

ISSN: 2007-1167



P L A N T A



Año 6, No. 12

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

Junio—Diciembre 2011





Una publicación de la Universidad Autónoma de Nuevo León

Dr. Jesús Ancer Rodríguez

**Rector**

Ing. Rogelio G. Garza Rivera

**Secretario General**

Dr. Ubaldo Ortiz Méndez

**Secretario Académico**

Lic. Rogelio Villarreal Elizondo

**Secretario de Extensión y Cultura**

Dr. Celso José Garza Acuña

**Director de Publicaciones**

Dr. Juan Manuel Alcocer González

**Director de la Facultad de Ciencias Biológicas**

Dr. Marco Antonio Alvarado Vázquez

Dr. Sergio M. Salcedo Martínez

Dr. Víctor R. Vargas López

**Editores Responsables**

PLANTA, Año 6, Nº 12, julio-diciembre 2011. Fecha de publicación: 15 de diciembre de 2011. Revista semestral, editada y publicada por la Universidad Autónoma de Nuevo León, a través de la Facultad de Ciencias Biológicas. Domicilio de la publicación: Ave. Pedro de Alba y Manuel Barragán, Cd. Universitaria, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, C.P. 66451. Teléfono: + 52 81 83294110 ext. 6456. Fax: + 52 81 83294110 ext. 6456. Impresa por: Imprenta Universitaria, Cd. Universitaria, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, C.P. 66451. Fecha de terminación de impresión: 25 de Junio de 2011, Tira: 1,000 ejemplares. Distribuido por: Universidad Autónoma de Nuevo León, a través de la Facultad de Ciencias Biológicas. Domicilio de la publicación: Ave. Pedro de Alba y Manuel Barragán, Cd. Universitaria, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, C.P. 66451.

Número de reserva de derechos al uso exclusivo del título PLANTA otorgada por el Instituto Nacional del Derecho de Autor: 04-2010-030514061800-102, de fecha 5 de marzo de 2010. Número de certificado de licitud de título y contenido: 14,926, de fecha 25 de agosto de 2010, concedido ante la Comisión Calificadora de Publicaciones y Revistas Ilustradas de la Secretaría de Gobernación. ISSN: 2007-1167. Registro de marca ante el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial: En trámite.

Las opiniones y contenidos expresados en los artículos son responsabilidad exclusiva de los autores.

Prohibida su reproducción total o parcial, en cualquier forma o medio, del contenido editorial de este número.

Impreso en México  
Todos los derechos reservados  
® Copyright 2011

planta.fcb@gmail.com

## Editorial

### FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS, UANL: 60 AÑOS DEJANDO HUELLA EN LA FORMACIÓN DE PROFESIONISTAS DE LA BIOLOGÍA

Los editores de PLANTA deseamos que el año que termina haya sido productivo y dichoso para cada uno de los que conformamos ésta, nuestra segunda familia y casa, la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

A la vez, queremos resaltar que en el 2012 nuestra facultad cumple 60 años de vida, lo cual nos llena de orgullo y gratitud hacia los maestros fundadores y nos pone en deuda con las primeras generaciones, quienes jamás dudaron de su vocación y permaneciendo fieles a su formación, superando los difíciles tiempos iniciales.

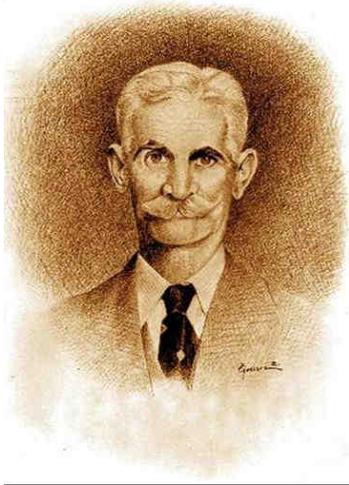
A lo largo de ese tiempo en "Biología" ha evolucionado la forma de impartir el conocimiento y también han cambiado las demandas de la sociedad por recursos humanos formados en esta disciplina. El volumen actual del conocimiento ha generado la necesidad de especialización, por lo que hoy contamos con cuatro carreras hermanas fundamentadas en el método científico, aplicadas al estudio de la Biología, Microbiología, Alimentos y Genómica. Nuestros egresados tienen una calidad de excelencia en su formación, lo cual ha sido reconocido a nivel nacional al colocar a nuestra institución durante 4 años consecutivos, como una de las mejores opciones para estudiar Ciencias Biológicas. Esta calidad ha originado un incremento constante en el número de alumnos que ingresan cada semestre a nuestra Facultad.

Por otra parte, la globalización ha traído entre otras cosas, la necesidad de una interacción entre profesionistas de diferentes regiones geográficas y disciplinas. Ante esta necesidad, nuestra Universidad ha respondido con la implementación del nuevo programa educativo "por competencias", el cual arrancará en nuestra escuela en el mes de agosto próximo.

Por lo anteriormente expuesto, debemos contemplar este año con optimismo y redoblar esfuerzos, para así lograr alcanzar las metas propuestas tanto en el ámbito personal, como en el familiar y social, ya sea como estudiante, trabajador, empresario o profesionista. Esperamos también que ésta nueva edición de PLANTA sea de su agrado y su contenido sea útil en su vida diaria.

Feliz Año 2012!!!

**Los Editores**



**Casiano Conzatti**  
(1862-1951)

### Pionero de los Estudios Florísticos en México

**M**uchos personajes han participado en el desarrollo de la sistemática y de la florística nacionales y entre ellos figuran numerosos inmigrantes, algunos de ellos, dedicados particularmente al estudio de las angiospermas. Tal es el caso de Casiano Conzatti Bortolametti, quien nació en Civezano, Italia, el 13 de agosto de 1862. En 1881 cuando contaba con 19 años de edad, llegó a México como inmigrante a una colonia agrícola del estado de Veracruz y poco después inició su actividad docente en las escuelas normales de Coatepec y Orizaba.

En sus inicios, en 1882, el Profesor Conzatti obtuvo una plaza de ayudante en el Colegio Ateneo Veracruzano y en 1885, de ayudante en la escuela Cantonal de Coatepec, Ver., donde el Profesor Rebsamen lo llamó para colaborar con él en la escuela práctica Anexa a la Normal. La Escuela Primaria Práctica Anexa a la Normal surgió como necesidad de la Normal Veracruzana para facilitar las prácticas escolares de los docentes en formación. Se inauguró el 8 de noviembre de 1886 y en estos primeros años, como dependiente de la Escuela Normal, el director de ésta era también el de la Primaria Anexa. Su brillante trabajo en esta institución lo condujo a la Dirección de la escuela Modelo de Orizaba que cambió a escuela Cantonal Ignacio de la Llave, a fines de 1889.

Aunque su personalidad era callada, el Profesor Conzatti tuvo en vida dos valiosas facetas, una como educador y la otra como botánico. Su labor docente y sus investigaciones científicas le permitieron convertirse en un miembro distinguido de la sociedad mexicana de su época y ocupar un lugar en la historia mexicana.

En 1889, siendo subdirector de la Práctica Anexa a la Normal de Jalapa, publica su primera contribución, "Clave Analítica para la Determinación de las Familias de Plantas Fanerógamas que Nacen Silvestres y se Cultivan en México".

Esta obra aunada a su desempeño docente motivaron al gobernador del estado de Oaxaca a que en 1891, le ofreciera hacerse cargo de la dirección de la Escuela Normal para profesores de Oaxaca (1891-1911), en la cual impartió las cátedras de Antropología Pedagógica y Pedagogía.

Durante su permanencia en ese estado desarrolló la mayor parte de sus investigaciones científicas botánicas. En 1895, en colaboración con el señor Lucio Smith, publican "La Flora Sinóptica Mexicana" y en 1905 "Los Géneros Vegetales Mexicanos", esto le valió el ser nombrado en 1909 Director del Jardín Botánico de Oaxaca "San Antonio de la Cal" por el gobernador del estado, donde tuvo un amplio campo para dedicarse a las ciencias.

En 1910, publica "Las Criptógamas Vasculares de México" y en este mismo año, el ilustre Biólogo Alfonso L. Herrera crea en México, como parte de la Secretaría de Agricultura y Fomento, la Dirección de Estudios Biológicos, a la que llama a colaborar al empeñoso Botánico italiano-oaxaqueño como Jefe de Sección, puesto que desempeña entre 1917 y 1918. Su conexión con la Dirección de Estudios Biológicos, le da la oportunidad de tener contactos con otros colegas, instituciones científicas, ricos herbarios y nutridas bibliotecas, tan necesarios para cualquier trabajo científico serio. En 1919, se le designa Explorador Naturista hasta 1922, lo que permitió enriquecer su obra, de la cual en 1914 publica "La repoblación arbórea del valle de Oaxaca", en 1920 "El estado de Oaxaca y sus recursos naturales", en 1921 "Monografía del Árbol del Tule", en 1925 "Una expedición botánica a la costa oaxaqueña del Sureste" y en 1926 "Las regiones geográfico-botánicas del estado de Oaxaca".

Por fin, en 1939, se decidió a publicar la que se podría considerar su obra cumbre "Flora Taxonómica Mexicana", la cual había iniciado en 1889 y constaba de 14 tomos en 17 volúmenes, de los cuales solamente se publicaron dos tomos en una edición particular.

Fue Socio honorario desde 1941 de la Sociedad Botánica de México y miembro de casi todas las sociedades científicas del país y algunas del extranjero. En la capital de Oaxaca existe un parque y una Escuela Normal que llevan su nombre. En 1945 la Secretaría de Educación Pública reconoce sus méritos otorgándole la Medalla al Mérito Docente "Maestro Altamirano", una de las máximas preseas otorgadas en el país.

Para celebrar el acontecimiento, la Sociedad de Historia Natural acordó conferir el carácter de Socio Honorario de la misma al Profesor Conzatti, la Sociedad Mexicana de Historia Natural quería entregar al Profesor Conzatti su diploma como Miembro Honorario en propia mano, pero en vista de que el Botánico no podía asistir a las sesiones ordinarias, debido a su precaria salud, la corporación acordó llevar a cabo una sesión especial en la ciudad de Oaxaca, la que con extraordinario lucimiento tuvo lugar en el edificio del Instituto de Ciencias y Artes del Estado, el día 19 de diciembre de 1945. En ella, el Presidente de entonces, Don Julio Riquelme Iñda, puso en manos del Profesor Conzatti, el diploma correspondiente. Hasta la fecha es de los pocos mexicanos que han figurado en la selecta y reducida lista de éstos.

