



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
UNIDAD XOCHIMILCO**

**DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD
DEPARTAMENTO EL HOMBRE Y SU AMBIENTE
LICENCIATURA EN BIOLOGÍA**

**INFORME FINAL DE SERVICIO SOCIAL
POR ACTIVIDADES RELACIONADAS CON LA PROFESIÓN**

**Manejo integral de la colección de Cactáceas y Nopales Silvestres
del Jardín Botánico del Instituto de Biología-UNAM**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE LICENCIATURA EN BIOLOGÍA
PRESENTA EL ALUMNO**

Mario Juárez Paulino

Matrícula: 2172036085

ASESORES:

**Dra. Gabriela Vázquez Silva (No. Eco. 30288) - Asesor interno
Laboratorio de Limnobiología y Acuicultura, UAM Xochimilco**

**Biólogo Gabriel Olalde Parra (Cédula profesional 3369591) – Asesor externo
Jardín Botánico del Instituto de Biología-UNAM**

México, CDMX

Mayo, 2024.

RESUMEN

La familia Cactaceae es un grupo de plantas de nativas del continente americano que tienen una amplia distribución ya que se pueden encontrar desde la Patagonia hasta el sureste de Canadá. Se clasifica en 5 subfamilias: *Maihuenioideae*, *Pereskioideae*, *Leuenbergerioideae*, *Opuntioideae* y *Cactoideae*, de las cuales se han descrito entre 1550 y 1900 especies, donde México es el país con mayor diversidad de especies con un total de 850. Se distribuyen en zonas áridas y semiáridas desde los desiertos Chihuahuenses y Sonorenses al norte y centro del país, y en la región del complejo de Valles de Tehuacán-Cuicatlán. Este grupo de plantas tiene una gran importancia en el aspecto social, cultural y hasta religioso. A pesar de poseer fotosíntesis tipo CAM que les permite soportar grandes periodos de estrés por escasa disponibilidad de agua, muchas especies se encuentran bajo amenaza debido a diversos factores como las perturbaciones antropogénicas, la introducción de especies exóticas, la sobreexplotación y el saqueo ilegal, esto ha afectado a las especies de nuestro país, donde la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 en su última actualización enlistaba a 275 especies en alguna categoría de riesgo. Ante esta problemática es que sitios como los jardines botánicos han tomado un papel importante en actividades de educación ambiental, conservación biológica y apoyo hacia un desarrollo sustentable. El Jardín Botánico del Instituto de Biología cuenta con 15 colecciones vivas que alberga a más de 1,500 especies, donde tiene como misión investigar la diversidad vegetal, uso, manejo e importancia cultural de la flora mexicana en general, así como promover su uso sostenible y su conservación in situ y ex situ; y difundir su conocimiento a la comunidad científica y a la sociedad en general. Es por eso que al llevar a cabo mi servicio social en la colección de Cactáceas y Nopales silvestres de México, me permitió realizar actividades que se enfocaron en el manejo y cuidado de las diversas especies que contiene la colección viva, donde se pudo realizar su mantenimiento; desde cambio de sustrato, riego, poda, inventario, limpieza, esto a nivel invernaderos y en camellones; así como su reproducción de manera sexual y asexual. Adicionalmente también se realizaron actividades de divulgación científica mediante charlas a alumnos de educación media superior y talleres con cactáceas dirigidos al público en general, donde se abordaron temas de conservación, uso sostenible, cuidados, importancia alimenticia y problemáticas que enfrentan actualmente.

Palabras Clave: Cactaceae, Jardín Botánico, Colección Viva, Conservación, Manejo

Contenido

1. MARCO INSTITUCIONAL.....	4
2. INTRODUCCIÓN	5
3. UBICACIÓN GEOGRÁFICA	6
4. OBJETIVO GENERAL	7
5. ESPECIFICACIÓN Y FUNDAMENTO DE LAS ACTIVIDADES	7
6. IMPACTO DE LAS ACTIVIDADES.....	18
7. APRENDIZAJE Y HABILIDADES OBTENIDAS.....	18
8. FUNDAMENTO DE LAS ACTIVIDADES.....	20
9. REFERENCIAS	22

1. MARCO INSTITUCIONAL

Los Jardines Botánicos en las últimas décadas han tenido cambios notables, ya que han pasado de ser sitios de recreación social; a tomar un papel importante en actividades de educación ambiental, conservación biológica y de apoyo hacia un desarrollo sustentable (Lascurain, 2006, Caballero, 2012). Los jardines botánicos mexicanos contribuyen de manera significativa a la conservación de la diversidad vegetal del país, ya que a pesar de mantener en sus colecciones un acervo importante de especies de flora nacional; también han desarrollado acciones para su uso sostenible, así como también programas de educación que van orientados a la conciencia pública (CONABIO, 2024). Actualmente existen 42 jardines botánicos en México, los cuales son miembros de la Asociación Mexicana de Jardines Botánicos (AMJB) que promueven la colaboración efectiva entre los mismos y apoyar su vinculación con la sociedad, así como ser el vocero de los jardines miembro ante organismos gubernamentales y no gubernamentales tanto nacionales como internacionales (Asociación Mexicana de Jardines Botánicos, 2015).

El Jardín Botánico del Instituto de Biología fue fundado en 1959 y es una unidad académica que cuenta actualmente con 14 colecciones vivas que mantienen alrededor de 7,000 plantas representantes de más de 1,500 especies, la mayoría de México. Tiene como misión investigar la diversidad vegetal, el uso, el manejo y la importancia cultural de la flora mexicana en general y de algunos grupos de plantas en particular, así como promover el uso sostenible y la conservación *in situ* y *ex situ* de dicha flora y difundir su conocimiento a la comunidad científica y la sociedad en conjunto. Para lograr esto sigue los objetivos estratégicos de la Estrategia Global para la Conservación Vegetal (GSPC) y la Estrategia Mexicana para la Conservación Vegetal (2012-2030), elaborada por la AMJB. (Instituto de Biología, 2021). Tiene como objetivos:

- Representar la diversidad vegetal de México mediante la formación y mantenimiento de un conjunto de colecciones de plantas vivas.
- Contribuir a la enseñanza y la divulgación del conocimiento sobre la diversidad vegetal de México usando como recurso las colecciones de plantas vivas.
- Documentar y caracterizar la diversidad de la flora del país en general y de algunos grupos taxonómicos o temáticos en particular (Agaves, Cactáceas, Crasuláceas, Dalias, Plantas acuáticas, Orquídeas, entre otros).
- Conocer y documentar las formas de utilización de las plantas mexicanas, su importancia económica y su manejo, a través de una colección etnobotánica.
- Contribuir a la conservación de plantas en alguna categoría de riesgo mediante el mantenimiento de colecciones *ex situ* y el desarrollo de programas de cultivo y propagación.

