitahaya. In: Memorias del primer congreso teórico práctico sobre el cultivo de la pitahaya del 13 al 16 de noviembre, Universidad de Quintana Roo, Chetumal, Q. Roo. México. Conabio 2000.

Chittenden, F. J. 1951. Dictionary of gardening. A practical and scientific encyclopedia of horticulture society. At the clarendon press. Oxford.

Del Ángel-Pérez, A.L.C.A. Hernández-Estrada, A. Rebolledo-Martínez y R. Zetina-Lezama, 2012. Pitahayas: patrimonio biocultural para diversificar la agricultura y la alimentación. Centro de investigación Regional Golfo Centro INIFAP. Veracruz. 183 pp.

Duarte, M., P.C. Guerrero, G. Carvalho, R.O. Bustamante 2014. Conservation network design for endemic cacti under taxonomic uncertainty. *Biological conservation* 176: 236-242.

Egidio G.R.1997. Injertos de Pitahaya (*Hylocereus undatus*). Universidad Autónoma de Chapingo, México.

Elizondo, E. 1991. Cactáceas vulnerables y en peligro de extinción para Coahuila, México, *Biotam.* 2 (2): P. 17-22,

Esquivel, P. y Anaya-Quesada, 2012. Características el fruto de la pitahaya (*Hylocereus* sp.) y su uso potencial en la industria alimentaria *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de alimentos.* Venezuela. 3(1): 113-129.

Estrada-Arellano, J. R., A. E. Estrada-Castillon, M. M. Salinas-Rodríguez, J. Sánchez-Salas, E. O. Rueda-Puente, C. Márquez-Hernández. 2018. Cactus diversity in the Sierra del Rosario, Durango, México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios.* 5:133-141.

Felker P. 2003. Cactus grafting methods. Marlin Huffman. Plantation Botanical. INC Nelda Florida J. PACD.

Felker P., S del C. Rodríguez., R. Casoliba M., R. Filippini., D. Medina and R. Zapata 2005. Comparison of opuntia ficus indica varieties of mexican and Argentine origin for fruit yield and quality in Argentina. *Journal of arid environments.* 60: 405-422.

Fleischer, Z., Schütz B. (1978). Cultivo de cactus, Editorial agrícola estatal, Praga, 193.

- Gibson A.C. y Horak K.E. 1978. Systematic anatomy and phylogeny of Mexican columnar cacti. *Annals of the Missouri Botanical Garden*. 65:999-1057.
- Glass, E. 1998. Guía para la identificación de las cactáceas amenazadas en México. Fideicomiso Fondo para la Biodiversidad. Vol. I. México, D.F.
- Glass, Charles, 1994. Cactus and succulent society of América, in litt.
- González Insuasti, M. S. y Caballero, J. 2007. Managing plant resources: How intensive can it be? *Human Ecology*, 35, 303-314.
- Gómez H.C. 1998. Diversidad, distribución y abundancia de cactáceas en la región Mier y Noriega, México, Tesis de licenciatura UNAM, México. 75 pp.
- Guerrero, P.C.; Duran, A. P. y Walter H., 2011. Latitudinal and altitudinal patterns of the endemic cacti from the Atacama Desert to Mediterranean Chile *Journal of Arid Environments* 75 (11): 991-997.
- Gurvich, D. E.; Zeballos, S. R.; Demaio, P. H. 2014. Diversity and composition of cactus species along an altitudinal gradient in the Sierras del Norte Mountains (Córdoba, Argentina). *S. Afr. J. Bot.* 93: 142–147.
- Guzmán U., Arias S., Oávila P. 2007. "Catálogo de cactáceas mexicanas.. UNAM CONABIO. México.
- Guzmán, U., Arias, S. y Dávila, P. 2003. Catálogo de cactáceas mexicanas. México D.F. UNAM-CONABIO.
- Hartman, H.T. y D.E. Kester 1988. Propagación de plantas. Segunda edición. Ed. CECOSA. México, D.F. 760 p.
- Harman, L. and M. Kester's. 2002. Plant propagation "principles and practices" Edition seventh. Ed. Hudson T. Prentice Hall New Jersey USA.
- Hernández, H. M., Godínez, H.A. 1994. Contribución al conocimiento de las cactáceas mexicanas amenazadas. *Acta Botánica Mexicana*. 26:33-52.
- Hernández H.M. y Bárcenas R.T. 1994. Endangered cacti in the Chihuahua desert: Distribution patterns *Conservation Biology*. 9:1176-1188.
- Hunt D.R. 1967. Cactaceae. The general of flowering plant. Vol.2 pag. 427-467.
- Hunt D.R. 1983. A new review of Mammillaria names A-C. *Bradleya* 1:05-128
- Hunt D.R. 1984. A new review of Mammillaria names D-K. *Bradleya* 2:05-96
- Hunt D.R. 1985. A new review of Mammillaria names L-M. *Bradleya* 3:53-66