En 1946 gracias a la participación activa del Profesor Enrique Beltrán y otros miembros, la Sociedad Mexicana de Historia Natural, publicó nuevamente el Tomo I de "Flora Taxonómica Mexicana" y en 1947 el Tomo II de tan rica e importante obra, con materiales hasta entonces inéditos.

Naturalizado mexicano Conzatti vivió en la ciudad de Oaxaca, donde fue un incansable promotor del estudio de las plantas y formador de nuevas generaciones, este apego a la provincia constituye uno de sus más grandes méritos y uno de los aspectos más positivos de su vida. Casiano Conzatti figura entre los naturalistas Oaxaqueños que aportaron su saber para consolidar instituciones como la Escuela Normal y el Instituto de Ciencias y Artes del Estado. Quienes le conocieron hablan de su modestia y amor al trabajo de clasificación de especies vegetales.

Los historiadores señalan que Conzatti fue el creador de dos jardines botánicos en Oaxaca, el primero de ellos en los llanos de La Experimental donde, hasta hace pocos años, existía un árbol de guanacastle que sobresalía del entorno porque no era propio de la zona. El segundo en terrenos del ex cuartel militar en 5 de Mayo y Berriozábal, muy cerca del actual Jardín Etnobotánico de Santo Domingo.

Tuvo una larga trayectoria en la carrera magisterial y hasta su muerte siguió activo en sus estudios botánicos, donde su interés y dedicación lo llevaron a tener un conocimiento muy completo de las plantas mexicanas. La muerte lo sorprendió en Oaxaca el 2 de marzo de 1951.

#### Fuentes:

Benemérita Escuela Normal Veracruzana Enrique C. Rébsamen, Xalapa, Ver. [www.benv.edu.mx](http://www.benv.edu.mx)

Enciclopedia de México, 1998. [http://biblioweb.tic.unam.mx/diccionario/htm/biografias/bio\\_c/conzatti.htm](http://biblioweb.tic.unam.mx/diccionario/htm/biografias/bio_c/conzatti.htm)

Italianos en México. <http://www.freewebs.com/italimex/italomexicanosilustres.htm>

Ortega y Medina, J.A. 2006. Estudios de historia moderna y contemporánea de México. Vol 11, No 135, IIH, UNAM.

Torres Hernández, V. 2011. Intempestivas; Conzatti, legado. Diario Marca la historia de Oaxaca-Puebla-Tlaxcala. Noviembre 29.

## Algo Para Meditar

### *Aprendí y Decidí*

*Y así después de esperar tanto, un día como cualquier otro decidí triunfar... decidí no esperar a las oportunidades sino yo mismo buscarlas, decidí ver cada problema como la oportunidad de encontrar una solución, decidí ver cada desierto como la oportunidad de encontrar un oasis, decidí ver cada noche como un misterio a resolver, decidí ver cada día como una nueva oportunidad de ser feliz.*

*Aquel día descubrí que mi único rival no eran más que mis propias debilidades, y que en éstas, está la única y mejor forma de superarnos, aquel día dejé de temer a perder y empecé a temer a no ganar, descubrí que no era yo el mejor y que quizás nunca lo fui, me dejó de importar quién ganara o perdiera, ahora me importa simplemente saberme mejor que ayer.*

*Aprendí que lo difícil no es llegar a la cima, sino jamás dejar de subir. Aprendí que el mejor triunfo que puedo tener, es tener el derecho de llamar a alguien "Amigo".*

*Descubrí que el amor es más que un simple estado de enamoramiento, "el amor es una filosofía de vida". Aquel día dejé de ser un reflejo de mis escasos triunfos pasados y empecé a ser mi propia tenue luz de este presente; aprendí que de nada sirve ser luz si no vas a iluminar el camino de los demás.*

*Aquel día decidí cambiar tantas cosas... aquel día aprendí que los sueños son solamente para hacerse realidad, desde aquel día ya no duermo para descansar... ahora simplemente duermo para soñar.*

## EN BUSCA DE LA SUSTENTABILIDAD: EL ECOTURISMO COMO ALTERNATIVA

**Gabriela Rendón Herrera**

Estudiante del 6o. Semestre de la carrera de Biólogo,  
\* Fac. de Ciencias Biológicas, U.A.N.L.

La población aumenta año con año, y con ella también lo hace la demanda de los recursos naturales. La velocidad a la que éstos son explotados, supera por mucho y cada vez más, al tiempo en que se pueden restaurar. Esto es un gran problema, pues al estar el desarrollo y el progreso estrechamente relacionados con ellos, su merma origina enfermedades, desastres naturales, hambruna y crisis económica.

Pero si las zonas naturales se protegen, ¿qué opción tendrían para vivir las personas que se dedican principalmente a la ganadería, agricultura, pesca, o tala en esas zonas?

### ***“Una solución viable es el ecoturismo”***

El ecoturismo o turismo ecológico, está definido por la Sociedad Internacional de Ecoturismo (TIES, 1990), como:

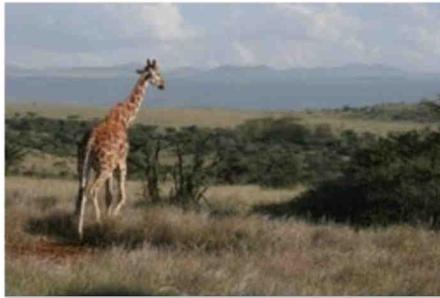
**“Visitas responsables a zonas naturales que benefician tanto al ambiente como a la población que allí vive, desarrollándose en la sustentabilidad y promoviendo la apreciación al medio”**

Según la TIES, los principios en los que se basa esta actividad son:

- Minimizar el impacto ambiental sobre los ecosistemas
- Crear conciencia ambiental, cultural y respeto
- Proporcionar experiencias positivas tanto para los visitantes como para los anfitriones.
- Proporcionar beneficios financieros directos para la conservación.
- Proporcionar beneficios financieros y el empoderamiento de la población local.
- Aumenta la sensibilidad en los países receptores "clima político, ambiental y social"

Muchas veces se utiliza la palabra ecoturismo para designar al turismo de aventura, sin embargo éste es sólo un sector del ecoturismo.

**¿Cuáles son las ventajas que ofrece el ecoturismo sobre cualquier otra forma de aprovechar los recursos naturales?**



Safari, Kenia



Reserva de Bosque Nuboso de Monteverde, Costa Rica



Islas Galápagos, Ecuador

Es simple, a los productos (ya sean agrícolas, ganaderos, etc.) se les aprovecha económicamente una sola vez y se tienen que volver a producir o extraer. En cambio, en las áreas destinadas para la conservación se puede recibir ingreso indefinidamente sin tener que producir nada (mientras éstas existan por supuesto).

Lo anterior no quiere decir que se deban detener del todo las actividades económicas primarias, más bien se refiere a evitar su realización en zonas de importancia ambiental, es decir en áreas donde el impacto ecológico ocasionado sea determinante para el bienestar general.

Por impacto se entiende al grado de daño que habría sin los “servicios ambientales”, que son la purificación del aire, la filtración del agua, el amortiguamiento térmico, la formación de barreras contra las tormentas, el sostenimiento del suelo frente a la erosión, belleza estética, entre otros. También se deben tomar en cuenta los ecosistemas que tienen flora y fauna endémicas o en peligro de extinción.

### **Principales países que se benefician del ecoturismo de manera significativa**

Costa Rica, Kenia, Ecuador y Madagascar son algunos de los ejemplos a seguir en el ámbito del ecoturismo, donde se ha alcanzado un notable nivel de desarrollo en cuanto a esta actividad; convirtiéndose en destinos que no se pueden pasar por alto.

### **Pero... ¿Qué hay de México?**

La Organización Mundial del Turismo (OMT), menciona a México como uno de los principales destinos turísticos a nivel mundial. Su atractivo se debe a su riqueza en arquitectura, gastronomía, música, sus tradiciones y sus paisajes naturales.

He aquí otra razón para proteger nuestros ecosistemas, ¡son una de las razones por las que recibimos visitantes extranjeros!

México ofrece muchísimas actividades de turismo verde o turismo de aventura, sin embargo, gran parte de esas actividades no son ecoturísticas como tales, ya que no se desenvuelven de acuerdo a los principios mencionados.

La causa, es que no se tiene normatividad clara en cuanto a esta actividad, debido a la ambigüedad con la que se maneja el término “ecoturismo”.

Pese a lo anterior, los empresarios poco a poco están buscando desenvolverse en un marco sustentable en el sector turístico.

Un ejemplo lo brinda el Lic. en Gestión Turística: Sergio Alfredo Cabrera Curiel, egresado de la Universidad de Colima, quien desarrolló un proyecto de propuesta ecoturística en el hotel “Karmina Palace Deluxe” en Colima.

Dentro de su proyecto se estableció una zona para producción de composta y un huerto donde ésta se pudiera utilizar, de manera que el hotel recicla parte de lo que consume. Se Implementó un aviario con especies de la zona que llegaban a anidar al hotel, y se desarrolló un programa de educación cultural que trata de concientizar a la sociedad en la importancia del reciclaje de materiales que normalmente se desechan en el hogar.

Nuevo León por sus características topográficas y diversidad de ecosistemas es rico en zonas con potencial ecoturístico baste mencionar el parque Chipinque, las Grutas de García, La zona de la Huasteca en Santa Catarina, Las Sierras de La Silla y Las Mitras, diversos sitios de los municipios de Santiago, Allende, Montemorelos, Galeana y Zaragoza por mencionar algunos ejemplos. Sin embargo a la fecha solo podrían considerarse con algún aprovechamiento ecoturístico el parque Chipinque, las Grutas de García y algunas empresas dedicadas al cañonismo como “Anfibios”.

Lo anterior demuestra que existen muchas áreas de oportunidad para este sector en nuestro estado, las cuales de aprovecharse traerían no solo beneficios económicos y mejor calidad de vida a sus habitantes, sino también conservación e incluso restauración de ecosistemas. Un sitio amenazado y con un frágil equilibrio, que podría beneficiarse de la actividad ecoturística es “El Llano de la Soledad” en el municipio de Galeana.

Este sitio es hogar del perrito de las praderas (*Cynomys mexicanus*), especie endémica y en peligro de extinción en México. El perrito se ha visto en peligro en las últimas décadas, ya que su área de distribución original (límites entre Coahuila, Nuevo León, Zacatecas y San Luis Potosí) ha disminuido en un 85% aproximadamente, debido a que ha sido utilizada como zona de cultivo.

