

Universidad Nacional Autónoma de México

ENP Plantel 9 “Pedro de Alba”

**Manual de Prácticas
Jardín Botánico “Quetzalcóatl 9”**



Trabajo realizado con el apoyo de la
Iniciativa UNAM-DGAPA- INFOCAB
200117 Desarrollo sostenible:
Jardín Botánico “Quetzalcóatl 9”

Por la M. en C. Rocío José Jacinto

Ciudad de México, 2019.

UNAM
ENP Plantel 9 "Pedro de Alba"

Manual de Prácticas
Jardín Botánico "Quetzalcóatl 9"

Trabajo llevado a cabo con el apoyo de la Iniciativa UNAM-DGAPA- INFOCAB PB200117
Desarrollo sostenible: Jardín Botánico "Quetzalcóatl 9"

M. en C. Rocío José Jacinto

Ciudad de México, 2019.

Directorio UNAM
Rector
Dr. Enrique Luis Graue Wiechers

Secretario General
Dr. Leonardo Lomelí Vanegas

**Secretario de Desarrollo
Institucional**
Dr. Alberto Ken Oyama Nakagawa

Directorio ENP
Directora General
Biól. María Dolores Valle Martínez

Secretario General
Lic. Jaime Cortés Vite

Secretaria Académica
**M. en C. María Josefina Segura
Gortares**

**DIRECTORIO Plantel 9 "Pedro de
Alba"**
Dirección
Q.F.B. Gabriela Martínez Miranda

Secretaria General
Mtro. Víctor Pérez Ornelas

Secretaría Académica
Lic. Aída Daniela Navarro Maycott

Coordinación de Difusión Cultural
Mtra. Raquel Barroso Pérez

**Coordinación de Materias
Experimentales**
Q.A. Lucero Diana Real Cuautle

Diseño Gráfico:
Mtra. Carmen Gutiérrez Cornejo



Jardín Botánico "Quetzalcóatl 9"
José Jacinto, 2019

Presentación

La actualización del Plan de estudio de Biología IV incluye las siguientes Unidades: 1. *Los seres vivos y el cambio climático*; 2. *La pérdida de la biodiversidad, una problemática en México*; 3. *La investigación biológica y sus aportaciones para la comprensión de alteraciones en los procesos celulares*.

En el Programa de Biología V, las Unidades comprenden temas correspondientes a: 1. *La energía en los procesos de la vida*; 2. *La expresión génica y la influencia del ambiente* y III. *Biotecnología para un mundo sustentable*.

Es muy importante, analizar con los alumnos los problemas ambientales y sus posibles soluciones para tomar decisiones y acciones reales. En este contexto, el Jardín Botánico "Quetzalcóatl 9" es el escenario idóneo para la apropiación del conocimiento de especies mexicanas y programas de acción ambiental.

El Jardín Botánico "Quetzalcóatl 9" es un espacio que se estableció para dar lugar a un modelo biológico para la implementación de diferentes estrategias de enseñanza-aprendizaje sobre *Desarrollo Sostenible*, como:

- 1) Modelos de fijación de CO₂ para combatir el cambio climático, reducción de temperatura, retención de agua.
- 2) Exhibición de biodiversidad mexicana de las familias Agavaceae, Crassulaceae, Nolinaceae, y Cactaceae (para este taxón, se cuenta con especies con diferentes morfologías: hojas con espinas, cladodios, globosas y columnares).
- 3) Ejemplos de especies en peligro de extinción y el aprovechamiento de especies nativas.

Al transformar el espacio para establecer el Jardín Botánico, se propició el cambio estético del lugar; ahora se organizan talleres sobre *Desarrollo Sostenible* y como producto de lo anterior, se elaboró un Manual de Prácticas que se podrá llevar a cabo *in situ* y en el laboratorio.

El manual de prácticas se elaboró para el Bachillerato de la Escuela Nacional Preparatoria a la par con la actualización de los Programas de Biología. El contenido del manual abarca desde aspectos celulares, hasta anatómicos, ecofisiológicos y ecológicos. Cada práctica tiene el siguiente formato: introducción, objetivo, conocimientos previos, materiales, actividades a ejecutar, cuestionario y referencias.

El tiempo considerado para la ejecución de las prácticas es de 50 minutos. Los grupos de la ENP generalmente rebasan los 60 alumnos, por lo que se recomienda que se trabaje en equipos colaborativos de cuatro o cinco estudiantes.

Las actividades que llevan a cabo los alumnos, están regidas por el Reglamento de uso de laboratorios del Plantel 9 "Pedro de Alba" (<http://www.prepa9.unam.mx/lace/info/Reglamento.pdf>).

El Jardín Botánico "Quetzalcóatl 9" es un lugar que favorece el aprendizaje significativo en nuestros alumnos para incrementar su creatividad, imaginación y valores positivos hacia la naturaleza. Anhele que este material sea de utilidad para el proceso de enseñanza-aprendizaje del bachillerato.



Agradecimientos

El Jardín Botánico "Quetzalcóatl 9" y este Manual de Prácticas es una suma de esfuerzos, por lo que reconozco la gran ayuda de las siguientes personas: Q.F.B. Gabriela Martínez Miranda, Directora del Plantel 9 "Pedro de Alba", M. en C. Víctor Pérez Ornelas, Mtra. Raquel Barroso Pérez. De los trabajadores administrativos: Lic. Álvaro Marco Solís Rivero, C.P. Moisés Martínez Osorno, Lic. Jonathan Altamirano Pacheco y en especial del jardinero Sr. Salvador Rodríguez Gómez.

Todo trabajo académico es perfectible, agradezco el respeto al escrito original de este Manual y la pertinencia de las correcciones para poder ser presentado. Por sus saberes, paciencia, bondad y apoyo en la revisión total o parcial de este Manual: Al Dr. Edmundo García Moya, Dra. Alma Delfina Lucía Orozco Segovia, M. en C. María Esther Sánchez Coronado, M. en C. María Josefina Segura Gortares, M. en C. Eduardo Adolfo Delgadillo Cárdenas, Biól. Irene Quiroz Amenta, M. en Edu. Yolanda Orijel Arenas, M. en D. Norma del Carmen Cambray Calderón y M. en D. Elizabeth Cruz Felipe.

A mi gran amigo y colega Biól. Panuncio Jerónimo Reyes Santiago por su asesoría y apoyo para realizar el Jardín Botánico "Quetzalcóatl 9".

Muchas gracias a la UNAM por ser la más noble y la mejor institución de enseñanza, investigación y divulgación de las ciencias y las humanidades; además por el apoyo de esta investigación, a través del financiamiento del Proyecto INFOCAB PB200117.