- Hunt D.R. 1986. A new review of Mammillaria names N-R. *Bradleya* 4:39-64
- Hunt D.R. 1987. A new review of Mammillaria names S-Z. *Bradleya* 5:17-48
- IUCN. 1983. Rare, Threatened and insufficiently known endemic cacti of México. Botanic Gardens Conservation Coordinating Body. Threatened Plants Unit. Threatened Plants Committee. 9 pp.
- IUCN. 1985. Rare and threatened plants of central America. 37 pp.
- Jeong SJ, Kim WS y Lee 2007. Efecto de la temperatura ambiente estacionaria sobre la toma del injerto y el crecimiento de los injertados cactus Bola de Rubí. *Medio ambiente hortícola y biotecnología*. 47:144-149.
- Jiménez-Sierra, C. 2011. Las cactáceas mexicanas y los riesgos que enfrentan. *Revista digital universitaria. Facultad de ciencias de la UNAM*. 12(1).
- Kiesling, R.; Larrocca, L.; Faúndez J.; Metzinger D.; Albesiano, S. 2008. Cactaceae. En: *Catálogo de las Plantas Vasculares del Cono Sur (F.O. Zuloaga, O. Morrone & M. J. Belgrano eds.) Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden* 107, Saint Louis, EUA. Vol. 2, Pp: 1715-1830.
- Kobayashi A. 1996. History of albino cacti. *The succulent society of Japan. Cactus and succulent journal* 68: 21-22.
- Lee M., L., M. Oda. 2003. Grafting of herbaceous vegetable and ornamental crops. *Hort. Rev.* 28: 61-124.
- Lorenzo C. G., 2001 *Salvaguarda y aprovechamiento de especies de cactáceas del área conurbada Saltillo-Arteaga-Ramos Arizpe Coahuila*.
- Luna Morales, C. y Aguirre, J. R. 2001. Clasificación tradicional, aprovechamiento y distribución ecológica de la pitaya mixteca en México. *Interciencia* 26, 18-24.
- Luthy J. 1995. *Taxonomische Untersuchung der Gattung Mammillaria Haw (cactaceae) Arbeitskreises für Mammilarienfreunde, Osnabruck* 149 pp.
- Malda, G. 1990. Plantas vasculares raras, amenazadas y en peligro de extinción en Tamaulipas. Cd. Victoria, Tamaulipas, México. *BIOTAM* 2 (2): 55-61
- Martínez A. J.G. cactáceas y suculentas mexicanas, tomo XLIX, Año 49, No. 4, octubre-diciembre 2004, análisis del método de evaluación de riesgo MER del falso peyote "Astrophytum asterias" Zucc lem. En México.
- Mauseth J. 2004. The structure of photosynthetic succulent stems in plants other than cacti. *J. plant Sci.* 165(1):1-9.