Existe una severa problemática, puesto que allí la tierra es pobre en nutrientes y no es productiva por mucho tiempo. Como consecuencia se van abandonando las áreas



Perrito de las Praderas en Galeana, Nuevo León

utilizadas en busca de nuevos terrenos para la siembra, sin ser restauradas las anteriores.

¿Qué provoca esto? El perrito requiere de un hábitat de pastizal, pero en las zonas de cultivo abandonadas, lo que se genera es un hábitat de matorral, cosa que es incompatible con sus requerimientos. Es por eso que no vuelven a poblarlas.

El Llano de la Soledad es un área protegida, sin embargo, comparada con la distribución original del perrito, esta es en extremo pequeña, además en ella se hace uso no intensivo del suelo (pastoreo).

“Proteger un área tan reducida genera una tremenda presión sobre ella por las zonas que la rodean”, nos comenta el Biólogo José Antonio Niño Ramírez, del laboratorio de mastozoología de nuestra facultad, quien trabaja en el estudio de esta especie.

“Las diásporas de la vegetación que no es parte del área protegida llegan a ella produciendo nuevas plantas y cambiando la composición de especies en la comunidad, además de que muchos depredadores tienen que buscar alternativas para alimentarse y empiezan a tener encuentros con los animales de corral. Cuando se elimina un elemento del sistema, éste se aleja del equilibrio y genera problemáticas en múltiples direcciones.”

Quizás un cambio en la forma de aprovechar estas zonas pueda salvar al perrito y recuperar el equilibrio del ecosistema. Pero para que esto sea posible no sólo se requiere conocer la problemática, se necesitan acciones que propicien la toma de decisiones correctas por parte de los responsables. Aún hay mucho por hacer, ¿qué estás haciendo tú?

#### Referencias

Cabrera-Curiel, S.A. (2010), Propuesta De Proyecto Ecoturístico Como Ampliación Del Hotel Barceló Premium Karmina Palace Deluxe, Tesis de Licenciatura, UC. Colima, México. 26 pp.

Página de la Organización Mundial del Turismo (OMT), disponible en: <http://unwto.org/es>

Página de la Sociedad Internacional del Ecoturismo (TIES), disponible en: [http://www.ecotourism.org/site/c.orLQXPCLmF/b.4835241/k.D3B1/About\\_TIES\\_The\\_International\\_Ecotourism\\_Society.htm](http://www.ecotourism.org/site/c.orLQXPCLmF/b.4835241/k.D3B1/About_TIES_The_International_Ecotourism_Society.htm)

Página de Alfonso Polvorinos, disponible en: <http://elecoturista.com/>

Página de la empresa Anfibios: [http://aventurasanfibias.com/index\\_files/hidrofobia.htm](http://aventurasanfibias.com/index_files/hidrofobia.htm)

Comunicación personal:

Biólogo José Antonio Niño Ramírez. Laboratorio de mastozoología de la Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León.

L. Scott, E. Morales, E. Estrada, F. Chávez y M. Cotera. 2004. Continuo Decline en la Distribución Geográfica del Perrito de las Praderas Mexicano (*Cynomys mexicanus*), Facultad de Ciencias Forestales, UANL, Nuevo León, México. Pp. 1095-1099.

J. Treviño y W. E. Grant. 1998. Geographic range of the endangeres Mexican prairie dog (*Cynomys mexicanus*), Journal of Mammalogy; No. 79, Academic Research Library.

## LA FAMILIA AMARANTHACEAE EN EL ESTADO DE NUEVO LEÓN

Dra. Marcela González Álvarez, Dr. Marco Antonio Guzmán Lucio y Dr. Víctor Vargas López  
Departamento de Botánica, Fac. de Ciencias Biológicas, UANL

### Introducción

La familia Amaranthaceae está constituida por aproximadamente 65 géneros y 900 especies con distribución casi cosmopolita, siendo evidentemente ausente en los hábitats árticos y alpinos, abundante en los trópicos y subtropicos del mundo. Los centros de diversidad de la familia son el suroeste de Norteamérica, Centroamérica, Sudamérica y África (sur del desierto de Sahara). Algunas especies se desarrollan en ambientes severos como suelos arenosos, calcáreos, yesosos, salinos o de serpentina en los desiertos, semidesiertos y playas.

A pesar de que muchos miembros de Amaranthaceae son considerados como malezas, la familia presenta una gran variedad de usos para el hombre. Las semillas de diversas especies de *Amaranthus* (*A. caudatus*, *A. cruentus* y *A. hypochondriacus*) se utilizan como cereales en muchos países y un número de razas domesticadas han sido desarrolladas en Centro y Sudamérica. Especies de *Amaranthus* y *Celosia* son también ampliamente utilizadas como verduras. Algunas especies de *Amaranthus* (*A. caudatus*, *A. hypochondriacus*, *A. tricolor*), *Alternanthera* e *Iresine* han sido cultivadas como ornamentales por el color de su follaje, así como especies de *Celosia* (*C. crisatata*) y *Gomphrena* (*G. globosa*) por sus vistosas inflorescencias.

El nombre de la familia se atribuye a A.L. Jussieu quien la publicó por primera vez en *Genera Plantarum* en 1789. Posteriormente fue estudiada por Moquin-Tandon (1849) para el "Prodromus" de De Candolle y por Schinz en 1893 y 1934 para las ediciones del "Die Natürlichen Pflanzenfamilien" de Engler y Prantl.

En 1915, Standley propuso 6 Tribus para la Flora de Norteamérica: I Celosieae con un solo género (*Celosia*), II Amarantheae con 5 géneros (*Lagrezia*, *Chamissoa*, *Amaranthus*, *Acnida* y *Acanthochiton*), III Centrostachydeae con dos géneros (*Centrostachys* y *Cyathula*), IV Brayulineae con el género *Brayulinea*, V Froelichieae que incluye al género *Froelichia* y VI Gomphreneae representada por 10 géneros en Norteamérica: *Cladothrix*, *Gossypianthus*, *Pfaffia*, *Achiranthus*, *Woehleria*, *Gomphrena*, *Iresine*, *Dicraurus*, *Lithophila* y *Philoxerus*.

Nuevas especies y géneros fueron descritos por Suesenguth (1934) y los géneros de África y Madagascar fueron revisados por Cavaco (1962, 1974). Otras revisiones taxonómicas fueron publicadas por Mears, Pedersen, Schmer y Townsend (citados por Robertson, 1981).

La familia Amaranthaceae ha sido asociada con la familia Chenopodiaceae porque comparten algunas características como las flores pequeñas, perianto de un verticilo, gineceo sincárpico con ovario súpero y frecuentemente con un óvulo de placentación basal o central, pigmentos de betalaina y los plastidios de tipo P en los tubos cribosos, así como el mismo hábitat, sin embargo es posible diferenciarlas por las brácteas secas y escariosas, bractéolas y tépalos y por el androceo usualmente con filamentos conados y frecuentemente con pseudoestaminodios.

### Morfología

De las características de la familia Amaranthaceae destacan las siguientes:

**Hábito:** hierbas anuales o perennes, raramente subarborescentes.

**Tallos:** erectos a decumbentes, simples o ramificados, sin espinas (*Amaranthus spinosus* con un par de espinas nodales), glabros a densamente pubescentes.

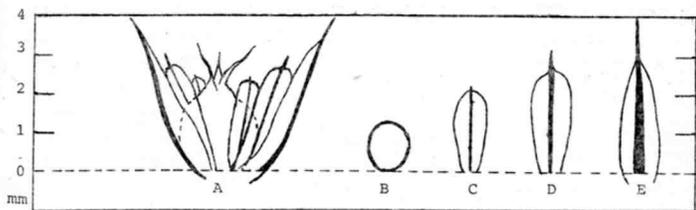
**Hojas:** alternas u opuestas, simples, generalmente enteras y pecioladas, márgenes enteros (enteros o aserrados en *Iresine*; enteros, crispados o erosos en *Amaranthus*).

**Inflorescencias:** cimas compactas, axilares o terminales, arregladas en espigas simples o compuestas, panículas, cabezuelas o raramente racimos o flores solitarias

**Flor:** sostenida por una bráctea y 2 bractéolas, (la última a veces una ó ausente en *Amaranthus*) frecuentemente espinoscentes. Tépalos usualmente (1) 4-5 ó ausentes, iguales a ligeramente desiguales, libres o parcialmente connados en la base, dentro de copas o tubos, escariosos, cartáceos, membráceos o indurados; las flores bisexuales (hermafroditas) o unisexuales (plantas monoicas, dioicas o polígamas) generalmente pequeñas. Gineceo: ovario súpero, de 1-3 (5) carpelos, unilocular, óvulos 1 o raramente de 2 a muchos, estilo 1 o ausente, estigmas 1-3 (-5) raramente cilíndricos, usualmente pequeños. Androceo: estambres 2-5, filamentos conados en la base dentro de copas o tubos, iguales, alternando con pseudoestaminodios (apéndices en los tubos estaminales) o no, anteras dorsifijas, introrsas 2-locular con 1 línea de dehiscencia o 4 locular con 2 líneas de dehiscencia.

**Fruto:** utrículo o pixidio, seco, indehiscente o no.

**Semillas:** 1 o varias, pequeñas, negras o café, la mayoría lenticulares, subglobosas o globosas.



- A Flor femenina madura con utrículo, tépalos y brácteas
- B Semilla
- C Tépalos interiores
- D Tépalos exteriores
- E Brácteas

### Estructura floral de *Amaranthus retroflexus*

#### Clasificación taxonómica

En síntesis para el estado de Nuevo León la familia se ha dividido en dos subfamilias: Amaranthoideae (con anteras 4-loculares con dos líneas de dehiscencia) y Gomphrenoideae (con anteras 2-loculares con una línea de dehiscencia). Para la subfamilia Amaranthoideae están presentes los géneros: *Celosia* y *Amaranthus* siendo también los dos únicos géneros que presentan hojas alternas (carácter distintivo para separación de géneros).