Muro Verde del Jardín Botánico "Quetzalcóatl 9" José Jacinto, 2019

Índice

1. La Célula Vegetal
2. Titulación de ácidos orgánicos
3. Intercambio de gases CO_2/O_2 en plantas CAM
4. Estimación del área foliar
5. Comunicación Celular en Plantas
6. Cultivo de tejidos
7. Morfología de los frutos y semillas de las Angiospermas
8. Análisis de Suelo
9. Biotipos de las plantas del Jardín Botánico "Quetzalcóatl 9"



Jardín Botánico "Quetzalcóatl 9" José Jacinto, 2019



1. La Célula Vegetal

Introducción

Las células vegetales son eucariotas que por sus características de tamaño y tipo de orgánulos suelen observarse con facilidad al microscopio y son objetos de estudio que favorecen el conocimiento del interior celular. Este tipo de células constituyen un sistema que tiene propiedades únicas debido a su estructura; se caracterizan por tener pared celular (compuesta de celulosa y hemicelulosa), cloroplastos (con la función de realizar fotosíntesis) y una sola vacuola (cuya función es la regulación osmótica y el almacenamiento de sustancias). Las plantas con flor tienen alrededor de 15 líneas celulares (Salisbury y Ross, 1994).

Objetivo: Observar la estructura celular vegetal y distinguir las características propias de este tipo de células.

Conocimientos previos:

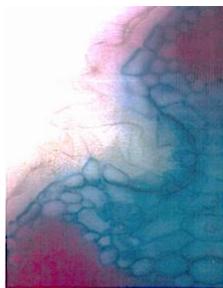
- Los Principios de la Teoría Celular.
- Elaboración de un cuadro comparativo de los orgánulos que posee la célula vegetal y su función.

Material:

1. Microscopio óptico
2. Porta y cubreobjetos
3. Gotero
4. Bisturí
5. Aguja y pinzas de disección
6. Alcohol y algodón
7. Lugol, Verde rápido y Safranina
8. Caja Petri
9. Hojas de plantas del Jardín Botánico "Quetzalcóatl 9"
10. Toallas (5) de papel por equipo

Actividades:

- Haga un corte transversal delgado de una hoja con el bisturí.
- Coloque el corte delgado de las hojas en un portaobjetos. Haga tres preparaciones y agregue a cada preparación una gotita de un solo colorante: lugol, verde rápido o safranina respectivamente y coloque el cubreobjetos.
- Observe en el microscopio.
- Identifique, con ayuda de imágenes de la WEB, el tipo de tejido que se observa y al utilizar un mayor aumento identifique qué orgánulos celulares pueden observarse.
- Elabore esquemas o tome fotografías acercando la lente de un celular al ocular del microscopio y registre el aumento utilizado.



**Corte transversal con aparato estomático de *Beaucarnea gracilis* Lem.
(Foto: José Jacinto, 2019)**

Cuestionario:

1. ¿Qué orgánulos pudo observar en las preparaciones? ¿A qué puede atribuirse la facilidad con la que pudo hacer las observaciones?
2. ¿Conoces otros orgánulos celulares que no le fue posible observar? ¿Por qué resultan más difíciles de distinguir en este tipo de preparaciones?
3. ¿Para qué se utilizan colorantes en la observación de células?
4. Si utilizó lugol ¿Qué estructuras se hacen visibles cuando se utiliza lugol? ¿Puede explicar cuál es la naturaleza química de esta sustancia que permitió observar estas estructuras?

¿Dónde encuentro información?

Referencias

- Alberts, B., Bray, D., Lewis, J., Raff, M., Roberts, K. & Watson, J. D. (2014). *Biología molecular de la célula*. 5ta. Ed. Omega. Barcelona, España. 1298 pp.
- Audesirk, T., Audesirk, G. y Byers, B. E. (2018). *Biología*. Pearson. México. 356 pp.
- Khan Academy (2019). Célula. Cloroplastos y Mitocondria. Recuperado de: <https://es.khanacademy.org/science/biology/structure-of-a-cell/tour-of-organelles/a/chloroplasts-and-mitochondria>
- Raisman, J.S. y González, A. M. (2007). Célula Vegetal. Recuperado de: http://www.biologia.edu.ar/plantas/cell_vegetal.htm
- Starr, C., Taggart, R., Evers, C. y Starr. L. (2018). *Biología. La unidad y diversidad de la vida*. 13^{ava}. Ed. Cengage. México. 555 pp.
- Sadava, D., Hills, D. M., Craig, H. H. y Hecker, S.D. (2016). *Life: The Science of Biology*. 11th. W.H. Freeman Editor.USA. 1132 pp.
- Salisbury, F.B. y Ross, C. W. (1994). *Fisiología Vegetal*. Grupo Editorial Iberoamérica. México. 759 pp.
- Taiz, L. y Zeiger, E. (2018). *Fundamentals of Plant Physiology*. 6th. Ed. Oxford University Press. UK. 782 pp.
- Red Universitaria de Aprendizaje (RUA). (2018). Recuperado de: <http://www.rua.unam.mx>



2. Titulación de ácidos orgánicos

Introducción

La fotosíntesis en eucariotas es el proceso por el cual las células con cloroplastos sintetizan glucosa a partir de agua y bióxido de carbono; utilizan la luz como fuente de energía. Existen tres tipos de metabolismo para la fijación de carbono en las plantas: C₃, C₄ y CAM (metabolismo ácido de crasuláceas), cada una de las cuales se presenta en especies con diferentes adaptaciones para el uso del agua, lo que les permite vivir en hábitats con diferente disponibilidad de este recurso.

Las plantas por medio de la fotosíntesis fijan el CO₂ atmosférico (que es un gas que produce el efecto invernadero), y lo reducen para sintetizar moléculas orgánicas como los carbohidratos, lo que inicia el flujo de energía a través de la biósfera. Los estomas se abren para que el CO₂ entre a las hojas, y esto depende del metabolismo que presentan las plantas y la cantidad de agua que existe en el ambiente donde viven. El metabolismo C₃ requiere mayor gasto de agua, las C₄ con un gasto intermedio y las plantas CAM un menor gasto de agua (Nobel, 1994).

