

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
UNIDAD XOCHIMILCO
DIVISION DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD
DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA Y ANIMAL
LICENCIATURA EN AGRONOMÍA

INFORME FINAL DE SERVICIO SOCIAL LEGAL

“Propagación de *Nymphaea mexicana* y *Sagittaria* sp. para su conservación en el Jardín Botánico del Instituto de Biología en la Universidad Nacional Autónoma de México (IB-UNAM)”

Presentador de Servicio Social

Mena Chávez Lorena Anakaren

Matricula 2143060684

Asesores:

Interno: David Montiel Salero

No. Económico: 10847

Externo: Nayeli González Mateos

Cédula Profesional: 3758246

Lugar de realización: Ciudad de México, Jardín Botánico del Instituto de Biología en la Universidad Nacional Autónoma de México (IB-UNAM).

Fecha de inicio y Terminación

Del 1 de junio al 1 de diciembre del 2018.

ÍNDICE

RESUMEN.....	3
INTRODUCCIÓN.....	3
MARCO TEÓRICO.....	5
OBJETIVO.....	9
MÉTODOLOGÍA.....	9
ACTIVIDADES REALIZADAS.....	12
OBJETIVOS Y METAS ALCANZADOS.....	12
RESULTADOS, DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	13
RECOMENDACIONES.....	20
BIBLIOGRAFÍA.....	20

RESUMEN

La intervención del hombre hoy en día ha modificado las condiciones hidrológicas en la Cuenca de México, esto ha llevado a la destrucción de diversos hábitats naturales, uno de estos es el de las plantas acuáticas, siendo estas soporte de gran parte de la biodiversidad y funciones de los humedales, una alternativa para la conservación de la diversidad florística es la conservación *ex situ*. El objetivo de la presente investigación fue propagar dos especies de plantas acuáticas en condiciones artificiales. La investigación se desarrolló en el invernadero de plantas acuáticas del Jardín Botánico del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México. En *Nymphaea mexicana* se experimentó con dos dosis de fertilización de mismo N-P-K, mientras que en *Sagittaria* sp. se realizó un análisis descriptivo del desarrollo de esta especie en conservación *ex-situ*. Se obtuvo en *N. mexicana* un mejor desarrollo de hojas nuevas con el tratamiento número uno. En *Sagittaria* sp. se observó cómo se desarrolló hasta llegar a la floración.

INTRODUCCIÓN

México es uno de los cinco países megadiversos del mundo, esto significa que nuestro territorio es privilegiado en cuanto a la variedad de ecosistemas y variación genética en las especies. Se puede decir que México ocupa el primer lugar mundial en cuanto al número de especies de reptiles (717), el cuarto lugar en anfibios (295), el segundo lugar en mamíferos (500) y posiblemente el cuarto lugar en angiospermas (Plascencia *et al.*, 2011). Bonilla-Barbosa y Santamaría (2013) contabilizan que México tiene aproximadamente 25,000 especies de plantas, de las cuales 2.5% son angiospermas acuáticas.

La explotación de los recursos naturales por actividades antropogénicas ha ocasionado la destrucción masiva de ecosistemas. Al igual que lo han hecho otras poblaciones humanas, en nuestro caso, el uso de los recursos para satisfacer las necesidades y

comodidades de la vida moderna ha aumentado y nuestros métodos de explotación se han vuelto más eficientes. La severa sobre explotación de los recursos ha afectado seriamente el equilibrio ecológico, sin que se establezca simultáneamente un desarrollo sustentable (Plascencia *et al.*, 2011).

Al modificar los ecosistemas se pierden hábitats naturales de distintas especies de plantas, estas se colectan para conservación en distintas instituciones como lo son los jardines botánicos. Caballero (2012), dice que la labor de estos, es la protección de especies que pueden estar amenazadas o en peligro de extinción como es el caso de las plantas acuáticas.

Las plantas acuáticas son importantes, ya que son parte fundamental de los productores primarios, aportando oxígeno al agua, necesario para la respiración de los animales acuáticos; realizan una acción purificadora del bióxido de carbono en la columna de agua; actúan como bombas para poner nuevamente en circulación las sustancias minerales y orgánicas en el medio acuático; son estabilizadoras del sedimento, evitando la erosión; se utilizan como sustratos o bien para la anidación tanto de aves como de peces; por último, ofrecen protección en los nichos desarrollados para los animales acuáticos pequeños (Bonilla-Barbosa y Santamaría, 2013).