Dos especies del género *Celosia* L. se han encontrado en el estado: *C. argentea* L. que es nativa de Asia (India) y ha sido introducida en Norteamérica y *C. nitida* Vahl que se encuentra más ampliamente distribuida en Texas, Florida, México y Sudamérica. El tamaño de la inflorescencia es el principal carácter distintivo entre ambas especies, siendo *Celosia argentea* quien tiene la inflorescencia espigada densa, cilíndrica u ovoide, con los tépalos plateados en las formas silvestres y de colores rosas, amarillos o rojos en las cultivadas y con una longitud de hasta 15 cm. Por su parte, *C. nitida* presenta una panícula laxa de pocas espigas con tépalos verde-blanquecinos de hasta 5 cm de longitud.

Con respecto al género *Amaranthus* L., además de ser el género tipo para la familia, es el de mayor importancia económica en México ya que está considerado como una fuente de alimento desde la época prehispánica. Las especies de éste género son difíciles de reconocer o identificar para quien no esté familiarizado con el grupo, ya que es necesario observar con cuidado las puntas de las ramas de las inflorescencias pistiladas para buscar flores estaminadas y determinar si la planta es monoica o dioica, esto es importante para algunas especies monoicas que producen pocas flores estaminadas, lo mismo se requiere para las plantas pistiladas de las especies dioicas para una correcta identificación. Además, algunas especies de éste género ocasionalmente forman híbridos interespecíficos.

Algunas especies de *Amaranthus* son cultivadas para utilizar sus semillas como pseudocereales y sus hojas se consumen como verduras (quelites), también han sido ampliamente utilizadas por los nativos americanos como forraje para el ganado, como plantas medicinales, en rituales ceremoniales, como combustible y sus pigmentos han sido usados para pintarse la cara y el cuerpo (Sauer, 1967).

Del género *Amaranthus* se ha corroborado la presencia de 10 especies en el estado de Nuevo León: *A. palmeri*, *A. polygonoides*, *A. crassipes*, *A. scleropoides*, *A. viridis*, *A. blitoides*, *A. spinosus*, *A. retroflexus*, *A. hybridus* y *A. powellii*. Son malezas en áreas de cultivo, lotes baldíos, jardines y banquetas; en pastizales inducidos se presentan como especies naturalizadas y/o nativas en matorrales y bosques de encino. De éstas especies solamente las plantas de *A. palmeri* son dioicas, característica ampliamente utilizada para la elaboración de claves para identificación de especies. Las especies *A. polygonoides*, *A. crassipes* y *A. scleropoides* son diferentes de las demás especies del género por sus tépalos espatulados y constreñidos en la base, mientras que el resto de las especies los presentan oblongos a obovados y sin constricción en la parte basal. Destacando que la especie *A. spinosus* es la única con un par de espinas en los nudos de sus tallos.



*Celosia sp*



*Gomphrena sp*



*Celosia sp*

De la subfamilia Gomphrenoideae, se han reportado para el estado a *Gossypianthus lanuginosus* var. *lanuginosus*, *Tidestromia lanuginosa* var. *lanuginosa*, *Gomphrena nítida*, *Froelichia gracilis* que es una planta característicamente más delgada y ramificada que las otras dos especies: *F. arizonica* y *F. interrupta* que presentan tallos gruesos y esparcidamente ramificados. Con respecto al género *Iresine* la especie *I. tomentella* cuenta con flores perfectas o polígamas y el resto de las especies: *I. palmeri*, *I. interrupta* e *I. orientalis* presentan flores dioicas. Finalmente el género *Alternanthera* incluye dos especies: *A. pungens* quien presenta sus tépalos de 6 a 7 mm de longitud y esparcidamente vilosos y *A. caracasana* que tiene los tépalos de 3 a 5 mm de longitud y densamente vilosos.

### Conclusiones

En la integración del presente listado se ha corroborado la presencia de 8 géneros, 24 especies y dos variedades de Amaranáceas en el estado de Nuevo León, fundamentado en la revisión y reidentificación de ejemplares de herbario.

Los elementos de la familia en su mayoría no forman parte de los tipos de vegetación definidos y tan solo se establecen como asociaciones que forman parte del proceso sucesional de los ambientes perturbados, aunado a esta característica algunos colectores en ocasiones tienden a ignorar a las plantas de la familia en campo pensando que sus especies ya han sido colectadas anteriormente, lo cual trae como consecuencia que en realidad, existan pocos ejemplares en los herbarios institucionales, y por lo tanto es difícil asegurar una distribución real de la familia.

Las especies de la familia se distribuyen principalmente como malezas tanto en áreas de cultivo, jardines y áreas verdes urbanas, como en sitios perturbados en zonas áridas y semiáridas del estado. Principalmente algunas (*Gomphrena* y *Celosia*) se comercializan como plantas de ornato y otras son alimenticias (*Amaranthus* spp). La importancia económica o usos conocidos de la familia es limitada ya que no se contempla su valor ecológico, como ya se mencionó la falta de interés y la falta de estudios en este campo han restringido su uso potencial, ya que en algún momento seguramente son importantes para la fauna silvestre y en la regeneración de los hábitat degradados.

### Listado de especies, nombre común y distribución en Nuevo León

ESPECIE	NOMBRE COMÚN	MUNICIPIOS
<i>Alternanthera caracasana</i>	Verdolaga de puerco	Dr. Arroyo, Linares, Santiago
<i>Alternanthera pungens</i>		Los Ramones
<i>Amaranthus blitoides</i>	Quelite manchado	Los Ramones, Monterrey, San Nicolás de los Garza
<i>Amaranthus crassipes</i>		Allende, Sta. Catarina, Santiago
<i>Amaranthus hybridus</i>	Quelite de cochino, quelite morado	Allende, Guadalupe, Monterrey, San Nicolás de los Garza
<i>Amaranthus palmeri</i>	Quintonil tropical	Allende, Lampazos, Marín
<i>Amaranthus polygonoides</i>	Amaranto tropical	Lampazos, Los Ramones
<i>Amaranthus powellii</i>		Galeana
<i>Amaranthus retroflexus</i>	Quelite	Allende, Dr. Arroyo, Galeana, Guadalupe, Montemorelos
<i>Amaranthus scleropoides</i>		Los Ramones
<i>Amaranthus spinosus</i>	Quelite espinoso	Guadalupe, Monterrey, San Nicolás de los Garza
<i>Amaranthus viridis</i>		Apodaca, Guadalupe, San Nicolás de los Garza
<i>Celosia argentea</i>	Mano de león, Cresta de gallo	Gral. Terán, Santiago
<i>Celosia nitida</i>	Celosia	Lampazos
<i>Froelichia arizonica</i>	Serpiente de algodón	Lampazos
<i>Froelichia interrupta</i>	Vara peluda	Lampazos
<i>Froelichia gracilis</i>	Serpiente esbelta de algodón	Los Ramones
<i>Gomphrena nitida</i>	Amor seco	Anáhuac, Cadereyta
<i>Gossypianthus lanuginosus</i> var. <i>lanuginosus</i>		Lampazos
<i>Iresine palmeri</i>		Monterrey
<i>Iresine interrupta</i>	Barba de viejo	Guadalupe, Monterrey
<i>Iresine orientalis</i>		Guadalupe
<i>Iresine tomentella</i>	Tepozán	Allende, Guadalupe, Monterrey, Santiago, Sta. Catarina
<i>Tidestromia lanuginosa</i> var. <i>lanuginosa</i>	Tumba vaqueros	China, Dr. Arroyo, Lampazos, Linares, Los Ramones, Mina, San Nicolás de los Garza

### Referencias

- Grant, W.F. 1962. Speciation and nomenclature in the genus *Celosia*. *Canad. J. Bot.* 40: 1355-1363.
- Robertson K.R. & S.E. Clements. *Amaranthaceae*. *Flora de Norteamérica FNA*. Vol. 4 pág. 405-406 [www.efloras.org/florataxon.aspx?flora\\_id](http://www.efloras.org/florataxon.aspx?flora_id). Fecha de consulta: 10/11/2011.
- Robertson, K.R. 1981. The genera of *Amaranthaceae* in the southeastern United States. *J. Arnold Arbor.* 62: 267-314.
- Sauer, J.D. 1950. The Grain Amaranths: A Survey of their History and Classification. *Annals of the Missouri Botanical Garden*. Vol. 37:561-632.
- Standley, P.C. 1915. The North American tribes and genera of *Amaranthaceae*. *J. Wash. Acad. Sci.* 5: 391-396.
- Standley, P.C. 1917b. *Amaranthaceae*. In: N. L. Britton et al., eds. 1905+. *North American Flora*. 47+ vols. New York. Vol. 21, pp. 95-169.

# El Sorprendente Mundo de las Plantas

## ESTRATEGIAS DE DEFENSA VEGETAL

Deyanira Quistián Martínez<sup>1</sup>, José Alberto Valadéz Lira<sup>2</sup>

1. Depto. de Botánica. FCB-UANL

2. Depto. de Microbiología e Inmunología. FCB-UANL

Todos los organismos poseen distintos mecanismos para defenderse de invasiones externas. Estos mecanismos de defensa presentan significativas diferencias a lo largo de la escala filogenética, tendiendo hacia una mayor potencia y complejidad de respuestas así como un reconocimiento específico de los patógenos. El primer mecanismo de defensa, y el más efectivo, es el impedir la entrada de los patógenos gracias al desarrollo de barreras físicas y/o químicas. Este tipo de barreras se encuentran en todos los seres vivos, con características peculiares dependiendo de que organismo se trate. Así, encontramos las cubiertas de las plantas, la pared en las bacterias, el exoesqueleto en los insectos, la piel en los mamíferos, etc.

En general, el término “inmunidad” se refiere al estado fisiológico de tener suficientes defensas biológicas para evitar una infección, una enfermedad o cualquier invasión biológica no deseada. Como esta definición se aplica a todos los sistemas eucarióticos multicelulares, es apropiado describir la habilidad de las plantas para enfrentar infecciones microbianas como una respuesta “inmune”. En el caso de las plantas, el mecanismo de defensa y el sistema inmunológico desarrollado es particular. Las plantas no poseen un sistema inmunitario como los animales, carecen de un sistema circulatorio, así como de células móviles involucrados en la defensa y de un sistema inmune adaptativo, pero sí son capaces de desarrollar reacciones de defensa contra patógenos invasores.

Las plantas poseen mecanismos de defensa que van desde barreras físicas, hasta potentes mecanismos moleculares de resistencia en cada célula y señales sistémicas provenientes del sitio de la infección que tienen marcadas similitudes con la inmunidad innata de los animales. Las plantas a diferencia de los animales, carecen de mecanismos específicos de resistencia; sin embargo, como mecanismos de defensa poseen barreras fisicoquímicas que se presentan en la planta antes de ser atacada, o bien, son inducidas tras el contacto con el patógeno invasor.