Las plantas con metabolismo CAM, la concentración interna de CO₂ tiene relación con diferentes cambios en factores ambientales como la temperatura y las reacciones en la obscuridad que producen la cantidad de ácido málico en la vacuola; en consecuencia las células muestran cambios en la concentración de acidez titulable durante el día; éstos cambios se consideran adaptaciones fisiológicas importantes con base en reacciones bioquímicas que ocurren con rapidez (Nobel, 1994, Szarek y Ting, 1975; José y Martínez, 1992)

La importancia ecológica de las plantas CAM radica en su sobrevivencia y funcionamiento en condiciones de sequía, al disponer de un mecanismo de recirculación interna de CO₂ en condiciones de escasez hídrica; es decir, usan para la fotosíntesis el CO₂ producido por la respiración interna de la hoja y toman el O₂ producido durante ésta con menor gasto de agua (Medina, 1987).

Objetivo: Identificar el metabolismo CAM en tres especies de plantas mediante la determinación de ácidos orgánicos en tejidos vegetales.

Conocimientos previos:

1. ¿Qué es una titulación química?
2. ¿Qué equipo se utiliza para llevarla a cabo?
3. ¿Qué relación tiene el metabolismo CAM con la producción de ácidos orgánicos en las plantas?
4. ¿Cuál es la importancia del servicio ambiental de la fotosíntesis?

Material:

Balanza granataria

Agua destilada

Mortero con pistilo

Baño maría

Parrilla

1 Pipeta de 5 mL

1 Probeta de 10 mL

Gasa

1 Magneto

4 Vasos de precipitado de 100 mL

Soporte universal

Pinzas para bureta

Una bureta de 25 mL

Solución de NaOH a 0.004N

Indicador de fenolftaleína

Potenciómetro

****Traer por Equipo:**

Hojas de *Echeveria agavoides* Lem. (*conchita*),

Lepidium sativum L. (listón) y *Tropaeolum majus* L.

(*mastuerzo*) del Jardín Botánico "Quetzalcóatl 9".

Actividades:

- Tome un gramo de tejido fresco de una planta y macérela en un mortero con 4.5 mL de agua destilada (Método de Szarek y Ting, 1975).
- Vacíe el macerado en un vaso de precipitado y colóquelo en un baño maría (80° C) durante 5 minutos.
- Filtre con gasa doble, tome 1 mL de la solución filtrada y colóquelo en la probeta. Complete el volumen hasta 5 mL con agua destilada. Agregue 3 gotas de fenolftaleína a la muestra como indicador.
- Monte la bureta en el soporte universal. Recuerde asegurarla con pinzas para bureta.
- Llene la bureta con la solución de NaOH 0.004 N.
- Inserte el electrodo del potenciómetro al vaso de precipitados con la muestra filtrada.
- Inicie la titulación de la solución gota a gota sobre la muestra en agitación continua y detenga el proceso cuando el potenciómetro marque un pH de 8.3 y la muestra vire a rosa.
- Anote los mililitros de la solución de NaOH consumidos gastados en la titulación. Cada mililitro de NaOH gastado corresponde a: 1 meq de ácidos orgánicos/100 g de peso fresco.
- Repita el procedimiento con las otras plantas.
- Elabore un cuadro en el que relacione cada especie con el resultado de su titulación.

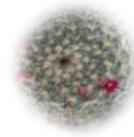
Cuestionario:

1. Al observar sus resultados, ¿Encuentra diferencias entre la cantidad de ácidos orgánicos de las diferentes especies? Elabore un cuadro comparativo con base en los resultados obtenidos.
2. Investigue en la WEB qué tipo de metabolismo tienen los géneros de plantas utilizados en su trabajo.
3. Explique y concluya, con base en sus resultados y su investigación; la importancia de las plantas con metabolismo ácido de crasuláceas (CAM).

¿Dónde encuentro información?

Referencias

- Allamong D. A. (1990). *Energía de los procesos biológicos*. México, Editorial Limusa.
- Arellano, M. F. y Andrade, T. J. L. (2016). Aspiradoras verdes: captura de carbono en bosques tropicales. *Biodiversitas*. (125):1-7. Recuperado de: <http://bioteca.biodiversidad.gob.mx/janium/Documentos/12544.pdf>
- Curtis, H. y Barnes, S. (2008). *Biología*. 7ma. Ed. Médica Panamericana. Buenos Aires, Argentina. 1199 pp. Recuperado de: <http://www.curtisbiologia.com>
- José, J. R. y Martínez, M. D. (1992). Efecto de la orientación en la producción de *Escontria chiotilla* (Weber) Rose, en la localidad de Venta Salada, Mpio. de Coxcatlán, Puebla. *Cact. Suc. Mex.* 28(2):46-51.
- Medina, E. (1987). Aspectos ecofisiológicos de plantas CAM en los trópicos. *Rev. Biól. Trop.* 35(Supl1):55-70.
- Miller, K. R. y Levine, J. S. (2010). *Biología*. Pearson. México. 1034 pp.
- Nobel, P.S. (1994). *Remarkable agaves and cacti*. Oxford University Press. 166 pp.
- Taiz, L. y Zeiger, E. (2018). *Fundamentals of Plant Physiology*. 6th. Ed. Oxford University Press. UK. 782 pp.
- Szarek, S. R. y Ting, I. P. (1975). Physiological responses to rainfall in *Opuntia basilaris* (Cactaceae). *Amer. J. Bot.* 62(6):602-609.
- Zavala, H. J. A. (1992). El dilema fisiológico de las plantas de zonas áridas. *Macpalxóchitl*. pp. 3-9.



3. Intercambio de gases CO₂/O₂ en plantas CAM

Introducción

La fotosíntesis es un proceso vital para mantener la vida del planeta; es llevada a cabo por organismos con pigmentos fotosintéticos. Este proceso sintetiza compuestos orgánicos (carbohidratos) a partir de compuestos inorgánicos (CO₂ y H₂O) con el uso la luz como fuente de energía.

El intercambio de gases en plantas CAM (metabolismo ácido de crasuláceas), se da cuando ocurre la apertura de los estomas en la oscuridad y ocurre la fijación de CO₂ atmosférico, lo que conduce a la acidificación del tejido fotosintético. La fijación del CO₂ la catalizan las enzimas PEP carboxilasa y Rubisco; en contraste, en las plantas C₃ y C₄ la fijación de CO₂ se presenta durante el día con la participación de la enzima Rubisco en plantas C₃ y en plantas C₄ por PEP carboxilasa y Rubisco.

El agua utilizada para la fotosíntesis en plantas proviene principalmente del suelo y se trasloca desde la raíces a las hojas (Sadava, 2016). El O₂ es resultado de la fotólisis del agua y es liberado a la atmósfera por difusión; los iones H⁺ se utilizan para la reducción del CO₂ en las reacciones independientes de la luz de la fotosíntesis utilizando NADPH y ATP generados en las reacciones dependientes de la luz (Bidwell, 1979).