Ciertas especies de plantas acuáticas que en algunos lugares de nuestro país producen afectaciones, por ejemplo, *Eichornnia crassipes* (lirio acuático), en otros se emplean para obtener beneficios para el ser humano, razón por la que en lugar de erradicarlas, las emplean para obtener ganancias económicas, y por esta razón varias especies se han usado con fines diversos (Bonilla-Barbosa y Santamaría, 2013).

En esta investigación se tuvo como fin la propagación de las plantas acuáticas de *Nymphaea mexicana* con dos dosis de fertilización y observación del desarrollo de *Sagittaria* sp., para su conservación en el Jardín Botánico del Instituto de Biología, UNAM (JB IBUNAM).

MARCO TEÓRICO

Los nenúfares o mayormente conocidos como lirios acuáticos, son joyas de la naturaleza. Nada llama más la atención en un estanque que un grupo compacto de hojas redondas posadas sobre la superficie del agua, interrumpidas por bellas flores sostenidas por tallos que desaparecen en la profundidad. Existen unas cincuenta especies de *Nymphaea* nativas de regiones templadas y tropicales alrededor del planeta. Debido a su gran valor decorativo, un buen número de especies han sido propagadas y distribuidas mundialmente (Almodóvar y Mari, s/año).

Posición Taxonómica de *Nymphaea mexicana* (Figura1)(Martínez y Sánchez, 2015).

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Nymphaeales

Familia: Nymphaeaceae

Género: *Nymphaea*

Especie: *N. mexicana* Zucc.



Figura 1. Planta *Nymphaea mexicana*.

Conocida comúnmente como ninfa, es una planta perenne; se presenta en forma tubérculo erecto, cilíndrico, de color verde claro a pardo amarillento, con estolones presentes, hojas con estípulas infrapeciolares, libres del peciolo, ápice obtuso a redondeado, lóbulos basales agudos, borde entero, haz verde amarillento con máculas purpúreas, envés verde claro con máculas purpúreas o negras, nerviación no prominente, glabras; flores flotantes o sobresaliendo del agua, diurnas; sépalos 4, ovado lanceolados, ápice agudo, exteriormente rojizos, interiormente blanco amarillentos; pétalos 30 a 36 amarillos, los de los verticilos externos lanceolados, ápice agudo, los de los verticilos internos oblanceolados, ápice obtuso, transformándose gradualmente en estambres; estambres 32 a 38, dorado amarillentos, los de los verticilos externos laminares, petaloides, apéndice terminal del conectivo de las anteras sin desarrollarse, ápice obtuso, verticilos internos, filamentos, apéndice terminal del conectivo de las anteras sin desarrollarse, ápice redondeado; gineceo con 8 a 10 carpelos, apéndices carpelares lingüiformes, ápice obtuso a redondeado, rayos estigmáticos convexos; frutos de 1 a 2 cm de largo y de 1 a 1.5 cm de diámetro; semillas ovoides, de 4.1 a 6.5 mm de largo y de 2.7 a 4.4 mm de diámetro, sin tricomas, arilo cubriendo completamente la semilla. Planta propia de lagos presentes a una altitud de 2050-2100 msnm. Florece de abril a noviembre. Esta especie se distribuye desde Florida y Texas hasta el centro de México. En México se encuentra en los estados de Hidalgo y Michoacán (Rzedowski *et al.*, 2005).

Esta planta es escasa en el Valle de México, por lo que debe ser considerada como vulnerable y una especie en peligro de extinción (Rzedowski *et al.*, 2005).

Posición Taxonómica de *Sagittaria* sp. (Figura 2)(Talavera y Ortiz 2010).

División: Magnoliophyta

Clase: Liliopsida

Orden: Alismatales

Familia: Alismataceae

Género: *Sagittaria* L.



Figura 2. Planta *Sagittaria* sp.

La papa de agua o *Sagittaria* es una planta perenne, glabra, monoicas, dioicas o andromonoicas. Hojas largamente pecioladas, con limbo de las hojas aéreas sagitado, el de las hojas sumergidas o flotantes menos desarrolladas. Inflorescencia en racimo, cada uno de ellos con 2-3 flores verticiladas. Flores pediceladas, hermafroditas o unisexuales, siempre dispuestas en los 2 verticilos inferiores de la inflorescencia, las masculinas en los verticilos superiores y en las ramas laterales. Androceo de las flores masculinas con 20-40 estambres, las hermafroditas con menos estambres que las masculinas; presentan filamentos estaminales; anteras sagitadas. Gineceo semiesférico, con numerosos carpelos libres entre sí; pistilos con un solo rudimento seminal y un estilo pequeño con un estigma terminal. Fruto poliaquenio, subdesértico. Aquenios aplanados, normalmente alados, \pm falcados, sin costillas, indehiscentes. Semillas \pm estrechamente elípticas, estriadas longitudinalmente

(Rzedowski *et al.*, 2005). Cabe destacar que el resto de los integrantes del género presenta secuencias ontogenéticas del tipo heteroblástico (Novelo y Lot, 2005).