Los patógenos de plantas utilizan diversas estrategias para sobrevivir. Las bacterias patogénicas proliferan en espacios intracelulares (el apoplasto) después de entrar a través de los poros de agua o gaseosos (estomas e hidátodos) o entran vía lesiones mecánicas. Los nemátodos y los áfidos se alimentan por la inserción del estilete directamente en la célula vegetal. Los hongos pueden entrar directamente por las células epidérmicas, o extender la hifa hasta tener contacto con las células

vegetales e incluso entrar en ellas. Hongos simbióticos, patógenos y oomicetes pueden invaginar estructuras de alimentación (haustoria) dentro de la membrana plasmática del hospedero formando una interfase. A lo largo de la evolución las interacciones microorganismo-planta, éstas últimas han desarrollado diferentes estrategias de defensa que a continuación veremos.

### Mecanismos básicos de defensa vegetal

Las plantas presentan barreras estructurales que intentan impedir la entrada de patógenos. Entre ellas se encuentran la pared celular, lignina, cutícula, y las aperturas naturales de las plantas (estomas, lenticelas, etc.); los patógenos a su vez, sintetizan enzimas hidrolíticas que destruyen estas barreras estructurales. Además de estas barreras, las plantas acumulan metabolitos secundarios, que van a actuar en el lugar de penetración del patógeno (Tabla 1).

Tabla 1. Componentes físicos y bioquímicos del sistema inmunológico de las plantas

MECANISMOS DE RESISTENCIA EN PLANTAS		
BARRERAS	PREEXISTENTES	INDUCIDAS
FISICAS	Pared celular Lignina Cutícula Otros (estomas, lenticelas)	Lignificación Muerte de la célula huésped (necrosis) Inducción de lipooxigenasa e hidrolasas Formación de papilas (callosidades) Oclusión de vasos Glicoproteínas ricas en hidroxiprolina
BIOQUIMICAS	Metabolitos secundarios: Glucósidos cianogénicos Terpenoides (saponinas, cucurbitacinas) Compuestos fenólicos (cumarinas, taninos, flavonoides, ligninas) Ácido hidroxámico	Formación de fitoalexinas: (fenoles, terpenoides, poliacetilenos, derivados de ácidos grasos) Ácido salicílico (activación genes) Proteínas de resistencia sistémica (PRS)

Después del ataque de un patógeno y una vez superada la barrera de la pared celular, se entregan distintas moléculas efectoras conocidas como factores de virulencia en la membrana de la célula vegetal con lo que se desencadena la primera fase de respuesta inmune en la planta. Además de la defensa local, la resistencia de las plantas puede extenderse hacia regiones totalmente intactas de la misma que no han sido lesionadas por el patógeno. Esta resistencia se ha denominado Sistémica Inducida o Adquirida. La respuesta tiene una duración de semanas y no es específica, ya que actúa de forma semejante para

una amplia variedad de patógenos y es similar a la respuesta ocurrida tras lesiones mecánicas. Tras el ataque de los patógenos a la planta, ésta pone en marcha mecanismos de respuesta local como la lignificación, la formación de papilas, el enriquecimiento de la pared celular en glicoproteínas ricas en hidroxiprolina, o la oclusión vascular.

La respuesta inmune primaria de la planta involucra el reconocimiento de estructuras invariables de la superficie microbiana llamados patrones moleculares asociados a patógenos se considera como la Inmunidad Mediada por (PMAP). Los PMAP que disparan las respuestas inmunes innatas en varios vertebrados e invertebrados incluyen lipopolisacáridos de bacterias Gram negativas, peptidoglicanos de bacterias Gram positivas, flagelina eubacteriana y glucanos derivados de paredes celulares.

### Defensas inducidas por la presencia del patógeno

Para activar sus respuestas de defensa la planta emplea un sistema de vigilancia capaz de distinguir entre las señales propias y las generadas por un patógeno. La planta es capaz de discriminar las señales emitidas por agentes patógenos de las generadas por organismos benéficos, tales como la bacteria *Rhizobium* y como las especies fúngicas que forman micorrizas. La respuesta de la planta incluye la activación de genes involucrados en funciones de defensa, la apertura de canales para el intercambio de iones, la modificación de proteínas y la activación de enzimas preexistentes (Figura 1).

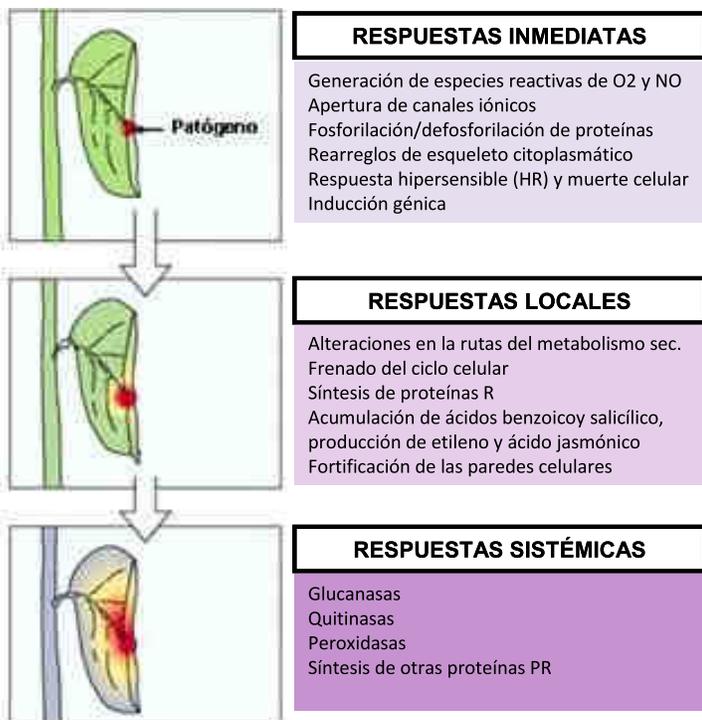


Figura 1. Representación esquemática del orden temporal de activación de las defensas de la planta (Buchanan et al., 2000).

Esta inducción de las respuestas defensivas de la planta en forma rápida y altamente localizada resulta en la generación

de un ambiente de condiciones desfavorables para el crecimiento y reproducción del patógeno. Al mismo tiempo, las células vegetales eliminan y dificultan la dispersión de toxinas generadas por el patógeno. La activación completa de una respuesta intensa contra el patógeno ocurre dentro de las primeras 24 horas conduciendo directa o indirectamente a la muerte celular y tisular localizada. Dentro de las respuestas de defensa inducidas por la presencia del patógeno, se pueden distinguir:

- **Respuesta hipersensible:** rápida activación de las reacciones de defensa asociadas a la muerte celular en la planta huésped. Esta respuesta afecta al patógeno de diferentes maneras: en el caso de los biótrofos, los priva del acceso a más nutrientes; en el caso de los necrótrofos, la muerte celular resultaría en la liberación de sustancias inhibitorias para el patógeno.

- **Activación de proteínas R:** se acumulan rápidamente luego del reconocimiento. Algunas proteínas R son quitinasas o glucanasas, enzimas capaces de degradar a los polisacáridos que constituyen la pared celular de muchos hongos, reduciendo su crecimiento. Otro ejemplo son las lipooxigenasas, enzimas que generan moléculas con capacidad oxidativa que se extienden a toda la planta.

- **Síntesis de Fitoalexinas:** metabolitos secundarios con actividad antimicrobiana; se acumulan rápidamente en los sitios de interacción con el patógeno y se biosintetizan utilizando rutas metabólicas activadas por la presencia del patógeno.

- **Silenciamiento génico post-transcripcional:** es inducido tras la invasión de la planta por distintos virus. La planta es capaz de reconocer estadios de la replicación viral o una cantidad elevada de ácidos nucleicos consecuencia de la replicación del virus. Como respuesta, se induce el mecanismo que consiste en la degradación del ARN viral.

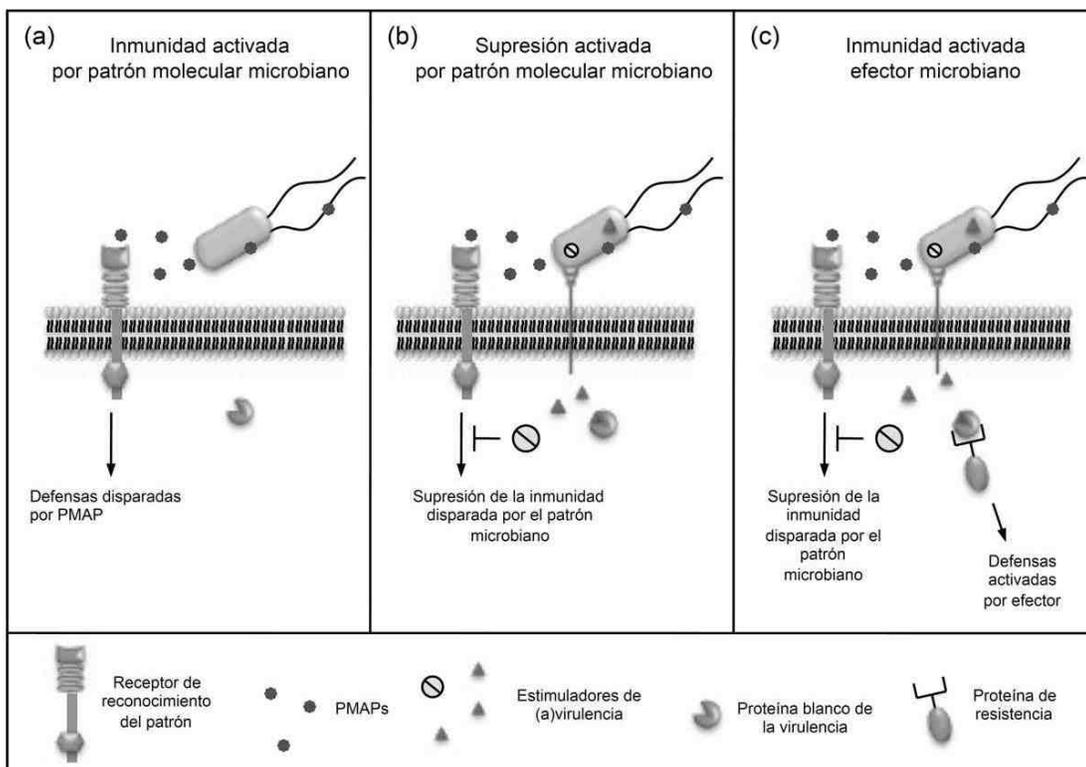
- **Respuestas estructurales:** entre ellas, el entrecruzamiento de componentes de la pared celular y la expulsión de papilas formadas en el sitio por el cual el patógeno intenta ingresar.