Objetivo:

- Evaluar el cociente CO₂/O₂ para una planta CAM como un estimador cuantitativo del proceso fotosintético.

Conocimientos previos:

1. ¿Qué diferencia existe entre la fotosíntesis C₃, C₄ y CAM?
2. ¿Qué factores ambientales intervienen para cambiar los patrones fotosintéticos?
3. ¿Cómo define a la fotorrespiración?

Materiales:

Equipo portátil Vernier LabQuest2
Sensor de CO₂ (0 a 100,000 ppm)
Sensor de O₂ (0 a 27%).
Biocámara de capacidad de 2L.

POR EQUIPO:

Escoger 2 plantas CAM de los géneros: *Echeveria*, *Agave* u *Opuntia*) del Jardín Botánico "Quetzalcóatl 9" en macetas de 5 cm. de alto y 5 cm. de diámetro.



Sensores Vernier y LabQuest2. José Jacinto, 2019.

Actividades:

- Ensamble el equipo portátil Vernier LabQuest2. Conecte los sensores de CO₂ y O₂ al equipo Vernier y después conecte a la corriente.
- Encienda el equipo con el botón rojo.
- Programe las lecturas en la pantalla (se recomienda 1 cada 90 segundos).
- Programe la salida de datos de CO₂ y O₂ con las mismas unidades; puede ser en porcentaje o en ppm (se recomienda esta última).

- Registre los datos cada 5 minutos por la duración de la sesión de laboratorio (50 minutos).
- Elabore los gráficos correspondientes (Tiempo *versus* Fijación de CO₂ y Tiempo *versus* Producción de O₂).
- Socialice los datos.

Cuestionario:

1. ¿Cómo interpreta los gráficos obtenidos?
2. En los gráficos, ¿Cuáles son las variables dependientes y cuáles son las variables independientes?
3. ¿Qué factores ambientales pueden intervenir en la respuesta de las especies?
4. ¿Qué aplicaciones ambientales puede tener la fijación de CO₂.

¿Dónde encuentro información?

Referencias

- Alberts, B., Bray, D., Lewis, J., Raff, M., Roberts, K. & Watson, J. D. (2014). *Biología molecular de la célula*. 5ta. Ed. Omega. Barcelona, España. 1298 pp.
- Allamong D. A. (1990). *Energía de los procesos biológicos*. México, Editorial Limusa.
- Bidwell, R.G.S. (1979). *Fisiología vegetal*. AGT Editor. México.784 pp.
- Curtis, H. y Barnes, S. (2008). *Biología*. 7ma. Ed. Médica Panamericana. Buenos Aires, Argentina. 1199 pp. Recuperado de: <http://www.curtisbiologia.com>
- Nobel, P.S. (1994). *Remarkable agaves and cacti*. Oxford University Press.166 pp.
- Miller, K. R. y Levine, J. S. (2010). *Biología*. Pearson. México.1034 pp.
- Taiz, L. y Zeiger, E. (2018). *Fundamentals of Plant Physiology*. 6th. Ed. Oxford University Press. UK. 782 pp.
- Sadava, D., Hills, D. M., Craig, H. H. y Hecker, S.D. (2016). *Life: The Science of Biology*. 11th. W.H. Freeman Editor.USA. 1132 pp.
- Zavala, H. J. A. (1992). El dilema fisiológico de las plantas de zonas áridas. *Macpalxóchitl*. pp. 3-9.



4. Estimación del área foliar

Introducción

El tejido foliar es muy importante porque en él se lleva a cabo la fotosíntesis; por lo tanto, conocer la superficie de la lámina foliar ayuda, de manera indirecta, a calcular la cantidad de fijación de CO₂ de un organismo.

Las hojas se insertan en el tallo según un patrón geométrico determinado (filotaxia) para evitar la sombra entre sí y maximizar la eficiencia fotosintética (Lüttge *et al.* 1993). Las hojas en una planta, tienen un tamaño, grosor y/o peso, en un tiempo determinado. El análisis cuantitativo del área foliar es un estimador de la capacidad fotosintética; es sencillo, fácil, rápido de lograr y no es destructivo. Cabe resaltar que las hojas muestran una gran diversidad de formas y están expuestas a diversos factores ambientales como: luz, temperatura, humedad, nutrientes, estacionalidad, edad de la planta, entre otros (Bidwell, 1979).

Objetivo:

- Calcular el área foliar de una muestra de hojas de la cactácea *Pereskia aculeata* Mill.

Conocimientos previos:

1. Importancia de las hojas en el funcionamiento de las plantas.
2. Mencione tres tipos de filotaxia en plantas.

Materiales:

POR EQUIPO:

Hojas de papel milimétrico

Tijeras

Balanza semianalítica

Colecta de 10 hojas de diferente tamaño

de *Pereskia aculeata* del Jardín Botánico

"Quetzalcóatl 9".

Nota: el profesor utilizará la especie que tenga disponible.

Actividades:

- Dibuje las hojas de la planta (sin el ápice), sobre el papel milimétrico.
- Recorte con las tijeras.
- Pese en la balanza cada una de las hojas dibujadas en el papel milimétrico.
- Establezca la relación entre el peso de las hojas dibujadas en el papel y el área de cada una de ellas, para estimar una relación de peso (g)/área (cm²)
- Calcule el área de cada hoja dibujada en papel, con ayuda de la cuadrícula de la hoja milimétrica.
- Obtenga la relación peso (g): área (cm²).
- Grafique sus datos (hoja *versus* peso) y calcule el total del área foliar.

Cuestionario:

1. ¿Cuál sería su cálculo, si lo extrapola a 15 hojas de cada tamaño?
2. ¿Por qué *Pereskia aculeata*, presenta espinas, tallos y hojas?

¿Dónde encuentro información?

Referencias

- Allamong D. A. (1990). *Energía de los procesos biológicos*. México, Editorial Limusa.
- Bidwell, R.G.S. (1979). *Fisiología vegetal*. AGT Editor. México. 784 pp.
- Cabezas-Gutiérrez, M., Peña, F., Duarte, H. W., Colorado, J.F., Lora, S.R. (2009). Un modelo para la estimación del área foliar en tres especies forestales de forma no destructiva. Revista U.D.C.A. *Actualidad & Divulgación Científica*. 12(1):121-130. Recuperado de: <http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v12n1/v12n1a13.pdf>
- Lüttge, U., Kluge, M. y Bauer, G. (1993). *Botánica*. McGraw-Hill-Interamericana. México. 573 pp
- Universidad Nacional Autónoma de México. *Datos Abiertos*. (2019). Recuperado d <http://datosabiertos.unam.mx/biodiversidad/>



5. Comunicación Celular en Plantas

Introducción

Una muestra de la comunicación celular en las plantas es su crecimiento y desarrollo celulares, que están regulados por hormonas vegetales o fitohormonas, resultado de la expresión diferencial de los genes responsables de la división celular, elongación y muerte celular. La acción de las hormonas puede ser: sinérgica, antagónica o agonista.