- Meneses R.I. & Beck S. Especies amenazadas de la Flora de Bolivia, Herbario Nacional de Bolivia 2005.
- Meraz-Alvarado, M. R. M. A. Gómez-Cruz y R. S. Rindermann, 2003. Pitahaya de México-producción y comercialización en el contexto internacional. In; Flores-Valez, C.A. (Ed.) Pitahayas y Pitahayas: Producción, Poscosecha, Industrialización y Comercialización CIESTAAM, Universidad Autónoma Chapingo México, 97-124.
- Meza-Rangel, E., Tefoya, F.; Lindig-Cisneros, R; Sigala-Rodríguez, J.; y Pérez, E. 2014. Distribución actual y potencial de las cactáceas *Ferocactus histrix*, *Mammillaria bombycina* y *M. perezdelarosae* en el estado de Aguascalientes, México.
- Moreno P., López, L. & Arce, L. 1992. Aspectos sobre las semillas y su germinación de *Echinomastus mariposensis* Hester. *Cact. Suc. Méx.* XXXVII (1): 21-23.
- Myeong H., J., C. Chanh.Hui. and L. Yung.Myung. 2004. Production and seeding of cacto for grafting in Corea. *Horticulture science focus.* 44(3):7-10.
- Nava H.J. 1997. Formas de vida y características morfológicas, In: *Suculentas mexicanas: Cactáceas* Rodríguez; P.C. (ed) México, D.F.
- Neda Bayat, 2016. El tiempo de injerto afecta el rendimiento del cactus. Departamento de horticultura, Rama Karaj, Universidad Islámica Azad, Karaj. Irán, Facultad de ciencias e ingeniería agrícolas, departamento de horticultura, Universidad de Teherán, Karaj, IRAN.
- Nicanach Jeeselee, 2020. Comparación de crecimiento de los cactus *Astrophytum asterias* para expandirse en diferentes raíces. Facultad de Agricultura, recursos naturales y medio ambiente, Universidad Naresuan, Phitsanulok 65000.
- Nobel P.S. 1998. Los incomparables agaves y cactus. Trillas, Mx. 211p.
- Nobel P.S. and E. de la Barrera 2004. CO<sub>2</sub> uptake by the hemiepiphytic cactus *Hylocereus undatus*. *Ann. Appl. Biol.* 144(1):1-8.
- Ortiz H. Y.D. 2000. Hacia el conocimiento y conservación de la pitahaya (*Hylocereus undatus*) IPN., CONACYT, SIBEL y FMCN. México.
- Ortiz-Hernández, y D. and J: A: Carrillo Salazar, 2012. Pitahaya (*Hylocereus* spp.) a short review *comunicate scientiae:* 3 (4): 220-337
- Oudshoorn, W. 1978. 126 Cactus y plantas crasas en color. Primera edición. Ediciones Instituto Paramçon. Barcelona, España. Pp. 25-27.
- Pacheco M. 1997. Cactáceas, suculentas mexicanas. CONABIO México.

- Pérez Villafaña, M. G. y Valiente Banuet, A. 2009. Effectiveness of dispersal of an ornithocorous cactus *Myrtillocactus geometrizans* Cactaceae in a patchy environment. *The open biology journal*, 2, 101-113.
- Perumal, R., Prabhu, M. Kannan and Srinivasan, S. 2020, Studies on inter generic grafting compatibility of ornamental. Cacti. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.*
- Pizzetti M. 1987. *Guía de cactus*. Grijalbo. España.
- Puente M.R. 1992. El género *Opuntia* (Cactácea) en el Valle de San Luis Potosí, México. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. 145 pp.
- Ramírez-Hernández. 2018. Diversidad de coleópteros (insecta: coleoptera) asociados a cactáceas en descomposición en un matorral crasicale mexicano. *Entomología mexicana*. 5: 233-238
- Reyes, J. S. 1997. Cultivo y propagación de cactus como plantas de ornato in: *Suculentas Mexicanas, Cactáceas*. Rodríguez, P. L. (ed.). México D.F.
- Rocha, L., 1995. Estudio poblacional del "Falso peyote" *Astrophytum asterias* (Zucc.) Lem. (Cactaceae) en una fracción del matorral espinoso tamaulipeco en Villagrán, Tamaulipas, México. MSc. Dissertation, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León, México.
- Rodríguez, C.A. 2000. *Pitahayas*. Estado mundial de su cultivo y comercialización. Maxcanú Yucatán, Fundación Yucatán Produce A.C. y Universidad Autónoma de Chapingo 1-22 pp.
- Ting I., P. 1985. Crasulacean Acid Metabolism *Annu. Rev. Plant Physiol.* 36:595-622.
- Villaseñor J.L. Dávila P. y Chiang F. 1990. Fitogeografía del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. *Boletín de la sociedad Botánica de México*. 50:135-149.
- Rosano-Hinojosa, A. M., A. P. Martínez-Falcon, C. Moreno, S. Martínez-Hernández, A. Salas, C. L. R. 2010. Propagación de cactáceas procedentes de áreas naturales protegidas de Nuevo León y Coahuila, utilizando zeolitas naturales como sustrato. Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas.
- Sánchez P. A.M. 2008. Relaciones entre radiación solar, desarrollo y calidad de cactáceas ornamentales. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Texcoco Estado de México.