Sagittaria es una planta endémica de México (actualmente se reconoce que sus tubérculos o 'papas de agua' tienen importancia económica en la región del Río Lerma. El uso tradicional de esta especie indica que podría ser una alternativa más en la dieta humana y animal (Zepeda y Lot, 2005).

Según la normatividad ambiental vigente NOM-059 (SEMARNAT, 2010), *Nymphaea mexicana* y *Sagittaria (macrophylla)* están catalogadas como especie amenazada debido a que cada vez es más raro verlas en sus hábitats naturales.

Se han desarrollado estrategias encaminadas a la protección y conservación de las especies en sus hábitats (*in-situ*) y fuera de las áreas donde crece de forma natural (*ex-situ*). Entre las estrategias de conservación *in-situ* se hallan las Áreas Naturales Protegidas. Estas zonas están destinadas esencialmente para actividades de carácter científico, educativo y de conservación. Para la conservación de plantas acuáticas fuera de su hábitat *ex-situ*, existen jardines botánicos, instituciones que mantienen colecciones de plantas vivas con fines de investigación científica, conservación y educación. Algunos jardines botánicos cuentan con importantes colecciones de plantas y semillas hidrófitas en diferentes regiones del país (Martínez y Sánchez, 2015).

El Jardín Botánico en el Instituto de Biología de la UNAM

La labor de los jardines botánicos ha sido históricamente de gran valía. No solo han sido espacios para la protección de especies que pueden estar amenazadas o en peligro de extinción, sino también han operado como lugares para la reproducción de especies, llevadas desde sus sitios de origen (Caballero, 2012).

Las colecciones del Jardín Botánico IB-UNAM contribuyen a la conservación *ex situ* de 577 de las 7 320 especies endémicas a México (Caballero, 2010). Entre sus colecciones se encuentran la colección de agaváceas, cactáceas, crasuláceas, ornamentales, medicinales, tropicales, arboretum y plantas acuáticas (González-Mateos, 2018).

La Colección de Plantas Acuáticas surge como una propuesta de colección botánica temática para fomentar la conservación e investigación sobre este tipo de plantas, de las cuales poco se ha estudiado y muchas son las presiones que provocan la disminución de sus poblaciones en condiciones naturales. Esta colección es una de las pocas de su tipo que existen en México, su objetivo es tener una muestra representativa de las plantas vasculares acuáticas de la flora de nuestro país, con énfasis en el Valle de México (González-Mateos 2018).

OBJETIVO

Objetivo General

Propagar dos especies de plantas acuáticas *Nymphaea mexicana* y *Sagittaria* sp. en el Jardín Botánico de la UNAM.

Objetivos específicos

- Evaluar la respuesta de *N. mexicana* a la fertilización
- Evaluar la respuesta de crecimiento *Sagittaria* sp. en conservación *ex situ*

MÉTODOLOGIA

El trabajo se desarrolló en el invernadero de plantas acuáticas del Jardín Botánico del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México ubicado dentro de sus instalaciones en la delegación de Coyoacán.

Nymphaea mexicana

La evaluación se estableció bajo un diseño de bloques completos al azar con un testigo, dos tratamientos y cinco repeticiones, los bulbos empleados se acomodaron de mayor (>) a menor (<) (Figura3), los de mayor longitud se tomaron como el tratamiento uno y los de menor longitud se tomaron como el tratamiento dos. En los dos tratamientos se utilizó la misma fórmula de fertilización con un N-P-K de 9-45-15, siendo sólo distinta la cantidad utilizada, en el tratamiento uno se le agregaron 100 g de fertilizante y en el

tratamiento dos se agregaron 200 g, esto se realizó en tinas con capacidad de 100 litros cada una y diluyéndolo con agua durante 24 h. Después de las 24 h se retiró el fertilizante. El experimento se monitoreó cada semana, midiendo pH, temperatura, contando el número de hojas nuevas, número de botones y número de frutos desarrollados (Figura 4).

