



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

**Cícadas (División Cicadophyta) y Educación Ambiental en el
Jardín Botánico de la FES Iztacala (JABIZ): un binomio para el
conocimiento y la conservación de las plantas mexicanas.**

T E S I S

Que para obtener el título de:

BIOLOGO

P R E S E N T A :

JULIO LENIN ROMÁN MARTÍNEZ



**Director de tesis:
Biol. FRANCISCO LÓPEZ MARTÍNEZ**

Los Reyes Iztacala, Edo. De México. Junio de 2018



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE

Introducción	1
Cícadas: biología y conservación	3
Historia.....	4
Morfología.....	5
Reproducción	8
Toxicidad.....	10
Crecimiento	11
Hábitat	12
Clasificación.....	12
Distribución.....	14
Importancia Económica.....	15
Etnobotánica.....	17
Conservación.....	18
Jardines Botánicos	19
Agenda Internacional para la Conservación en Jardines Botánicos	21
Jardines Botánicos en México.....	22
Educación Ambiental	23
¿Qué es la Educación Ambiental?.....	23
Breve historia de la Educación Ambiental	23
La Educación Ambiental y los JB	25
Objetivos	27
Objetivo general	27
Objetivos particulares	27
Material y métodos	28
Resultados	34
Colección de Cícadas del JABIZ	34
Taller de educación ambiental	37
Evaluación diagnóstica y final del taller	38
Primera Parte: Jardines Botánicos.....	38

Segunda parte: Diversidad de plantas.....	40
Tercera parte: Cícadas.....	43
Aprovechamiento promedio	45
Estadístico de t de medias para muestras pareadas.	46
Análisis y discusión	47
Importancia del JABIZ en la conservación de cícadas mexicanas	47
La educación no formal en el JABIZ	48
La estrategia del taller	49
Inicio y dinámica de trabajo en equipo.	50
Cícadas y la importancia del conocimiento previo de los participantes.....	52
Cierre e importancia de la conservación en los participantes.....	54
Evaluación del taller	56
Importancia del taller en el nivel educativo y plan de estudios de la Educación media Superior (EMS).	57
Conclusiones.	60
Comentarios y Recomendaciones (Propuesta de mejora)	61
Literatura citada	62
Anexos	70

INDICE DE FIGURAS.

Figura 1. Filogenia de las plantas con semillas (espermatofitas). Tomada de Ennos y Sheffield, (2000)	4
Figura 2. Morfología general de las cícadas (Giddy, 1974).....	6
Figura 3. Coronas con foliolos jóvenes.....	7
Figura 4. Ciclo reproductor de <i>Zamia</i> (Tomada de Cronquist, 1977).....	8
Figura 5. Conos femeninos de diferentes géneros de cícadas (Fotografías de Calonje M., 2011).....	9
Figura 6. Etapas en la germinación de la semilla y formación de plántula en <i>Cycas</i> . (Tomada de Bhatnagar y Moitra, 1996)	10
Figura 7. Clasificación de las cícadas. (Stevenson, 1990, Treutlein y Wink, 2002).....	13
Figura 8. Distribución mundial de las cícadas (Jones, 1993).....	15
Figura 9. Ejemplares de A) <i>Cycas circinalis</i> en la Macroplaza de Monterrey, Nuevo León y B) <i>Dioon spinulosum</i> en las áreas verdes del Archivo General de la Nación, Ciudad de México (2016).	16
Figura 10. A) "Espadañeros" entrando a la iglesia de San José Terán, Chiapas. B) Tercios de hojas (atados) de <i>D. meroale</i> en Suchiapa, Chiapas; cada tercio se forma con 300 hojas. (Lázaro-Zermeño <i>et al.</i> , 2011a).....	17
Figura 11. Vista general al área de cactáceas del JABIZ (UNAM, 2018).	28
Figura 12. Interior del invernadero del JABIZ (UNAM, 2018).....	29
Figura 13. Plática introductoria y encuadre de la actividad	31
Figura 14. Colección de cícadas del JABIZ (porcentaje de organismo por género).....	34
Figura 15. Distribución y ubicación de las cícadas dentro del JABIZ.	35
Figura 16. Gráfica “Definición de un Jardín Botánico”	38
Figura 17. Gráfica “Jardines visitados”	38
Figura 18. Gráfica “Función de un Jardín Botánico”	39
Figura 19. Gráfica “Características de una planta”	40
Figura 20. Gráfica “Beneficios de las plantas” (diagnóstico)	40
Figura 21. Gráfica “Beneficios de las plantas (final)	41
Figura 22. Gráfica “Importancia de la conservación de las plantas”	41
Figura 23. Gráfica “Partes de una planta”	42
Figura 24. Gráfica “Plantas mexicanas”(diagnóstico)	42
Figura 25. Gráfica “Plantas mexicanas” (final)	43

Figura 26. Gráfica “Partes de una cícada”	43
Figura 27. Gráfica “Características de una cícada”.....	44
Figura 28. Gráfica “Reproducción de las cícadas”	44
Figura 29. Gráfica “Acciones de conservación”	45
Figura 30. Promedio general en la evaluación diagnóstica y final.....	46
Figura 31. Recorrido por el sendero ecológico	51
Figura 32. Medición del tallo como parte de la actividad "¿Qué edad tienen las cícadas?"	53
Figura 33. Participantes observando e interactuando con una cícada	53
Figura 34. Alumnas interactuando con el estróbilo femenino de <i>D. edule</i> previamente preparado.	54
Figura 35. Plática dentro del invernadero del JABIZ.....	55
Figura 36. Elaboración del cartel como actividad de cierre.	56

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Número de especies de plantas a nivel mundial y en México. (Fuente: CONABIO, 2018)	2
Tabla 2. Clasificación de las cícadas actuales, de acuerdo con Stevenson (1992).....	13
Tabla 3. Número de especies distribuidas en 11 géneros. A) Jones, 1992; B) Whitelock, 2002.	14
Tabla 4. Colección de cícadas del JABIZ.	36
Tabla 5. Encuadre del taller.....	37
Tabla 6. Estadístico de t y conclusión estadística en las distintas partes de la evaluación diagnóstica y final.	46

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Lista de especies de la familia Zamieaceae en México. Distribución por estado y categoría de riesgo (Nicolalde et al, 2014).	70
Anexo 2. Cuestionario de diagnóstico y final.	72
Anexo 3. Vista aérea del JABIZ, señalando las estaciones y recorridos donde se realizaron las actividades.....	73
Anexo 4. Estadístico de t de medias para muestras pareadas.....	74

Introducción

Las plantas son organismos principalmente multicelulares, y predominantemente eucariotas fotosintéticas que pertenecen al reino Plantae. Estas forman el clado Viridiplantae que incluye a las plantas con flor (angiospermas), coníferas y otras gimnospermas, briobiontes (musgos, hepáticas y anthoceros) y pteridobiontes (helechos y plantas afines). Se caracterizan por poseer paredes de celulosa y la habilidad de llevar a cabo el proceso de fotosíntesis por medio de cloroplastos gracias a la clorofila a y b. Algunas plantas son parásitas o micotróficas, y pueden perder la habilidad de producir cantidades normales de clorofila o incluso fotosintetizar. Las plantas también se caracterizan por su reproducción sexual y la alternancia de generaciones, aunque la reproducción asexual también es común.

Su importancia abarca un gran abanico tanto de servicios ambientales como en actividades socioeconómicas humanas, cuyo estudio se denomina botánica económica o etnobotánica (Kochhar, 2016). La más significativa de estas es la agricultura, pues el cultivo y domesticación de las plantas constituye la base de la civilización humana (Wrench, 2013). Su uso va desde la alimentación y su aporte en el campo de la medicina, hasta su diverso uso ornamental o como materia prima; sin mencionar su empleo en el campo de la ciencia ya sea como objeto de estudio o modelo experimental en descubrimientos trascendentales en genética.

La diversidad de plantas en México es de las mayores del mundo, pues se ha calculado que en el país existen de 18 a 32 mil especies de plantas, de las cuales se tienen descritas 26,495 especies (CONABIO, 2018). En los inventarios que se han realizado a través del tiempo, se han descrito diferentes grupos botánicos (tabla 1). La mayor diversidad se agrupa en las plantas embriofitas o fanerógamas, que incluye a las gimnospermas (pinos, ginkgos, cícadas y gnetofitas) con poco más de 800 especies y a las angiospermas (Liliópsidas y Magnoliópsidas) con más de 250 mil especies.

Grupo	No. de especies en el mundo	No. de especies en México	Endémicas
--------------	------------------------------------	----------------------------------	------------------

Briofitas	19,900	1,480	106
Pteridofitas	10,000	1,008	186
Cicadofitas	331	54	48
Coníferas o pinofitas	575	91	43 (Gernand y Pérez, 2014)
Gnetofitas	76	40	
Angiospermas	295,383 (Christenhusz y Bing, 2016)	22,700	9,239

Tabla 1. Número de especies de plantas a nivel mundial y en México. (Fuente: CONABIO, 2018)

Las gimnospermas presentes en México, tanto nativas como exóticas, se agrupan en cuatro divisiones que son Coniferophyta, Ginkgophyta, Cicadophyta y Gnetophyta, los cuales incluyen plantas con linajes muy antiguos que llegaron a dominar ambos hemisferios del planeta. De manera general se caracterizan por su xilema formado principalmente por traqueidas para el transporte de agua y soporte en la estructura de la planta; además sus semillas no se forman en un ovario cerrado como ocurre con las gimnospermas (esto es, un pistilo con uno o más carpelos que forman un fruto), sino que la semilla está expuesta y formada en una rama de crecimiento limitado productora de hojas fértiles o "esporófilos". Hoy en día estos grupos presentan una baja diversidad comparado con las angiospermas.

La división Cicadophyta alberga plantas que sobresalen por diversas razones como su belleza morfológica (parecidas a palmas), el poco número de especies y sus endemismos, por lo que han recibido especial atención para reconocerlas en categorías de riesgo a nivel mundial que justifiquen regular su comercialización y uso (CITES, 2016). Con respecto a su conservación son plantas amenazadas por presentar una distribución restringida, ser colectadas en sus ambientes naturales y por la modificación o destrucción de su hábitat, lo que implica la pérdida de la vegetación en general.

En la década de los ochentas se calculó una pérdida forestal de bosques y selvas de 500 000 Ha por año (Toledo, 1988). Décadas después se estimó una pérdida de alrededor de 30% de los territorios boscosos del mundo, lo que equivale a una quinta parte de la cobertura vegetal del planeta (Vovides *et al*, 2010). Como consecuencia la Tierra sufre modificaciones significativas e irreversibles, como el cambio climático, la erosión de los suelos y en especial la extinción de especies de animales y plantas, que según algunos expertos se compara sólo con las grandes extinciones de la historia geológica. La Norma Oficial Mexicana (NOM-059-SEMARNAT-2010), registra que al menos 985 de las más de 22 000 especies de plantas mexicanas están en algún nivel de riesgo, y de las cuales todas las especies de cícadas del país se encuentran en alguna de las categorías de peligro de extinción, amenazadas o que requieren alguna protección especial.

Cícadas: biología y conservación

Las cícadas son plantas perenes consideradas “milenarios”, pues su registro fósil se remonta al Mesozóico, hace 250 millones de años, y cuyas especies contemporáneas tienen una antigüedad aproximada de 12 millones de años (Nagalingum *et al*, 2011). En tanto que su registro fósil aún no es claro, las cícadas fueron más diversas y abundantes en la antigüedad y se distribuían ampliamente, por lo que las cícadas contemporáneas son consideradas relictos constituidos por pequeñas poblaciones disjuntas en las zonas tropicales y subtropicales de varios continentes (Yáñez, 2006).

Aunque su apariencia externa es generalmente identificable con las palmas y helechos por la mayoría de la gente, no están relacionadas con ninguno de estos. La palabra cícada se deriva de la palabra griega *koikas*, un nombre usado por el botánico griego Teofrasto para la palma de Doum o árbol de jengibre (*Hyphaene thebaica*, Aracaceae) (Norstog y Nicholls, 1997). Las cícadas tienen una apariencia distintiva que está relacionada con su origen y antigüedad; son plantas dioicas y su reproducción es por medio de semillas. Asimismo, las cícadas casi son las únicas que producen gametos masculinos multiflagelados (espermatozoides). Aunque prácticamente son plantas leñosas, a diferencia de otras plantas de este tipo las cícadas poseen un tallo paquicaule; es decir, un tallo grueso y esponjoso, constituido en su mayoría de tejido de almacenamiento con poca madera. Su madera consiste

básicamente de traqueidas. Presentan raíces coraloides que no se observan en otras plantas con semillas y también carecen de yemas laterales (Yañez, 2006).

Actualmente, existen 331 especies de cícadas catalogadas a nivel mundial, distribuidas en tres familias y once géneros. En México crecen de manera silvestre 54 especies pertenecientes a la familia *Zamiaceae* (anexo 1), de las cuales 26 pertenecen al género *Ceratozamia*, 13 al género *Dioon* y 16 al género *Zamia* (Osborne *et al.*, 2012). Esto cual representa el 16% de la diversidad total del planeta, colocándolo en el segundo lugar mundial en diversidad de este grupo (Vovides, 2000). Aunque son muy diferentes de las Gnetales, Coniferales y Ginkgoales, se clasifican como gimnospermas, ya que no están relacionadas con otro grupo de plantas vivientes.

Historia

De acuerdo con estudios paleontológicos, las cícadas son un grupo considerablemente antiguo y en la actualidad se reconocen como grupo hermano de las plantas con semillas (espermatofitas). Pertenecen al orden Cycadales, división Cycadophyta, siendo parte del grupo informal de las gimnospermas, es decir, plantas cuyas semillas no están encerradas por un ovario (Fig. 1).

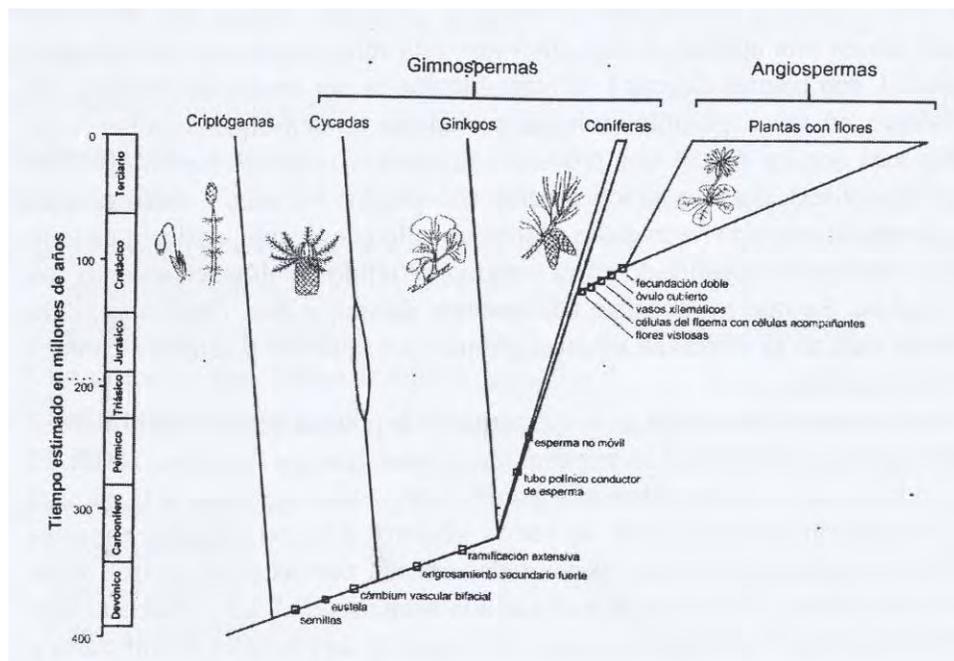


Figura 1. Filogenia de las plantas con semillas (espermatofitas). Las clasificaciones convencionales separan a las espermatofitas en gimnospermas (óvulos parcialmente expuestos) y angiospermas (semillas completamente encerradas) (Tomada de Ennos y Sheffield, 2000)

Las gimnospermas son producto de distintas líneas de evolución que se diversificaron durante la era mesozoica. Hasta la fecha, no ha podido demostrarse que las gimnospermas se originaron de un ancestro común portador de semillas y, por lo tanto es probable que puedan presentar diversos linajes que se originaron de manera independiente a partir de ancestros distintos (Norstog y Nicholls, 1997).

Se ha propuesto que el grupo de las cícadas surgió de entre los antiguos helechos con semilla de la era paleozoica, los cuales, a pesar de su diversidad, comparten muchas características con las cícadas (Jones, 1993; Nostog y Nicholls, 1997). Aunque se han encontrado megasporófilos de cícadas fósiles en China que datan del período pérmico inferior (hace 270-280 millones de años), las cícadas radiaron y se dispersaron durante el pérmico e inicio de la era mesozoica, continuando como un linaje independiente desde entonces (Jones, 1993).

La era mesozoica, en especial el período jurásico, con frecuencia se denomina la “Edad de las Cícadas”, ya que éstas alcanzaron la cúspide en abundancia y diversidad al lado de las coníferas y Ginkgoales, dominando la vegetación del mundo. Los fósiles de cícadas mejor preservados provienen de los períodos triásico superior y jurásico, hace aproximadamente 210 millones de años; algunos encontrados en regiones tan distantes como Siberia, Manchuria, Suecia, Inglaterra, Australia y la Antártica (Jones, 1993). Pero durante el cretácico, la aparición de las angiospermas (plantas que prevalecían rápidamente debido a la protección de su semilla en un ovario) desplazó a otros grupos como las cícadas, convirtiéndose en el grupo dominante de plantas que son hasta la fecha.

Morfología

Las cícadas son plantas leñosas que poseen raíz, tallo, hojas y estructuras reproductoras conocidas como conos o estróbilos (Fig. 2). Producen tres tipos de raíz, aunque uno de estos es exclusivo al género *Cycas* (Jones, 1993). Sus raíces principales son gruesas y carnosas, cuyo sistema radical primario equivale al sistema radical pivotante que se encuentra en la mayoría de las plantas. La raíz principal es contráctil, la cual es de gran importancia para el establecimiento y supervivencia de las plántulas hasta que desarrollen hojas protectoras en la

base. A partir de la raíz principal se desarrollan raíces laterales, diminutas en su mayoría y cuya función esencial es el anclaje y toma de agua y nutrientes de la planta (Jones, 1993).

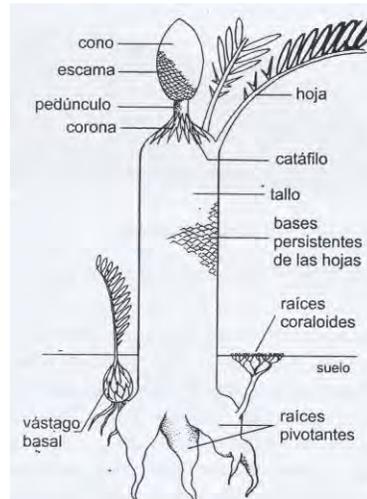


Figura 2. Morfología general de las cícadas (Tomada de Giddy, 1974).

Un segundo tipo de raíces altamente especializadas presentan geotropismo positivo (raíces apogeotrópicas), creciendo verticalmente y bifurcándose repetidamente con estructuras parecidas al coral, por lo que reciben el nombre de raíces coraloideas. Dichas raíces son únicas de las cícadas y contienen cianobacterias de los géneros *Nostoc*, *Anabaena* y *Calothrix*, que viven en simbiosis que resulta en la fijación de nitrógeno de la atmósfera. Las cícadas son las únicas gimnospermas conocidas que forman una asociación con organismos fijadores de nitrógeno (Gómez-Pompa *et al.*, 2000; Whitelock, 2002).

Tallo

El tallo puede ser subterráneo y casi bulboso, o una estructura columnar que emerge del suelo y que en algunas especies puede llegar hasta 16 m. El tallo es leñoso y que, debido a su escaso crecimiento secundario, por lo general tiene el mismo ancho desde el ápice hasta la base. La parte aérea está cubierta por bandas alternadas de bases persistentes de los peciolos de hojas muertas en años anteriores y catafilos (Jones, 1993; Norstog y Nicholls, 1997).