2. INTRODUCCIÓN

La familia Cactaceae es endémica del continente Americano (Becerra, 2000), donde tienen una gran distribución natural que van desde el sureste de Canadá hasta la Patagonia (Rosas & Solórzano, 2024). Se estima que existen de entre 96 y 254 géneros, y entre 1550 y 1900 especies, según criterios utilizados (Rzedowski, 2005). Las cactáceas son muy notables en México, ya que se considera como la región de mayor diversidad de estas plantas; cuenta con alrededor de 52 géneros y 850 especies (Becerra, 2000), de las cuales 518 son exclusivas del país, por lo que posee un alto índice de endemismos. (Ballesteros *et al.*, 2017). La familia Cactaceae se divide en cinco subfamilias: *Maihuenioideae*, *Pereskioideae*, *Leuenergerioideae*, *Opuntioideae* y *Cactoideae* (Bueno & Plumed, 2017).

Estas son plantas perennes, lo que nos indica que viven más de una estación (Mandujano *et al.*, 2002). Poseen fotosíntesis tipo CAM, que también es conocido como el metabolismo ácido de las crasuláceas, la cual es una adaptación de las plantas al estrés ambiental donde se presentan largos periodos con escasa disponibilidad de agua o CO₂. Durante este tipo de fotosíntesis, las plantas fijan principalmente el CO₂ por las noches y durante la etapa de periodo de luz; asimilan el CO₂ (Andrade *et al.*, 2007), esta adaptación les permite tener una mayor eficiencia del uso del agua a comparación de las plantas con metabolismo C₃ y C₄ (Andrade *et al.*, 2006). Por lo general las cactáceas son espinosas, terrestres, rupícolas o epífitas, xerofitas; las cuales están provistas de aréolas que son órganos peculiares que pueden producir ramas, flores, espinas, glóquidas, pelos, cerdas y glándulas. Las hojas se encuentran reducidas y efímeras, o ausentes. Sus flores por lo común son solitarias, hermafroditas pero en ocasiones fisiológicamente unisexuales (Rzedowski, 2005).

En tierras mexicanas, estas especies tienen una amplísima variedad de formas, desde las pequeñas globosas o cilíndricas del género *Mammillaria*, pasando por las enormes formas columnares, candelabrifformes o toneliformes, característicos de los géneros *Neobuxbaumia*, *Pachycereus* y *Echinocactus*, respectivamente, hasta llegar a los nopales con sus tallos en forma de cladodio, pertenecientes al género *Opuntia* (Hernández, 2006). Su distribución en México se encuentra en zonas áridas y semiáridas (Aguirre, 2016) esto en las regiones de los desiertos Chihuahuenses y Sonorenses, que ocupan una enorme extensión en el centro y norte del país, aunque en el sur existe una zona pequeña pero importante región por su riqueza biológica; la zona del complejo de Valles de Tehuacán-Cuicatlán, ubicado en los estados de Puebla y Oaxaca (Hernández, 2006).

Las cactáceas han sido de gran importancia en nuestro país, desde el aspecto social, cultural y hasta el religioso. Estos han tenido un uso medicinal e inclusive como fuente de material para construcción y la elaboración de herramientas de caza y pesca. Su uso más común ha sido por sus tallos y frutos como fuentes de alimento para el consumo humano (Alanís & Velazco, 2008). Todas sus partes son aprovechadas para su consumo, como lo es el uso de los tallos de algunas especies de biznagas de los géneros *Melocactus*, *Echinocactus* y *Mammillaria*, con los cuales se utilizan para la confección del dulce de acitrón. También se destacan varias especies del género *Opuntia*, donde los tallos

jóvenes y sus frutos son muy populares en la dieta mexicana. Otros ejemplos de frutos de cactáceas que se llegan a recolectar son las pitahayas, tunillos, teteches, garambullos, tunas y xoconoxtles (Becerra, 2000). A pesar de sus amplios usos, muchas especies se encuentran bajo amenaza, esto debido a diversos factores, tales como las perturbaciones antropogénicas en su hábitat natural, la introducción de especies exóticas, así como su sobreexplotación para la fabricación de materias primas o la comercialización de algunas especies. Aunque otro factor que toma relevancia en esta problemática es que muchas especies tienen endemismo en sus poblaciones, lo que nos quiere decir que estas se encuentran en una determinada área geográfica (Jiménez, 2011). Esto ha llevado que algunas especies se encuentren dentro de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, con diferentes categorías de riesgo. Para 2005 se enlistaban 239 especies (Arias *et al.*, 2005) y en la última actualización se enlistan 275 especies (Ballesteros *et. al*, 2017).

3. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

El servicio social se desarrolló en el Jardín Botánico del Instituto de Biología (Jardín Botánico-IB), perteneciente a la Universidad Nacional Autónoma de México, el cual se encuentra en el Tercer Circuito exterior, s/n de Ciudad Universitaria, en la alcaldía Coyoacán en la Ciudad de México. El servicio social se realizó específicamente en el programa “Apoyo a la investigación en las Colecciones del Jardín Botánico (Manejo integral de la Colección de Cactáceas y Nopales Silvestres del Jardín Botánico; propagación y cultivo de cactáceas y de otras especies de plantas suculentas), Clave 2023-12/24-2746”.



Figura 1. Ubicación y área ocupada vía satélite del Jardín Botánico del IB-UNAM, alcaldía Coyoacán.