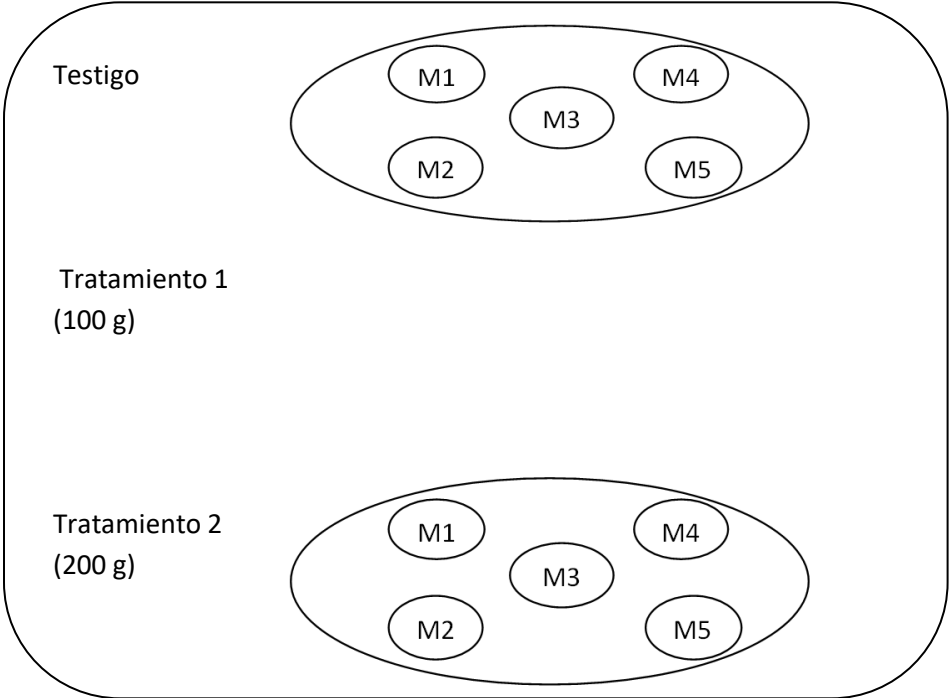


Figura 3. Esquema metodológico de fertilización en *N. mexicana*.



Figura 4. Bulbos de *N. mexicana* acomodados de mayor a menor respecto a su longitud.

Se realizó un análisis ANOVA para saber si existieron diferencias estadísticamente significativas respecto al crecimiento y debido a la fertilización, con 95% de confiabilidad.

Sagittaria sp.

Se sembraron tres cormos de *Sagittaria sp.* en macetas de siete litros con sustrato a $\frac{3}{4}$ del llenado y una capa de granzón, poniéndolos en una tina con capacidad para 100 L. a una profundidad que sobrepasara por encima de la maceta (Figura 5).

Cada semana se monitoreo el crecimiento, midiendo diámetro de peciolo y contando número de hojas. Con los datos obtenidos se realizó una base de datos de los diámetros (cm) de los peciolos obtenidos semanalmente (días) para así realizar gráficas del crecimiento de *Sagittaria sp.* en conservación *ex situ*.



Figura 5. Izquierda cormos de *Sagittaria* sp. Derecha planta en maceta con peciolo y hojas en punta de flecha.

ACTIVIDADES REALIZADAS

Para la propagación de plantas acuáticas se realizaron las siguientes actividades:

- **Selección:** Se eligieron los estanques, material vegetativo para su reproducción y fórmula de fertilización.
- **Propagación:** Los individuos seleccionados fueron plantados en macetas y sumergidos en tinas con capacidad de 100 L. de agua.
- **Monitoreo:** Se realizó monitoreo de su crecimiento por semana, midiendo en *N. mexicana* el número de hojas, número de botones, número de frutos, y en *Sagittaria* sp. el diámetro de peciolo y número de hojas.
- **Mantenimiento:** Se realizó la limpieza de tinas cada semana, para retirar algas en *Sagittaria* sp. y residuos de fertilizante en *N. mexicana*.
- **Captura para base de datos:** Se realizó la captura de los datos de cada monitoreo.
- **Análisis de resultados:** Se realizó el análisis con los datos obtenidos.
- **Reporte final:** Se llevó a cabo el reporte final del trabajo.

OBJETIVOS Y METAS ALCANZADOS

- Evaluación de *N. mexicana* a la fertilización.

- Evaluación de crecimiento en *Sagittaria* sp. en conservación *ex situ*

Metas

- ✓ Evaluación del fertilizante en *N. mexicana* para estimación de nuevo tratamiento.
- ✓ Propagación de *Sagittaria* sp. (papa de agua) a través de bulbos y liberación al estanque.

RESULTADOS, DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

De acuerdo a las evaluaciones realizadas se encontraron los siguientes resultados.