### Fases de desarrollo del mecanismo inmunitario

Las respuestas inmunes inducidas por patógenos son importantes para el desarrollo de inmunidad a la infección microbiana en todas las especies vegetales. A pesar de la efectividad de todos estos mecanismos moleculares, existen muchos patógenos que han desarrollado factores de virulencia para evadir o suprimir la Inmunidad mediada por PAMP. Y precisamente, el bloqueo de la inmunidad por los efectores microbianos se considera como una estrategia clave de los patógenos para crecer y multiplicarse en las plantas hospederas.

Sin embargo, durante la evolución de la interacción microbio-planta, algunos cultivares individuales de plantas han adquirido proteínas de resistencia a la infección, proteínas R, que detectan a los efectores microbianos y son capaces de disparar las respuestas inmunes de las plantas. La defensa de la planta activada por este mecanismo se denomina Inmunidad Mediada por Efectores y es sinónimo de resistencia a la enfermedad específica de cultivar en contra un patógeno específico, considerada como la segunda fase en la respuesta inmune. En

este sistema de resistencia, los genes R de la planta confieren resistencia al patógeno que contiene, a su vez, los genes correspondientes de avirulencia (Avr), llamados así, porque su presencia previene el desarrollo de la enfermedad. Los eventos de reconocimiento implican respuestas de la defensa del hospedante, incluyendo la muerte localizada de la célula hospedante o una respuesta hipersensible (HR) que limita la propagación del patógeno (Fig. 2). Se conoce que las proteínas de resistencia de la planta, contienen un sitio de enlace a nucleótidos y dominios ricos en Leucina, este último dominio implicado en el reconocimiento del patógeno. En cambio, las proteínas Avr son diversas, y muchas tienen funciones importantes en el proceso de infección.



**Figura 2. El sistema inmune de las plantas. (a) La percepción mediada por PAMP restringe el crecimiento de patógenos. (b) Los patógenos virulentos han adquirido efectores que facilitan la infección. (c) El reconocimiento de efectores mediado por proteínas R, activa la inmunidad y detiene el crecimiento de patógenos. (Castro y García, 2009).**

### Respuestas celulares durante la infección

Las respuestas intracelulares asociadas a la Inmunidad mediada por PAMP, incluyen una rápida difusión de iones a través de la membrana plasmática, la activación de la cascada de proteínas MAPK, la producción de especies reactivas del oxígeno, cambios rápidos en la expresión de genes y reforzamiento de la pared celular. En la planta, la presencia de receptores de los PAMP y su reconocimiento acciona diversos cambios moleculares y fisiológicos. En minutos después del reconocimiento, se incrementa el flujo de iones a través de la membrana plasmática, y aumenta notablemente la concentración de  $Ca^{2+}$ , se activan las proteínas MAPK, ocurre la fosforilación de varias proteínas, producción de especies reactivas de oxígeno, la endocitosis del receptor transducción de señal que desencadena en la inducción de una regulación transcripcional.

### Estrés oxidativo en la respuesta inmune

Bajo condiciones de estrés abiótico, las respuestas de defensa vegetal incluye la producción de especies reactivas de oxígeno (ROS) durante el ataque. Para minimizar los daños ocasionados por ROS las plantas producen antioxidantes enzimáticos y no enzimáticos. La defensa no-enzimática incluye la producción de ácido ascórbico, glutatión y beta-caroteno. Por otra parte, la defensa enzimática incluye superóxido dismutasas, catalasas y peroxidasas que convierten los radicales superóxido y peróxido de hidrógeno, en especies menos reactivas.

### Inmunidad mediada por Fitohormonas

La respuesta de una planta a cualquier estímulo exógeno o endógeno es la consecuencia de una red de interacciones entre distintas rutas de señalización. Distintos estímulos provocan una activación asimétrica de redes señalizadoras complejas y el balance final de interacciones es el que determina las respuestas específicas al estímulo inicial. Existen evidencias que la célula es capaz de combinar las mismas rutas hormonales para determinar respuestas diferentes a distintos estímulos. Un ejemplo claro lo constituye la respuesta de las plantas a patógenos y heridas. Aunque en ambos casos la planta activa las rutas de señalización de ácido jasmónico y etileno, combina estas dos rutas para que las respuestas finales sean específicas para cada estímulo, generando la producción de inhibidores proteasas glucanasas y quitinasas para la defensa contra hongos y herbívoros.

El análisis conjunto de la actividad del ácido salicílico y del ácido jasmónico, demuestra que no deben activarse ambos productos simultáneamente, ya que existe una acción de bloqueo entre señalizaciones de defensa. Es importante notar que el modo de acción del ácido jasmónico para el control de insectos plaga y patógenos resulta más eficaz en conjunto con el etileno ya que el ácido salicílico actúa generalmente para la defensa contra patógenos (Figura 3).

La acumulación de ácido salicílico se ha comprobado como un potente inmunomodulador en plantas, capaz de inducir protección contra distintos patógenos. La aplicación exógena a concentraciones no tóxicas puede regular el estrés biótico y abiótico, además de inducir la expresión de genes R en una variedad de plantas monocotiledóneas y dicotiledóneas. En *A. thaliana* si se alteran o modifican los coactivadores (NPR1) de

factores de transcripción (WRKY o TGA) involucrados en la señalización de transducción y translocación a núcleo para inducir la expresión de genes relacionados a patogénesis (PR) mediado e inducido por el ácido salicílico por lo tanto al interrumpirse la señalización las defensas disminuyen e incrementan la susceptibilidad a patógenos (Fig. 4).

### Perspectivas

En las últimas décadas se ha obtenido gran cantidad de información en el campo de la inmunidad vegetal, sin embargo restan por llenarse huecos como la identificación de nuevos receptores celulares y sus ligandos, así como el conocimiento detallado sobre la inmunidad inducida por toxinas microbianas para entender con más detalle la activación de las respuestas de defensa en las plantas. Las áreas de investigación en el estudio de la respuesta de la planta frente a los distintos patógenos incluyen por una parte, el estudio de los efectores patogénicos que desencadenan la respuesta vegetal, los mecanismos por los cuales el patógeno puede modular o evadir a los efectores de la inmunidad vegetal. Por otro lado el estudio de los mecanismos de inducción por los que es posible desencadenar la respuesta inmune de manera efectiva para la generación de variedades mejoradas, tendrá un impacto considerable en el desarrollo de variedades de plantas sanas o libres de patógenos con un consecuente beneficio a la sociedad.

### Referencias

- Buchanan BB, et al. 2000. Biochemistry and Molecular Biology of Plants 1367. American Society of Plant Physiologists. Maryland USA.
- Castro ME, García PE. 2009. *Biológicas*, no. 11, pp. 43 – 47.
- Chuanfu A, Mou Z. 2011. *Journal of Integrative Plant Biology*. 53 (6): 412–428.
- Corné M, et al. 2009. *Nature Chemical Biology*. Vol. 5 num. 5.
- Rangel SG, et al. 2010. *Biológicas*, 12(2): 90 – 95.
- Jones JDG, Dangl J. 2001. *Nature*. Vol 444. 16. doi:10.1038/nature05286.
- Ojito R, Portal O. 2010. *Biotechnología Vegetal*. Vol. 10, No.1:3-19.
- Sánchez RS, et al. 2011. *Am. J. Pot. Res* 88:175–183.
- Wang D, et al. 2006. *PLoS Pathog*. Nov; 2(11):e123.
- Harman Gary E., et al 2004. *Nature Reviews Microbiology* 2: 43-56.

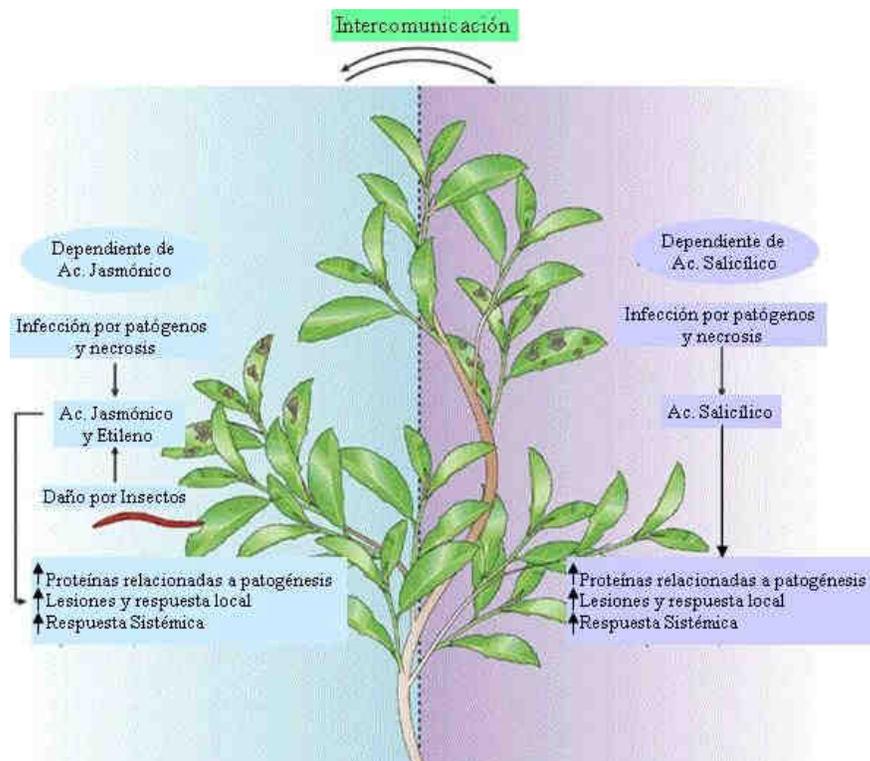


Figura 3. Intercomunicación entre las vías de defensa de plantas mediado por fito-hormonas (Harman et al., 2004).