4. OBJETIVO GENERAL

El objetivo general del programa “Manejo integral de la Colección de Cactáceas y Nopales Silvestres del Jardín Botánico; propagación y cultivo de cactáceas y de otras especies de plantas suculentas” es formar recursos humanos altamente especializados con conocimientos específicos sobre el cuidado y mantenimiento de cactáceas, así como el desarrollo de actitudes, aptitudes y valores que sirvan para enfrentar la problemática de la pérdida de biodiversidad que enfrentan hoy en día las especies contenidas en la colección. Así como también contribuir a la conservación de las cactáceas en vida silvestre, mediante la difusión de su importancia y su aprovechamiento sostenible tanto a la población en general, como a todos los niveles educativos.

5. ESPECIFICACIÓN Y FUNDAMENTO DE LAS ACTIVIDADES

Las actividades llevadas a cabo en el servicio social fueron enfocadas a la operatividad diaria de la colección de cactáceas y nopales, donde se buscaba primordialmente cubrir las necesidades básicas de los diferentes ejemplares de las especies; mediante el riego, cambio de sustrato, propagación y cuidado, esto para mantenerlos en óptimas condiciones. Es por eso que las actividades se dividieron mayormente en dos zonas: a) los invernaderos de propagación y b) el área de los 39 camellones donde se encuentra la colección dentro del Jardín Botánico-IB

También se llevaron a cabo actividades relacionadas a la preservación ecológica y la difusión cultural; donde se buscaba realizar educación ambiental sobre la importancia a nivel ambiental, social, cultural y económico de las cactáceas; dirigido hacia el público general y a diferentes niveles de educación escolar. Esto mediante pláticas y talleres dentro de las instalaciones del Jardín Botánico-IB o en sedes donde fuéramos invitados a participar.

A continuación, se enlistan las actividades específicas llevadas a cabo en el Jardín Botánico-IB durante el tiempo transcurrido del servicio social:

- Se tomó una capacitación sobre las medidas, lineamientos y reglas; así como de las zonas de trabajo, las herramientas y el equipo a utilizar, tanto en los invernaderos de propagación como en los camellones donde se encuentra la colección dentro del Jardín Botánico-IB, esto con la finalidad de realizar las actividades asignadas de la manera más eficaz y evitar accidentes en la realización de estas.
- Se asignaron especies de los invernaderos de propagación, donde estuve a cargo de las especies: *Stenocereus pruinosus*, *Opuntia microdasys* forma alba, *Mammillaria sphaelata*, *Echinocactus grusonii*, *Echinocactus platyacanthus*, *Echinopsis pachanoi*, *Coryphantha erecta*, *Astrophytum capricorne* y la crasulácea *Graptosedum bronze*.
- Se tomaron clases teóricas donde se abordó una introducción a la familia Cactaceae, así como de las 5 subfamilias: *Maihuenioideae*, *Pereskioideae*,

Leuenbergerioideae, *Opuntioideae* y *Cactoideae*, y de sus características. También se abordó su distribución, estructuras vegetativas, medios de reproducción sexual y asexual, cuidados generales, requerimientos a nivel invernadero y a nivel camellones, usos y problemáticas.

- Actividades de operatividad en el área de invernaderos de propagación:
 - Se dio apoyo en el mantenimiento de las especies asignadas, donde se les realizó:
 - ❖ Cambio de sustrato cuando este ya se encontrará muy compacto al tacto (Fig. 2a).
 - ❖ Cambio de macetas cuando los ejemplares ya sobrepasaran el volumen de la maceta donde se encontraba para que pudieran crecer de manera correcta.
 - ❖ Limpieza del sustrato de las macetas cuando presentaran crecimiento de especies no deseadas que pueden afectar el crecimiento de los ejemplares.
 - ❖ Revisión periódica de que no hubiera presencia de plagas como lo son moscas del género *Sciara* (Fig. 2b)
 - ❖ Inventario bimestral de las especies asignadas.
 - ❖ Retiro de individuos muertos, llevando un registro para la actualización de inventario (Fig. 2c)
 - ❖ Etiquetado de los estantes y de las macetas donde se encuentran las diferentes especies asignadas (fig. 2d)
 - ❖ En el caso de *E. grusonii* y *E. platyacanthus* se seleccionaron aquellos individuos de mayor tamaño para ser plantados en los camellones de la colección.



Figura 2. Trabajo realizado en el invernadero de propagación durante el servicio social. 2a) la alumna María Fernanda realizando cambio de sustrato de diversos ejemplares, 2b) ejemplar muerto de *Mammillaria bocasana* por presencia de *Sciara* sp., 2c) ejemplar muerto de *Stenocereus pruinosus* por exceso de agua y 2d) colocación de etiquetas de identificación; en este caso de *Mammillaria geminispina*.

- Se tomaron clases teórico-prácticas respecto a la reproducción de cactáceas que fueron impartidas por el biólogo G. Olalde. Durante estas sesiones se abordaron características generales y los procedimientos adecuados para llevar a cabo las técnicas. Para complementar estas clases se realizaron prácticas sobre obtención de esquejes de diversas especies de cactáceas y elaboración de semilleros. A partir de esto se dio apoyo en la reproducción de diversas especies de la colección, ya sea de manera sexual o asexual:
 - ❖ De manera asexual mediante el corte de esquejes y la obtención de vástagos de plantas madre. Los cuales fueron utilizados para ser plantados con el fin de aumentar el número de individuos de la colección o para ser utilizados en talleres en eventos, como lo fue el Día Nacional de los Jardines Botánicos.
 - ❖ De manera sexual mediante la polinización de ejemplares con flores dentro del invernadero o en los camellones. También mediante la obtención de frutos para ser limpiados y procesados para la obtención de semillas y ser sembradas. Esto para aumentar el número de ejemplares de la colección.
- Se dio apoyo en la elaboración de sustrato especial para cactáceas y suculentas, esto con una proporción de 50% tepojal, 25% tezontle y 25% tierra negra.
- Debido a que el invernadero de propagación se encuentra dentro de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (REPSA), es frecuente que se cuente con problemas donde algunas especies como *E. platyacanthus* y algunas especies del género *Astrophytum* sean mordidas por roedores del género *Peromyscus*. Una vez capturados, debido a que pertenecen a una especie nativa del Pedregal de San Ángel, eran liberados lejos del invernadero de propagación y en caso de que presentaran algún problema, los ejemplares eran entregados a las autoridades de la REPSA (Fig. 3).