Sánchez-Mejorada, H., E. F. Anderson, NP Taylor y R. Taylor 1986. Planta suculenta estudios y capacitación en conservación en México. Fondo mundial para la naturaleza, Washington, D.C.

Schadlich V. 2012. Schutziaria, Un descubrimiento inesperado del departamento Presidente Hayes en Paraguay *Gymnocalycium arzbergeri* Schadlich spec. nov. Vol. 13, Numero 3, 2022. Pag. 4-14.

Toogood, A. 2002. Propagating Plant a Darling Kinderley Book. Royal Horticulture Society. Barcelona, España.

Trager, J. N. 2013. The Huntington botanical Gardens Presents the 2013 Offering of International Succulent Introductions. *Cactus and Succulents Journal*. 85: 48-59.

Weiss, J, 1993. *New Crops*. Ed. John Wileyand Sons, New York. USA. 491-495 pp.

Troubatchov A. 1997. Grafting *Ariocarpus*. *Cactus and succulent journal (U.S.)* 69 (1):30-33.



LICENCIA DE USO OTORGADA POR GUSTAVO PEREZ GONZALEZ , de nacionalidad MEXICANA mayor de edad, con domicilio ubicado en Calle República del Salvador, Colonia Las Américas, Loc., José Cardel, Municipio de La Antigua, Veracruz, en mi calidad de titular de los derechos patrimoniales y morales y autor de la tesis denominada PROPAGACION Y CONSERVACION DE TRES GENEROS DE CACTACEAS MEDIANTE LA TECNICA DE INJERTO DE CORONA EN DOS PORTAINJERTOS, en adelante "LA OBRA" quien para todos los fines del presente documento se denominará **"EL AUTOR Y/O EL TITULAR"**, a favor del Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván, del Tecnológico Nacional de México, la cual se registrá por las clausulas siguientes:

**PRIMERA -OBJETO:** **"EL AUTOR Y/O TITULAR"**, mediante el presente documento otorga al Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván, del Tecnológico Nacional de México, licencia de uso gratuita e indefinida respecto de "LA OBRA", para almacenar, preservar, publicar, reproducir y/o divulgar la misma, con fines académicos, por cualquier medio en forma física y a través del repositorio institucional y del repositorio nacional, éste último consultable en la página: (<https://www.repositorionacionalcti.mx/>).

**SEGUNDA - TERRITORIO:** La presente licencia se otorga, de manera no exclusiva, sin limitación geográfica o territorial alguna, de manera gratuita e indefinida.

**TERCERA -ALCANCE:** La presente licencia contempla la autorización para formato uso de "LA OBRA" en cualquier formato o soporte material y se extiende a la utilización, de manera enunciativa más no limitativa a los siguientes medios: óptico, magnético, electrónico, virtual (red), mensaje de datos o similar conocido por conocerse en medio óptico, magnético, electrónico, en red, mensajes de datos o similar, conocido o por conocerse.

**CUARTA - EXCLUSIVIDAD:** La presente licencia aquí establecida no implica exclusividad en favor del Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván; por lo tanto, **"EL AUTOR Y/O TITULAR"** conserva los derechos patrimoniales y morales de **"LA OBRA"**, objeto del presente documento.

**QUINTA - CRÉDITOS:** El Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván y/o el Tecnológico Nacional de México reconoce que el **"AUTOR Y/O TITULAR"** es el único, primigenio y perpetuo titular de los derechos morales sobre **"LA OBRA"**; por lo tanto, siempre deberá otorgarle los créditos correspondientes por la autoría de la misma.

**SEXTA - AUTORÍA:** **"EL AUTOR Y/O TITULAR"** manifiesta ser el único titular de los derechos de autor que derivan de "LA OBRA" y declara que el material objeto del presente fue realizado por él, sin violentar o usurpar derechos de propiedad intelectual de terceros; por lo tanto, en caso de controversia sobre los mismos, se obliga a ser el único responsable.

Dado en la Ciudad de Úrsulo Galván, a los 11 días del mes de enero de 2024.

"EL AUTOR Y/O TITULAR"  
(Nombre y firma)

**Gustavo Pérez González**