Las fitohormonas son compuestos orgánicos que se sintetizan en una parte de la planta y que se traslocan a otra; en concentraciones muy pequeñas producen una respuesta fisiológica (Taiz y Zeiger, 2018).

La comunicación entre células vegetales, está mediada por hormonas como auxinas y giberelinas que se manifiestan en las etapas iniciales del desarrollo. Inicialmente, en las células de la plántula, se empieza a formar una placa regulada por los genes, que da como resultado la presencia de plasmodesmos que son poros en la pared celular, por donde se intercambia gran cantidad de agua y solutos como las hormonas (Salisbury y Ross, 1994).

La luz afecta la producción de hormonas que determinan desde el aumento del tamaño hasta la germinación de las semillas de algunas especies.

La germinación inicia cuando la semilla se embebe en agua, se reactiva el metabolismo con la iniciación del crecimiento del embrión, lo que se conoce como germinación (Bidwell, 1979). Las giberelinas (GAs) son hormonas vegetales que regulan la función del endospermo en el proceso de germinación.

Un ejemplo de comunicación en plantas, son las nastias que son movimientos por estímulos como la luz o la temperatura. En *Mimosa pudica* L., el movimiento de los folíolos está mediado por estímulos mecánicos (seismonastia) por la acción de células motoras que regulan el flujo de K^+ y Cl^- ubicadas en el peciolo que se curvan por cambios osmóticos y por movimiento nictinástico por el cambio de volumen en las células por acuaporinas (Saeedi, et al 2012; Ferrarotto y Jáuregui, 2008).

Objetivo:

- Conocer el proceso de germinación.
- Identificar las partes de una semilla y del producto germinado (hipocotilo, epicotilo y plántula).
- Observar el cierre de folíolos en respuesta a un estímulo táctil.

Conocimientos previos:

1. Investigue cómo saber si una semilla es viable.
2. Elabore un esquema modelo de una semilla para conocer su estructura.
3. Elabore un cuadro sinóptico de las hormonas vegetales y sus funciones en la germinación.

Material:

Vernier
Microscopios
estereoscópicos y ópticos

Cubreobjetos
Portaobjetos
Cajas Petri
Lugol, verde rápido,
safranina.

*** Por Equipo:

Plantas previa germinación de cactáceas provenientes del Jardín Botánico "Quetzalcóatl 9".
Planta de *Mimosa pudica*

Actividades:

- Haga un corte transversal de la semilla embebida en agua, coloque una gota de un colorante (lugol, verde rápido o safranina); después enjuague con agua e identifique sus componentes morfológicos. Dibuje un esquema o realice una foto de su corte. Repita el procedimiento con cada uno de los colorantes.
- Germine por 15 días 50 semillas de cactáceas del Jardín Botánico "Quetzalcóatl 9" y recuente a diario las semillas germinadas y elabore un gráfico (Tiempo *versus* Número de semillas germinadas).
- Haga un corte en el pulvínulo en la planta de *Mimosa pudica*, que es el sitio donde está la bomba de potasio/cloro que regula el cierre de los folíolos como respuesta a un estímulo táctil. Dibuje el esquema o realice la foto correspondiente.



Ciclo de vida de *Mammillaria magnimamma* Haw. José Jacinto, 2017

Cuestionario:

1. ¿Qué es la imbibición en la semilla?
2. ¿Qué hormonas intervienen en la germinación de las semillas?
3. ¿Qué procesos intervienen en el cierre de los folíolos de *Mimosa pudica*?

¿Dónde encuentro información?

Referencias

- Alberts, B., Bray, D., Lewis, J., Raff, M., Roberts, K. & Watson, J. D. (2014). *Biología molecular de la célula*. 5ta. Ed. Omega. Barcelona, España. 1298 pp.
- Baskin, C.C. y Baskin, J. M. (1998). *Seeds. Ecology, biogeography and evolution of dormancy and germination*. Academic Press. USA.666 pp.
- Ferrarotto, M. y Jáuregui, D. (2008). Relación entre aspectos anatómicos del pecíolo de *Crotalaria juncea* L. (Fabaceae) y el movimiento nástico foliar. *Polibotánica*. 26:127-136. Recuperado de: <http://www.scielo.org.mx/pdf/polib/n26/n26a6.pdf>
- Sánchez-Montesino, R.; Bouza-Morcillo, L.; Marquez, J.; Ghita, M.; Duran-Nebreda, S.; Gómez, L.; Holdsworth, M.J.; Bassel, G.; Oñate-Sánchez, L. 2019. "A regulatory module controlling GA-mediated endosperm cell expansion is critical for seed germination in *Arabidopsis*". *Molecular Plant*. DOI: 10.1016/j.molp.2018.10.009.
- Saeedi, S., Rocher, F., Bonmart, J., Fleurat-Lessard, P. y Roblin, G. (2013). Early membrane events induced by salicylic acid in motor cells of the *Mimosa pudica* pulvinus. *Journal of*

Experimental Botany. 64(7):1829-1836. Recuperado de:

<https://academic.oup.com/jxb/article/64/7/1829/580620>

- Salisbury, F.B. y Ross, C. W. (1994). *Fisiología Vegetal*. Grupo Editorial Iberoamérica. México. 759 pp.
- Silva, S. A. (2014). *Biologías de las Plantas I*. Escuela Normal Superior. Maestros Argentinos. Argentina. 96 pp. Recuperado de: <https://red.infod.edu.ar/blog/wp-content/uploads/2014/11/SilvaLibro-digital-Botanicapdf-1.pdf>
- Taiz, L. y Zeiger, E. (2018). *Fundamentals of Plant Physiology*. 6th. Ed. Oxford University Press. UK. 782 pp.



6. Cultivo de tejidos vegetales

Introducción

El cultivo de tejidos es una técnica de propagación vegetativa, que a partir de segmentos de una planta con tejido meristemático se coloca en un medio nutritivo con fitohormonas para favorecer su crecimiento y posterior diferenciación; este procedimiento es fácil de llevar a cabo, no obstante, para obtener buenos resultados hay que mantener condiciones estrictas de asepsia.