N. mexicana

Número total de hojas

Para el crecimiento foliar en *N. mexicana*, sólo se consideraron los resultados del número total de hojas obtenidas a partir de la fertilización (Cuadro 1).

a) Número de hojas iniciales: son con las que ya contaba el bulbo, b) Número final de hojas iniciales: son con las que ya contaba el bulbo que permanecieron hasta el final de la investigación, c) Número de hojas nuevas: son las que emergieron durante el periodo de fertilización, d) Número total de hojas: es la suma de las hojas que permanecieron con las hojas nuevas, e) Botones: número de botones que surgieron.

	a) Número de hojas iniciales (viejas)	b) Número final de hojas iniciales (viejas)	c) Número de hojas nuevas	d) Número total de hojas	e) Botones
Testigo	6	5	4	9	1
Testigo	7	5	6	11	0
Testigo	4	4	5	9	0
Testigo	5	3	6	9	1
Testigo	6	5	4	9	0
\bar{X}	5.6	4.4	5.0	9.4	0.4
Tratamiento 1	4	4	10	14	0

Tratamiento 1	9	3	10	13	0
Tratamiento 1	3	2	10	12	0
Tratamiento 1	4	1	8	9	0
Tratamiento 1	7	0	10	10	0
\bar{X}	5.4	2.0	9.6	11.6	0.0
Tratamiento 2	2	0	8	8	0
Tratamiento 2	3	0	7	7	0
Tratamiento 2	5	2	9	11	0
Tratamiento 2	7	3	9	12	0
Tratamiento 2	6	3	9	12	0
\bar{X}	4.6	1.6	8.4	10.0	0.0

Cuadro 1. Número total de hojas obtenidas por tratamiento en *N. mexicana*.

Las medias de los resultados obtenidos dan indicio del efecto de la fertilización empleada (Cuadro 2).

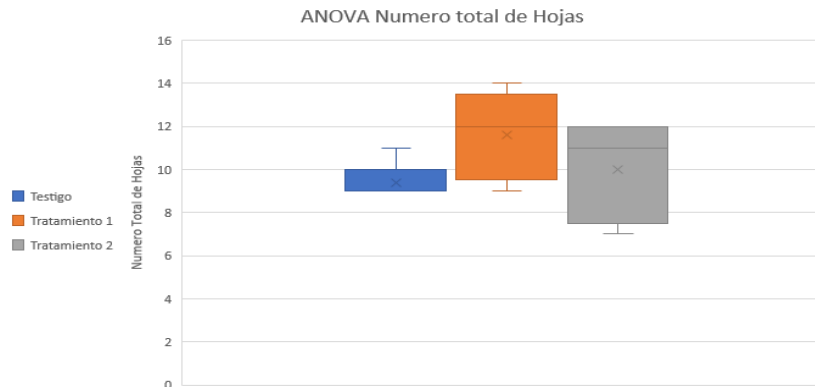
	a) Número de hojas iniciales (viejas)	b) Número final de hojas iniciales (viejas)	c) Número de hojas nuevas	d) Número total de hojas	e) Botones
Testigo	5.6	4.4	5.0	9.4	0.4
Tratamiento 1	5.4	2.0	9.6	11.6	0.0
Tratamiento 2	4.6	1.6	8.4	10.0	0.0

Cuadro 2. Promedios del efecto de la fertilización sobre *N. mexicana*.

Se encontró influencia de la fertilización en el número total de hojas, siendo la dosis más influyente la del tratamiento uno, favoreciendo el desarrollo de hojas nuevas. Sin embargo, es importante mencionar que esta no ayudó a preservar las hojas iniciales, que son con las que ya contaba el bulbo.

Cabe recalcar que en ningún tratamiento la fertilización ayudo en el desarrollo de botones nuevos, por lo cual no se obtuvieron frutos.

Al no contar con un número alto de bulbos (población), al correr el análisis ANOVA, no mostro diferencias significativas entre los tratamientos empleados (Gráfica 1).



Gráfica 1. Análisis de varianza del testigo, tratamiento 1 y tratamiento 2

Desarrollo de hojas nuevas

Se observó que tanto en el tratamiento uno como en el tratamiento dos, se desarrollaron dos hojas nuevas por semana en cada bulbo. Mientras que en el testigo solo se desarrollaba una hoja nueva por semana, esto indica que la fertilización influyó en el aumento de un 50% en la producción de nuevas hojas (Cuadro 3 y 4).