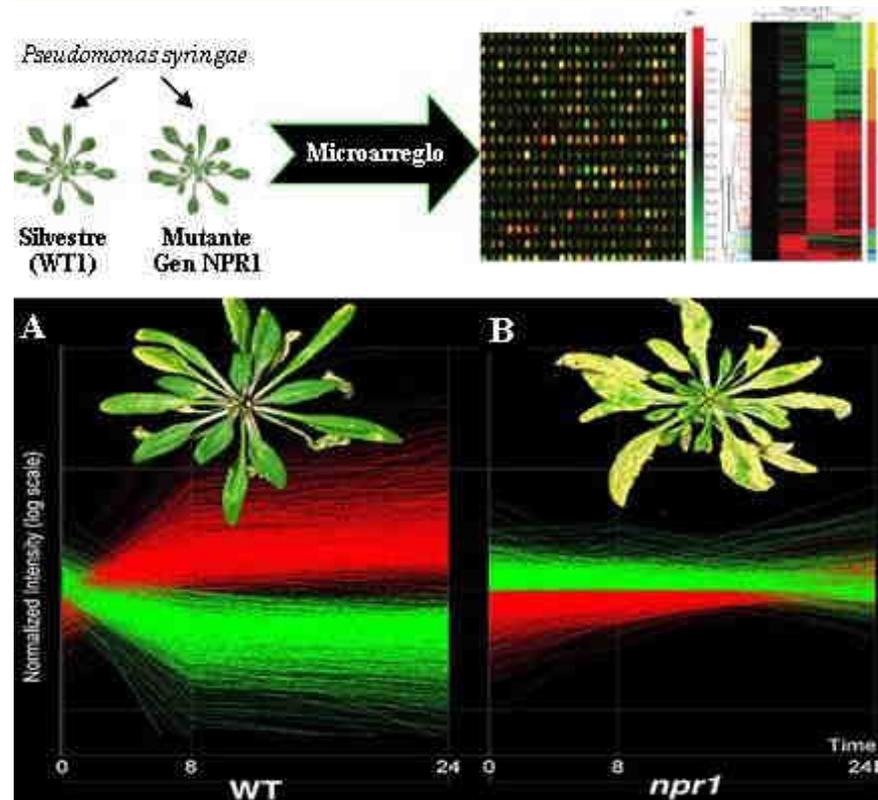


Figura 4. Análisis por Microarreglos de la expresión de genes inmunológicos de *A thaliana* en presencia de *P. syringae*. A) Inducción de genes de defensa (en rojo) y represión (en verde) en presencia de ácido salicílico en plantas silvestres (WT, wild type) B) Mutante para coactivador de transcripción NPR1 estimulado por ácido salicílico, observándose represión de genes de defensa conduciendo a susceptibilidad. (Wang et al., 2006)

# Plantas en Áreas Urbanas

## *Cycas circinalis* EN EL ÁREA METROPOLITANA DE MONTERREY

M.C. Felipe Elizondo Silva<sup>1</sup>, M.C. María del Consuelo González de la Rosa<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Preparatoria No. 7, UANL

<sup>2</sup> Depto. de Botánica, FCB-UANL

Las plantas del género *Cycas* son plantas gimnospermas, de la familia Cica-  
dáceas. Durante el Triásico y Jurásico do-  
minaron la superficie vegetal del planeta.  
En la actualidad se consideran fósiles vi-  
vientes con una familia de un solo género  
y alrededor de 100 especies, distribuidas  
en zonas tropicales y subtropicales de  
Asia, África y Oceanía.

Son plantas dioicas, con alternancia  
de generaciones, con presencia de un  
tallo monopódico y una corona de hojas  
en la parte apical; al llegar a su madurez,  
se diferencian las estructuras reproduc-  
toras en androestróbilos y ginoestróbilos.

Sus poblaciones fueron abundantes  
en el mesozoico sobreponiéndose a con-  
diciones ambientales adversas/  
extinciones/ propagándose a través de  
diferentes eras geológicas de tal manera  
que en el siglo XXI forman parte de la di-  
versidad florística en el entorno urbano.

### *Cycas circinalis*

Es una planta muy parecida a una  
palma o a un helecho arborescente; el  
esporofito masculino es similar al de un  
pino, pero son descendientes de los hele-  
chos con semilla. Sin embargo, llegaron a  
ser tan comunes y numerosas durante el  
Mesozoico, que con frecuencia se habla  
de la "era de las cícadas y/o de los dinosaurios".

El tallo es cilíndrico, con crecimiento secundario; las hojas  
son verde brillantes con una longitud de hasta 2 m.

Las cicas producen periódicamente una nueva capa de  
hojas de color verde intenso alrededor y por debajo del ápice  
, secuencialmente en el centro de las hojas se desarrolla



Planta adulta de *Cycas circinalis*



Primordios de hojas



Cono o estróbilo masculino



Reproducción vegetativa



Cono o estróbilo femenino



Hojas circiniadas

el cono o estróbilo que contiene a las estructuras reproduc-  
toras, que por ser dioico tiene diferente pie de planta. Se  
propagan vegetativamente a partir de yemas caulinares, las  
heridas hacen proliferar a estas yemas; siendo este un medio  
de propagación mas rápido, ya que por semilla se hace muy  
lenta.

## Ciclo vital y evolución

Las Cycadofitas, son un grupo de plantas muy primitivas, que alcanzaron su clímax en el triásico y el jurásico, representan una etapa importante en la evolución de las plantas con semilla.

Las Cycas son plantas dioicas, que al completar su madurez sexual, en el centro de la corona de hojas del esporofito, se desarrolla una estructura en forma de cono /gametofito/ masculino, o femenino .

En la parte baja del tronco, o en el suelo emergen las estructuras vegetativas, yemas, o hijuelos que dan origen a nuevos esporofitos en la perpetuidad de la especie.

## *Cycas circinalis* en Monterrey y su Área Metropolitana

Como ya se dijo estas plantas son de origen asiático, sin embargo, se han adaptado bien a la ciudad, donde se pueden encontrar un buen número de ejemplares. La especie se desarrolla de manera adecuada y completa con éxito su ciclo reproductivo.

## Respuesta de la planta a temperaturas extremas

En febrero de 2011 se presentó un fenómeno poco común en la ciudad al presentarse temperaturas cercanas a los 10 °C bajo cero durante más de 48 horas continuas, lo cual produjo severos daños a la flora ornamental de la ciudad, incluyendo a *C. circinalis* que en la mayoría de los casos perdió todo su follaje, sin embargo, después de algunas semanas los ejemplares empezaron a mostrar signos de recuperación, y para mayo de 2011 las hojas presentaban ya un buen estado de desarrollo.

Lo anterior pone de manifiesto la buena capacidad de adaptación a condiciones extremas de estas plantas, por lo que podemos concluir que las cicadáceas vencieron el pasado, conquistaron el presente y es evidente su presencia en el futuro.

## Referencias

Espinosa, Y.L. 2006 . Las cycadas. Biología y Conservación en México . Universidad Autónoma de Chapingo

Haupt, W.A. 1963. Plant Morphology. Mc Graw Hill Book Company Inc., New York, U.S.A.

Lawrence, M.H. 1965 .Taxonomy of vascular plants. The Mc Millan, Company, New York, U.S.A.

Vovides, A.P. 2000. México, segundo lugar mundial en diversidad de Cycadas. CONABIO. Biodiversitas. 31 . 6 – 10 .



Efecto de temperaturas bajo 0 en *Cycas circinalis* durante febrero 2011



Recuperación de *Cycas circinalis* dos meses después



*Cycas circinalis* casi completamente recuperada y en etapa reproductiva en el verano de 2011

## CURSOS ORGANIZADOS POR EL CUERPO ACADÉMICO BOTÁNICA EN EL PERÍODO AGOSTO – DICIEMBRE 2011

Como ya es tradición, el Departamento y Cuerpo Académico de Botánica, busca mantenerse permanentemente actualizado en temas académicos, para lo cual organiza periódicamente cursos de actualización sobre diversos tópicos botánicos y en este último semestre tuvimos el agrado de llevar a cabo tres cursos en los que participaron alumnos, profesores y público en general. A continuación mencionamos algunos detalles de estos cursos y mostramos una pequeña galería fotográfica de los mismos.

### Curso-Taller:

#### Aplicaciones de la Fitogeografía en el Estudio de los Recursos Vegetales

Este curso se impartió del 17 al 19 de Octubre del 2011, y estuvo a cargo de los doctores Marcela González Álvarez y Víctor R. Vargas López, profesores investigadores de nuestra Facultad.

Entre los temas cubiertos en este curso se encuentran: la distribución geográfica de las plantas, los centros de origen y distribución de flores, del análisis geográfico de floras, la clasificación de la flora mexicana y la riqueza florística de México.

En este evento participaron un total de 24 personas, de las cuales 13 son alumnos y 11 profesores.

### Curso-Taller:

#### Taxonomía, Identificación y Algunos Aspectos Ecológicos de las Gramíneas (Poaceae-Gramineae)

Este curso fue impartido por el Dr. Jesús Valdez Reyna, Profesor-investigador de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, y uno de los especialistas más reconocidos en México sobre el tema.

Este curso fue impartido del 28 al 30 de noviembre del 2011 y contó con la participación de 13 personas, 5 de ellas alumnos y 8 profesores.

Durante el curso teórico-práctico el Dr. Valdez Reyna compartió su experiencia de décadas de investigación; algunos de los temas revisados en el curso fueron: historia de la agrostología; importancia, distribución y tendencias evolutivas de la familia Poaceae; estructuras vegetativas, reproductivas y nomenclatura utilizadas en la identificación de las gramíneas; sistemas y técnicas para clasificación de gramíneas, así como ecología y fitogeografía de pastizales de México y conocimiento actual de las gramíneas de México.

### Curso-Taller:

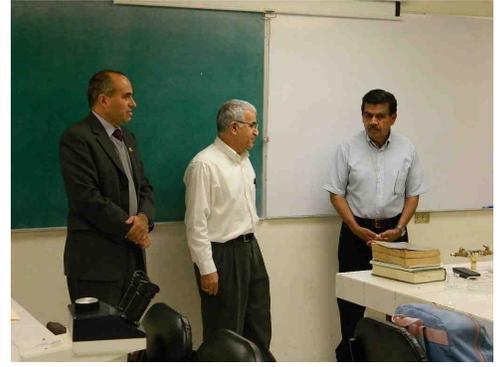
#### Los Chiles Mexicanos:

##### Su Siembra, Cultivo y Cosecha

Este curso fue impartido por un grupo de maestros con experiencia en el tema y encabezados por el M.C. José Guadalupe Almanza Enríquez, quién ha dedicado más de 20 años al estudio de la biología de las plantas del género *Capsicum*. Junto con él participaron la Dra. María Luisa Cárdenas Ávila, El M.C. Jorge Alberto Villarreal Garza y el joven Jesús Manuel Chapa Garza.