Los tallos no se ramifican o presentan unos cuantos bulbilos que están conectados directamente al sistema vascular en el tallo principal (Jones, 1993). La mayoría de las cícadas producen vástagos en la base del tallo, los cuales surgen de las raíces y por lo general, tienen las suyas (Giddy, 1974).

Hoja

Las hojas pinnadas, arregladas en espiral sobre el tallo, forman una corona donde se alternan con catafilos, que al madurar producen conos formados por estructuras leñosas llamadas esporofilos o escamas que albergan el polen (masculinos) y los óvulos (femeninos) (Giddy, 1974; Norstog y Nicholls, 1997). El número de hojas en la corona varía enormemente con la especie y la edad de la planta. Mientras muchas de las especies con mayor crecimiento pueden tener coronas exuberantes de hasta 100 hojas o más, algunas de los tipos más pequeños con tallos subterráneos pueden tener menos de cinco hojas en la corona de una planta madura (Jones, 1993; Vovides, 1999).

Las hojas de todas las cícadas son pinnadas, excepto en las especies de *Bowenia*, las cuales presentan hojas bipinnadas. En muchas especies, las hojas nuevas son rígidas y los foliolos aplanados y se superponen. En *Cycas*, la vernación de los foliolos jóvenes es distintivamente circinada, como en muchos helechos (Crane, 1988; Gifford y Foster, 1989).

El pecíolo y el raquis de la hoja pueden ser inermes, pero en algunas especies poseen espinas o agujones. Las espinas son foliolos reducidos y se presentan en hileras paralelas con dirección a la base de la hoja y pueden presentar transición hacia foliolos verdaderos; se presentan en las especies de: *Cycas*, *Dioon*, *Encephalartos*, *Lepidozamia* y *Macrozamia*.

Los agujones son extensiones duras y puntiagudas de las células de la corteza, generalmente se distribuyen al azar y no muestran estados de transición con los foliolos. Estos son comunes en el pecíolo y el raquis de especies de *Ceratozamia*, *Chigua* y *Zamia* (Jones, 1993; Vovides, 2000).

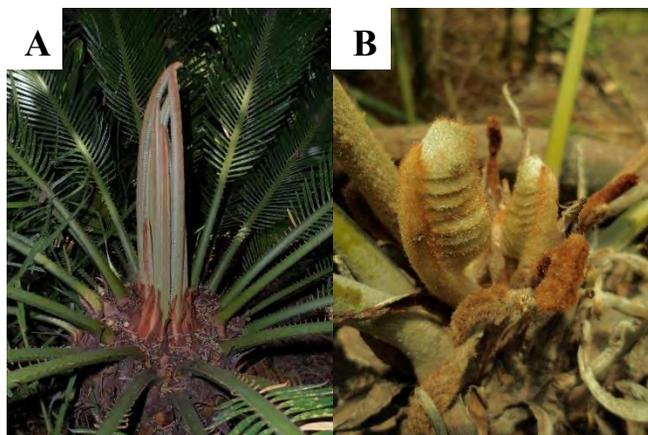


Figura 3. Coronas con foliolos jóvenes. A) Circinada, en *Cycas revoluta*; B) aplanada en *Zamia furfuraceae*.

Las cícadas maduras producen anual o bienalmente tres clases de órganos foliares en serie. La temporada de crecimiento inicia con la producción de un verticilo de catafilos, seguido por uno de esporofilos (cono), si la planta es reproductiva y luego por un verticilo de hojas para finalizar con otro de catafilos (Norstog y Nicholls, 1997). Por lo general, la producción de hojas es precedida por la caída de las hojas del período anterior.

Reproducción

El ciclo reproductor de las cícadas es de un año. En casi todas ellas existe una periodicidad regular y determinada en la iniciación y desarrollo de los estróbilos y se conserva aun cuando éstas se trasplantan. Muchas especies inician los conos en primavera, se polinizan en verano y producen semillas al final del otoño y durante el invierno (Yañez, 2006). En la Fig. 4 se muestra el ciclo reproductor de zamia.

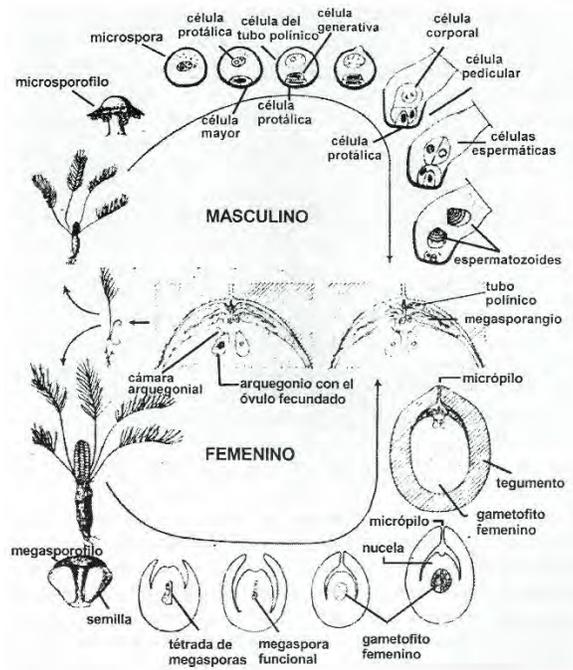


Figura 4. Ciclo reproductor de *Zamia* (Tomada de Cronquist, 1977)

Estróbilos

Las cícadas producen conos o estróbilos cuando maduran, pero se desconoce el tiempo que pasa desde la germinación de la semilla a la madurez y éste parece variar entre las especies.

Representantes del género *Zamia* enanas, como *Z. integrifolia* y *Z. fischeri*, alcanzan la madurez cerca de 15 años después de la germinación (Yañez, 2006).

Las cícadas son estrictamente dioicas, lo que significa que existen plantas masculinas que producen conos entre las hojas del extremo superior del tallo llamados microstróbilos, y en las plantas femeninas se denominan megastróbilos. La estructura básica es similar, con un eje central y estructuras llamadas escamas o esporófilos. La producción de estos es anual o en algunas ocasiones bienal (Jones, 1993).

Cada microsporófilo porta microsporangios en su superficie abaxial. Estos están cortamente pedunculados en la base y están arreglados en grupos, cada uno de los cuales puede compararse con los soros de un helecho. Su función es la producción de polen para realizar la polinización y eventualmente la fertilización. El tamaño de los granos de polen varía de 25 a 49 μm de largo, con una superficie variada de lisa a surcada (Jones, 1993; Nirstog y Nicholls, 1997).

Cada megasporófilo porta óvulos en su base directamente unidos al pedúnculo del esporofilo en todos los géneros, excepto en *Dioon*, en donde cada óvulo tiene un pequeño pedúnculo basal (Jones, 1993).



Figura 5. Conos femeninos de diferentes géneros de cícadas. a) *Cycas revoluta* b) *Ceratozamia* sp. c) *Dioon spinulosum* d) *Encephalartos laurentianus* e) *Lepidozamia hopei* f) *Macrozamia lucida* g) *Microcycas calocoma* h) *Zamia cunaria*. (Fotografías de Calonje M., 2011)

Semillas

Las semillas se producen en una amplia variedad de tamaño, forma, color y textura de su superficie; siendo la forma ovoide la más común entre ella, pero también puede ser globular o cilíndrica.

La germinación es hipogea. Durante la germinación, la radícula emerge a través de la esclerotesta y crece hacia el sustrato. Los cotiledones permanecen dentro de la semilla hasta después de que el sistema radical está bien establecido en el suelo. Pronto, el gametofito femenino y la primera hoja emergen de la semilla, mientras la testa y los cotiledones marchitados permanecen unidos a la plántula durante mucho tiempo (Norstog y Nicholls, 1997). Por lo general, la plántula tiene una hoja y a continuación aparecen las hojas adicionales, en intervalos y pueden pasar varios años antes de que empiecen a arreglarse en coronas (Fig. 6) (Norstog y Nicholls, 1997).

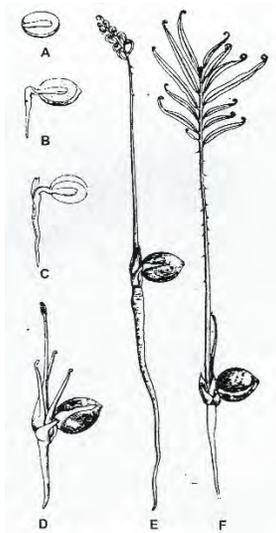


Figura 6. Etapas en la germinación de la semilla y formación de plántula en *Cycas*. A) Paso de la radícula por el extremo micropilar; B) elongación de la radícula; C) persistencia de los cotiledones en la semilla; D) paso de las hojas primarias; E) y F) plántula (Tomada de Bhatnagar y Moitra, 1996)

Toxicidad

Al igual que otras plantas, las cícadas producen metabolitos secundarios y con frecuencia, los almacenan en altas concentraciones y en varios tejidos. En muchos casos estos son desagradables o tóxicos para los depredadores y aparentemente cumplen una función protectora (Norstog y Nicholls, 1997). Schneider *et al.* (2002) sugieren que estos compuestos

son elementos cruciales en el desarrollo y mantenimiento del mutualismo (polinización) y el parasitismo (herbivoría) de los herbívoros ligados a las cícadas.

Los compuestos secundarios más importantes son, además de flavones diméricos, el metilazoxiglucósido cicasina, macrozamina y varias neocicasinas. Además, existe evidencia de que los metilazoglucósidos son los mecanismos protectores centrales de estas plantas contra los herbívoros (Brenner *et al.*, 2003).

En su mayoría, las cícadas son evitadas por herbívoros debido a su toxicidad, aun cuando algunos microbios patógenos, insectos y vertebrados las consumen. El caso más sobresaliente es la relación entre mariposas del género *Eumaeus* (Lepidoptera: Lycaenidae) y cícadas. Al alimentarse de sus hojas, las orugas ingieren cicasina y la transfieren a las pupas y los adultos, que son evitados por los depredadores potenciales, principalmente aves (Schneider *et al.*, 2002).

Crecimiento

El crecimiento de las cícadas es considerablemente lento, si se compara el desarrollo gradual de su tallo con el incremento anual de varios metros en altura de los árboles de varias coníferas y dicotiledóneas. Las cícadas presentan un incremento promedio de unos pocos centímetros al año, con una tasa de crecimiento lento y algunas veces irregular, parecido al de las monocotiledóneas (Norstog y Nicholls, 1997).

La tasa de crecimiento es alta mientras se es una plántula, pues intervienen las reservas almacenadas de cuando es semilla, por lo que la tasa declina y es lenta en el estado juvenil, cuando la producción de hojas es baja y el crecimiento en diámetro es alto. Después de alcanzar los 40 cm de altura, la tasa de crecimiento se incrementa al haber alcanzado el número de hojas máximo por brote y detenido el incremento en circunferencia. La reducción de la tasa de crecimiento en altura, después de que la planta ha alcanzado 100 cm, probablemente está influida por su crecimiento en peso que origina la compresión de los tejidos del tallo (Vovides, 1990).

Sin embargo, la tasa de crecimiento varía considerablemente entre especies (Norstog y Nicholls, 1997). Además, varios factores parecen afectar la tasa de crecimiento, incluyendo la calidad del suelo y el sexo de la planta (Keppel, 2001).

Hábitat

Al igual que en la era Mesozoica donde prosperaron en climas cálidos-húmedos, las cícadas se encuentran en una amplia variedad de hábitats que no están sujetos a condiciones frías, ya que rara vez la temperatura desciende a menos de -10° C. Sin embargo, existen reportes de ejemplares que pueden resistir heladas. Estos hábitats incluyen condiciones de humedad moderada a semiseca, en regiones donde la precipitación mínima anual es de al menos 350 mm y el máximo puede ser hasta 5500 mm, con régimen de lluvias en verano. Debido a sus tallos carnosos y ricos en almidones, las cícadas son muy susceptibles a los ataques de hongos, por lo que casi todas las especies crecen en suelos muy drenados (Jones, 1993; Norstog y Nicholls, 1997).

El bosque tropical lluvioso, donde la precipitación pluvial se distribuye de manera uniforme durante la mayor parte del año y la condición cálido-húmeda prevalece, es el hábitat más común donde se encuentran las cícadas. No obstante, también pueden habitar regiones áridas donde las lluvias son escasas, extremadamente estacionales y los períodos calurosos son largos. (Jones, 1993; Norstog y Nicholls, 1997).

Clasificación

Las cícadas son un grupo natural de plantas que ha demostrado tener un origen evolutivo único (monofilético), en estudios morfológicos, anatómicos fitoquímicos y moleculares (Fig. 7). Sin embargo, la división de las familias todavía es incierta, confundida por la edad del grupo y la falta de habilidad de los sistemas de cícadas para decidir qué cantidad de caracteres diferenciales se requiere para reconocer una familia dentro del orden Cycadales (Walters *et al.*, 2004).

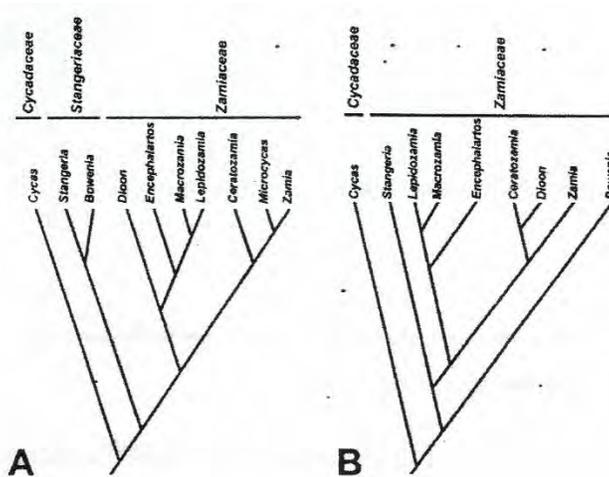


Figura 7. Clasificación de las cícadas. A) Cladograma simplificado con base en caracteres morfológicos (Stevenson, 1990); B) filograma simplificado con base en el *rbcL* (Treutlein y Wink, 2002).

Johnson (1959) clasificó a las familias Cycadaceae, Stangeriaceae y Zamiaceae, las cuales originalmente se encontraban dentro de una única familia Cycadaceae. Pero Stevenson (1985), llevó a cabo una serie de detallados análisis cladísticos en las cícadas actuales basados en el análisis de 30 caracteres morfológicos, resultando en un cladograma provisional que posteriormente sería detallado usando 52 caracteres (tabla 2).

Orden	Suborden	Familia	Subfamilia	Tribu	Subtribu	Género	
Cycadales	Cycadineae	Cycadaceae				<i>Cycas</i>	
				Stangerioideae		<i>Stangeria</i>	
		Stangeriaceae		Bowenioideae		<i>Bowenia</i>	
				Dioeae		<i>Dioon</i>	
			Encephalartos		Encephalartinae	<i>Encephalartos</i>	
		Encephalartoideae		Encephalartae			
					Macrozamiinae	<i>Macrozamia</i>	
		Zamiineae	Zamiaceae				<i>Lepidozamia</i>
					Ceratozamiinae		<i>Ceratozamia</i>
					Ceratozamiinae	Microcycadinae	<i>Microcycas</i>
			Zamioideae	Zamiaceae	Zamiinae	<i>Zamia</i> <i>Chigua</i>	

Tabla 2. Clasificación de las cícadas actuales, de acuerdo con Stevenson (1992).

Treutlein y Wink (2002) realizaron un análisis filogenético molecular de las cícadas inferido de secuencias del gen del cloroplasto *rbcL*, confirmando que las relaciones de todos los géneros de las Cycadales tienen un origen monofilético. *Cycas* forma el grupo más basal,

justificando el tratamiento de Cycadaceae como una familia distinta, lo que concuerda con estudios morfológicos previos. Las Cycadaceae y Zamiaceae forman un clado bien sostenido y *Stangeria* se agrupa con las Zamiaceae, cuestionando su estatus como familia monotípica (Judd *et al.*, 2002).

El número de especies reconocidas alrededor del mundo se ha incrementado en forma dramática en los últimos años, en especial en Australia, Asia y América. Esto se atribuye directamente al incremento en el estudio y un mejor entendimiento del grupo (Yáñez, 2006). No obstante, el conocimiento de la diversidad de cícadas es pobre, particularmente para las especies de *Cycas* asiáticas y los géneros *Zamia* y *Ceratozamia* americanas (Donaldson *et al.*, 2003a). El total de especies que se distribuyen en el mundo se representan en la tabla 3.

Familia	Género	Especies	
		A	B
Cycadaceae	<i>Cycas</i>	±40	94
Stangeriaceae	<i>Stangeria</i>	1	1
	<i>Bowenia</i>	3	20
Zamiaceae	<i>Dioon</i>	11	11
	<i>Encephalartos</i>	±52	64
	<i>Macrozamia</i>	±25	37
	<i>Lepidozamia</i>	2	2
	<i>Ceratozamia</i>	11	18
	<i>Microcycas</i>	1	1
	<i>Zamia</i>	±53	61
	<i>Chigua</i>	2	2

Tabla 3. Número de especies distribuidas en 11 géneros. A) Jones, 1992; B) Whitelock, 2002.

Distribución

Actualmente, las cícadas se distribuyen en regiones tropicales, subtropicales y templadas de los hemisferios norte y sur (fig. 8).

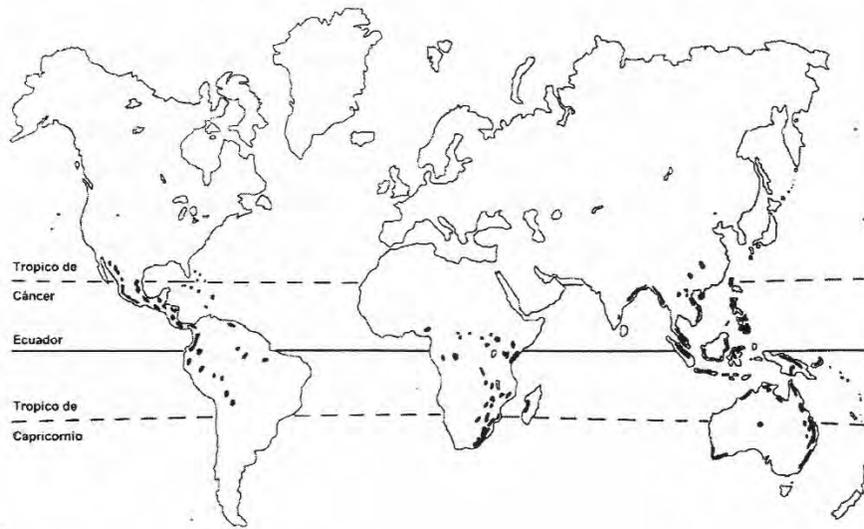


Figura 8. Distribución mundial de las cícadas (Jones, 1993).

Los géneros endémicos que se distribuyen en América incluyen: *Chigua*, en Colombia; *Microcycas*, en Cuba; *Ceratozamia* y *Dioon*, en México y Centroamérica; *Zamia*, en México, Centroamérica, Islas del Caribe, norte de Sudamérica y sudeste de EE.UU., en particular en los estados de Florida y Georgia. En África, se distribuyen los géneros *Encephalartos* y *Stangeria*, mayormente en Sudáfrica. En Australia, se distribuyen los géneros endémicos *Bowenia*, *Lepidozamia* y *Macrozamia*, así como *Cycas* (Jones, 1993; Gifford y Foster, 1989).

Si bien existe un número considerable de especies localizadas en Sudáfrica, Australia y Sudamérica, la mayor riqueza se concentra en Centroamérica y las Islas del Caribe (Vovides, 2000).