La base de las hojas jóvenes de crasuláceas contiene células capaces de regenerar una planta completa por medio de la división y diferenciación celular (células totipotenciales), a partir del principio de que cada célula contiene una copia de DNA del individuo, al margen de su función o posición. La propagación vegetal a través del cultivo de tejidos es un método de multiplicación masiva de plantas, libre de patógenos, para su conservación y su potencial uso comercial (Rodríguez-Liconá, 2012; Cruz, 2012).

Objetivo:

- Realizar la técnica de cultivo de tejidos en crasuláceas provenientes de Jardín Botánico "Quetzalcóatl 9".

Conocimientos previos:

1. Investigue sobre la técnica de cultivo de tejidos vegetales con medio Murashige-Skoog.
2. ¿Por qué son importantes, las condiciones de esterilidad en el material y en el procedimiento?
3. Elabore un cuadro sinóptico de los tejidos meristemáticos de las plantas.
4. ¿Indague qué es un esqueje?

Materiales:

Balanza analítica
Parrilla de calentamiento con agitación
Autoclave
Matraz Erlenmeyer de 2000 mL
Matraces Erlenmeyer de 250 mL
Espátulas
Medio de cultivo Agar Murashige-Skoog MS.
1000 mL de agua destilada,
Matraz aforado de 1L.
Vaso de precipitados de 1L.
Toallas de papel

POR EQUIPO:

4 frascos de comida para bebé
4 tapas de plástico para frascos de comida para bebé
1 bisturí con navaja nueva
4 plantas crasuláceas del Jardín Botánico "Quetzalcóatl 9"

Actividades:

- Lave con agua destilada las plantas.
- Desinfecte las hojas con alcohol al 70% y con una solución de hipoclorito al 10 %.
- Prepare un litro de medio de cultivo de acuerdo con las instrucciones específicas del fabricante.
- Esterilice el medio de cultivo y los frascos de comida para bebé y las tapas correspondientes.
- Corte, una vez esterilizado el material y el medio de cultivo, en una cámara de flujo laminar, los esquejes y siembre en el medio de cultivo, en condiciones de esterilidad.
- Disponga los frascos en condiciones de fotoperiodo de 12h luz/12 horas oscuridad.
- Revise sus frascos cada día y documente mediante observaciones y fotografías el progreso de los cultivos (cambio en los esquejes, presencia de callos o brotes).

Cuestionario:

1. ¿Encuentra presencia o ausencia de brotes o callos en las plantas? ¿Cuáles respondieron mejor al proceso? ¿Tienen alguna relación las respuestas con la especie o el tipo de tejido elegido para la siembra?
2. ¿Qué tipo de aplicaciones puede tener la técnica de cultivo de tejidos vegetales?
3. ¿Considera que podría ser la solución para la conservación de organismos en peligro de extinción? Argumente su respuesta.



Cultivo de tejidos en Preparatoria 9. Foto. José Jacinto, 2019.

¿Dónde encuentro información?

Referencias

- Alberts, B., Bray, D., Lewis, J., Raff, M., Roberts, K. & Watson, J. D. (2014). *Biología molecular de la célula*. 5ta. Ed. Omega. Barcelona, España. 1298 pp.
- Benitez, B. A. 2005. *Avances recientes en biotecnología vegetal e ingeniería genética de plantas*. Reverté. Barcelona.
- Calva, C. G. y Pérez, V. J. (2005). Cultivo de células y tejidos vegetales: fuente de alimento para el futuro. *Revista Digital Universitaria*. 6(11): 1-16. Recuperado de: http://www.revista.unam.mx/vol.6/num11/art104a/nov_art104a.pdf
- Cruz, P. F. (2012). *Micropropagación (Manual de Prácticas)*. UNAM. FES-Cuautitlán. Edo. Méx. Recuperado de: http://portal.cuautitlan.unam.mx/manuales/micropropagacion_manualprac.pdf
- Rodríguez Licon, J. (2012). *Obtención y propagación in vitro de la crasulácea ornamental *Pachyphytum compactum* Rose para su rescate y conservación*. Tesis de Maestría. UACH. México. Recuperado de: <https://chapingo.mx/horticultura/pdf/tesis/TESISMCH2012061309124904.pdf>
- Salisbury, F.B. y Ross, C. W. (1994). *Fisiología Vegetal*. Grupo Editorial Iberoamérica. México. 759 pp.
- Taiz, L. y Zeiger, E. (2018). *Fundamentals of Plant Physiology*. 6th. Ed. Oxford University Press. UK. 782 pp.
- Tellez, M. D. y Casanova, P. (2014). El cultivo de tejidos vegetales: herramienta para la conservación de orquídeas amenazadas. *Biodiversitas*. 117: 13-16. Recuperado de: <https://www.biodiversidad.gob.mx/Biodiversitas/Articulos/Biodiv117art3.pdf>

Cuestionario:

1. Investigue la importancia evolutiva, ecológica y económica de las 10 especies de angiospermas obtenidas del Jardín Botánico "Quetzalcóatl 9" elegidas para su práctica.

¿Dónde encuentro información?

Referencias

- Bidwell, R.G.S. (1979). *Fisiología vegetal*. AGT Editor. México. 784 pp.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). (2019). Recuperado de: <http://www.conabio.gob.mx>
- Irekani. Instituto de Biología. UNAM. (Base de datos de archivo fotográfico de MEXU (2019), Recuperado de: http://unibio.unam.mx/irekani/handle/123456789/10801/browse?proyecto=Irekani&type=title&submit_browse=Title&collec=only
- Lüttge, U., Kluge, M. y Bauer, G. (1993). *Botánica*. McGraw-Hill-Interamericana. México. 573 pp.
- Missouri Botanical Garden. (2019). Tropicos (Base de datos Botánica). Recuperado de: <http://www.tropicos.org/NameSearch.aspx>
- Strassburger, E., Noll, F., Schenck, H. y Schimper, A.F.W. (2004). *Tratado de Botánica*. 35ed. Omega. España. 1152 pp. Recuperado de: <https://es.scribd.com/doc/314791652/Tratado-de-Botanica-Strasburger-35a-Ed-2002-OCR>
- Universidad Nacional Autónoma de México. *Datos Abiertos*. (2019). Recuperado de: <http://datosabiertos.unam.mx/biodiversidad/>
- Westwood, N.H. (1987). *Fruticultura de zonas templadas*. Mundi-Prensa. Madrid, España. 486 pp.