Fig. 3. Ejemplar de *E. platyacanthus* con heridas de mordidas por roedores (Fig. 3a), roedor capturado del género *Peromyscus* (Fig. 3b) y proceso de liberación dentro del área de la REPSA (Fig. 3c y 3d).

- Actividades de operatividad en el área de camellones del Jardín Botánico-IB:
- Se realizó la actualización de las especies contenidas en los camellones. Durante esta actividad se identificaron aquellos individuos que se encontraban muertos; a los cuales se les tomaron fotografías de evidencia donde se apreciara su estado, adicional se tomaron datos de número de inventario. La información recabada se utilizó para su actualización de los mapas de los camellones.
 - Por parte de las autoridades del Jardín Botánico-IB, se llevó a cabo periódicamente el programa de Control de Exóticas y Malezas, donde el objetivo principal es la remoción de *Tillandsia recurvata*, *Kalanchoe delagoensis* y *Leonotis nepetifolia* que se encuentra en las diferentes colecciones del jardín (Fig. 4). Es por eso que se dio apoyo en la participación de estos eventos, donde se trabajó primordialmente en el área de la colección de cactáceas, retirando de manera manual la mayor cantidad de *T. recurvata* que fuera posible de los ejemplares. Para los últimos eventos realizados también se acordó retirar individuos de *Kalanchoe delagoensis* que se encontraran en el sustrato rocoso y el sustrato de los camellones. Adicional a estas actividades, por parte del programa de servicio social, se realizó el retiro de estas dos especies de manera semanal.



Figura 4. Evento “Control de Malezas y Exóticas” organizado por las autoridades del Jardín Botánico-IB donde encargados de las colecciones, alumnos, personal administrativo y personas voluntarias participaron en la remoción de *T. recurvata* y *K. delagoensis* que se encuentran en los espacios de las diversas colecciones.

- Se apoyó en la limpieza de los camellones donde se encuentra la colección de cactáceas y nopales. Entre las actividades principales se encuentran:
 - ❖ Remoción del mantillo provocado por especies arbóreas como lo es la acícula de *Pinus ayacahuite* y de hojas de *Euphorbia calyculata*.
 - ❖ Remoción de estructuras vegetales pertenecientes a los individuos que la colección que se caen al suelo, como lo fue los artículos caídos de diversas opuntias.

- ❖ Retiro de aquellas especies de plantas que no son de la colección, ya que su presencia en el sustrato puede afectar el ciclo de vida de las especies de la colección.
- Se dio apoyo en el riego semanal de algunas especies de la colección contenidas en los camellones, las cuales son: *Selenicereus undatus*, *Pereskiaopsis rotundifolia*, *Pereskiaopsis kellermanii*, *Pereskia aculeata*, *Disocactus speciosus*, *Cleistocactus aureispinus*, *Nyctocereus serpentinus*, *Selenicereus grandiflorus*, *Selenicereus spinulosus* y algunos ejemplares juveniles de diversas especies de *Opuntia* sp.
- Se realizó la poda de diferentes especies de la colección:
 - ❖ *Polaskia chende* se podó debido a que sus ramas comenzaban a ser peligrosas para los visitantes al jardín.
 - ❖ *P. rotundifolia*, *P. diguetii* y *P. kellermanii* para estimular su crecimiento y *P. aculeata* como parte del aprendizaje sobre los usos de las cactáceas; ya que sus hojas se usaron como materia prima para la elaboración de una ensalada.
 - ❖ Cladodios de *Opuntia spinulifera* para ser plantados en el camellón C-38 como barrera natural.
- Se realizó la plantación de diversos ejemplares en diversos camellones de la colección:
 - ❖ 35 ejemplares juveniles de *E. grusonii* y 15 ejemplares de *E. platyacanthus* en el camellón C-1 y 3 ejemplares de *Ferocactus glaucescens* en el camellón C-3 (Fig. 5).

A estos ejemplares plantados se les asignó un número de inventario y se les colocó su placa de identificación para posteriormente ser agregados a los mapas de los camellones.



Fig. 5. Ejemplares seleccionados de los invernaderos para ser plantados en camellones (Fig. 5a). Se observa a la alumna Luisa Juárez en el proceso de plantación (Fig. 5b) y el resultado de las actividades (Fig. 5c y 5d).

- Se dio apoyo en el rescate y plantación de 30 ejemplares adultos de *E. grusonii* que fueron donados a la colección de cactáceas y nopales. Con estos ejemplares el biólogo y encargado programa de servicio social; decidió recrear un paisaje similar al que se encuentra en el “Cañón del Infiernillo” en el estado de Hidalgo (Fig. 6). Para esto los ejemplares fueron sometidos a cuarentena para posteriormente ser plantados en el camellón C-29, donde se plantaron a una distancia de 30 cm. entre cada ejemplar.



Fig. 6. Simulación del “Cañón del Infiernillo” en el camellón C-29 del Jardín Botánico-IB, donde los ejemplares fueron sacados del área de cuarentena (Fig. 6a) para posteriormente ser trasladados al área seleccionada. Una vez ahí se procedieron a bajar con cuerdas (Fig. 6b) para ser plantados en las zonas designadas (Fig. 6c). Vista final del área después de plantar los 30 ejemplares (fig. 6d) y equipo de trabajo del servicio social involucrados en dicha actividad (Fig. 6e).