	Inicio	1er semana	2da semana	3ra semana	4ta semana	5ta semana	Total de hojas nuevas
Testigo	0	0	1	1	1	1	4
Testigo	0	0	2	2	1	1	6
Testigo	0	1	0	1	2	1	5
Testigo	0	1	2	1	1	1	6
Testigo	0	1	0	1	1	1	4
\bar{X}	0	0.6	1.0	1.2	1.2	1.0	
Tratamiento 1	0	2	2	2	2	2	10
Tratamiento 1	0	0	2	2	3	3	10
Tratamiento 1	0	2	2	1	3	2	10
Tratamiento 1	0	0	2	1	3	2	8
Tratamiento 1	0	2	2	2	2	2	10

\bar{X}	0	1.2	2.0	1.6	2.6	2.2	
Tratamiento 2	0	0	1	2	2	3	8
Tratamiento 2	0	0	1	2	2	2	7
Tratamiento 2	0	1	1	2	2	3	9
Tratamiento 2	0	0	2	2	3	2	9
Tratamiento 2	0	2	2	1	2	2	9
\bar{X}	0	0.6	1.4	1.8	2.2	2.4	

Cuadro 3. Hojas nuevas semanalmente por bulbo

	1er semana	2da semana	3ra semana	4ta semana	5ta semana
Testigo	0.6	1.0	1.2	1.2	1.0
Tratamiento 1	1.2	2.0	1.6	2.6	2.2
Tratamiento 2	0.6	1.4	1.8	2.2	2.4

Cuadro 4. Promedios del desarrollo de hojas nuevas semanalmente por bulbo del efecto de la fertilización sobre *N. mexicana*.

Se observó que el rendimiento en *N. mexicana* en el testigo el número total de hojas nuevas fue de 25, en comparación con el tratamiento uno que fue de 48 hojas nuevas y el tratamiento dos fue 42 hojas nuevas. Se afirma que si existió influencia de la fertilización de *N. mexicana* siendo que se obtuvo un promedio de cinco hojas por planta en el testigo correspondiendo al 47.9% menos que en el tratamiento uno, nueve hojas por planta en el tratamiento uno y ocho hojas por planta que el tratamiento dos que corresponde al 12.5% menos que el tratamiento uno. La dosis de fertilización con mejores resultados fue la del tratamiento uno donde se mostró un mejor rendimiento en el desarrollo de hojas nuevas (Cuadro 5).

	Total hojas nuevas por tina	Promedio (\bar{X})
Testigo	25/5	5.0
Tratamiento 1	48/5	9.6
Tratamiento 2	42/5	8.4

Cuadro 5. Total de hojas producidas de *N. mexicana*.

En los resultados de *N. mexicana* se notó que la dosis de fertilización y el riego semanal, no fueron suficientes debido a que en el periodo de fertilización, la planta no tuvo un buen rendimiento, como lo menciona Silber *et al.* (2003) “la reducción de rendimiento obtenida con el riego de baja frecuencia (y la fertirrigación) es resultado de la deficiencia de nutrientes, antes que de una escasez de agua, y que el riego de alta frecuencia puede compensar la deficiencia de nutrientes”. En el experimento de *N. mexicana* no se realizó una fertirrigación frecuente siendo que solo se le dejaba 24 h el fertilizante por lo cual se tuvo un bajo rendimiento de estructuras florales. Kafkafi y Tarchitzky (2012) mencionan que la fertirrigación frecuente mejora la absorción de nutrientes. Es importante mencionar que si se desarrollaron estructuras vegetativas, sin embargo, esto no influyo en la madurez de esta hidrófita.

pH

Meléndez y Molina (2002) comentan que el pH debería regularse en un ámbito ligeramente ácido que oscile entre 5,5 y 6,5, rango que presenta las mejores condiciones generales para la absorción de nutrimentos. El resultado promedio que se obtuvo al medir el pH fue de 6, lo que se puede decir que si se contó con las condiciones óptimas para la absorción de nutrimentos.

Sagittaria sp.