8. Análisis de suelo

Introducción

El suelo es la capa superficial de la corteza terrestre que consiste de diferentes horizontes, compuestos de minerales meteorizados, materia orgánica, aire y agua. Sus características dependen de la influencia del tiempo, el clima, el relieve, los organismos y el material parental. Es el medio de sostén y crecimiento de las plantas. El suelo presenta diferente material parental, textura, estructura, consistencia, color y propiedades químicas, biológicas y físicas (FAO; 2019) y es un reservorio importante de macronutrientes y micronutrientes que pueden estar disponibles para los organismos (Pidwirny, 2006).

Una tarea fundamental en el estudio de un ecosistema, consiste en determinar las características químicas y físicas del suelo. En los ecosistemas terrestres factores como la alcalinidad, acidez y presencia de ciertos compuestos en el suelo nos ayudan a explicar la presencia o ausencia de especies y sus patrones de distribución (Challenger, 1988).

Objetivo: Llevar a cabo pruebas eco-edafológicas para analizar el suelo.

Conocimientos previos:

1. ¿Qué son los factores abióticos y bióticos de un ecosistema?
2. ¿Qué es el suelo? ¿Qué procesos intervienen en la formación del suelo?
3. ¿Qué importancia tiene el suelo para un ecosistema terrestre?
4. ¿Cuáles son los tipos de suelo más frecuentes en México?
5. ¿Qué servicios ambientales provee el suelo?

Materiales:

Placa de porcelana
Tamiz o colador fino

Goteros
Agua destilada
8 tubos de ensaye por equipo
Gradilla
Varillas de cristal
Pinzas de disección
Papel pH/potenciómetro

Naranja de metilo al 5%
HCl concentrado
Solución de HCl (50:50)
Solución de nitrato de plata 0.1N
Agua oxigenada
Solución de Cloruro de bario al 5 %
Solución de Ferrocianuro de K al 5%

****Traer por Equipo:**

Muestra de suelo del Jardín Botánico
"Quetzalcóatl 9"

Actividades:

- Haga cada una de las pruebas que se detallan en el cuadro que se anexa. Recuerde que se trata en su mayoría de pruebas cualitativas (presencia o ausencia), así que su reporte solo tendrá resultados registrados como (+) o (-), excepto para el pH para el cual sí obtendrá un valor numérico.
- Llene la hoja de resultados.

Cuestionario:

1. ¿Corresponde, de acuerdo con sus características, el suelo del Jardín Botánico Quetzalcóatl 9, con las de algún tipo de suelo identificado para México? ¿Con qué tipo de zona se relaciona?
2. ¿Considera importante conocer el pH de un suelo? ¿Qué nos indica el pH 8.3 de un suelo?

Identificación de carbonatos	Ponga 1 g de suelo en un tubo de ensaye, agregue 5 gotas de ácido clorhídrico (HCl) 1:50. La efervescencia indicará la presencia de carbonatos.
Identificación de bicarbonatos	Ponga 1 g de suelo en un tubo de ensaye, agregue 5 mL de agua destilada, agite, deje reposar 5 minutos y agregue 3 gotas de naranja de metilo al 1%. Una coloración rosada indica la presencia de bicarbonatos.
Identificación de cloruros	Ponga 1 g de suelo en un tubo de ensaye, agregue 5 mL de agua destilada. Mezcle y deje reposar 3 minutos, agregue 3 gotas de nitrato de plata 0.1N y observe: la turbidez indica la presencia de cloruros.
Determinación de pH	Ponga 1 g de suelo en un tubo de ensaye, agregue 5 mL de agua destilada, agite y deje reposar 5 minutos. Mida el pH con el papel indicador/potenciómetro.
Identificación de materia orgánica	Ponga 1 g de suelo en un tubo de ensaye, agregue 10 gotas de agua oxigenada y observe si hay efervescencia: ésta indica la degradación de la materia orgánica.
Identificación de sulfatos.	Ponga 1 g de suelo en un tubo de ensaye, agregue 5 mL de agua destilada, mezcle y deje reposar 3 minutos; agregue 3 gotas de cloruro de bario al 5%. Observe si hay turbidez: esta indica la presencia de sulfatos.
Identificación de fierro ferroso	Ponga 1 g de suelo en un tubo de ensaye, agregue 10 gotas de ácido clorhídrico 1:5; agite y deje reposar 3 minutos, añada 3 gotas de ferrocianuro de potasio al 5%. La coloración verde indica la presencia de fierro ferroso.
Identificación de fierro férrico	Ponga 1 g de suelo en un tubo de ensaye, agregue 10 gotas de ácido clorhídrico 1:5; agite y deje reposar 3 minutos, añada 3 gotas de ferrocianuro de potasio al 5%. La coloración azul indica la presencia de fierro férrico

Hoja de resultados

Prueba de suelo	+/-
Carbonatos	
Bicarbonatos	
Cloruros.	
Determinación de pH	
Materia orgánica	
Sulfatos	
Fierro ferroso	
Fierro férrico	

¿Dónde encuentro información?

Referencias

- Bautista, F. y Estrada, H. (1998). Conservación y manejo de los suelos. *Ciencias*. 50:50-55.
- Challenger, A. (1988). *Utilización y Conservación de los Ecosistemas Terrestres de México. Pasado, Presente y Futuro*. CONABIO, IE-UNAM, Sierra Madre. México.
- Cotler, A.H. (2015). ¿Conservar los suelos o sólo manejar bien la tierra?. *Biodiversitas*. 122:14-18. Recuperado de: <https://www.biodiversidad.gob.mx/Biodiversitas/Articulos/biodiv122art4.pdf>
- Miller, G.T, Jr. (2007). *Ciencia Ambiental. Desarrollo Sostenible, Un Enfoque Integral*. 8^{ava}. Ed. Thomson. México.323 pp.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2019). Portal de Suelos de la FAO. Recuperado de: <http://www.fao.org/soils-portal/es/>
- Pidwirny, M. (2006). "Organización de la vida: especies, poblaciones, comunidades y ecosistemas". *Fundamentos de geografía física, 2ª edición* . Recuperado de: <http://www.physicalgeography.net/fundamentals/9d.html>
- Siebe, C., Jahn, R. y Stahr, K. (1996). *Manual para la descripción y evaluación ecológica de suelos en el campo. Publicación Especial 4*. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. Chapingo, México. 57 pp.



Biotipos de las plantas del Jardín Botánico "Quetzalcóatl 9"

Introducción

El Biotipo o forma de vida es una forma de clasificación que se basa en las características de las partes que integran a una planta y la duración de éstas (Alcaraz, 2013; Moreno, 1984).