- Se dio apoyo en el mantenimiento de la jardinera perteneciente al edificio central del Instituto de Biología de la UNAM (Fig. 7). Donde se realizó una limpieza; retirando ejemplares muertos, hojas y piedras. Para esta actividad se eligieron de los invernaderos de propagación y plantaron:
 - ❖ 10 ejemplares de *Mammillaria bocasana*
 - ❖ 9 ejemplares de *Mammillaria geminispina*
 - ❖ 11 ejemplares de *Dudleya brittonii*
 - ❖ 12 ejemplares de *Mammillaria densispina*
 - ❖ 19 ejemplares de *Mammillaria myxtax*
 - ❖ 13 ejemplares de *Echinocactus platyacanthus*
 - ❖ 6 ejemplares de *Myrtillocactus geometrizans*
 - ❖ 6 ejemplares de *Ferocactus histrix*
 - ❖ 27 ejemplares de *Nyctocereus serpentinus*



Fig. 7. Se realizó el mantenimiento y rehabilitación de la jardinera principal del edificio central del Instituto de Biología, donde se observa parte de los ejemplares plantados (Fig. 7a) y parte del equipo de servicio social trabajando (Fig. 7b y 7c). Por último se observa el trabajo final de la actividad realizada (Fig. 7d).

- Actividades de preservación ecológica y la difusión cultural:
 - Se realizaron visitas a las instalaciones de la “Escuela Nacional Preparatoria N°5, José Vasconcelos” de la UNAM, donde pude observar como el encargado del servicio social da una plática de cactáceas y todos los temas que aborda cuando va dirigida a alumnos de educación media superior. Posterior a esto se realizó una visita a la “Escuela Nacional Preparatoria N°7, Ezequiel A. Chávez”, en esta ocasión como alumno de servicio social di apoyo en dar una plática a diferentes grupos de alumnos; donde abordé sus características, áreas de distribución, cuidados, formas de propagación, usos, problemática y datos curiosos (Fig. 8). También se realizaron actividades interactivas donde los alumnos de preparatoria debían de clasificar plantas, ya sea en cactáceas, crasuláceas y euphorbias, tomando en cuenta su criterio y lo explicado previamente. Como actividad adicional los alumnos de preparatoria tenían la tarea de hacernos la pregunta: ¿Cuál era la importancia de las cactáceas dentro de la salud humana?, donde fui participe en responder junto a otros compañeros del servicio social.



Fig. 8. Visita de los alumnos de servicio social a la Escuela Nacional Preparatoria N° 7, donde por equipos de 3 integrantes se dio una serie de pláticas hacia los alumnos de la preparatoria; sobre las características generales de las cactáceas, distribución, medios de propagación y datos curiosos.

- Debido al Día Nacional de los Jardines Botánicos, en el Jardín Botánico-IB se organizan diversas actividades donde participan los encargados de cada colección y sus estudiantes. En la Colección de Cactáceas y Nopales, se designó la impartición de los talleres: “Diseñando terrarios y Sembrando cactáceas” es por esto que se dio apoyo en:
 - ❖ Corte de esquejes y vástagos de diversas especies de cactáceas contenidas en los invernaderos de propagación, como lo es: *Stenocereus pruinosus*, *Mammillaria gracilis*, *Myrtillocactus geometrizans*, *Nyctocereus serpentinus*, *Opuntia mycrodasys*, *Rebutia muscula*, *Selenicereus*

grandiflorus, *Cleistocactus aureispunis*, *Rhipsalis baccifera*, por mencionar algunos ejemplos.

- ❖ Corte de esquejes de diversas especies de crasuláceas: *Crassula lycopodioides*, *Crassula mesembryanthemoides*, *Crassula ovata*, *Dudleya brittonii*, *Echeveria prolifica*, *Graptopetalum amethystinum*, *Graptosedum bronze*, *Pachyphytum compactum*, *Sedum stahlii*, por mencionar algunos ejemplo.
- ❖ Durante el evento, se formaron equipos de 3 alumnos para dar los talleres, pero debido a la alta demanda por parte de los visitantes se optó porque cada estudiante diera los talleres de manera individual, donde se puso en práctica lo aprendido a lo largo del servicio y en las clases teórico-práctico que se tomaron previamente. La intención de estos talleres es para que la sociedad en general pueda tener información básica sobre las cactáceas; desde su cuidado, mantenimiento, origen, usos, problemáticas, con la finalidad de que puedan tomar conciencia sobre su importancia, ya sea en su hábitat natural o como plantas de ornato dentro de sus casas (Fig. 9).



Fig.9. Evento realizado en el Jardín Botánico del Instituto de Biología por el “Día Nacional de los Jardines Botánicos”, donde los alumnos de servicio social del programa “Manejo Integral de la Colección de Cactáceas y Nopales Silvestres” dieron a los visitantes los talleres de “Diseñando terrarios y Sembrando cactáceas”, donde además de realizar las actividades; se le dio a los visitantes pláticas sobre las características generales de las cactáceas y crasuláceas, así como sus medio de reproducción, cuidados, distribución y datos curiosos.

➤ Actividades complementarias:

Como parte del aprendizaje como alumnos de servicio social; el biólogo G. Olalde organizó realizar la herborización de cladodios de *Opuntia robusta* que fueron recolectados en el estado de Chihuahua. Para esto se nos impartieron clases teóricas sobre el proceso de herborización, donde se abarcó su fundamento y el procedimiento adecuado para obtener especímenes adecuados para ser colocados en herbarios. El proceso de herborización se realizó en tres sesiones debido al tiempo que implica, donde se dio apoyo en dicho proceso:

- Durante la primer sesión (Fig. 10) se seccionaron los cladodios por la mitad de forma longitudinal para posteriormente ser colocados en láminas de aluminio, se realizó el mismo procedimiento con los frutos de los cladodios en caso de que tuvieran (Ricker, 2019). Las láminas se fueron apilando para que posteriormente se amarraran a presión y se sumergieran en alcohol industrial de 96°.



Fig. 10. Practica de “Herborización de cactáceas” donde se puede apreciar los cladodios de *Opuntia robusta* y sus frutos que serán procesados (Fig. 10a). Se puede observar (Fig. 10b) al biólogo G. Olalde explicando el procedimiento adecuado para seccionar los cladodios y su resultado en la Fig. 10c. Y en la Fig. 10d (Fotografía por Santiago García) se puede apreciar el xilema de un cladodio después de haber sido raspado el parénquima.