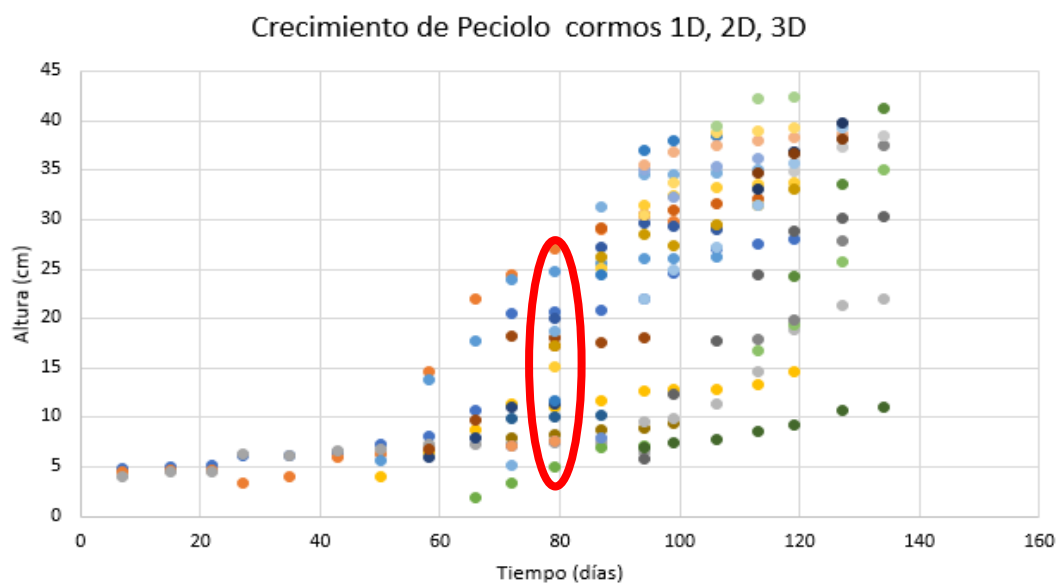
Se obtuvieron respuestas positivas en el desarrollo de esta especie (en conservación *ex-situ*) respecto a peciolos, hojas y flores de los tres cormos con los que se trabajó.

Cormo	A) Número total de hojas	B) Peciolos Altura Max.	C) Número de Flores
1D	11	43 cm	2
2D	12	40 cm	4
3D	9	41 cm	3

Cuadro 6. Se muestra en A) Número total de hojas obtenidas, B) Altura máxima de peciolo y C) Número de flores en *Sagittaria* sp.

El cormo 1D desarrollo un total de 11 hojas siendo este el con una altura máxima de peciolo de 43 cm, el cormo 2D presentó un total de 12 hojas y una altura de peciolo de 40 cm, mientras que el cormo 3D tuvo un total de 9 hojas y una altura de peciolo de 41 cm.

Se observó un incremento de peciolo a partir del día 79, (Gráfica 5) en el cormo 1D contaba con 8 peciolo, el cormo 2D tenía 8 peciolo, mientras que el cormo 3D tenía 2 peciolo.



Grafica 5. Comparación de crecimiento de peciolo de los cormos 1,2 y 3.

El cormo con mejor desarrollo fue el 2D debido a que tuvo 12 hojas en total y tuvo una floración de 4 botones.

Se observó que a los 7 días de sembradas en sus respectivas tinas, las plantas de *Sagittaria* sp. empezaron a emerger por encima del agua. Sánchez *et al.* (2012) indica que el alargamiento de hojas o de tallos es una respuesta conocida en la mayoría de las hidrófitas para contrarrestar la hipoxia, que predomina en la zona de la raíz en suelos inundados, ya que esta condición es la responsable de inhibir la respiración aeróbica y de producir toxinas por compuestos reducidos que limitan la sobrevivencia.

De los cormos trabajados se obtuvieron diferentes alturas de peciolo, siendo 41.5 cm el promedio de altura máxima en estos debido a que todos se encontraban en la misma profundidad. Das y Uchimiya (2002) y Fukao *et al.* (2006) comentan que el alargamiento del peciolo de *Sagittaria*, es asociado al aumento de la profundidad del agua, es una estrategia para satisfacer la demanda de oxígeno en las partes subterráneas (vía aerénquima) y evitar la muerte de las plantas.

De acuerdo con las investigaciones de Robe y Griffiths (2000) en el que reporta que en algunas plantas anfibias se ha observado que la tasa de crecimiento declina después de la floración debido a que el potencial hídrico en los individuos decrece, provocando estrés hídrico, en esta investigación se obtuvieron semejanzas, ya que después de la formación de flores disminuyó el número de hojas a 4 por planta.

Al madurar las plantas, se llevaron al estanque para ser introducidas y poder seguir estudiando su crecimiento *ex situ*.

RECOMENDACIONES

N. mexicana

Es necesario encontrar una dosis de fertilización óptima para lograr un mejor desarrollo de esta, para lograr una floración y llevar a cabo la polinización manual debido a que esta especie se encuentra en invernadero, para así llegar a obtener fruto y por lo tanto semilla viable para su propagación.

Sagittaria sp.

Se requiere experimentos relacionados a la viabilidad de semillas y su almacenamiento poscosecha. El fomentar alternativas de propagación de esta especie podrá proporcionar alternativas para su cultivo en comunidades que aún refieren el uso comestible de la especie a través de cultivos sustentable.