Importancia Económica

A pesar de su valor económico limitado, su uso como plantas ornamentales y de sus hojas en el comercio de las cícadas se ha incrementado considerablemente desde los 80's (Jones, 1987). Las especies más grandes son consideradas excelentes para el paisajismo y alrededor de edificios públicos; presentan ventajas sobre las palmas, ya que su tamaño y forma final es predecible (fig. 9). Algunas especies son tan adaptables y óptimas para la decoración de interiores, que incluso la mayoría de las especies se exportan a los mercados de EUA, Japón

y Europa para el mercado de plantas ornamentales (Jones, 1993; Vovides e Iglesias, 1994; Sánchez-Tinoco *et al.*, 2000).



Figura 9. Ejemplares de A) *Cycas circinalis* en la Macroplaza de Monterrey, Nuevo León y B) *Dioon spinulosum* en las áreas verdes del Archivo General de la Nación, Ciudad de México (2016).

Este incremento en la demanda de las cícadas ha contribuido en gran medida a su destrucción, ya que en países como México y Sudáfrica cientos de miles de plantas maduras se exportan para el negocio de los viveros, lo cual ha elevado los precios de las plantas colectadas en su hábitat y propiciado la actividad del mercado negro (Whitelock, 2002).

A pesar de que la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre (CITES) anualmente da a conocer un informe acerca del comercio de cícadas, no existe un modo exacto para conocer el volumen de comercio o su impacto en las poblaciones silvestres. Entre 1983 y 1990, 50 millones de semillas de cícadas y 13 millones de plantas se exportaron durante ese periodo, siendo Japón el exportador más importante con cerca del 90% de todas las exportaciones de semillas y 65% de plantas (Donaldson *et al.*, 2003b). En la década del 2004 al 2014 la cantidad de semillas comercializadas se redujo a solo 15 mil, mientras que los especímenes vivos y demás material botánico como tallos, hojas y raíces representaron una cantidad de exportación de 600 mil ejemplares y 16 millones de ejemplares importados (CITES, 2016).

En México, durante el periodo de 1983-1989, se exportaron 382 044 plantas y 812 kg de semillas (3 519 441 semillas), es decir, 54 578 plantas al año en promedio; la mayoría de *Zamia* (38 154 plantas año), seguidas por *Dioon* (7 544 plantas año) y *Ceratozamia* (2 182 plantas año) (Vovides e Iglesias, 1994).

El costo de cada individuo en viveros y sitios autorizados varía mucho de acuerdo a la edad y tamaño, ronda entre los \$150 hasta los \$300 en especímenes jóvenes de apenas un año. Pero dada su rareza, su aspecto carismático y lento desarrollo, pueden llegar a ser naturalmente costosas, especialmente los ejemplares adultos. Individuos como *D. edule* (120X45 cm en tierra) llegan a tener un costo de aproximadamente \$100,000.00 (Moreno *et al.*, 2014).

Etnobotánica

Las cícadas tienen un significado religioso y cultural para diferentes pueblos alrededor del mundo (Audhali y Stevenson, 1998). Los usos atribuidos por los habitantes de las regiones se clasifican en: comestibles, medicinales, adornos, plantas ornamentales vivas, plantas venenosas, insecticidas y otros (Vázquez, 1990).

En el caso de México, uno de los ejemplos mejor documentados en cuanto al valor etnobotánico relacionado con las cícadas, se encuentra en la antigua tradición de la cultura chiapaneca (Pérez-Farrera y Vovides, 2006), que ahora también es practicada por grupos zoques (Valdez, 2009) y mestizos, denominada de la Santa Cruz (fig. 10). La festividad se realiza el primero de mayo en las cabeceras municipales de Suchiapa y Terán y en el ejido Nuevo Tenochtilán en el municipio de Villaflores (Chiapas). Los peregrinos o “espadañeros” llevan a la iglesia decenas de ofrendas (tercios) que constan de 300 hojas de espadaña, nombre común que se le da a *Dioon merolae*.



Figura 10. A) "Espadañeros" entrando a la iglesia de San José Terán, Chiapas. B) Tercios de hojas (atados) de *D. merolae* en Suchiapa, Chiapas; cada tercio se forma con 300 hojas. (Lázaro-Zermeño *et al.*, 2011a)

Esta práctica representa una severa amenaza, pues con frecuencia desprenden hasta 100% de las hojas de individuos adultos (generalmente 1-2.5 m de altura), que al realizarse de manera anual repercute en el desempeño reproductivo y el tamaño de las hojas (Lázaro-

Zermeño, 2011; Lázaro-Zermeño *et al.*, 2011b). En un estudio de cinco años realizado en una población anualmente defoliada, se encontró que los individuos femeninos de *D. merolae* se reproducen menos que los individuos no defoliados (Lázaro-Zermeño *et al.*, 2011b).

Las semillas son comestibles debido a la masa constituida por el megagametofito y el embrión, pero solo después de ser sometidas a un tratamiento para neutralizar las toxinas. Esto ha sido resuelto por algunas culturas que utilizan calor para hacer el producto comestible, ya sea secándolas al sol o hirviéndolas varias veces (Vázquez, 1990). En México, las semillas de *D. edule* y *D. spinulosum* se muelen y con la masa obtenida se elaboran atoles y tortillas, al igual que en Honduras (Bonta, 2003).

Conservación

Si bien constituyen un grupo pequeño entre las plantas, son de particular interés, tanto para la comunidad científica como para el público en general, debido a que son un grupo antiguo con una larga historia y existen pocos sobrevivientes (Hill y Stevenson, 1998). Aunado esto al interés comercial debido a sus características ornamentales, presentan alto valor comercial en mercados internacionales y son objeto de un mercado ilegal basado en el saqueo de plantas y semillas silvestres (INECC-SEMARNAP, 2000). Algunas especies ya se han extinguido en su ambiente natural y muchas otras se han reducido hasta el punto en que su reproducción natural ya no es posible. En algunos casos, existen más plantas de una especie en particular bajo cultivo que las que subsisten en su ambiente natural (Jones, 1993).

A pesar de su gran capacidad de adaptación, la destrucción acelerada de sus hábitats, la falta de vigilancia y la legislación ineficaz amenazan su existencia. En algunos países se eliminan poblaciones enteras en el desmonte de grandes extensiones de bosque para la extracción de madera (Jones, 1993; Vovides e Iglesias, 1994; Whitelock, 2002). Si bien estas plantas se encuentran protegidas por las leyes, conservarlas con bases legales ha sido insuficiente, aun cuando todas las especies están incluidas en la lista de CITES, la cual comprende todas las especies en peligro de extinción que son o pueden ser afectadas por el comercio y saqueo ilegal (Sánchez-Tinoco *et al.*, 2000).

De acuerdo a cifras de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y los Recursos Naturales (UICN), en el 2014, 63% de las especies de cícadas estaban

amenazadas, lo cual contrasta con las cifras arrojadas en 1997, donde el 83% se encontraba en alguna categoría de riesgo, incluyendo 100% de las especies de Stangeriaceae, 89% de Zamiaceae y 57% de Cycadaceae. Por tanto, la mayoría se encuentran amenazadas o en peligro de extinción (Donaldson, 2003).

Una de las estrategias tradicionales empleadas para la conservación de las cícadas, ha sido su resguardo en jardines botánicos. No obstante, actualmente también son importantes para la investigación científica, propagación de especies, difusión y actividades de educación ambiental, centros recreativos y de esparcimiento para los visitantes.

Entre los jardines botánicos más reconocidos del mundo que guardan colecciones de cícadas, se encuentran el Jardín Botánico de Nueva York, el Real Jardín Botánico de Kew, en Inglaterra; el Real Jardín Botánico de Madrid, España; los Jardines Botánicos de Ciarns, Adelaida y Darwin, en Australia.

En México, el Jardín Botánico Francisco Javier Clavijero, del Instituto de Ecología, A.C., en Xalapa, Veracruz, alberga la colección nacional de Cícadas Mexicanas, con 600 individuos pertenecientes a las especies registradas en el país; además, gracias al intercambio de plantas y semillas que realiza con otros jardines botánicos, la colección cuenta al menos con una especie de los 11 géneros del mundo (Vergara *et. al*, 2002).

Jardines Botánicos

Los Jardines Botánicos (JB) son instituciones dedicadas al estudio de las plantas y su conservación, los cuales juegan en esta un papel cada vez más importante en el ámbito mundial (Vovides *et al.*, 2010). Esto es más evidente en la Declaración de la Gran Canaria, la cual hace un llamado al establecimiento de un programa global para la preservación vegetal, enfocado a fomentar la colaboración y a establecer redes para reforzar y apoyar esta actividad en los ámbitos local, regional e internacional, involucrando participantes diversos como agencias gubernamentales, organizaciones no gubernamentales (ONG) y comunidades locales (BGCI, 2000).

Su importancia radica en la sencilla premisa para saber más acerca de las plantas; cómo se llaman, cuáles están bajo cultivo, quiénes las resguardan, sus características climáticas necesarias, en dónde se pueden introducir, etcétera.

Si bien su función como lugar recreativo para el público en general es parte vital en la difusión y promoción de las plantas, sus actividades son muy diversas. Se puede decir que las colecciones son manejadas de manera científica, y poseen un propósito más profundo que la recreación y exposición para deleite de los visitantes. Para empezar, las colecciones son etiquetadas y respaldadas con información en registros o bancos de datos, y están disponibles para estudiantes e investigadores (y de manera secundaria para el público en general) (Vovides *et al.*, 2010).

El JB proporciona una base firme para la integración de colecciones vivas con la investigación científica. Ejemplos de esto son las investigaciones de anatomía vegetal comparativa y de desarrollo; los estudios etnobotánicos, farmacéuticos, citológicos, fisiológicos, hortícolas y de genética, entre otros. También requieren una colaboración estrecha entre el personal científico y técnico con los jardineros que manejan las colecciones en forma directa, así como la comunicación con educadores, quienes se encargan de la difusión y el contacto con escolares y público en general (Thompson, 1972).

Los JB tienen una misión u objetivo, dentro del cual se cuentan cuatro puntos claves: investigación científica, conservación, educación y difusión (Thompson, 1972). Estos, a su vez, pueden desglosarse en los siguientes rubros:

- Mantener colecciones documentadas bajo una normativa de colecciones con registro y sistema de ubicación dentro del lugar.
- Mantener colecciones de plantas de referencia, por ejemplo, para propósitos de identificación o como material para investigación científica.
- Tener programas de propagación (particularmente para las especies en peligro de extinción) por medios tradicionales de horticultura o de cultivo de tejidos a partir de especímenes conservados en las colecciones. Además, participar en programas de reintroducción y manejo sustentable.

- Contar con personal especializado para mantener bajo cultivo una enorme diversidad vegetal. En pocas palabras, debe ser centro de excelencia en horticultura de especies silvestres.
- Fomentar un nivel accesible de conocimientos acerca de plantas, y en particular de colecciones, para servir a los propósitos de los usuarios que busquen asesoría, sean estos estudiantes, jardineros, pedagogos, científicos, autoridades, artistas o público en general.
- Poner a disposición del visitante información acerca de las plantas de manera similar a la de un museo. Este servicio se hace a través de las etiquetas de los especímenes, señales, folletos y guías del jardín, entre otras publicaciones, así como exposiciones temáticas, conferencias, cursos y talleres, entre otras actividades.

Agenda Internacional para la Conservación en Jardines Botánicos

En 1985, La Unión Mundial para la Conservación de la Naturaleza (UICN) y el Fondo Mundial Para La Naturaleza (WWF) convocaron a una conferencia sobre “Los Jardines Botánicos y la Estrategia Mundial para la Conservación”, con el objetivo de explorar los múltiples papeles de los jardines botánicos mundiales en la conservación de plantas. Su meta fue el facilitar la preparación de una estrategia internacional en conservación para jardines botánicos y trabajar con miras a su desarrollo. Luego de la conferencia de 1985, realizada en Las Palmas de Gran Canaria, España, fue creado el Secretariado de la UICN para la Conservación en Jardines Botánicos (UICN– BGCS). BGCS comenzó su trabajo a inicios de 1987 con el objetivo de ejecutar la nueva estrategia y poner en común a los jardines botánicos del mundo como una fuerza global para la conservación de las plantas.

Los más de 2,500 jardines botánicos de un total de 165 países, mantienen representadas en sus colecciones más de ochenta mil especies, casi un tercio de las especies de plantas vasculares del mundo (BGCI, 2002). Su papel central ha sido, tradicionalmente, actuar como reservorios “ex situ” de germoplasma de plantas silvestres. No obstante, muchos jardines botánicos se están transformando en centros multipropósitos para estudiar y conservar la biodiversidad, a través de la investigación en botánica, ecología y horticultura, estudios del hábitat, manejo y restauración, reintroducción de especies, educación ambiental y sustentabilidad ambiental (Oldfield y McGough, 2007).

El desarrollo de las funciones de los jardines botánicos en la conservación de la biodiversidad, la educación ambiental y el desarrollo sostenible, provee grandes oportunidades y responsabilidades a las instituciones a través de todo el mundo. Nunca ha existido un mejor momento para los jardines botánicos, donde su importancia y múltiples papeles están siendo reconocidos cada vez más por los gobiernos y las agencias internacionales. Reforzar la red global de jardines botánicos y ligarlos cercanamente a otros trabajos para salvaguardar la biodiversidad de nuestro planeta, es su tarea más importante y urgente (Wyse y Sutherland, 2000).

Jardines Botánicos en México

Los jardines botánicos en el país han cobrado mucha importancia en los últimos años, siendo reconocido su papel y labor dentro de la Estrategia Mexicana para la Conservación Vegetal (EMCV). Contribuyen en forma muy significativa a la conservación de la diversidad vegetal *in situ* y *ex situ*, no solo manteniendo en sus colecciones un importante acervo de especies de la flora nacional, sino también desarrollando acciones para su uso sostenible, así como programas de educación orientados a formar una conciencia pública sobre la importancia de dicha diversidad (Caballero, 2012).

Actualmente existen cerca de 30 jardines botánicos afiliados a la Asociación Mexicana de Jardines Botánicos, A. C. (AMJB) y a la Botanic Garden Conservation International (BGCI), además de formar parte de la EMCV o Global Strategy for Plant Conservation (GSPV por sus siglas en inglés) (Caballero, 2012). No obstante, Cetzal-Ix y colaboradores (2017) realizaron un listado de 62 JB presentes en México de los cuales no todos pertenecen a alguna de estas asociaciones, pero albergan un importante acervo de la biodiversidad vegetal del país. En muchas ocasiones su existencia o función a menudo se desconoce debido a que no cuentan con páginas electrónicas de difusión de su información, lo que resulta no solo en una limitante para el conocimiento de la biodiversidad que albergan y conservan, sino en el censo total de jardines botánicos en el país.

La necesidad de implementar programas que permitan y apoyen una mayor difusión de las actividades, infraestructuras y, en general, datos actualizados de los JB en México, es uno de los retos para el futuro de las instancias botánicas mexicanas, junto con la

actualización de los inventarios con métodos computarizados que faciliten el intercambio de datos y el manejo de las colecciones. Esto utilizando preferiblemente los formatos de documentación y registros aceptados internacionalmente, la organización de los jardines con énfasis en la flora local y especies amenazadas y el aumento de esfuerzos en el área de educación, difusión, interpretación y extensión (Vovides *et al.*, 2010).

Educación Ambiental

¿Qué es la Educación Ambiental?

El concepto moderno de la educación ambiental tiene su origen en la Declaración de Tbilisi (UNESCO, 1997), el cual la refiere como “Un proceso de aprendizaje que incrementa el conocimiento y la conciencia de las personas acerca del ambiente y los retos asociados a ella, desarrollando habilidades y experiencias necesarias para abordar estos retos fomentando actitudes, motivaciones y compromisos para tomar decisiones informadas y acciones responsables”.

El propósito fundamental de la educación ambiental es la formación de una ciudadanía responsable de los ambientes naturales y sociales donde se desenvuelve. Para ello, se reconoce la importancia de promover la formación de personas y grupos sociales. Los individuos formados entienden cómo las actividades humanas causan impactos diversos sobre el medio ambiente. Además, utilizan estos conocimientos para decidir de manera informada y razonada y asumiendo responsabilidades sociales y políticas (CECADESU, 2009).

Breve historia de la Educación Ambiental

El acuerdo común sobre las características específicas que debe incluir la educación ambiental tiene sus raíces en dos documentos fundamentales para este campo: la Carta de Belgrado (UNESCO-UNEP, 1975) y la Declaración de Tbilisi (UNESCO, 1977). La Carta de Belgrado fue adoptada por la Organización de las Naciones Unidas en un seminario celebrado en la entonces Yugoslavia en 1975. En esta Carta se define el propósito principal de la educación ambiental: Desarrollar una población mundial consciente y preocupada acerca del ambiente y los problemas asociados y que posea los conocimientos, aptitudes,

actitudes, motivaciones y el compromiso de trabajar individual y colectivamente en la solución de problemas los actuales, así como en la prevención de los futuros.

Dos años después, la Conferencia Intergubernamental de Educación Ambiental adoptó la Declaración de Tbilisi, elaborada a partir de la Carta de Belgrado. En ella se establecieron tres objetivos generales para la educación ambiental, que han constituido la directriz de gran parte de lo hecho en este campo desde 1978:

- Fomentar una clara conciencia y preocupación por la interdependencia de los asuntos económicos, sociales, políticos y ecológicos en áreas urbanas y rurales.
- Proporcionar a cada persona las oportunidades para adquirir conocimientos, valores, actitudes, compromisos y aptitudes para proteger y mejorar el ambiente.
- Crear nuevas pautas de comportamiento hacia el medio ambiente en individuos, grupos y la sociedad en general.

A medida que se ha avanzado en este campo, los objetivos se han investigado, criticado, modificado y ampliado, pero permanecen como una base sólida para una visión internacional compartida de los conceptos y las habilidades centrales necesarias para formar ciudadanos ambientalmente alfabetizados en materia ambiental. Declaraciones surgidas de estudios y reuniones tales como la Comisión Brundtland (1987), la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Ambiente y Desarrollo (Río de Janeiro, 1992), la Conferencia Internacional sobre Ambiente y Sociedad (Tesalónica, 1997) y la Cumbre Mundial de Desarrollo Sustentable (Johannesburgo, 2002), así como otras numerosas reuniones llevadas a cabo en América Latina y el Caribe, han contribuido a fortalecer la importancia del trabajo de los educadores ambientales. Al ser cada vez más evidentes las interacciones entre el medio ambiente, la sociedad, la cultura, la economía y la política, se ha empezado a comprender el énfasis en la educación ambiental en la búsqueda de conservar la integridad de los ecosistemas en un marco de equidad social, de erradicación de pobreza, terminar con las guerras y toda forma de violencia social, así como de convivencia plena en un mundo justo que brinde oportunidades de desarrollo para todos los pueblos.

La Educación Ambiental y los JB

Si bien la médula central de un JB yace en la calidad de sus datos, el cultivo de las plantas y los registros que periódicamente se actualizan y corrigen, es imperativo no dejar atrás uno de los objetivos prioritarios de los JB en materia de educación, el cual consiste a grandes rasgos en la formación y capacitación de recursos humanos sobre la flora nacional y mundial, a diferentes niveles del sistema educativo (Cetzal-Ix *et al*, 2017). Esto es, la implementación de programas educativos de educación ambiental como la realización de talleres, seminarios, simposios, conferencias y exposiciones para la divulgación de la biodiversidad vegetal, dirigido no solo a estudiantes y académicos, sino a al público en general para fomentar el interés en la botánica y áreas afines.

No obstante, la educación ambiental ha sido dispar en México, no solo en el marco de las políticas educativas y ambientales. Castillo y Gaudiano (2010) afirman que, en el sector educativo, la educación ambiental ha desempeñado un papel bastante marginal, puesto que ha sido tratada más como un contenido puntual y centrado en las ciencias naturales, que como proceso. Mientras que en el sector ambiental ha sido asumida como un instrumento de gestión ambiental cuya función destaca en apoyar objetivos institucionales más relevantes, lo que a menudo restringe su potencial de alcanzar fines propios en el área de formación de valores y actitudes.