- Durante la segunda sesión (Fig. 11) se sacaron los cladodios que previamente se habían colocado en alcohol. Posteriormente fueron colocados y rotulados en papel periódico y cartón para ser colocados en una prensa botánica. Esta fue colocada en la cámara de secado para eliminar de manera completa el agua y el alcohol que aun presentaban los cladodios.



Fig. 11. Los alumnos de servicio social: Berenice Esquivel (Fig. 11a) y Mario Juárez (Fig. 11b) proceden a traspasar los cladodios a hojas de papel periódico y cartón. Se apilaron los ejemplares y se procedió a amarrar la prensa botánica (Fig. 11c), para ser colocada en la cámara de secado para eliminar completamente el alcohol y el agua que contienen los cladodios procesados (Fig. 11d).

- Durante la tercera sesión se procedió al montaje de los cladodios (Fig. 12). Para esto fueron retirados los cladodios de manera cuidadosa de la prensa botánica; el biólogo G. Olalde explicó los materiales necesarios para su montaje y la forma correcta de hacerlo. Se utilizó hilo de algodón para no maltratar los ejemplares, a los cuales se les hicieron pequeños orificios para realizar el montaje. Se acomodaron de manera centrada junto con los frutos, dejando espacios para colocar un sobre con semillas y su ficha técnica con información del ejemplar.



Fig. 12. Parte final de la práctica “Herborización de cactáceas”, donde se dio una explicación sobre el proceso de montaje por parte del biólogo G. Olalde (Fig. 12a) y su montaje final (Fig. 12b). En la Fig. 12c se observa al alumno Mario Juárez realizar el proceso de montaje y su resultado en la Fig. 12d.

6. IMPACTO DE LAS ACTIVIDADES

Todas las actividades realizadas durante mi estancia en el servicio social fueron de gran importancia debido a que con ellas reforcé lo aprendido durante los trimestres de la licenciatura de biología donde llegué a trabajar con cactáceas en proyectos de investigación, pero también adquirí nuevos conocimientos sobre las características y el mantenimiento de diversas especies de la familia Cactaceae. El poder haber realizado las actividades de manera presencial y práctica tanto en los invernaderos de propagación y en los camellones del Jardín Botánico-IB, me permitió comprender los requerimientos y cuidados que debe de tener una colección viva de plantas para que tengan un óptimo desarrollo durante sus diferentes etapas de vida y esto es de suma importancia; ya que dentro de la colección de cactáceas y nopales existen especies que se encuentran con alguna categoría de riesgo dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010, como lo es: *Aporocactus flagelliformis* (P), *Astrophytum capricorne* (A), *Astrophytum ornatum* (A) *E. grusonii* (P), *E. platyacanthus* (P), *Ferocactus hirtix* (Pr), *Ferocactus pilosus* (Pr), *Mammillaria bocasana* (Pr), *Mammillaria mombycina* (Pr), *Mammillaria carmenae* (P), *Mammillaria laui* (P), *Mammillaria longimamma* (A), por mencionar algunas. Al poder trabajar con estas especies pude entender de mejor manera cuales son las problemáticas que las han llevado a estar en riesgo y de esta manera realizar los esfuerzos necesarios para tratar conservar a los ejemplares de estas especies dentro de la colección, así como también propagarlas; ya sea de manera sexual mediante la siembra de semillas o de forma asexual por medio de la obtención de esquejes o vástagos, con la finalidad de aumentar el número de individuos dentro de los invernaderos de propagación y a futuro en los camellones de la colección.

Por otro lado, dentro del objetivo principal del programa de servicio social de la colección de cactáceas y nopales; es contribuir a la difusión sobre la importancia y aprovechamiento de las cactáceas hacia la población general y a todos los niveles educativos. Es por esto que al participar en los eventos donde di pláticas sobre las características de las cactáceas a estudiantes de nivel medio superior y en los talleres de elaboración de terrarios y semilleros de cactáceas; pude transmitir lo aprendido: desde sus características, formas de reproducción, cuidados y mantenimientos, hasta las problemáticas que enfrentan en la actualidad. Todo esto para tratar de generar conciencia sobre la importancia que tienen las cactáceas, tanto a nivel ecológico, social y cultural.

7. APRENDIZAJE Y HABILIDADES OBTENIDAS

Debido al tiempo limitado en los trimestres durante la licenciatura, no me fue posible interactuar y aprender a profundidad los aspectos de la familia cactácea, donde pude trabajar con las especies *Astrophytum ornatum* y *Opuntia pilifera*. pero el poder realizar el servicio social en una colección viva de cactáceas, pude reforzar el conocimiento adquirido durante la carrera y a la vez ampliar mis conocimientos de familia Cactaceae y las subfamilias que engloba, así como también de las diversas especies que contiene la colección pero en especial a mayor detalle con las especies que me fueron asignadas. Al

estar al pendiente de su cuidado y mantenimiento dentro de los invernaderos de propagación pude conocer las condiciones básicas que necesitan; como lo es el sustrato especial que requieren, la cantidad de riego y su periodicidad, la cantidad de luz solar para que no tengan anormalidades en su crecimiento, el cambio de sustrato y de macetas para un buen crecimiento de raíces, todo esto para un desarrollo óptimo. En cuanto a los ejemplares que se encontraban ubicados en los camellones, aprendí de igual forma el sustrato requerido y de las condiciones que deben tener al estar a la intemperie; como es lo es el riego que deben de tener tanto en cantidad y frecuencia, la poda que se debe de realizar en diferentes especies de cactáceas y bajo que factores efectuarla, esto para que se mantengan en buenas condiciones y sean del agrado visual para los visitantes del Jardín Botánico-IB.