BIBLIOGRAFÍA

- Almodóvar J., MariJ.s.a. Animales y plantas con historias: Fotos y ensayos cortos sobre animales y plantas de Puerto Rico. edicionesdigitales.org [Fecha de consulta: 16 de junio de 2018]
Disponible en: <http://www.edicionesdigitales.info/imagenes/imagenes.pdf>
- Bonilla-Barbosa, J.R., y B. Santamaría. 2013. Plantas acuáticas exóticas y traslocadas invasoras, en R. Mendoza y P. Koleff (coords.), Especies acuáticas invasoras en México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, pp. 223-247.
- Caballero, N.J. 2010. The Institute of Biology's Botanical Garden A Gem Nestled in the UNAM. Voices of Mexico Número 87, Spring-Summer: 33-41. Centro de

Investigaciones sobre América del Norte. Universidad Nacional Autónoma de México.

- 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.
- Das A, Uchimiya H. 2002. Estrés de oxígeno y adaptación de una planta semiacuática: arroz (*Oryza sativa*). J. Plant Res. 115: 315-320
- Fukao, T., Xu, K., Ronald P., Bailey-Serres, J. (2006). Un grupo variable de genes similares al factor de respuesta al etileno regula las respuestas de aclimatación al desarrollo y metabólicas a la inmersión en el arroz. La célula vegetal. 18: 2021-2034.
- González-Mateos S.N. 2018. Resumen de la Colección de Plantas Acuáticas. Documento interno del Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México
- Kafkafi, U. y Tarchitzky, J. 2012. Fertirrigación. Una herramienta para una eficiente fertilización y manejo del agua. Primera edición. Asociación Internacional de la Industria de Fertilizantes (IFA) Instituto Internacional de la Potasa (IIP) París, Francia y Horgen, Suiz.
- Martínez, M. y Sánchez, I. 2015. Guía de plantas acuáticas del Jardín de humedales. Colección Mora Osejo. Serie Colecciones Vivas I. Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis. Bogotá, D. C., Colombia. 126 pp.
- Melendez, G. y Molina, E. 2002. Fertilización Foliar: Principios y Aplicaciones. Laboratorio de suelos y foliares. Universidad de Costa Rica. Costa Rica. 145pp.
- Novelo A, Lot A (2005) Alismatácea. En Rzedowski J, de Rzedowski GC (Eds.) Flora Fanerogámica del Valle de México Instituto de Ecología. México, D.F. pp. 992-996.
- Plascencia R., Castañón A., Raz-Guzmán A. 2011. La biodiversidad en México su conservación y las colecciones biológicas Ciencias, núm. 101, enero-marzo, pp. 36-43 Universidad Nacional Autónoma de México Distrito Federal, México

- Robe, W. y Griffiths, H. (2000). Plasticidad fisiológica y fotosintética en la planta anfibia de agua dulce, *Littorela unifora*, durante la transición de ambientes terrestres acuáticos a secos. *Planta de células env.* 23: 1041-1054.
- Rzedowski, G. C. de, J. Rzedowski y colaboradores, 2005. Flora fanerogámica del Valle de México. 2a. ed., 1a reimp., Instituto de Ecología, A.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Pátzcuaro (Michoacán), 1406 pp.
- Sánchez, V., Zepeda, C., Manjarrez, F., White, L. (2012). Efecto del nivel de agua sobre el tamaño y biomasa foliar de *Sagittaria macrophylla* (Alismataceae). *Interciencia*, 37 (10), 775-781.[Fecha de consulta: 30 de octubre de 2018] Disponible en:<https://www.redalyc.org/pdf/339/33925472007.pdf>
- 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, 30 de diciembre, Segunda Sección, pp. 1-78.
- Silber, A., Xu, G., Levkovitch, I., Soriano, S., Bilu, A. y Wallach, R. 2003. "Alta fertirrigación. Frecuencia: los efectos sobre la absorción de nutrientes, el agua y el crecimiento de las plantas". *Planta y suelo* 253: 467-477pp.
- Talavera, S., Ortiz, M. 2010. *Sagittaria* L. en Castroviejo, S. et al (eds.). Flora ibérica. V XVII. 26-27. Real Jardín Botánico, CSIC. Madrid.
- Zepeda C. y Lot A. 2005. Distribución y uso tradicional de *Sagittaria macrophylla* Zucc. y *S. latifolia* Willd. en el Estado de México. *CIENCIA ergo-sum*, Revista Científica Multidisciplinaria de Prospectiva [en línea], 12 (noviembre-febrero) : [Fecha de consulta: 16 de junio de 2018] Disponible en:<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10412308>