Así, la educación ambiental ha visto limitada sus posibilidades de cumplir su importante papel no sólo en contribuir a prevenir y resolver problemas ambientales, sino en la creación de nuevas pautas culturales tendientes a contrarrestar los perniciosos efectos de una sociedad moderna cuya tendencia al consumo continúa agravando los problemas ambientales.

Ante este panorama incierto pero perjudicial, parece ser que la única garantía para mitigar los efectos de la globalización es mantener a toda costa la diversidad biológica y cultural del planeta para responder a episodios de inestabilidad e incertidumbre (Castillo y Gaudiano, 2010). Es aquí donde vislumbran nuevas oportunidades para el fortalecimiento e importancia de los JB como instituciones no solo encargadas de la conservación de la biodiversidad vegetal, sino también de programas de educación ambiental bien

fundamentados que aborden la problemática ambiental actual, educando y sensibilizando al público a través de visitas guiadas a las instalaciones del jardín, junto con actividades didácticas y recreativas que fomenten el interés y la participación de la sociedad en un problema que concierne a todos.

Es, pues, insistir en uno de los desafíos científicos más grandes: cerrar la brecha entre los procesos de generación de conocimiento y el uso social del mismo. Generar un binomio entre ciencia y comunicación educativa donde se provee de información científica actualizada y pertinente en formas socialmente asequibles para los destinatarios (Castillo y Gaudiano, 2010).

Objetivos

Objetivo general

- Establecer el Taller “Plantas milenarias”, como estrategia de educación ambiental en el JABIZ para el conocimiento y la promoción de la conservación de las cícadas mexicanas con alumnos de bachillerato.

Objetivos particulares

- Realizar el inventario de las cícadas del JABIZ.
- Realizar el estudio fenológico de las cícadas resguardadas en el JABIZ.
- Realizar el acervo fotográfico de la organografía vegetativa y reproductiva de las cícadas.
- Evaluar el aspecto cualitativo y cuantitativo del taller.

Material y métodos

Trabajo de gabinete

- Se realizó la búsqueda de artículos, libros, e información en la red referente a estrategias y trabajos relacionados con la educación ambiental en los jardines botánicos mexicanos, haciendo énfasis en el grupo de las cícadas y/o en el grupo de las gimnospermas.
- Se diseñaron dos mapas del JABIZ con el procesador gráfico Adobe PHOTOSHOP CS6, en el primero se indicó la posición de cada ejemplar de la colección de cícadas, y en el segundo, el recorrido y las estaciones del taller educativo.

Área de estudio.

El Jardín Botánico del Campus Iztacala (JABIZ) se ubica en el municipio de Tlalnepantla, Estado de México; para apoyar el proceso de enseñanza-aprendizaje de las carreras que se imparten en la institución, en particular a la Carrera de Biología, contando a la fecha con un invernadero de 176 m² y un área de jardín de 3000 m² aproximadamente.

El jardín tiene una colección de 900 especies diferentes, siendo las familias Cactaceae, Crasulaceae, Agavaceae, Liliaceae y Zamiaceae las mejor representadas de la vegetación de nuestro país, además cuenta con ejemplares de otros países del mundo.



Figura 11. Vista general al área de cactáceas del JABIZ (UNAM, 2018).

Instalaciones

El invernadero, cuya estructura es de metal con techo y paredes de cristal, tiene un área de 176 metros cuadrados y cuenta con ocho cubículos (Fig. 12). Parte del área del invernadero se está utilizando como espacio de propagación por semilla de cactáceas amenazadas o en peligro de extinción y para la venta de cactáceas y suculentas propagadas en este centro.

El área del jardín cuenta con tres mil m² y esta zonificado por familias: en Cactáceas, Agavaceas, Crasulaceas y otras suculentas, plantas ornamentales, propagación de Cactáceas y Suculentas, árboles frutales, materiales edáficos, casa de sombra y áreas experimentales para estudiantes y tesis.



Figura 12. Interior del invernadero del JABIZ (UNAM, 2018)

Características Físicas del rea.

Las coordenadas geográficas donde se localiza el Campus Iztacala son: 99 12,8 de longitud W y 19 32.1 de latitud N, a dos mil doscientos cincuenta y un metros sobre el nivel del mar. Precipitación anual de 640.8 mm; siendo el período de lluvias de junio a septiembre y de sequía de diciembre a marzo. La temperatura media anual es de 15 a 18 C. La humedad atmosférica relativa es de 61 a 70 %. El clima es Cw según el sistema de Kppen (el clima según Rzedowski es tropical de altura).

Trabajo de campo

- Se actualizó el inventario de las cícadas del JABIZ. Para cada organismo se registró la fecha de ingreso a la colección, el origen o procedencia, el número de catálogo, la edad

aproximada y las medidas morfométricas. Cada quince días, se realizó el registro del desarrollo y crecimiento de los ejemplares, incluyendo una breve descripción de su morfología vegetativa y reproductiva. Con la información se generó la base de datos utilizando la hoja de cálculo de Office Excel 2016.

- Como acervo científico y apoyo para el estudio fenológico de los ejemplares se realizó el Banco de imágenes, utilizando una cámara Canon EOS REBEL 05 y Cámara digital Samsung DV100.

- Se colectaron hojas y estróbilos de los ejemplares de acuerdo a la técnica botánica tradicional propuesta por Lott y Chang (1986). La determinación de los géneros y especies se basó en las claves taxonómicas para cícadas de Yáñez (2006), y en la consulta del sitio web <http://plantnet.rbgsyd.nsw.gov.au/PlantNet/cycad/ident.html>.

Estructura del taller “Plantas milenarias”

La estructura del taller de educación ambiental se construyó a partir de la propuesta del Centro de Capacitación para el Desarrollo Sustentable (CECADESU) (2009).

- 1. Evaluación diagnóstica.** Una semana antes de la visita al JB, se les aplicó a los alumnos un cuestionario para valorar el conocimiento, la apreciación y su relación con las plantas, así como la importancia de los jardines botánicos para el mantenimiento y la conservación de especies vegetales (anexo 2). Esta evaluación se llevó a cabo el 22 de abril del 2016, en el plantel de la Preparatoria Oficial Anexa a la Normal de Tlalnepantla, Municipio de Tlalnepantla, Estado de México. En un horario de las 10:00 a las 12:00 horas, según el horario acordado con las autoridades y maestros. Durante la visita se hizo una breve presentación y encuadre de la actividad (fig. 13).



Figura 13. Plática introductoria y encuadre de la actividad a los alumnos de Preparatoria Oficial Anexa a la Normal de Tlalnepantla.

2. Inicio.

- **Presentación y bienvenida.** El taller se llevó a cabo el día 24 de abril del 2016. Se recibió a los participantes en la entrada principal de la Facultad para darles la bienvenida y dirigirlos al JABIZ, donde se les dieron las instrucciones necesarias para su mejor estadía y desempeño. Posteriormente se les dio la indicación de formar equipos y crear un nombre que los identificará.

3. Desarrollo.

Actividad #1 “Recorrido por el JABIZ”. Actividad de observación.

- Permitted the integration of the members of the team starting from an exercise of observation and search for the representative logo of the team. The tour was carried out in an organized manner, but allowing interaction and discussion among the members of each team and between teams.

Actividad #2 “Recreación de un mundo Jurásico”.

- The participants learned the morphological characteristics of cicadas through a recreation using the senses, of the Jurassic world in which these plants reached their greatest diversification. A rope was installed in advance that functioned as a rail that led them “to the past”, along a path through the shaded area of the JABIZ, a site that allowed them to contact the vegetation. The activity was ambiented with sounds reproduced with a speaker-type audio equipment. When leaving the path, the Jurassic environment was related to the one they traveled through with a special type of plant that lived since then, the cicadas. To locate them in the JABIZ, they were given a time per team and three morphological clues: 1. They look like palms, 2. Very hard leaves and 3. Fingers could be pricked when touching the leaves. He characterized the morphology of the root, the stem and the leaves of the specimens in the site.

Actividad #3 “¿Qué edad tendrán las cícadas?”.

- A partir de la edad de los visitantes, se realizó un ejercicio para calcular la edad de las cícadas tomando en cuenta su morfología como referencia. Con ayuda de flexómetros y reglas para medir el tamaño del tallo, se estableció una de las características distintivas de estas plantas que es su lento crecimiento y elevada longevidad usando la siguiente relación para determinar la edad de las plantas:

$$1 \text{ cm} = 1 \text{ año}$$

Actividad #4 “Plantas con estróbilos”.

Relacionaron a las cícadas con el grupo de las gimnospermas a través del estudio de sus características reproductivas. Con ayuda de estróbilos masculinos y femeninos previamente preparados para el taller, junto con ejemplos y pistas de plantas más familiares para ellos como las coníferas, ejercitaron sus habilidades de observación y asociación.

Actividad #5 “Cícadas en peligro”.

- Se realizó una visita a la “colección de la ilegalidad”, a través de un recorrido donde observaron las primeras cícadas que llegaron al JABIZ como parte de los decomisos que la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) realiza y deja a resguardo en los jardines botánicos. Esta actividad sirvió para reflexionar sobre la situación de conservación que guardan este grupo de plantas, además de conocer las acciones llevadas a cabo por los gobiernos estatal y federal, así como el papel que desempeña el JABIZ como curador de las especies de contrabando rescatadas para su resguardo con fines de investigación y educación.

4. Actividad de cierre.

La última actividad se desarrolló en la entrada principal del JABIZ. Consistió en la elaboración por equipos de un cartel en el que expusieron la información adquirida durante su visita, así como un lema o mensaje que quisieron compartir con las personas que leyeran el cartel.

5. Evaluación final.

La evaluación final se aplicó en la Preparatoria Oficial tres semanas posteriores al desarrollo del taller.

Para el análisis de las evaluaciones diagnóstica y final se utilizó el estadístico t de Student de medias para muestras pareadas (Hipótesis: $H_0 = \mu_D \geq 0$; $H_a = \mu_D < 0$) y la hoja de cálculo de Office Excel 2016.

Resultados

Colección de Cícadras del JABIZ

El JABIZ cuenta con 32 ejemplares de cícadras, incluidos en dos familias: Cycadaceae representada por el género *Cycas* con once ejemplares; y Zamiaceae representada por los géneros *Zamia*, catorce ejemplares; *Dioon*, seis ejemplares y *Ceratozamia* con un solo ejemplar (fig. 14). De manera natural en México se distribuyen los géneros de la familia Zamiaceae, mientras que la familia Cycadaceae tiene su origen en el continente asiático.

Colección de cícadras del JABIZ (porcentaje de organismos por género)

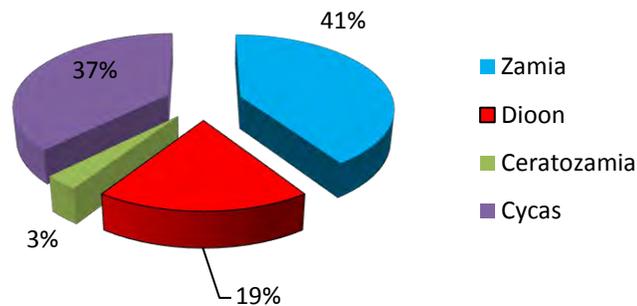


Figura 14

El mayor número de ejemplares de las cícadras se localizaron dentro del invernadero, siendo también las de mayor antigüedad y tamaño de la colección. El resto se ubicó en la parte exterior del invernadero y junto al área de sombra (fig. 15).

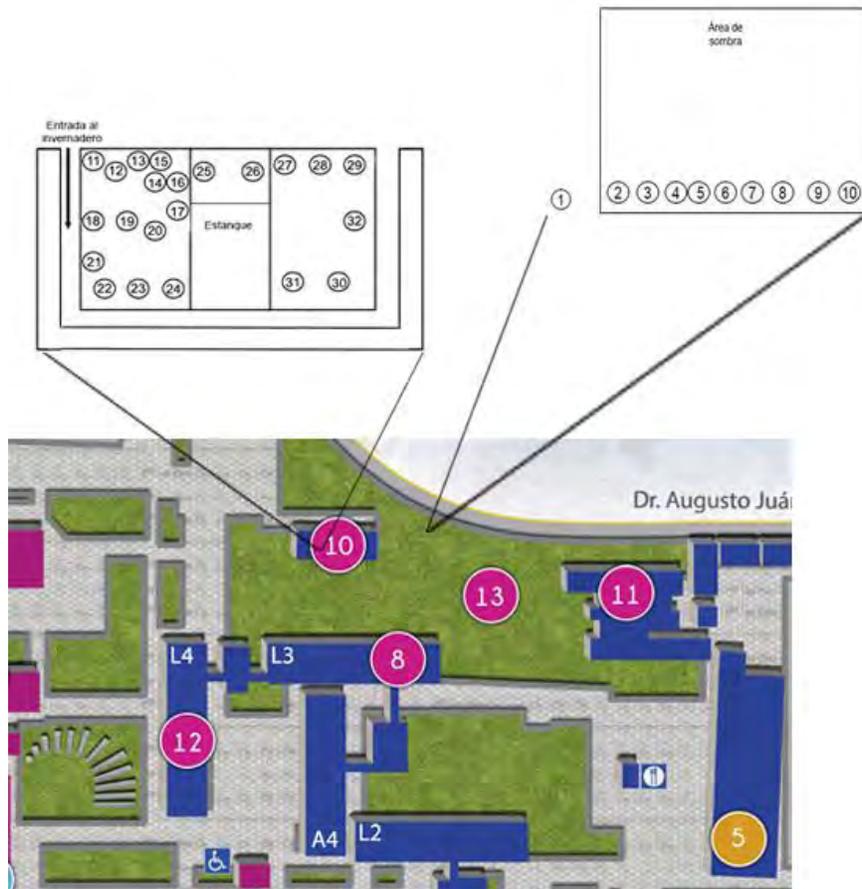


Figura 15. Distribución y ubicación de las cícadas dentro del JABIZ.

Los datos de crecimiento vegetativo y aparición de órganos sexuales permitieron contar con la información, por ejemplo, de la sexualidad y descripción del estróbilo a través de sus esporofilas o el número de hojas y sus características como el tamaño de las pinnas y la presencia de espinas en el raquis o peciolo, caracteres importantes para determinar los géneros y especies. Utilizando las claves se determinaron cinco especies: *Cycas revoluta*, *Ceratozamia mexicana*, *Dioon edule*, *Dioon spinulosum* y *Zamia furfurácea* (Tabla 4). Los ejemplares pertenecientes a la familia Zamiaceae son de gran importancia debido a su endemismo, lo que en parte contribuye a su designación como especies protegidas de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010, y cuyo estado de conservación las ubica en protección especial (Pr) para *Z. furfurácea*; amenazadas (A) para *C. mexicana* y en peligro de extinción (P) para *D. edule* y *D. spinulosum*.

C. revoluta es una especie exótica del continente asiático, cuya importancia radica principalmente en su uso ornamental, siendo una de las especies de cícadas más

comercializadas del mundo. Debido a esto, la UICN cataloga a la especie en la categoría de preocupación menor (LC).

No. de ejemplar	Género	Especie	Nombre Común
1	Cycas	<i>Cycas revoluta</i>	Palma sago
2	Cycas	<i>C. revoluta</i>	Palma sago
3	Cycas	<i>C. revoluta</i>	Palma sago
4	Cycas	<i>C. revoluta</i>	Palma sago
5	Ceratozamia	<i>Ceratozamia mexicana</i>	Palma de todos los santos
6	Cycas	<i>C. revoluta</i>	Palma sago
7	Cycas	<i>C. revoluta</i>	Palma sago
8	Cycas	<i>C. revoluta</i>	Palma sago
9	Cycas	<i>C. revoluta</i>	Palma sago
10	Cycas	<i>C. revoluta</i>	Palma sago
11	Dioon	<i>Dioon edule</i>	Palma de la Virgen o Chamal
12	Zamia	<i>Zamia furfuraceae</i>	Palma bola
13	Zamia	<i>Z. furfuraceae</i>	Palma bola
14	Zamia	<i>Z. furfuraceae</i>	Palma bola
15	Zamia	<i>Z. furfuraceae</i>	Palma bola
16	Zamia	<i>Z. furfuraceae</i>	Palma bola
17	Zamia	<i>Z. furfuraceae</i>	Palma bola
18	Zamia	<i>Z. furfuraceae</i>	Palma bola
19	Zamia	<i>Z. furfuraceae</i>	Palma bola
20	Zamia	<i>Z. furfuraceae</i>	Palma bola
21	Cycas	<i>C. revoluta</i>	Palma sago
22	Zamia	<i>Z. furfuraceae</i>	Palma bola
23	Zamia	<i>Z. furfuraceae</i>	Palma bola
24	Zamia	<i>Z. furfuraceae</i>	Palma bola
25	Dioon	<i>D. edule</i>	Palma de la Virgen o Chamal
26	Dioon	<i>D. edule</i>	Palma de la Virgen o Chamal
27	Dioon	<i>D. edule</i>	Palma de la Virgen o Chamal
28	Dioon	<i>D. spinulosum</i>	Coyolito de cerro, palma de chicle, palma de chicalite, palma de Dolores.
29	Dioon	<i>D. edule</i>	Palma de la Virgen o Chamal
30	Zamia	<i>Z. furfuraceae</i>	Palma bola
31	Zamia	<i>Z. furfuraceae</i>	Palma bola
32	Cycas	<i>C. revoluta</i>	Palma sago

Tabla 4. Colección de cícadas del JABIZ.

Taller de educación ambiental

Con la información recabada se elaboró la propuesta del taller. El encuadre del mismo se presenta en la tabla 5.

Etapas	Actividades	Objetivo	Tiempo aproximado
Evaluación diagnóstica	Aplicación del instrumento de evaluación	Valorar los conocimientos y percepciones con respecto a las plantas y los JB	30 minutos
Inicio	Presentación y bienvenida Formación de equipos	Dar las instrucciones necesarias para su mejor estadía y desempeño	10 minutos
Desarrollo	Recorrido por el JABIZ Recreación del mundo Jurásico ¿Qué edad tendrán las cícadas? Plantas con estróbilo Cícadas en peligro	Integrar a los miembros del equipo Conocer la morfología de las cícadas Comprender el proceso de crecimiento y elevada longevidad Conocer los caracteres sexuales de las cícadas Analizar el estado de conservación de las cícadas mexicanas	90 minutos
Cierre	Elaboración de un cartel	Valorar los conocimientos adquiridos y las percepciones con respecto a las plantas y los JB	20 minutos
Evaluación final	Aplicación del instrumento de evaluación	Evaluar el conocimiento adquirido	30 minutos

Tabla 5. Encuadre del taller.

Participaron un total de 43 alumnos de segundo grado del nivel medio superior de la Preparatoria Oficial Anexa a la Normal de Tlalnepantla, turno matutino. La población estuvo conformada por 24 mujeres y 19 hombres, con una edad entre los 16 y 17 años.

Evaluación diagnóstica y final del taller

Primera Parte: Jardines Botánicos

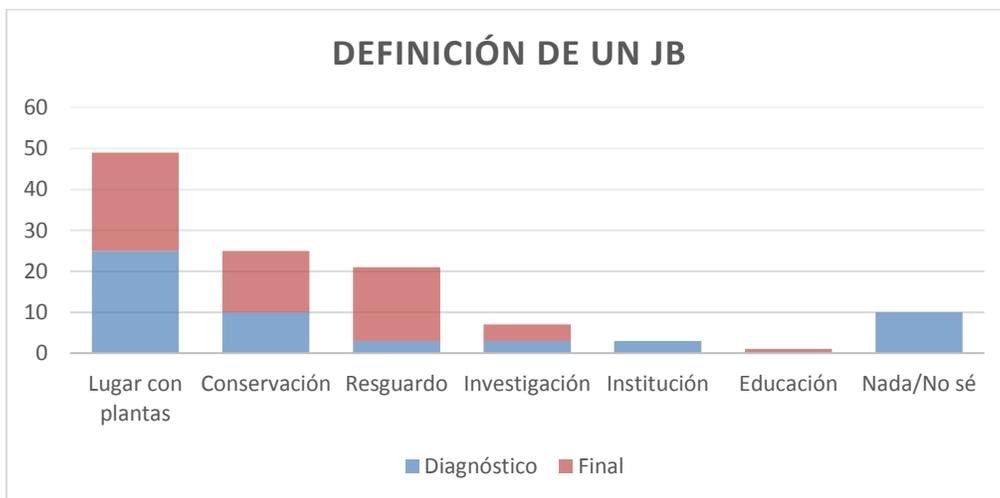


Figura 16.