La morfología de las plantas es resultado de la expresión genética y el medio en que se desarrollan; es un primer paso para la descripción de los individuos y para cualquier estudio taxonómico y ecológico. Las plantas tienen formas y órganos comunes como: raíces, tallo, hojas, flores y semillas, además las plantas presentan diferentes adaptaciones, que determinan su distribución y abundancia en los ecosistemas (Medina, 1977, Bell, 1991, Moreno, 1984).

Los ecosistemas están integrados por la comunidad biológica y los factores abióticos del ambiente. El intercambio de materia y energía a través de las redes tróficas en tiempo y espacio, determina la distribución y abundancia de las poblaciones de las especies que lo habitan (Pidwirny, 2006).

Los organismos que viven en un ecosistema con determinadas condiciones tienden a desarrollar y conservar características que les permiten adaptarse, sobrevivir y modificar en diferente grado sus estructuras hacia una forma que sea funcional en ese medio (Pidwirny, 2006). De acuerdo a lo anterior, se pueden encontrar rasgos o estructuras similares en forma o función en organismos de diferentes linajes, pero que convergen para sobrevivir en ambientes similares.

Objetivo:

- Observar algunas características morfo-anatómicas de las plantas del Jardín Botánico "Quetzalcóatl 9".

Investigación previa:

1. ¿Cuál es el centro de origen y distribución de las Familias Cactaceae y Crassulaceae, Asparagaceae y de las subfamilias Agavaceae y Nolinaceae?
2. Revise la norma SEMARNAT- NOM-059- ECOL-2010 y mencione las categorías que pueden presentar las especies.
3. ¿Qué plantas del Jardín Botánico "Quetzalcóatl 9" están en peligro de extinción y por qué?
4. ¿Cuál es la función académica de un jardín botánico?

Actividades:

- Traslado grupal al Jardín Botánico "Quetzalcóatl 9".
- Localización de las plantas con ayuda de la información del jardín.
- Dibuje un croquis del Jardín Botánico "Quetzalcóatl 9".
- Toma de fotografías de 5 especies de las 4 familias arriba mencionadas.
- Elabore las fichas botánicas (Modificada de Segura, 2003) de las 5 especies de las 4 familias arriba mencionadas, con base en el formato que se sugiere a continuación:

Familia: _____

Especie: _____

Nombre común: _____

Tallo

a) **FORMA:** Columnar ___ Ramificada ___ Globosa ___ Raqueta ___

b) **TEXTURA:** Cerosa: ___ Áspera ___ Espinosa ___

c) **CONSISTENCIA:** Carnosa: ___ Leñosa: ___

Hojas:

a) **PRESENCIA:** Sí: ___ No: ___

b) **FORMA:** Alargada ___ Redonda: ___

c) **TEXTURA:** Cerosa: ___ Pubescente: ___ Lisa: ___

d) **DISPOSICIÓN:** Roseta: ___ A lo largo del tallo: ___ En los ápices: ___

e) **ESPINAS:** Sí: ___ No: ___

Tipo de forma de vida:

Questionario:

1. ¿Qué características anatómicas y fisiológicas, de acuerdo con sus observaciones, predominan en las plantas de zonas áridas?
2. ¿Qué tipo de fotosíntesis llevan a cabo estas plantas?
3. ¿Por qué y para qué presentan espinas este tipo de plantas?
4. ¿Para qué les sirve la cutícula a las plantas?

¿Dónde encuentro información?

Referencias

- Alcaraz, A. F. J. (2013). Geobotánica. Formas vitales, estratigrafía y fenología. Recuperado de: <https://www.um.es/docencia/geobotanica/ficheros/tema08.pdf>
- Allamong D. A. (1990). *Energía de los procesos biológicos*. México, Editorial Limusa.
- Bell, A. (1991). *Plant Form. An illustrated guide to flowering plant morphology*. Oxford University Press. USA.
- Challenger, A. (1988). *Utilización y Conservación de los Ecosistemas Terrestres de México. Pasado, Presente y Futuro*. CONABIO, IE-UNAM, Sierra Madre. México.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2019. Recuperado de: <http://www.conabio.gob.mx/>
- Gibson, C.A. y Nobel, P.S. (1986). *The Cactus Primer*. Harvard University Press. 286 pp.
- González-Medrano, F. (2004). Las comunidades vegetales de México. Propuesta para la unificación, clasificación y nomenclatura de la vegetación de México. 2da. Ed. SEMARNAT-INA. México. 82pp. Recuperado de: <http://files.bajateraignota.webnode.mx/200000062-e6ba2e7b42/Las%20comunidades%20vegetales%20de%20M%C3%A9xico,%20Francisco%20Medrano.pdf>
- Medina, E. (1987). Aspectos ecofisiológicos de plantas CAM en los trópicos. *Rev.Biol.Trop.*35(Supl1):55-70.
- Miller, G.T, Jr. (2007). *Ciencia Ambiental. Desarrollo Sostenible, Un Enfoque Integral*. 8^{ava}. Ed. Thomson. México.323 pp.
- Moreno, P. N. (1984). *Glosario botánico ilustrado*. INIREB, CECSA. México. 300 pp.

- Nobel, P.S. (1994). *Remarkable agaves and cacti*. Oxford University Press.166 pp.
- Pidwirny, M. (2006). "Organización de la vida: especies, poblaciones, comunidades y ecosistemas". *Fundamentos de geografía física, 2ª edición* . Recuperado de: <http://www.physicalgeography.net/fundamentals/9d.html>
- PROFEPA (2019). NORMA Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental especies nativas de México de flora y fauna silvestres categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Recuperada de: https://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/3552/1/nom-059-semarnat-2010_30-dic-2010.pdf
- Rowley, G.D. (1987). *Caudiciform & Pachycaul Succulents. Pachycauls, bottle, barrel and elephant trees and their Kin: a collector's miscellany*. Strawberry Press. 282 pp.
- Segura, G. M. J. (2003). Adaptaciones de las plantas de zonas áridas. En: *Actividades prácticas para alumnos del bachillerato en el Jardín Botánico del Instituto de Biología de la UNAM*. Linares, E., Hernández, C. C. (Eds.). UNAM. México.
- Rzedowski, J. (1994). *Vegetación de México*. Limusa. México.432 pp.
- Tarango, A. L.A. (2005). Problemática y alternativas de desarrollo de zonas áridas y semiáridas de México. *Revista Chapingo*. IV(2):17-22. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/html/4555/455545052003/>