Debido a que se busca aumentar la cantidad de ejemplares de la colección, fue de suma importancia aprender todo el proceso que conlleva el ciclo de reproducción de las cactáceas, donde se comprendió a partir de que estructura se producen las flores, cuáles son sus componentes y la forma en que estas se polinizan. En este caso se aprendieron las técnicas de polinización de flores; tanto en condiciones de invernadero y de los ejemplares en camellones. También mediante las clases teórico-prácticas realizadas por el encargado del programa de servicio social, se desarrolló la habilidad de reproducir cactáceas mediante semillas, desde la obtención del fruto, su limpieza y el procesamiento para su germinación. Otra técnica que se aprendió fue la reproducción de forma vegetativa mediante la obtención de esquejes y vástagos, donde conocí desde la preparación y desinfección de las herramientas a ocupar, el cortado de plantas madre, la cicatrización y su tiempo requerido, y su plantado para la obtención de raíces.

Al estar una parte de la colección en los camellones y a la intemperie, los ejemplares son propensos a que se afecte su ciclo de vida debido a la presencia de especies exóticas que por razones ajenas del Jardín Botánico-IB se encuentran dentro de sus instalaciones. En este caso se trabajó con la especie *T. recurvata*, donde se aprendió a realizar su retiro manual donde estuviera adherida de las aréolas de las cactáceas ya que en cantidades grandes podría causar rotura de extremidades debido al peso adicional o la reducción de nuevos brotes del individuo de donde se adhieren, además de dar un mal aspecto estético (Crow, 2000) También se aprendió a retirar la especie *K. delagoensis* del sustrato rocoso y de los camellones, ya que es considerada como plaga altamente nociva que tiene las características de ser alelopática (Golubov, 2012).

Al ser una colección viva, también se aprendió a como realizar un inventario de los individuos. En invernaderos de propagación se realizaron de manera periódica llevando un registro donde se contaba por estante anotando su código de ubicación y realizando el conteo de manera manual de los ejemplares de cada especie. Para posteriormente ser vaciados los datos; anotando número total de individuos y ejemplares muertos en caso de haber. En el caso de los camellones también se aprendió a realizar su inventario, donde se contabilizaba por camellón los ejemplares, tomando en cuenta su número de registro de inventario y se actualizaba su estado en organismo vivo o muerto. Todo esto se registraba para futuros inventarios. En caso de ser organismos nuevos que se habían plantado con anterioridad, se les asignaba un número de inventario para mandar a

realizar su placa de identificación y su actualización manual en los mapas de los camellones.

Por último, también se aprendió a dar pláticas enfocadas a público en general y a estudiantes de nivel medio superior, donde uno como orador debe de planear cuales son los temas que abordara y el tipo de lenguaje que debe de usar dependiendo de a quién va dirigido; tomando en cuenta que, por el tiempo que uno dispone, la información debe de ser clara, concisa y entretenida. En cuanto a los talleres, se aprendió toda la organización que estos conllevan, que va desde: obtener el material a utilizar; tanto vegetal como material y utensilios, mobiliario, espacio donde realizar las actividades y la previa capacitación en cuanto a información teórica y práctica que uno debe de tener.

8. FUNDAMENTO DE LAS ACTIVIDADES

En la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco (UAM-X), uno de los principios fundamentales que definen al sistema modular, es la vinculación de la enseñanza con la realidad, donde se organiza la enseñanza con base en problemas de la realidad y que son de interés social, donde estos se convierten en objetos de estudio; los cuales se abordan de manera interdisciplinaria y mediante la investigación científica, donde todo el tiempo se cuestiona y se razona (Arbesú, 1996). Tomando en cuenta esto y el plan de estudios de la licenciatura de biología de la UAM-X, el haberme integrado al programa “Apoyo a la investigación en las Colecciones del Jardín Botánico (Manejo integral de la Colección de Cactáceas y Nopales Silvestres del Jardín Botánico; propagación y cultivo de cactáceas y de otras especies de plantas suculentas” me permitió abordar una problemática de la realidad, el cual es que en México ciertas especies de cactáceas se encuentran en alguna categoría de riesgo, esto debido a factores como el saqueo ilegal, la sobreexplotación o la pérdida de su hábitat. Poniendo de ejemplo a *E. grusonii* que dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010 está catalogada en peligro de extinción y que sus poblaciones naturales que se encuentran en los estados de Querétaro e Hidalgo; han desaparecido casi por completo (Jiménez, 2011) y que dentro de mi estancia de servicio social pude trabajar con ejemplares donados al Jardín Botánico-IB y con ellos se trató de simular el paisaje de donde se encuentran naturalmente, como lo es la Barranca del Infiernillo en el estado de Hidalgo. Además de poder tener de oportunidad de haber participado en su reproducción mediante la elaboración de semilleros de esta especie para aumentar su número dentro de la colección viva. Así como también el plantar individuos en los camellones que años antes habían sido sembrados y crecieron en los invernaderos de propagación, esto con la finalidad de que los visitantes además de observar ejemplares adultos también tengan la oportunidad de admirarlos en etapas de vida juveniles. Es por eso que es importante resaltar su conservación, ya sea en modo *in situ* en sus zonas de distribución natural o de modo *ex situ* como lo es en colecciones vivas contenidas en invernaderos o en jardines botánicos.

En cuanto a lo interdisciplinario, debido a que el programa de servicio social acepta a alumnos de diversas licenciaturas como lo es Arquitectura, Arquitectura del paisaje, Fotografía, Diseño gráfico y entre otras carreras técnicas de nivel medio superior; pude interactuar con alumnos que contaban con otra perspectiva en cuanto a manejo y conservación de especies vegetales, donde en ciertas actividades como lo fue el mantenimiento de ciertos espacios dentro del Jardín Botánico, pudimos interactuar realizando las actividades dando nuestro punto de vista tomando en cuenta lo que habíamos aprendido a lo largo de la carrera y donde también existió un retroalimentación en cuanto a conocimientos. Poniendo de ejemplo lo sucedido con alumnas de Arquitectura del paisaje, que entre pláticas que llegamos a sostener; me explicaron que tienen amplios conocimientos en botánica que abarcan desde estructuras vegetales, formas y tipos de crecimientos, especies nativas y hasta un poco de legislación ambiental, y que dentro de su disciplina utilizan a las plantas como material de diseño para sus proyectos tomando en cuenta factores como lo es el área y espacio utilizado. Esto me ayudó a comprender como es que las plantas se pueden aprovechar tomando en cuenta enfoques totalmente distintos a los que se abordan en la carrera de biología. Estas interacciones fueron de suma importancia, puesto que se pudo desarrollar la comunicación entre diferentes áreas de trabajo, ya que en el ámbito profesional y laboral; no siempre podremos estar con personas de nuestra misma área científica.