En la figura 16, se observa que la percepción de los alumnos con respecto a la definición de lo que es un JB se asocia a un lugar con colecciones de plantas, siendo la de mayor incidencia tanto en el diagnóstico como en la evaluación final. El JB como un sitio para la conservación de las plantas se mantuvo en segundo lugar, seguido de la definición de un lugar de resguardo, que aumentó considerablemente. Otras asociaciones fueron el de ser considerados como instituciones de investigación. Casi una cuarta parte de los alumnos no refirió un concepto en la evaluación diagnóstica, hecho que cambió en la evaluación final.

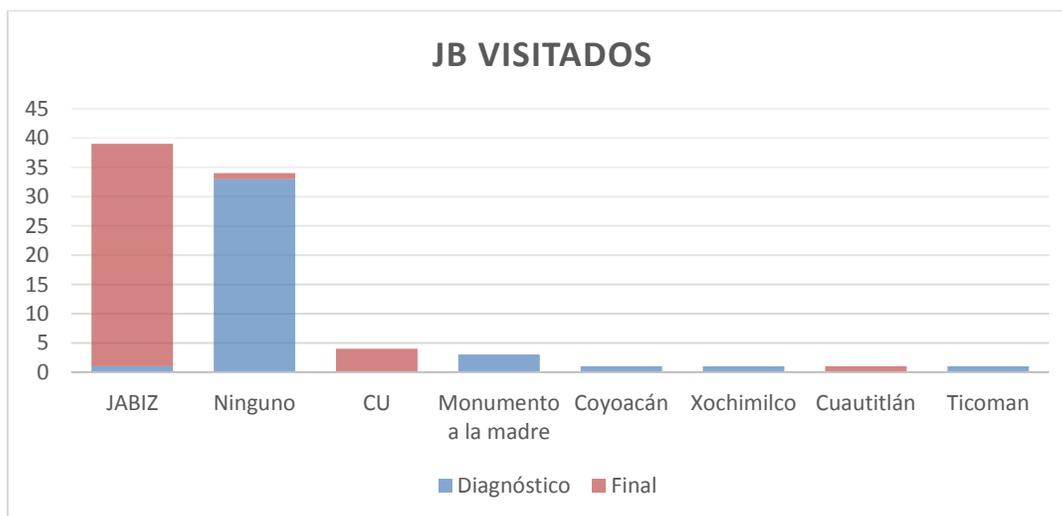


Figura 17.

En la figura 17, se puede observar un gran cambio entre las respuestas arrojadas en el diagnóstico, donde la mayoría mencionaba no haber visitado nunca un JB; y en la evaluación final reconocen al JABIZ como un JB.

En las respuestas iniciales, algunos mencionaron lugares no institucionalizados como JB, por ejemplo, el Monumento a la madre, los jardines de Coyoacán, Xochimilco y Ticomán. Esto cambió después de haber asistido al taller, pues, además de ya no mencionar los anteriores, recordaron y/o asociaron algunos que ya habían visitado, como el del Instituto de Biología de la UNAM y el de la FES Cuautitlán.

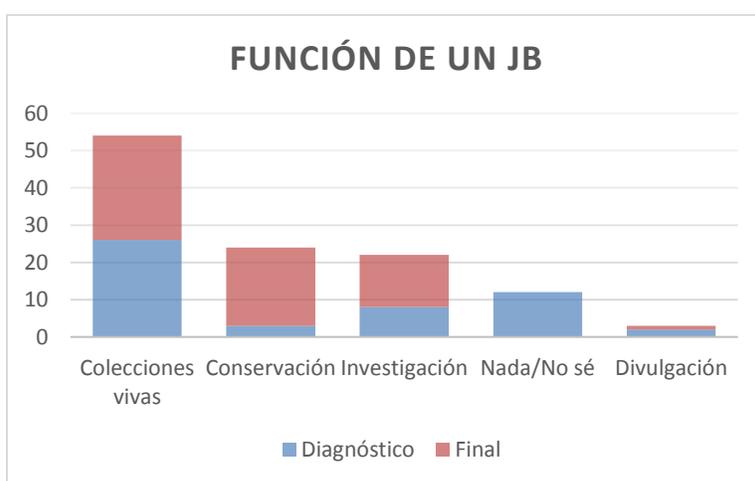


Figura 18.

En la figura 18, se muestra que la principal función de un JB lo asociaron al mantenimiento de colecciones vivas, seguido de la conservación e investigación. Mostrando que los alumnos que no conocían la función, en la evaluación final expresaron este conocimiento. La función de conservación obtuvo más mención después del taller, seguido de sus actividades en el campo de la investigación y, por último, su deber de divulgar el conocimiento a la sociedad. Las respuestas en blanco o nulas no se registran después de haber llevado el taller.

Segunda parte: Diversidad de plantas.

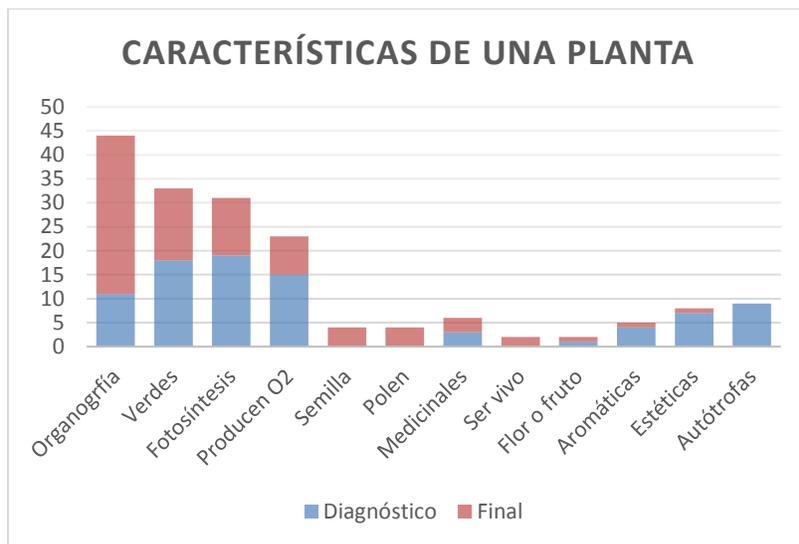


Figura 19.

En la figura 19, se observa que el concepto de planta que los alumnos refirieron es el de ser organismos autótrofos, verdes, productores de oxígeno con raíces, tallos y hojas y un uso medicinal y ornamental. El concepto final se mantiene bajo estas premisas y se refuerzan, pero al mismo tiempo incluyen la organografía reproductiva, flores y frutos, por ejemplo, y estructuras específicas de las embriofitas, que incluye a las gimnospermas, como la semilla y el polen.

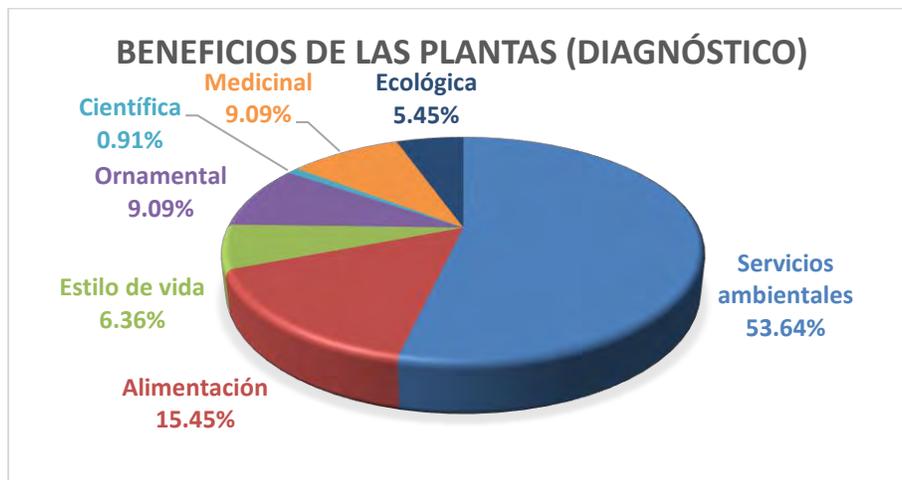


Figura 20.

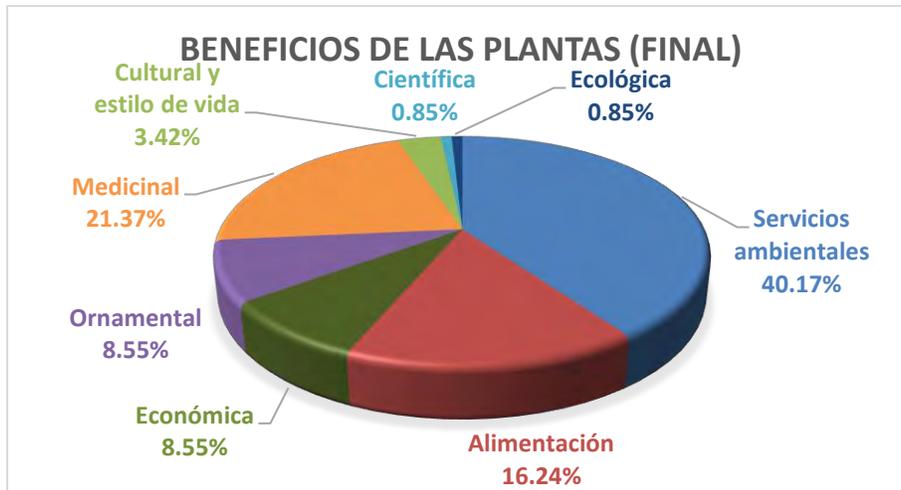


Figura 21.

Para los alumnos las plantas son importantes por los servicios eco sistémicos que prestan (figuras 20 y 21), seguido por la importancia como proveedores de diferentes recursos, por ejemplo, los beneficios medicinales que en la figura 20 tienen un porcentaje de aproximadamente 11%, más bajo que en la evaluación final (fig. 21). La alimentación no mostró cambios después de la evaluación final, al igual que su beneficio como plantas ornamentales. Este último con un porcentaje igual al del beneficio económico de las plantas, y que no había sido mencionado en el diagnóstico. Culturalmente las asocian para mantener el estilo de vida y su aporte en el campo científico.

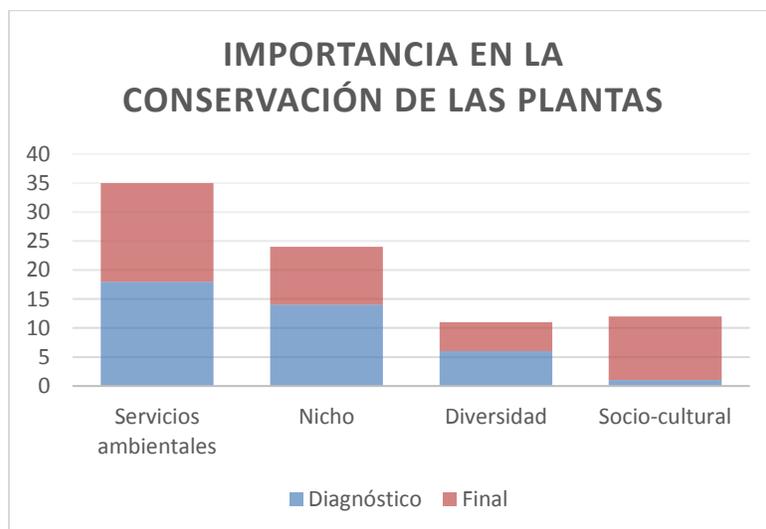


Figura 22.

En la figura 22, se observa que, tanto en el diagnóstico como en el final, la importancia para la conservación de las plantas radica en los servicios ambientales que se obtienen de ella,

seguido de su nicho ecológico a pesar de recibir menos mención al final. Lo asocian a la conservación de la diversidad en general y, algo importante, asumen el valor socio cultural que tienen para el mantenimiento de la calidad de vida.

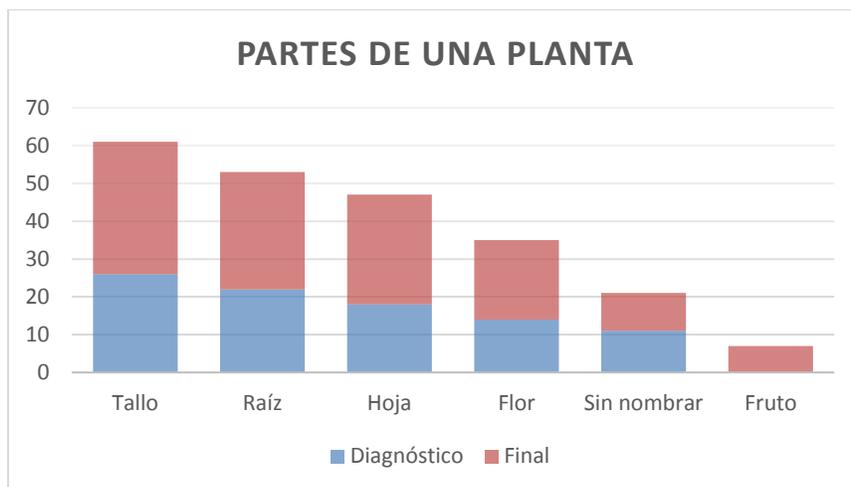


Figura 23.

Con respecto a la organografía de las plantas (fig. 23), el tallo adquirió mayor mención que otros órganos, como la raíz, la hoja y la flor, que no muestran diferencias, tanto en el diagnóstico como en el final. La característica del fruto se mencionó solo en la evaluación final.

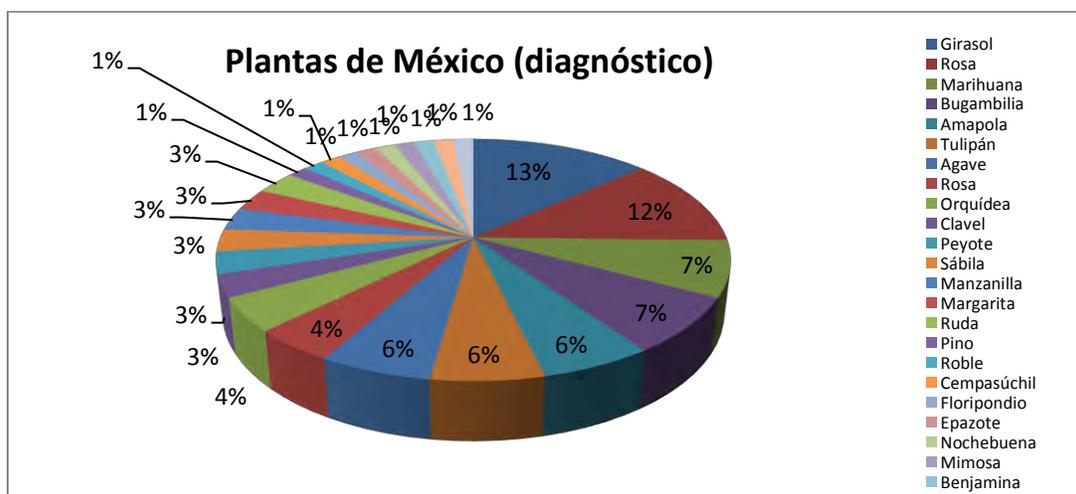


Figura 24.

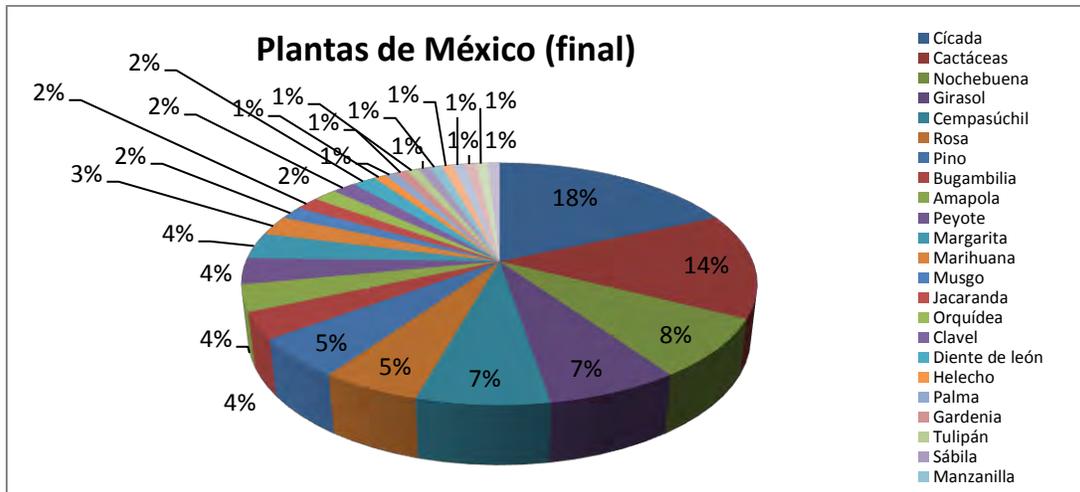


Figura 25.

De las 23 especies de plantas mencionadas en el diagnóstico (fig. 24), el girasol representó el mayor porcentaje, seguido de la rosa y la marihuana con un 13, 12 y 7% respectivamente. Esto cambió en la evaluación final (fig. 25), donde las cicadas representaron el mayor porcentaje con un 18% del total, seguido de las cactáceas que no habían sido mencionadas en el diagnóstico y la nochebuena con un 14 y 8% respectivamente.

Tercera parte: Cicadas

La evaluación diagnóstica mostro la falta de conocimientos con respecto a la morfología, la reproducción sexual, la diversidad y conservación del grupo de las cicadas (Fig. 26 – 29).



Figura 26

Los resultados arrojados en la figura 26 muestran que los alumnos consideraron a la hoja como la parte más reconocida que poseen las cícadas, seguida del tallo, la raíz y el estróbilo. No obstante, las partes que no fueron identificadas en sus dibujos obtuvo un igual valor que el del tallo.

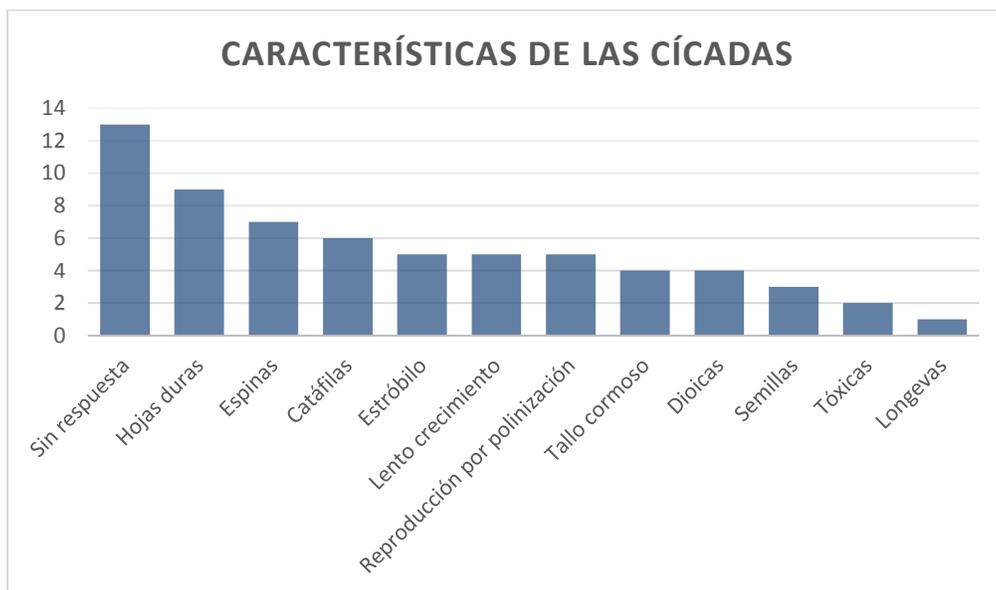


Figura 27.

En la figura 27 se observa que una cuarta parte de los participantes omitieron su respuesta de las características de las cícadas. No obstante, el resto mencionaron otras cualidades de su estructura como las hojas duras, la presencia de espinas en algunas especies y características reproductivas como la formación de estróbilo, polinización y producción de semilla.

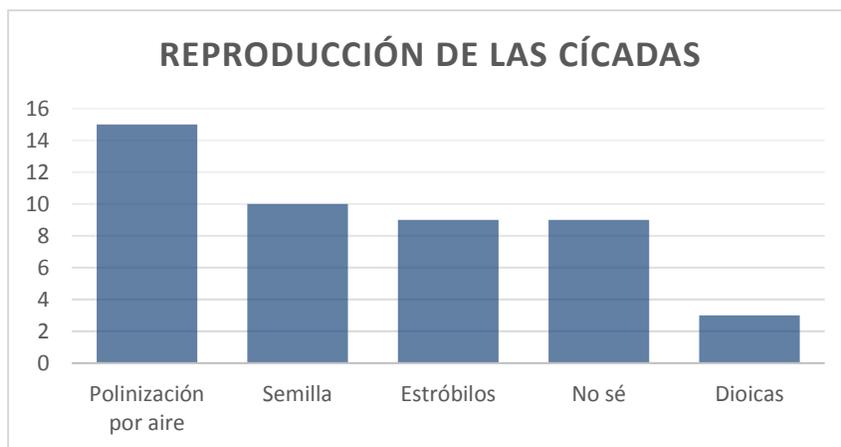


Figura 28.

En la figura 28 se puede observar que la reproducción por polinización por aire fue la respuesta más mencionada en la evaluación, seguida de la formación de semilla y la presencia de los conos o estróbilos como estructura reproductora. No obstante, las respuestas nulas o en blanco recibieron un valor igual que los estróbilos, dejando por último la característica como plantas dioicas.

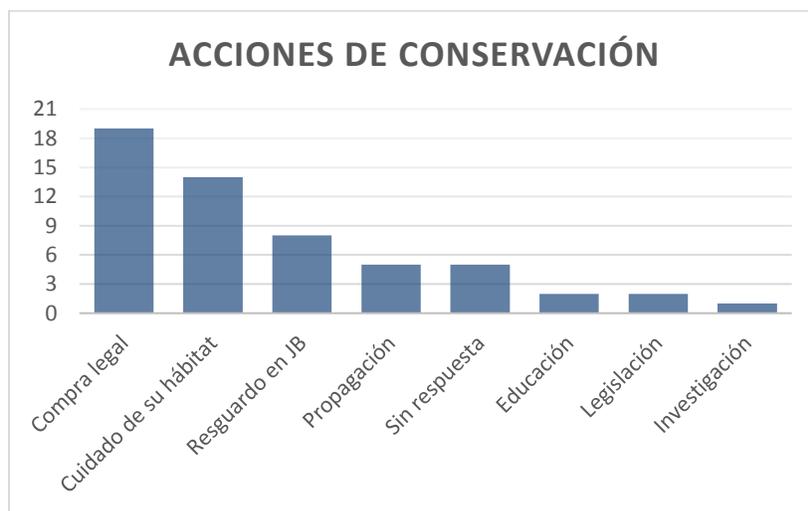


Figura 29.

De acuerdo con los resultados de la figura 29, la principal acción para la conservación de las cícadas recae en su adquisición de forma legal, seguida del cuidado de su hábitat. En tercer lugar, se encuentra la acción por medio del resguardo de ejemplares en JB, así como la propagación de cícadas en estas instituciones; esta última respuesta con el mismo valor que aquellos que dejaron la pregunta en blanco. Educación, acciones legales e investigación fueron las menos mencionadas respectivamente.

Aprovechamiento promedio

El promedio general obtenido en la evaluación diagnóstica y final mostrado en la figura 30, muestra la diferencia de los aprendizajes adquiridos después de la realización del taller.

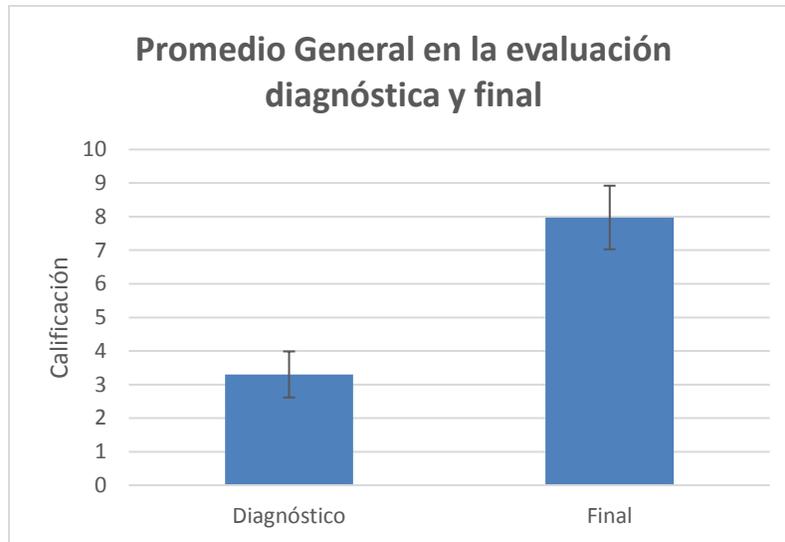


Figura 30.

Estadístico de t de medias para muestras pareadas.

Promedio	Hipótesis estadística.	Estadístico de t (t_{exp})	Valor crítico (t_{crit})	Conclusión estadística.
General	$H_0 = \mu_D \geq 0$ $H_a = \mu_D < 0$	-25.184	-1.694	Como $t_{exp} = -25.184 < t_{crit} = -1.694$, se rechaza la H_0 .
Primera parte (Jardines Botánicos)	Riesgo de error: 0.05	-9.828	-1.714	Como $t_{exp} = -9.828 < t_{crit} = -1.714$, se rechaza la H_0 .
Segunda parte (Diversidad Vegetal)		-8.224	-1.699	Como $t_{exp} = -8.224 < t_{crit} = -1.699$, se rechaza la H_0 .
Tercera parte (Cícadas)		-43.81	-1.695	Como $t_{exp} = -43.81 < t_{crit} = -1.695$, se rechaza la H_0 .

Tabla 6. Estadístico de t y conclusión estadística en las distintas partes de la evaluación diagnóstica y final.

Ya que se rechazó la hipótesis nula en cada estadístico de t obtenido del promedio de la evaluación diagnóstica y final, así como en las diferentes partes que componen la evaluación, se concluye que el taller funciona como herramienta para la difusión y conocimiento de las cícadas mexicanas. $P(<0.05)$.

Análisis y discusión

Importancia del JABIZ en la conservación de cícadas mexicanas

Uno de los objetivos generales de los jardines botánicos en materia de conservación, es la exhibición, mantenimiento y propagación de especies de colecciones vivas *in situ* y *ex situ* de especies vegetales de una región y un país, mediante colecciones de plantas vivas y bancos de semillas. Los jardines botánicos, como el JABIZ, constituyen una estrategia de conservación de la flora nativa o en situación de riesgo, preservándolas en lugares *ex situ* y que responden a la necesidad de rescatar aquellas especies vegetales amenazadas por actividades antropológicas como la tala inmoderada, el cambio de uso de suelo para destinarlos a zonas agrícolas o la extracción con fines de lucro, etc. (Cetzal-Ix *et al.*, 2017).

La importancia del JABIZ como reservorio *ex situ* de la diversidad vegetal nacional es innegable, a través del tiempo sus colecciones han crecido gracias a las donaciones que Instituciones Federales como la PROFEPA, han realizado con ejemplares provenientes de decomisos realizados en diferentes mercados de la Cd. de México y zona metropolitana. En el caso de las cícadas la colección está representada por un total de 32 ejemplares, repartidos en cinco especies de los géneros nativos del país: *Zamia*, *Ceratozamia* y *Dioon*, y un género exótico que es *Cycas* (tabla 4), distribuido naturalmente en Asia, África y Oceanía (Jones, 1993). Esto constituye un importante acervo biológico base para el cumplimiento, presente y futuro, de las distintas funciones o actividades de propagación, investigación y educación que se realizan en el jardín botánico, incluso con especies exóticas.

Es bajo el número de especies de cícadas presentes en la colección, sin embargo, haber generado esta información, asociado al conocimiento de los ejemplares, su ubicación, sexualidad, morfología, etc., permitió proponer usos o líneas de investigación en el corto y mediano plazo. En el caso particular de este trabajo fortaleció el eje rector que es la educación, este conocimiento es fundamental para soportar y dar sentido a las estrategias como la del taller que se describe en este trabajo.

La conservación en los jardines botánicos no solamente se refiere al ejemplar cautivo, este tiene que estar acompañado de la información necesaria para ubicar su origen, fecha de ingreso, estado fitosanitario, colector; en fin, toda la información que le da mayor

importancia al ejemplar. Históricamente, los grandes jardines botánicos del mundo soportan sus colecciones vivas en una bien estructurada base de datos, ya sea con fines educativos y de divulgación, o como material de consulta e investigación. En México, el Instituto Nacional de Biología de la UNAM, ligado al Jardín Botánico de CU, por ejemplo, posee un extenso archivo fotográfico de 63,050 imágenes, de los cuales más de 10,000 retratan colecciones botánicas tales como fotocolectas, herbarios, familias de pteridofitas, angiospermas y gimnospermas (IBUNAM, 2018).

Un problema recurrente en el JABIZ ha sido la falta de generar una base de datos, asociado a un archivo fotográfico de sus colecciones. Los datos morfológicos de la colección de cícadas, registrados en un ciclo anual, aportan los primeros datos e información relevante de este grupo de plantas en el JABIZ.

El registro fotográfico que incluye 1005 archivos digitales ordenados por fecha y número de organismo, constituye un importante patrimonio documental cuyo anexo permitirá no solo mantener la memoria científica del JABIZ, sino también en las diversas actividades de investigación y divulgación que se realicen en la institución. La importancia de poseer un archivo fotográfico en distintos campos de estudio ha trascendido del aspecto histórico social en el que formalmente se emplea, pues cada vez se difunde más el uso de las imágenes como medio de información los medios audiovisuales, y especialmente las fotografías se han utilizado como evidencia histórica, política, social, científica y cultural, por lo que se han convertido en una parte esencial del patrimonio cultural (Ramos, 2009).

La educación no formal en el JABIZ

Es innegable la importancia educativa de los JB y su impacto social como sitios de divulgación y educación ambiental, sobre todo por su función concienciadora para promover el conocimiento de la flora nativa y las acciones de conservación de la misma a un público general o enfocado a los distintos niveles educativos de aquellos individuos que los visitan. Aunque existen una considerable cantidad de trabajos que reportan el establecimiento de actividades de educación ambiental que son anexadas a sus programas educativos, a menudo carecen de datos cuantitativos que nos ayuden a establecer mejores parámetros de

interpretación y significación de los datos cualitativos, mucho menos son aquellos los enfocados en jardines botánicos o grupos específicos de plantas como las cícadas, lo que complica la labor de comparación de métodos y resultados obtenidos en el proceso de enseñanza aprendizaje.

El JABIZ recibe anualmente grupos educativos de diferentes niveles formativos. Generalmente durante la visita se transita por las áreas de las colecciones de plantas y se da información general acerca de la biología, nombres populares o científicos y los usos. Se carece de un programa de educación ambiental estructurado que permee de formas didácticas y lúdicas la riqueza de conocimientos de la flora mexicana y los asocie con la experiencia y conocimientos de los visitantes.

Por las características mismas de su objeto, la educación ambiental exige el trabajo extra-áulico y al aire libre (Alba y Gaudiano, 1997). Al realizarse el taller en un jardín botánico, y tomando en cuenta la planeación de los contenidos y la forma de trabajar, los participantes fueron motivados a interactuar con los elementos que los rodeaban, lo que facilitó el interés para emplear sus habilidades de observación, comparación y experimentación.

El desempeño de los alumnos en cuanto a los aprendizajes adquiridos demostró el impacto de esta actividad extra-áulica (fig. 30), en la cual se favoreció el establecimiento de relaciones significativas entre el conocimiento de los participantes y su objeto de estudio, la colección de cicadas. La experiencia dejó claro la necesidad de la planeación previa del taller; para transitar de lo recreativo hacia lo pedagógico. Esto es, aprovechar el potencial que ofrecen las actividades extra-áulica para despertar inquietudes e intereses cognoscitivos para los temas que vayan a abordarse (Alba y Gaudiano, 1997).

La estrategia del taller

En la enseñanza, el taller se define como una metodología de trabajo en la que se integran la teoría y la práctica. Se caracteriza por la investigación, el aprendizaje por el descubrimiento y el trabajo en equipo que, en su aspecto externo, se distingue por el acopio (en forma sistematizada) de material especializado acorde con el tema tratado teniendo como fin la elaboración de un producto tangible (Maya, 2007). El trabajo por talleres enfoca sus acciones hacia el saber hacer, es decir, hacia la práctica de una actividad y en esencia, según Ander-

Egg (1999), el taller “se organiza con un enfoque interdisciplinario y globalizador, donde el profesor ya no enseña en el sentido tradicional; sino que es un asistente técnico que ayuda a aprender. Los alumnos aprenden haciendo y sus respuestas o soluciones podrían ser en algunos casos, más válidas que las del mismo profesor”.

Por los enfoques y características mencionadas, lo anterior se asocia a un sentido cognitivo y constructivista de los modelos educativos. No obstante, el taller también posee cierta versatilidad que toma bases, roles y forma de trabajar de otros modelos para cumplir los objetivos de aprendizaje.

Inicio y dinámica de trabajo en equipo.

La manera de dar las indicaciones necesarias para el desarrollo de las actividades es fundamental. La claridad y precisión en el lenguaje empleado, instrucciones y pasos a seguir son clave en la resolución de dudas al momento, y siempre con una actitud de respeto hacia el alumno. Uno de los principales puntos tomados en consideración en la planeación de las actividades fue evitar confusiones que pudieran contribuir al aislamiento de los participantes, una respuesta común en los jóvenes cuando inician relaciones de trabajo con personas con quienes tienen poca o nula interacción en el ambiente escolar. La educación ambiental es ideal en este escenario, ya que refuerza la comunicación, despierta inquietudes en los temas relacionados a la naturaleza y propicia el compromiso de los participantes con el cumplimiento de tareas y actividades que deben realizarse en equipos.

Los equipos son entidades sociales compuestas por miembros con misiones de gran interdependencia que comparten y evalúan metas en común (Dyer, 1984). Partiendo de esta premisa, y de forma constante durante todo el taller, se promovió la interacción y participación entre integrantes de cada equipo teniendo en mente la esencia de estas entidades para lograr los objetivos y aprendizajes esperados por medio del trabajo en equipo, definido como los componentes interdependientes del desempeño requerido para coordinar efectivamente el rendimiento de múltiples individuos (Salas *et al.*, 2008).

En la primera actividad se puso a prueba su capacidad de observación y búsqueda de los objetos de estudio durante el recorrido por las secciones del JABIZ. La importancia de que los participantes aplicaran esta herramienta durante el taller implicó que miraran “la realidad

en la que nos encontramos, no para juzgarla, sino para intentar comprenderla tan profundamente como sea posible y sacar conclusiones positivas” (AQU, 2009) durante todo el recorrido.

Este tipo de observación participante donde se observa, al mismo tiempo que se participa en las actividades propias del grupo que se está investigando (Bisquerra, 2004), permite obtener información y realizar una investigación en el contexto natural, involucrando y “viviendo” las experiencias en el ambiente cotidiano de los sujetos, de modo que recojan los datos en tiempo real, y así constituir un factor clave para la interacción y comunicación con el contexto (Cuadros, 2009). Gracias a esto, y de manera conjunta con la supervisión y explicación del ponente, se resolvieron dudas y se estableció la dinámica y forma de trabajo de las estaciones subsiguientes, propiciando un ambiente de confianza y seguridad entre pares y durante todo el taller.

Otro caso donde la confianza fue pieza clave para la resolución del problema se llevó a cabo durante el recorrido por el sendero ecológico, donde se les indicó a los participantes omitir el uso de su vista, es decir, cerrar los ojos (fig. 31). Ante este escenario, no solo los alumnos se vieron en la necesidad de usar el resto de sus sentidos para encontrar la salida del sendero y ampliar conocimientos e información del hábitat de las plantas, sino que debieron depositar su confianza en el único compañero que tenía permitido ver lo que lo rodeaba para guiar a sus compañeros.



Figura 31. Recorrido por el sendero ecológico perteneciente a la actividad 3: “Recreación de un mundo jurásico”.

Cícadas y la importancia del conocimiento previo de los participantes

De acuerdo a Coll (1990), la construcción del nuevo conocimiento se hace a partir de algo previo, “cuando el alumno se enfrenta a un nuevo contenido a aprender, lo hace siempre armado con una serie de conceptos, concepciones, representaciones y conocimientos, adquiridos en el transcurso de sus experiencias previas, que utiliza como instrumentos de lectura e interpretación y que determinan en buena parte que informaciones seleccionará, cómo las organiza y qué tipos de relaciones establecer entre ellas”. Tal como se muestra en las figuras 24 y 25, los alumnos poseían cierto conocimiento en cuanto a la variedad de plantas mexicanas existentes, lo cual favoreció la retroalimentación entre los integrantes de cada equipo, permitiéndoles intercambiar ideas con respecto a la manera de conceptualizar a las plantas e identificar a las cícadas con base en las pistas y resolución de dudas por parte del ponente.

Para fortalecer el aprendizaje y la interacción del grupo se utilizó la estación asociada al crecimiento y longevidad de las cícadas (Fig. 32). En ella asociaron y compararon, a partir de sus propias experiencias de vida y desarrollo, el tamaño de los tallos y la edad de las plantas, llevado a cabo por un lento proceso de división celular y que repercute en el desarrollo anual medido en cm. La conclusión a la que llegaron respecto a su edad asociada con el tamaño de los tallos, facilitó la asociación de la longevidad y el lento crecimiento que poseen estas plantas.



Figura 32. Medición del tallo como parte de la actividad "¿Qué edad tienen las cícadas?"

Para facilitar esta nueva adquisición del conocimiento, se emplearon “organizadores previos”, materiales introductorios de mayor nivel e inclusividad respecto del nuevo material de aprendizaje (Ausubel, 1983), como breves preguntas basados en su capacidad de observación, y la misma colección de plantas que resguarda el JABIZ. Estos materiales fueron de gran utilidad en la explicación y descripción morfológica de las cícadas (fig. 33), ayudándoles primero a identificar estructuras básicas (raíz, tallo, hoja, flor y fruto) de una planta familiar para ellos, y luego ponderarlas en la descripción de las cícadas.



Figura 33. Participantes observando e interactuando con una cícada para describir su morfología.

Esta metodología se empleó de forma similar en la cuarta actividad referente a la forma de propagación de las cícadas. La representación de los estróbilos masculino y femenino previamente preparados propició una mayor interacción entre los alumnos al asociarlas con

el conocimiento previo que tenían sobre la propagación de las plantas, tales como la estrategia de polinización y la producción de semilla (fig. 34). Además, las similitudes que descubrieron al comparar los estróbilos con las “piñas” o conos de las coníferas, fueron de especial importancia para que relacionaran y comprendieran el parentesco de las cícadas con otras plantas, logrando que los conceptos o principios a aprender fueran evidentes, debiendo poder reconocer los "vínculos que existen entre lo que los alumnos ya saben y los conceptos o principios que deben aprender" (Ausubel, 1983).



Figura 34. Alumnas interactuando con el estróbilo femenino de *D. edule* previamente preparado.