Es por esto que las actividades llevabas a cabo a lo largo del servicio social, ayudaron a comprender todo el proceso que conlleva mantener una colección viva, abarcando aspectos de su cuidado, manejo, reproducción; tomando en cuenta su importancia a nivel ecológico, social y cultural, mediante la impartición de talleres y pláticas dirigidas a diferentes tipos de personas, con el fin de poder generar conciencia respecto a las cactáceas.

9. REFERENCIAS

Aguirre, A. E. 2016. Distribución espacial de especies de cactáceas en la región del desierto Chihuahuense. Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Chihuahua. Chihuahua, México.

Alanís, F. G., J. y Velazco, M., C.G. 2008. Importancia de las cactáceas como recurso natural en el noreste de México. Ciencia UANL, año/vol. XI, núm. 001, pp. 5-11.

Andrade, J. L., Rengifo, E., Ricalde, M.F. Simá, J.L., Cervera, J.C. y Vargas, S. G. 2006. Microambientes de luz, crecimiento y fotosíntesis de la pitahaya (*Hylociclerus undatus*) en un agrosistema de Yucatán, México. Agrociencia, vol. 40, núm. 6, pp. 687-697.

Andrade, J.L., Barrera, E., Reyes García C., Ricalde, M. F., Vargas Soto, G y Cervera, J.C. 2007. El metabolismo ácido de las crasuláceas: diversidad, fisiología ambiental y productividad. Boletín de la Sociedad Botánica de México, núm. 81, pp. 37-50.

Arbesú, M. I. 1996. El sistema modular Xochimilco. En: Arbesú, M. I. y Berruecos, L. (coord. y eds.). El sistema modular en la Unidad Xochimilco de la Universidad Autónoma Metropolitana. México. UAM-Xochimilco, 9-25.

Arias, S., Guzmán, U., Mandujano, M.C. Soto Galván, M. y Golubov, J. 2005. Las especies mexicanas de cactáceas en riesgo de extinción. Una comparación entre los listados NOM-059-ECOL-2001 (México), La Lista Roja (UICN) y CITES. Cactáceas y suculentas mexicanas, vol. 50, núm. 4, pp. 100-125.

Asociación Mexicana de Jardines Botánicos (AMJB). 2015. Bienvenidos a la página de la Asociación Mexicana de Jardines Botánicos A.C., Nuestra Historia. Consultado en línea el 29 de marzo de 2024. Disponible en línea en: https://www.concyteq.edu.mx/amjb/historia_b.html

Ballesteros-Barrera, C., Aguilar-Romero, O., Zarate-Hernández, R. & Ballesteros-Tapia, L. 2017. Distribución geográfica y conservación de nueve especies del género *Ferocactus* (Cactaceae) en México. Revista Fitotecnia Mexicana, vol. 40, núm. 2. Pp. 131-140.

Becerra, R. 2000. Las cactáceas, plantas amenazadas por su belleza. Biodiversitas, Boletín Bimestral de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Año 6, núm. 32, pp. 2-5.

Bueno, V. & Plumed, J. 2017. Monografías botánicas, Los Cactus, Jardín Botánico de la Universitat de València. Universidad de Valencia. ISBN: 978-84-9133-080-6

Caballero, N. J. (coord.) 2012. Jardines Botánicos: Contribución a la conservación vegetal de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2024. Jardines Botánicos: contribución a la conservación vegetal de México. Consultado en línea el 29 de Marzo de 2024. Disponible en línea en: <https://dgcii.conabio.gob.mx/jardines-botanicos/>

Crow, W. T. 2000. Ball Moss. The Texas Agricultural Extension Service.

Golubov, F. J. 2012. Especies ornamentales invasoras: el caso de *Kalanchoe delagoensis*. Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Xochimilco. Informe final SNIB-CONABIO, proyecto No. GN047. México, DF.

Hernández, H.M. 2006. La Vida en los Desiertos Mexicanos. Primera Edición. Fondo de Cultura Económica. México, DF. ISBN: 968-16-8036-7

Instituto de Biología. 2021. Jardín Botánico, Acerca del Jardín Botánico. Consultado en línea el 30 de Marzo de 2024. Disponible en línea en: <https://www.ib.unam.mx/ib/unidades-investigacion/jardin-botanico/>

Jiménez, J. 2011. Las cactáceas mexicanas y los riesgos que enfrentan. Revista Digital Universitaria, vol. 12, núm. 1, pp. 1-23. ISSN: 1067-6079.

Lascurain, M., Gómez, O., Sánchez, O. y Hernández, C.C. 2006. Jardines Botánicos, Conceptos, operación y manejo. Primera Edición. Asociación Mexicana de Jardines Botánicos, A.C. Yucatán, México.

Mandujano, M.C., Golubov, J. & Reyes, J. 2002. Lo que usted siempre quiso saber sobre las cactáceas y nunca se atrevió a preguntar. Biodiversitas, Boletín Bimestral de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Año 6, núm. 40, pp. 4-7.

Ricker, M. 2019. Manual para realizar las colectas botánicas del Inventario Nacional de Suelos de México. Universidad Nacional Autónoma de México.

Rosas, A. S. & Solórzano, L. S. (2024). Los cactus: patrimonio natural de México. *Revista Digital Universitaria (rdu)*, 25(2). <https://doi.org/10.22201/cuaieed.16076079e.2024.25.2.7>

Rzedowski, G. C. de, J., Rzedowski y Colaboradores. 2005. Flora Fanerogámica del Valle de México. Segunda Edición, Primera reimpresión, Instituto de Ecología, A.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Pátzcuaro, Michoacán.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2019. MODIFICACIÓN del Anexo Normativo III, Lista de especies en riesgo de la Norma Oficial Mexicana NOM-059- SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo, publicada el 30 de diciembre de 2010.