Cierre e importancia de la conservación en los participantes

La última estación del taller (fig. 35) tomó en consideración un enfoque individual respecto al estado y acciones de conservación en que se encuentra este grupo de plantas. Es importante considerar el contexto histórico-social de cada alumno; desarrollados en ambientes urbanos y relativamente lejos de la interacción con áreas naturales, por lo que sus criterios y opiniones respecto a la conservación de la biodiversidad vegetal pudieron ser un tanto vagos o superficiales. No obstante, y de acuerdo con la figura 29 respecto al estatus de conservación de estas plantas en la última actividad, la mayoría coincidió en las dos principales problemáticas que afronta este grupo: el tráfico ilegal y la reducción de su hábitat, y las acciones individuales como la adquisición en sitios establecidos que pueden llevar a cabo para aminorar el impacto de la actividad humana sobre ellas. Tikka y colaboradores (2000) reportan que los habitantes del medio urbano, al vivir en medios densamente poblados y con los problemas derivados de esta condición, adquieren una mayor conciencia ambiental y adoptan actitudes más positivas hacia el ambiente.



Figura 35. Plática dentro del invernadero del JABIZ donde se habló de la conservación y amenazas que enfrentan las cícadras.

Las distintas situaciones económicas de los participantes pueden también en parte explicar este resultado. En el caso de los medios urbanos con bajos ingresos económicos, Isaac Márquez *et al.* (2011) mencionan que estos se asocian a un acceso más limitado a bienes y servicios básicos, situación que pudiera contribuir a que los alumnos de las escuelas públicas sean más conscientes de los problemas ambientales, en virtud de la afectación que padecen en su vida diaria (Isaac-Márquez *et al.*, 2011).

Finalmente, los alumnos expresaron a través del dibujo su criterio respecto al cuidado y conservación del grupo de las cícadras, asociándolas como seres vivos que necesitan protección (fig. 36). Estos carteles reflejaron la morfología de las cícadras como el tallo cormoso y hojas pinadas coronando el tallo, acompañada de otros elementos presentes en el jardín botánico como cactáceas, árboles de pirul y otras angiospermas. Los alumnos asumieron el problema y buscaron una solución basada en los mensajes de sus carteles, principalmente la compra legal de estas plantas, el cuidado de su hábitat y en general una llamada de auxilio para salvar este grupo. De los ocho equipos que realizaron el cartel, sólo uno de ellos no representó una cícada como elemento principal, asocio una especie arbórea conformada por diversos órganos de diversas plantas presentes en el jardín, representando la riqueza de elementos observados durante su estancia.



Figura 36. Elaboración del cartel como actividad de cierre; A) Usando hojas y elementos arbóreos; B) Cartel que hace énfasis en la adquisición de cícadas; C) Equipo exhibiendo su cartel al concluir el taller.

Evaluación del taller

Existe una fuerte discusión en el terreno de la educación, acerca de la validez y significación de la evaluación cualitativa y cuantitativa que a menudo presentan como antagónicas. Por un lado, el aspecto cualitativo es tildado de “subjetivo” por sus oponentes, mientras que el cuantitativo a veces es tachado de “técnico” o “mecanicista”. Es importante saber que, si bien la educación ambiental ha de llevarse a cabo con responsabilidad y haciendo el mayor esfuerzo, deben existir formas de evaluación que ayuden a mejorar las prácticas educativas en general y el alcance comunicatorio de la educación ambiental en particular (Alba y Gaudiano, 1997). Existen muchos aspectos importantes en los procesos educativos difíciles de medir, el compromiso, el nivel de conciencia, por ejemplo (Alba y Gaudiano, 1997).

El taller Plantas Milenarias tomó en cuenta esta dualidad entre el aspecto cuantitativo y cualitativo para el establecimiento de indicadores basados en los contenidos y objetivos establecidos, los que fueron incorporados al proceso de evaluación de los alumnos para realizar esfuerzos que según Alba y Gaudiano (1997) “aporten información de tipo cualitativo sobre los efectos de los procesos educativos, y que junto con datos cuantitativos ayuden a establecer mejores parámetros de interpretación y significación de los datos cualitativos”.

En la figura 28 se observa el aprovechamiento en el promedio general obtenido de los alumnos, que demuestra las diferencias significativas antes y después de la realización del taller. Cabe mencionar que los participantes jamás supieron que sus pruebas fuesen evaluadas con un dato numérico, y de hecho tampoco se les notificó de su calificación final. Esto con el propósito de que los alumnos vieran el taller como una serie de actividades extracurriculares y lúdicas en lugar de un requisito programado en su plan de estudios. Gracias al carácter generalmente extracurricular de la educación ambiental, se facilita centrar más la atención en evaluaciones cualitativas para comprender mejor los resultados de la intervención pedagógica al no estar sujeta a presiones de otorgar calificaciones (Alba y Gaudiano, 1997).

Los resultados logrados en el taller demostraron la efectividad de esta estrategia en el aprendizaje de los alumnos, por lo que puede servir para apoyar la formación ambiental y acerca de los recursos vegetales de México. Todo en un contexto extra áulico de uso de espacio de un JB.

Importancia del taller en el nivel educativo y plan de estudios de la Educación media Superior (EMS).

Si bien la educación ambiental es considerada un tema importante para el desarrollo sustentable de la sociedad, no goza en la práctica de un estatus prioritario, sobre todo en las instituciones de educación media superior (Isaac-Márquez *et al.*, 2011). Hasta antes de las actuales reformas, las limitaciones institucionales en términos de recursos económicos, humanos y logísticos, reducía la educación ambiental a una cuestión teórica orientada a sensibilizar a los alumnos sobre los problemas ambientales, confinada a los salones de clase y con poca o ninguna relevancia para la vida cotidiana o dentro del entorno institucional, donde no se fomentaban prácticas positivas que permitían a las escuelas convertirse en modelos de comportamiento ambiental. Aunque los alumnos adquieren actitudes ambientales positivas, no logran la comprensión profunda de la crisis ambiental y tampoco la motivación necesaria para modificar su comportamiento (Palmer *et al.*, 2006).

Actualmente las reformas educativas ofrecen una ventana de oportunidad para la educación ambiental, ya que dentro de las competencias que definen el perfil de egreso de

bachillerato, incluye que los estudiantes deben ser capaces de contribuir al desarrollo sustentable con acciones responsables (SEP, 2016). Constituye un avance en el sentido que sugiere una transición de una educación ambiental centrada en la sensibilización y la conservación hacia una educación para la sustentabilidad, lo que implica un cambio de paradigma (Isaac-Márquez *et al.*, 2011).

Las actividades y aprendizajes adquiridos por los estudiantes en el taller reforzaron los contenidos y propósitos de la asignatura de Ecología y Medio Ambiente según el plan de estudios de la SEP para el Nivel Medio Superior (2016), el cual pretende:

Mejorar la comprensión de los estudiantes acerca de las complejas interacciones entre los elementos físicos, biológicos y socioeconómicos del medio ambiente, sus procesos de cambio y evolución, así como favorecer la formación de valores, actitudes y comportamientos que tienden a mejorar las condiciones de vida de sus comunidades, protegiendo y mejorando el ambiente del que dependen para su desarrollo.

Así como los atributos que se plantean en las competencias genéricas del mismo, como el pensamiento crítico y reflexivo en la resolución de problemas, y la contribución en el desarrollo sustentable con acciones responsables.

Las aportaciones del taller amplían el conocimiento de la diversidad de flora en el país, además de cultivar el interés en los temas de conservación al salir del currículum oficial y adentrar a los alumnos a un ambiente donde sus conocimientos previos, su participación constante, reflexión e intercambio de ideas convergen para la resolución de problemas y toma de decisiones. Lo anterior asociado al ámbito del cuidado del medio ambiente que el perfil de egreso pretende lograr, donde el alumno:

Comprende la importancia de la sustentabilidad y asume una actitud proactiva para encontrar soluciones sostenibles. Piensa globalmente y actúa localmente. Valora el impacto social y ambiental de las innovaciones y avances científicos (SEP, 2016).

Tanto el plan de estudios de la SEP, como la guía para la elaboración de educación ambiental del CECADESU que se consideró para el diseño del taller, toman los Objetivos del

Desarrollo Sostenible (ONU, 2015) como eje para su estructura y manejo de contenidos. Los resultados obtenidos indican una etapa de cambio y reconocimiento social gracias a la divulgación de conocimientos y las actividades realizadas, cuyos contenidos y objetivos se relacionan a las ideas de *Interrelación* y *Autorregulación* descritas formalmente en el plan de estudios, las cuales “permiten al alumno comprender que la naturaleza mantiene un equilibrio dinámico debido a la interacción de un gran número de factores bióticos y abióticos. Esto permite que el alumno desarrolle un sentido de empatía y cuidado hacia ella; un sentido de valor hacia el mundo natural, sobre todo en estudiantes que, al vivir en grandes ciudades, han perdido el contacto con ella” (SEP, 2016).

Usando al grupo de las cícadas como ejemplo de conservación y promoción de la flora mexicana, el taller fortaleció las ideas de conservación e impacto ambiental para que “el alumno puede comprender la idea de interconexión entre la naturaleza, la sociedad y la economía y, por lo tanto, las causas y las consecuencias de la *Alteración del ambiente*, debido a la sobreexplotación de los recursos naturales y los diferentes tipos de impacto que las actividades humanas provocan en el medio” (SEP, 2016).

Por tanto, el taller tiene el potencial de formar parte de la Estrategia Mexicana para la Conservación Vegetal, así como herramienta de divulgación a nivel medio superior en sustentabilidad y preservación de los recursos naturales; una construcción humana a partir de la situación social, económica y medioambiental actual, por lo que contribuye a que los participantes imaginen un futuro diferente para ellos y las futuras generaciones (Burgess y Johannessen, 2010).

Conclusiones.

1. La colección de cícadas del JABIZ se compone de 32 ejemplares pertenecientes a dos familias (Zamiaceae y Cycadaceae) y cuatro géneros: *Dioon*, *Zamia*, *Ceratozamia* y *Cycas*.
2. Se determinaron cinco especies: *Dioon edule*, *D. spinulosum*, *Zamia furfuraceae*, *Ceratozamia mexicana* y *Cycas revoluta*.
3. Se fortaleció y actualizó la información de la base de datos de las colecciones del JABIZ, al incorporar los registros de un ciclo anual con la información de la morfología reproductiva y vegetativa de los ejemplares de cícadas.
4. Se formó el acervo fotográfico integrado por 1005 imágenes.
5. El taller “Plantas Milenarias”, representa el primer instrumento estructurado de educación ambiental no formal para el tema de cícadas del JABIZ.
6. El taller sirve como estrategia de educación ambiental para la promoción de las plantas mexicanas en alumnos de bachillerato, así como complemento en el plan de estudios de la escuela Anexa a la Normal Tlalnepantla, concerniente a los temas de biodiversidad, ecología y medio ambiente del plan de estudios.
7. Se consolida el JABIZ como un importante centro de apoyo de la FES Iztacala por ser reservorio *ex situ* para la protección, cuidado, investigación y divulgación de la biodiversidad vegetal de México.

Comentarios y Recomendaciones (Propuesta de mejora)

1. Adecuación en distintos niveles educativos

Si bien los contenidos y actividades del taller fueron diseñados tomando en cuenta el perfil de alumnos de bachillerato, esta estrategia puede ser adecuada y llevada a cabo en distintos niveles escolares. Muestra de ello fueron las sesiones de pilotaje realizadas previamente con alumnos de Biología de quinto semestre de la FES Iztacala. La flexibilidad que caracteriza la educación no formal, permite la adecuación de los contenidos en distintos enfoques sin comprometer el cumplimiento de los objetivos y aprendizajes que se pretenden de acuerdo al nivel escolar. Las guías de educación ambiental del CECADESU referenciadas en este trabajo, constituyen una herramienta útil para adecuar los contenidos y actividades con base en el contexto académico de los participantes.

2. Para con la colección de cícadas del JABIZ y el monitoreo de los organismos.

Para exacerbar la importancia en cuanto a las funciones de resguardo, difusión y curaduría del JABIZ, así como administración de su inventario con base en los datos recabados durante el presente trabajo, se sugiere la colocación de fichas o placas con información básica de cada especie de cícada. Destacar la situación de riesgo y protección especial de cada una, ayudaría no solo al prestigio de la institución como sitio de resguardo de especies amenazadas, sino que haría más atractiva y didáctica la colección de plantas para los visitantes.

Respecto al monitoreo de los organismos para garantizar su óptimo estado de salud, se recomienda continuar con el estudio fenológico iniciado en este trabajo, enriqueciéndolo con la información disponible en los archivos del JB.

Se sugiere extender el panorama de proyectos y estudios de las cícadas realizados en el JABIZ, abarcando las funciones de investigación y propagación de los individuos; este último rubro sugerido para los organismos de *Z. furfuraceae*, ya que se cuentan con plantas femeninas y masculinas en edad reproductiva.

Literatura citada.

- Alba, A. y González Gaudiano, E. 1997. Evaluación de Programas de Educación Ambiental, experiencias en América Latina y Chile. Universidad Nacional Autónoma de México. Centro de Estudios sobre la Universidad. ISBN: 968-36-5705-2. 1ra ed. 119 p.
- Ander-Egg, E. 1999. El taller: una alternativa de renovación pedagógica, Buenos Aires: Magisterio Río de La Plata. p. 5
- AQU. 2009. Guía para la evaluación de competencias en el prácticum de los estudios de maestro/a. Consultado el 24 de mayo del 2018. Disponible en: http://www.aqu.cat/doc/doc_84811405_1.pdf.
- Audhali N. y D.W. Stevenson. 1998. Ethnobotany of cycads. The cycad pages. URL <http://plantnet.rbgsyd.rbgsyd.nsw.gov.au/PlanyNet/cycad/>
- Ausubel, D. y Joseph D.N. 1983. Psicología Educativa; Un Punto de Vista Cognoscitivo. Edit. Trillas. México. 2ª ed. 543 p.
- Bhatnagar, S.P. y A. Moitra. 1996. Gymnosperms. New Age International (P). Limited, Publishers. New Dehli, India. 470 p.
- Botanic Gardens Conservation International (BGCI). 2000. *The Great Canaria Declaration*. Reino Unido: Botanic Gardens Conservation.
- Botanic Gardens Conservation International (BGCI). 2002. *Estrategia Global para la Conservación Vegetal*. Publicado en español por el Área de Medio Ambiente y Aguas del Cabildo de Gran Canaria. Jardín Botánico Canario “Viera y Clavijo”. Islas Canarias, España. 16 p.
- Bonta, M. 2003. Teocinte “Earof Godd”. *The Cycad Newsletter* 26: 7-12.
- Betancourt, M.A. 2007. El Taller Educativo ¿Qué es? Fundamentos, cómo organizarlo y dirigirlo, cómo evaluarlo. Cooperativa Editorial Magisterio. Bogotá, Colombia. Segunda edición. 280 p.
- Bisquerra, R. 2004. Metodología de la investigación educativa. Madrid: La Muralla.
- Brenner, E.D., D.W. Stevenson y R.W. Twigg. 2003. Cycads: evolutionary innovations and the role of plant-derived neurotoxins. *Trends in Plant Science*. 8:446-452

- Burgess, D., & Johannessen, T. 2010. The Heart of Sustainability: Big ideas from the field of environmental education and their relationship to sustainability education or What's love got to do with it? *Journal of Sustainability Education*. Consultado el 23 de marzo del 2018. Disponible en: http://www.journalofsustainabilityeducation.org/wordpress/content/the-heart-of-sustainability--big-ideas-from-the-field-of-environmental-education-and-their-relationship-to-sustainability-education-or-what%e2%80%99s-love-got-to-do-with-it_2010_10/
- 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.
- Calonje, M., Kay J. & Griffith M. P. 2011. Propagation of cycad collections from seed: Applied reproductive biology for conservation – Ilustración Científica en ResearchGate. Disponible en: https://www.researchgate.net/receptivity-of-seed-cones-for-different-cycad-genera-a-Cycas-revolvata-b-ceratozamia_fig4_235763573. Consultado el 7 de marzo del 2018.
- Castillo A. y Gaudiano E. G. 2010. La educación ambiental para el manejo de ecosistemas: el papel de la investigación científica en la construcción de una nueva vertiente educativa. Instituto Nacional de Ecología y Cambio. Ciudad de México. México. 26 p.
- Centro de Educación y Capacitación para el Desarrollo Sustentable (Cecadesu). 2009. *Guía para elaborar programas de educación ambiental no formal*. SEMARNAT. México D.F.
- Cetzal-Ix, W.R.; Kumar Basu, S.; Noguera Savelli, E.J.; Viccon Esquivel, J.; Pérez Sarabia J.E.; Ávila Caballero, L.P.; Soria Fregoso, M. de J. y González Valdivia, N. A. 2017. Los jardines botánicos y sus retos en la conservación. Loyola del Pacífico. Universidad Autónoma de Guerrero. Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Chiná. ISBN UAGro: 978-607-9440-19-0. 1ra ed. 119 p.
- Christenhusz, M. J. M. y Byng, J. W. 2016. The number of known plants species in the world and its annual increase. *Phytotaxa*. Magnolia Press. 261 (3): 201–217. Disponible en: <https://biotaxa.org/Phytotaxa/article/view/phytotaxa.261.3.1>

- Coll, S.C. 1990. Aprendizaje escolar y construcción del conocimiento. Ecuador. Ed. Paidós. 1ra ed. 206 p.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 2012. Estrategia Mexicana para la Conservación Vegetal, 2012-2030. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. Disponible en: http://www.biodiversidad.gob.mx/pais/emcv/pdf/EMCV_Completa_Baja.pdf
- Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Flora and Fauna (CITES). 2016. *Trade Database*. United Nations Environment Programme. World Conservation Monitoring Centre. Consultado el 11 de octubre del 2016 en: <https://trade.cites.org/#>
- Crane, P.R. 1988. Phylogenetic analysis of seed plants and the origin of angiosperms. *Annals of the Missouri Botanical Garden*. 72:716-793.
- Cronquist, A. 1977. Introducción a la Botánica. 2ª ed. Compañía Editorial Continental. México, D.F. 848 p.
- Cuadros, D. 2009. Investigación cualitativa en el contexto natural: la observación participante. Barcelona: UIC.
- Donaldson, J.S. 2003. Cycads status survey and conservation action plan. IUCN/SSC cycad specialist group. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge. U. K. 97 p.
- Donaldson, J.S., Hill, K.D. y Stevenson, D.W. 2003a. Cycads of the world: an overview. In: Donaldson, J. (ed.). *Cycads: Status Survey and Conservation Action Plan*. pp 3-8. IUCN. Gland, Switzerland and Cambridge, UK.
- Donaldson, J.S., Dehgan, B., Vovides A.P. y Tang, W. 2003b. Cycads in trade and sustainable use of Cycad populations. In: Donaldson, J. (ed.). *Cycads: Status and Survey and Conservation Action Plan*. pp. 39-47. IUCN. Gland, Switzerland and Cambridge, UK.
- Dyer, J. L. 1984. Team research and team training: A state of the art review. In F. A. Muckler (Ed.), *Human factors review* pp. 285–323. Santa Monica, CA: Human Factors Society.
- Gernandt, D.S. y Pérez de la Rosa, J.A. 2014. Biodiversidad de Pinophyta (coníferas) en México. *Rev. Mex. Biodiv.* [online]. Vol.85, pp. S126-S133. Disponible en:

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-34532014000200015&lng=es&nrm=iso

- Giddy, C. 1974. Cycads of South Africa. Purnell. Cape Town, South Africa. 122 p.
- Gifford, E.M. y Foster, A.S. 1989. Morphology and evolution of vascular plants. 3ra Ed. Freeman, San Francisco, CA, USA. 625 p.
- Gómez-Pompa A., A.P. Vovides, N. Ogata, R. Castro-Cortés, J.A. Gonzáles G. y A. Corona L. 2000. Cycadas: fósiles vivientes en peligro de extinción. CD-ROM. Conabio. University of California, Riverside. USA.
- Hill, K.D. y D.W. Stevenson. 1998 en adelante. The cycad pages.
- IBUNAM. Instituto de Biología de la UNAM. 2018. Colecciones Biológicas IREKANI. Unidad de Informática para la Biodiversidad. Consultado el 23 de mayo del 2018 en: <http://unibio.unam.mx/irekani/>
- INE. Instituto Nacional de Ecología. 2000. *Protección, Conservación y Recuperación de la Familia Zamiaceae (Cycadales) de México*. SEMARNAP. México. 50 p.
- Isaac-Márquez, R., Salavarría, O., Eastmond, A., Ayala, M., Arteaga, M. 2011. Cultura ambiental en estudiantes de bachillerato. Estudio de caso de la educación ambiental en el nivel medio superior de Campeche. Revista Electrónica de Investigación Educativa, 13(2), 83-98. Consultado el 02 de mayo del 2018 en: <http://redie.uabc.mx/vol13no2/contenido-isaacmarquezetal.html>
- Johnson. L.A.S. 1959. The families of cycads and the Zamiaceae of Australia. *Proceedings of the Linnean Society of New South Wales* 84: 64-117.
- Jones, S.B. 1987. Sistemática vegetal. McGraw-Hill. México, D.F. 536 p.
- Jones, D. L. 1993. Cycads of the World. Smithsonian Institution Press. Washington, D. C. 312 p.
- Keppel, G. 2001. Notes on the natural history of *Cycas seemanii* (Cycadaceae). *South Pacific Journal of Natural Science* 19: 35-41.
- Kochhar, S.L. 2016. Economic Botany: A Comprehensive Study. Cambridge University Press. ISBN 9781316675397.
- Köppen E. 2007. Las ilustraciones en los artículos científicos: reflexiones acerca de la creciente importancia de lo visual en la comunicación científica. *Investigación*

bibliotecológica vol. 21 no. 42 México ene-jun. Consultado el 19 de abril del 2018.

Disponible en:

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-358X2007000100003

- Lázaro-Zermeño J.M. 2011. Demografía, conservación y aprovechamiento de productos forestales no maderables: el caso de *Dioon merolae* (Zamiaceae) en Chiapas, México. Tesis de Doctorado, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. 130 pp.
- Lázaro-Zermeño J.M., González-Espinosa M., Ana Mendoza A. y Martínez-Ramos M. 2011a. Historia Natural de *Dioon merolae* (Zamiaceae) en Chiapas, México. Sociedad Botánica de México. *Botanical Sciences* **90** (1):73-87.
- Lázaro-Zermeño J.M., González-Espinosa M., Mendoza A. Martínez-Ramos M. y Quintana-Ascencio P.F. 2011b. Individual growth, reproduction and population dynamics of *Dioon merolae* (Zamiaceae) under different leaf harvest histories in central Chiapas, México. *Forest Ecology and Management* **261**:427-439.
- Maya B., A. 2007. El Taller Educativo ¿Qué es? Fundamentos, cómo organizarlo y dirigirlo, cómo evaluarlo. Editorial Magisterio. Bogotá, Colombia. pp. 113-136
- Moreno M. Y., Castaleda E.S., Domínguez Ma. I. B. 2014. Comercialización de cícadas mexicanas (*Zamiaceae*) en Atlixco, Puebla. Un estudio exploratorio. *Revista Mexicana de Ciencia Agrícola* Vol.5 Núm.4.
- Nagalingum, N.S., C.R. Marshall, T.B. Quental, H.S. Rai, D.P. Little y S. Mathews. 2011. Recent synchronous radiation of the living fossil. *Science* 334:796-799.
- Nicolalde, M.F.; González, A.J.; Vergara S.F.; Dennis, W.S.; Rojas, S.O. y Medina V.A. 2014. Biodiversidad de Zamiaceae en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, Supl. 85: S114-S125, 2014. DOI: 10.7550/rmb.38114
- Norstog, K.J. y T.J. Nicholls. 1997. The biology of cycads. Comstock Publishing Associates. Cornell University Press, Ithaca, NY, USA. 363 p.
- Oldfield S. y McGough N. (Comp.), 2007. Manual CITES para jardines botánicos. Segunda edición. Botanic Gardens Conservation International, Richmond, United Kingdom.

- Osborne, R.; Calonje, M.A.; Hill, K.D.; Stanberg, L. y Stevenson, D.W. 2012. The world list of Cycads. In: proceedings of the 8th International Conference on Cycad Biology (CYCAD 2008). Panama City, Panama. *Memoirs of the New York Botanical Garden*. 106:480-510.
- Palmer, J.A.; Suggate, J.; Bajd, B.; Paul Hart, K.P.; Roger, K.P.; Ho, J.K.W.; Ofwono-Orecho; Peries M, Robottom, I.; Tsaliki E. & Van Staden C. 2006. An Overview of Significant Influences and Formative Experiences on the Development of Adults' Environmental Awareness in Nine Countries, *Environmental Education Research*, 4:4, 445-464, DOI: 10.1080/1350462980040408
- Pérez-Farrera, M.A. y Vovides, A.P. 2006. The ceremonial use of the threatened “espadaña” cycad (*Dioon merolae*, *Zamiaceae*) by a community of the Central Depression of Chiapas, Mexico. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 78:107-113.
- Ramos Fandiño, G.P. 2009. La documentación fotográfica en México: orígenes, evolución y organización de los fondos. [tesis de doctorado] Facultad de Ciencias de la Información: Universidad Complutense de Madrid, Madrid, 2009. pp. 6-8.
- Salas, E.; Cooke, N.J. y Rosen, M.A. 2008. On Teams, Teamwork, and Team Performance: Discoveries and Developments
- Sánchez-Tinoco, M.Y. y E.M. Engleman y A.P Vovides. 2000. Cronología reproductora de *Ceratozamia mexicana* (Cycadales). *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 66: 15-23.
- Secretaría de Educación Pública SEP. 2016. Campo Disciplinar de Ciencias Experimentales. Programa de estudio de referencia del componente básico del marco curricular común de la Educación Media Superior. Disponible en:
- Semarnat. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059- SEMARNAT-2010. Diario Oficial de la Federación (DOF), jueves 30 de diciembre de 2010.
- Schneider, D., M. Wink, F. Sporer y P. Lounibos. 2002. Cycads: their evolution, toxins, herbivores and insect pollinators. *Naturwissenschaften* 89:281-294
- Stevenson, D.W. 1985. A proposed classification of the Cycadales. *American Journal of Botany* 67: 465-475

- Stevenson, D.W. 1990. Morphology and systematics of the Cycadales. *Memoirs of the New York Botanical Garden* 57: 8-55.
- Stevenson, D.W. 1992. A formal classification of the extant cycads. *Brittonia* 44: 220-223.
- Thompson, P. A. 1972. "The role of the botanic garden". *Taxon* 21: 1115-1119.
- Toledo, V.M. 1988. *La diversidad biológica de México*. Ciencia y Desarrollo xiv (81): 17-30.
- Treutlein, J. y Wink, M. 2002. Molecular phylogeny of cycads inferred from *rbcL* sequences. *Naturewissenschaften* 89:221-225.
- UNAM, Jardín Botánico Iztacala. 2018. "Amigos del Jardín Botánico de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala". Sitio web. Consultado el 24 de junio del 2018 en: <https://sites.google.com/site/jardinbotanicoiztacala/>
- UNESCO. 1978. "Final report Intergovernmental Conference on Environmental Education." Organized by UNESCO in cooperation with UNEP, Tbilisi, USSR, 14-26 Octubre de 1977, París: UNESCO ED/MD/49.
- UNESCO-UNEP. 1976. "The Belgrade Charter." *Connect: UNESCO-UNEP Environmental Education Newsletter*, Vol. 1(1): 1-2.
- UNESCO (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization). 2005. *Hacia las sociedades del conocimiento. Informe mundial*. París, UNESCO.
- Valdez U. 2009. *La Flor de Espadaña en Terán: Ofrenda de los Hojeros a la Santa Cruz*. Universidad Politécnica de Chiapas, Tuxtla Gutiérrez.
- Vázquez T.M. 1990. Algunos datos etnobotánicos de las cícadas en México. *Memoirs of the New York Botanical Garden* 57: 144-147.
- Vovides, A.P. 1990. Spatial distribution, survival, and fecundity of *Dioon edule* (Zamiaceae) in a tropical deciduous forest in Veracruz, Mexico, with notes on its habitat. *American Journal of Botany* 77: 1532-1543.
- Vovides, A.P. y C. Iglesias G. 1994. *Dioon edule* Lindl: Conservación y aprovechamiento. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 2:55-59.
- Vovides, A.P. 1999. Zamiaceae. Flora del Bajío y de regiones adyacentes. Fascículo 71. Instituto de Ecología A. C., Conacyt, Conabio. México, D.F. 17 p.

- Vovides, A.P. 2000. México: Segundo lugar mundial en diversidad de cícadas. México. Biodiversitas. 6(31):6-10.
- Vovides A.P., Linares E. y Bye R. 2010. *Jardines botánicos de México: historia y perspectiva*. Instituto de Ecología, AC. Gobierno del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave. Xalapa, Ver. P 232.
- Yañez E.L. 2006. Las Cycadas. Biología y Conservación en México. Universidad Autónoma Chapingo. Primera edición en español. Chapingo, Edo. de México. México. 208 p.
- Walters, T., R. Osborne y D. Decker. 2004. We hold these truths. *In*: Walters, T. y R. Osborne (eds.) *Cycad classification: concepts and recommendations*. pp. 1-11. CABI Publishing. Cambridge, MA, USA.
- Whitelock, L.M. 2002. *The cycads*. Timber Press. Oregon, OR, USA. 374 p.
- Wrench, J.S. 2013. *Workplace Communication for the 21st Century: Tools and Strategies that Impact the Bottom Line [2 volúmenes]: Tools and Strategies That Impact the Bottom Line*. ABC-CLIO. ISBN 9780313396328.
- Wyse Jackson, P.S. & Sutherland, L.A. (2000) *Agenda Internacional para la Conservación en Jardines Botánicos*. Organización Internacional para la Conservación en Jardines Botánicos (BGCI), U.K.

Anexos

Anexo 1. Lista de especies de la familia Zamieaceae en México. Distribución por estado y categoría de riesgo (Nicolalde et al, 2014).

Núm.	Especie	Estado	NOM-059-Semarnat-2010
1	<i>Ceratozamia alvarezii</i> Pérez-Farr. Vovides et Iglesias	Chiapas	P
2	<i>C. becerrae</i> Pérez-Farr., Vovides et Schutzman	Chiapas, Tabasco	A
3	<i>C. brevifrons</i> Miq.	Veracruz	No evaluada
4	<i>C. chimalapensis</i> Pérez-Farr. et Vovides	Oaxaca	P
5	<i>C. decumbens</i> Vovides, Avendaño, Pérez-Farr. et Gonz.-Astorga	Veracruz	P
6	<i>C. euryphyllidia</i> Vázq.Torres, Sabato et D.W.Stev.	Oaxaca, Veracruz	P
7	<i>C. fuscoviridis</i> Moore	Hidalgo	No evaluada
8	<i>C. hildae</i> G.P.Landry et M.C.Wilson	Querétaro, SL. Potosí	A
9	<i>C. huastecorum</i> Avendaño, Vovides et Cast.-Campos	SL. Potosí, Veracruz	A
10	<i>C. kuesteriana</i> Regel	Tamaulipas	P
11	<i>C. latifolia</i> Miq.	Hidalgo, Qro., SL. Potosí	P
12	<i>C. matudae</i> Lundell	Chiapas	P
13	<i>C. mexicana</i> Brongn.	Puebla, Veracruz	A
14	<i>C. miqueliana</i> H.Wendl.	Chiapas, Tabasco, Veracruz	P
15	<i>C. mirandae</i> Vovides, Pérez-Farr. et Iglesias	Chiapas	P
16	<i>C. mixeorum</i> Chemnick, T.J.Greg. et Salas-Mor.	Oaxaca	P
17	<i>C. morettii</i> Vázq.Torres et Vovides	Veracruz	P
18	<i>C. norstogii</i> D.W.Stev.	Chiapas, Oaxaca	P
19	<i>C. robusta</i> Miq.	Chiapas	A
20	<i>C. sabatoi</i> Vovides, Vázq.Torres, Schutzman et Iglesias	Hidalgo, Querétaro	A
21	<i>C. santillanii</i> Pérez-Farr. et Vovides	Chiapas	No evaluada
22	<i>C. vovidesii</i> Pérez-Farr. et Iglesias	Chiapas	P
23	<i>C. whitelockiana</i> Chemnick et T.J.Greg.	Oaxaca	P
24	<i>C. zaragozae</i> Medellín-Leal	San Luis Potosí	P
25	<i>C. zoquorum</i> Pérez-Farr., Vovides et Iglesias	Chiapas	P
26	<i>Dioon angustifolium</i> Miq.	Nuevo León, Tamaulipas	P
27	<i>D. argenteum</i> T.J.Greg., Chemnick, Salas-Mor. et Vovides	Oaxaca	P
28	<i>D. califanoi</i> De Luca et Sabato	Oaxaca, Puebla	P
29	<i>D. caputoi</i> De Luca, Sabato et Vázq.Torres	Puebla	P
30	<i>D. edule</i> Lindl.	Hidalgo, Qro., SL. Potosí, Veracruz	P

31	<i>D. holmgrenii</i> De Luca, Sabato et Vázq.Torres	Oaxaca	P
32	<i>D. merolae</i> De Luca, Sabato et Vázq.Torres	Chiapas, Oaxaca	P
33	<i>D. purpusii</i> Rose	Oaxaca	P
34	<i>D. rzedowskii</i> De Luca, A. Moretti, Sabato et Vázq.Torres	Oaxaca	P
35	<i>D. sonorensis</i> (De Luca, Sabato et Vázq.Torres) Chemnick, T.J.Greg. et Salas-Mor.	Sinaloa, Sonora	P
36	<i>D. spinulosum</i> Dyer ex Eichler	Oaxaca	P
37	<i>D. stevensonii</i> Nic.-Mor. et Vovides	Guerrero, Michoacán	No evaluada
38	<i>D. tomasellii</i> De Luca, Sabato et Vázq.Torres	Durango, Jalisco, Nayarit	P
39	<i>Zamia cremnophila</i> Vovides, Schutzman et Dehgan	Tabasco	P
40	<i>Z. fischeri</i> Miq.	Hidalgo, Qro., SL. Potosí, Tamaulipas	P
41	<i>Z. furfuracea</i> L.f.	Veracruz	Pr
42	<i>Z. grijalvensis</i> Pérez-Farr. Vovides et Martínez-Camilo	Chiapas	No evaluada
43	<i>Z. herrerae</i> S.Calderón et Standl.	Chiapas	P
44	<i>Z. inermis</i> Vovides, J.D.Rees et Vázq.Torres	Veracruz	P
45	<i>Z. katzeriana</i> (Regel) E. Rettig	Chiapas, Tabasco, Veracruz	P
46	<i>Z. lacandona</i> Schutzman et Vovides	Chiapas	P
47	<i>Z. loddigesii</i> Miq.	Chiapas, Hidalgo, Oaxaca, Tabasco, Tamaulipas, Veracruz	A
48	<i>Z. paucijuga</i> Wieland	Colima, Guerrero, Jalisco, Michoacán, Nayarit, Oaxaca	Pr
49	<i>Z. prasina</i> W.Bull	Campeche, Chiapas, Quintana Roo, Tabasco, Yucatán	Pr
50	<i>Z. purpurea</i> Vovides, J.D.Rees et Vázq.Torres	Oaxaca, Veracruz	P
51	<i>Z. soconuscensis</i> Schutzman, Vovides et Dehgan	Chiapas	P
52	<i>Z. spartea</i> A.DC.	Oaxaca	P
53	<i>Z. variegata</i> Warsz	Chiapas	Pr
54	<i>Z. vazquezii</i> D.W.Stev., Sabato et De Luca	Veracruz	P

Anexo 2. Cuestionario de diagnóstico y final.

“Plantas milenarias”

Fecha _____

Nombre: _____ Edad: _____

Escuela: _____ Grupo: _____

Correo electrónico: _____

El presente cuestionario tiene como objetivo valorar que sabes acerca de las plantas y los jardines botánicos.

- 1) Define qué es un jardín botánico
- 2) ¿Has visto algún jardín botánico? **Si No** ¿Cuál?
- 3) ¿Qué funciones realizan los jardines botánicos?
- 4) ¿A qué reino pertenecen las plantas?
- 5) Escribe tres características de las plantas.
- 6) Mencione cinco beneficios que obtengas de las plantas en tu vida diaria
- 7) ¿Consideras importante que se conserven las plantas y sus ambientes naturales en donde viven? **Si No** ¿Por qué?
- 8) México resguarda en su territorio una gran cantidad de plantas. Menciona el nombre de cinco de ellas.
- 9) Dibuja las partes que componen el cuerpo de una planta
- 10) Entre las plantas más hermosas que tenemos en México se encuentran las cícadas. ¿Las conoces? **Si No**
- 11) Dibuja las partes del cuerpo de una planta tipo cícada.
- 12) ¿Qué características distintivas presentan las cícadas?
- 13) ¿Cómo se reproduce una cícada?
- 14) Las cícadas mexicanas se encuentran protegidas por las leyes. **V F**
- 15) Las cícadas son de las plantas más longevas que se conocen en la actualidad **V F**
- 16) Menciona dos acciones que puedes llevar a cabo para la conservación de las cícadas.

Anexo 3. Mapa del recorrido.

Anexo 3. Vista aérea del JABIZ, señalando las estaciones y recorridos donde se realizaron las actividades: 1) Bienvenida, 2) Inicio del recorrido, 3) Actividad #1, 4) Área de sombra, actividad #2, 5) Sitio donde se llevó a cabo las actividades 3 y 4; y 6) Invernadero, actividad #5; para regresar al sitio 2 donde se realizará la actividad de cierre.



Anexo 4. Estadístico de t de medias para muestras pareadas.

GENERAL

	<i>Diagnóstico</i>	<i>Final</i>
Media	3.3	7.97575758
Varianza	0.470625	0.89751894
Observaciones	33	33
Coefficiente de correlación de Pearson	0.177425926	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	32	
Estadístico t	-25.1842857	
P(T<=t) una cola	5.74396E-23	
Valor crítico de t (una cola)	1.693888748	
P(T<=t) dos colas	1.14879E-22	
Valor crítico de t (dos colas)	2.036933343	

Primera parte (Jardines Botánicos)

	<i>Diagnóstico</i>	<i>Final</i>
Media	5.383333333	9.275
Varianza	3.651014493	0.86369565
Observaciones	24	24
Coefficiente de correlación de Pearson	0.21154305	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	23	
Estadístico t	-9.82767375	
P(T<=t) una cola	5.3006E-10	
Valor crítico de t (una cola)	1.713871528	
P(T<=t) dos colas	1.06012E-09	
Valor crítico de t (dos colas)	2.06865761	

Segunda parte (Diversidad Vegetal)

	<i>Diagnóstico</i>	<i>Final</i>
Media	5.87666667	8.16
Varianza	1.36322989	1.39627586
Observaciones	30	30
Coefficiente de correlación de Pearson	0.16200964	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	29	
Estadístico t	8.22416418	
P(T<=t) una cola	2.2794E-09	
Valor crítico de t (una cola)	1.69912703	
P(T<=t) dos colas	4.5588E-09	
Valor crítico de t (dos colas)	2.04522964	

Tercera parte (Cícadras)

	<i>Diagnóstico</i>	<i>Final</i>
Media	0.096875	7.9
Varianza	0.1403125	1.1883871
Observaciones	32	32
Coefficiente de correlación de Pearson	0.38392592	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	31	
Estadístico t	43.8104975	
P(T<=t) una cola	9.4259E-30	
Valor crítico de t (una cola)	1.69551878	
P(T<=t) dos colas	1.8852E-29	
Valor crítico de t (dos colas)	2.03951345	