Este curso se llevó a cabo del 6 al 8 de Diciembre del 2011, contando con la participación de 20 personas, de las cuales, 11 son alumnos y 9 profesores.

Entre los temas abordados en el curso se incluyó: Origen y dispersión de los chiles en el mundo, antecedentes históricos, diversidad, panorama actual de la producción de chiles en el mundo, identificación de las principales variedades, obtención de semillas, prácticas culturales, germinación, desarrollo de la planta y cosecha.



**Curso sobre Taxonomía de Gramíneas**



**Curso sobre Siembra, Cultivo y Cosecha de Chiles Mexicanos**

# Diversidad en el Reino Vegetal

## LAS BRIOFITAS

“El hombre está en medio de dos infinitos –el infinitamente grande y el infinitamente pequeño– los cuales aún le son incomprensibles” (Pascal, 1623-1662).

Anwar Israel Medina Villarreal,  
M.C. María del Consuelo González de la Rosa  
Lab. de Fanerógamas, Departamento de Botánica, FCB-UANL

La anterior cita nos lleva a pensar en la escala a la cual se estudia el universo, ya que cuando ésta es pequeña, puede ser crucial el más mínimo detalle. Existe un microcosmos al ras del suelo, inconspicuo al observador común, pero habitado por millares de microorganismos, hongos, algas, líquenes, y comunidades de “microplantas” tan complejas y diversas como el de los bosques que conocemos. Estas plantas en miniatura pertenecen al grupo de las briofitas, las cuales incluyen a tres de los linajes más primitivos de plantas terrestres, a saber: los antoceros, las hepáticas y los musgos. En el siglo XVII, Jung llegó a considerar a éstas como jembriones abortados de plantas!, pero actualmente es indiscutible su lugar en el Reino Plantae, y no obstante, aún su propio subreino denominado Bryobiotina. Este último contiene a tres de las divisiones correspondientes a cada una de las briofitas, ya que las tres comparten en su ciclo de vida una alternancia de generaciones heteromórfica y haplodominante, esto quiere decir, que se suceden dos formas multicelulares con carga genética distinta, una esporofítica ( $2n$ ) y una gametofítica ( $n$ ), siendo ésta última la dominante (Figura 1).

Los gametofitos de las briofitas son fotosintéticos, de vida libre y perennes; mientras que los esporofitos permanecen anclados a éstos dependiendo nutricionalmente, no obstante algunos son fotosintéticos por un corto tiempo. Cabe resaltar, que las briofitas no forman un grupo natural en el sentido monofilético, pero su comparable ciclo de vida promueve un cohesivo campo de estudio científico llamado Briología. Excepto por algunas especies de musgos del género *Sphagnum* que miden

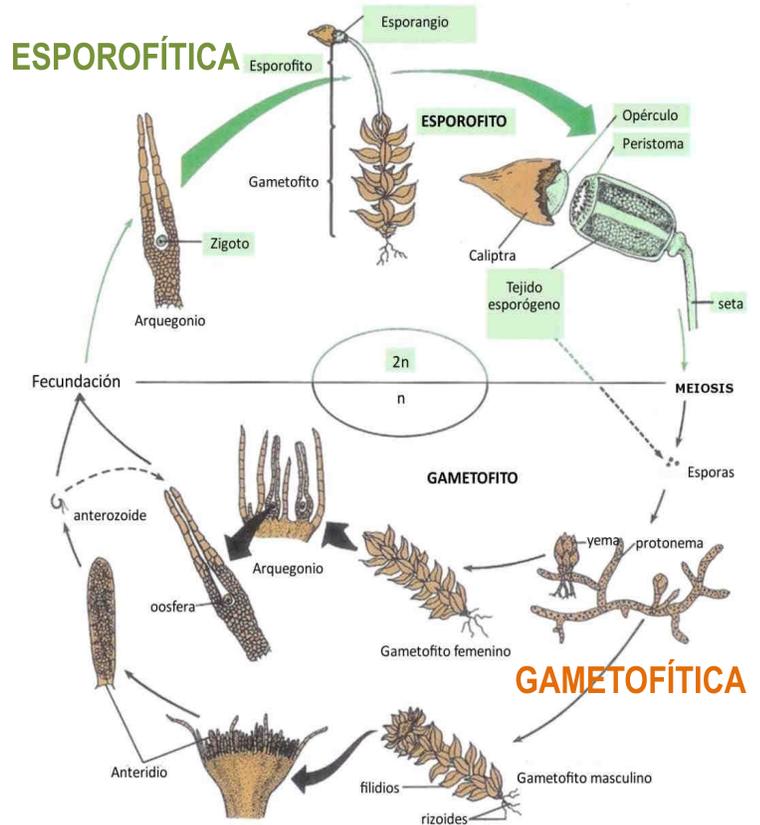


Figura 1. Ciclo biológico de una briofita



*Pogonatum sp*

más de 1 metro de largo, la mayoría de las briofitas no rebasan escasos milímetros del suelo.

### Diversidad

Las briofitas corresponden al segundo grupo de plantas más diverso en el planeta, ya que se estima poseen de 20,000 (Gradstein *et al.*, 2001) a 25,000 (Crum, 2001) especies repartidas en las tres divisiones taxonómicas: Anthocerotophyta, que incluye los antoceros; Marchantiophyta, a las hepáticas; y Bryophyta a los musgos. Siendo éstos últimos los más diversos con 10,000 a 15,000 especies (Buck y Goffinet, 2000); seguido de las hepáticas con 6,000 a 8,000 (Schuster, 1984); y alrededor de 100 especies de antoceros (Renzaglia y Vaughn, 2000). Cabe destacar que el amplio margen de la cantidad de especies radica en la confusa taxonomía que aún predomina, por considerarse algunas especies válidas mientras otras que no.

México alberga 1330 especies de briofitas, destacándose los musgos como los más diversos al poseer 982 taxa, seguidos a su vez de 343 hepáticas y 5 antoceros (Delgadillo, 2003). Para los estados de la República Mexicana se tienen datos incompletos, ya que algunos han sido mayormente explorados briológicamente; para el estado de Nuevo León se tienen registradas 125 especies de musgos (Sharp *et al.*, 1994).

### Distribución Geográfica

Excepto por el ambiente marino, las briofitas como grupo, son casi cosmopolitas. Debido al pequeño tamaño de sus esporas y a la frecuente ocurrencia de propágulos vegetativos, son fácilmente dispersadas. De manera tal, que algunas presentan una distribución más amplia que el de las plantas con semillas (Tan, 2000). El microhábitat que ocupan las briofitas va desde las rocas desnudas, sobre el suelo, troncos y/o ramas de los árboles; encontrándose preferentemente en lugares húmedos o en ocasiones acuáticos, pues requieren de agua líquida para la fecundación. Sin embargo pueden tolerar condiciones ambientales extremas que otras plantas no resisten, y por



*Anthoceros laevis*



*Funaria sp*



*Sematophyllum adnatum*



*Syntrichia sp*

ésta razón están ampliamente distribuidas en el mundo, desde los ambientes árticos hasta las zonas tropicales y desde los desiertos hasta los ambientes sumergidos. Es común que las briofitas formen una alfombra continua en el piso de los bosques húmedos, mientras que en otros ambientes extremos, son los organismos pioneros que modifican el substrato y dan lugar a condiciones favorables para la colonización por otras plantas. Dicho de otro modo, las briofitas son esenciales en la formación de suelo (Delgadillo, 1993).

### Fisiología y Nutrición

En relación a su diminuto tamaño, las briofitas son generalmente organismos poiquilohídricos, es decir, que tienen escaso control sobre la pérdida de agua y pueden resistir largos períodos de desecación, que después de los cuales pueden reactivar su metabolismo normal. La economía del agua en las briofitas, está íntimamente relacionada con la nutrición mineral de éstas, ya que el agua de lluvia transportada por los tejidos internos o por su superficie, lleva consigo los nutrientes necesarios disueltos. Tales sustancias son arrastradas a partir de las rocas o de otras superficies como los tallos y hojas de otras plantas (Delgadillo, 1993).

La mayoría del conocimiento generado sobre los requerimientos nutricionales de las briofitas, han sido producto de su cultivo *in vitro*; y algo en particular aprendido de lo anterior, es que las concentraciones de nutrientes usadas para el crecimiento en laboratorio de traqueofitas, son demasiado altas para la condición poiquilohídrica de las briofitas, observándose que las concentraciones 10:1 son las más satisfactorias. De tal forma que el factor más importante en las necesidades nutrimentales y toxicidad en las briofitas, es el osmótico. Debido principalmente a su carencia de epidermis (excepto por algunas formas talosas) y de cutículas cerosas, son especialmente susceptibles al choque osmótico. Cabe destacar que las briofitas requieren de macro y micronutrientes en la similar proporción que las traqueofitas (Glime, 2006). Las fuentes principales de nutrientes de los brio-

fitas son cinco: por precipitación, por corrientes superficiales de agua (arroyos, ríos, lagos), del suelo, por polvo atmosférico y por restos vegetales.

Algo sorprendente y particularmente diferente al resto de las traqueofitas, es cuando una briofita completamente seca es humedecida, ya que inmediatamente muestra cambios en el turgor de las hojas, las cuales se extienden para tomar su posición normal. Esta rápida rehidratación y activación del metabolismo, es soportado por dos cruciales estrategias de tolerancia a la desecación: protección celular y reparación celular (Oliver *et al.*, 1993). La recuperación de la actividad celular está dada por la acción de numerosas rehidrinas (proteínas rehidratantes) y por una rápida reparación de membrana. Sin embargo, la velocidad de reparación depende principalmente por una lenta desecación que a su vez permite la formación de mRNP's (messengerribonucleoproteinparticles), las cuales secuestran el ARNm que sintetiza a las rehidrinas, donde una de las cuales es la responsable de la producción de antioxidantes durante la rehidratación, que evita el daño celular por las especies reactivas de oxígeno durante el proceso (Oliver *et al.*, 1993). De tal manera que la formación de mRNP's producto de la lenta deshidratación es clave para la recuperación normal del metabolismo, ya que si el organismo se seca rápidamente, tendrá que hacer esto mientras se rehidrata.

Esta rápida recuperación se evidencia al activarse el nucléolo (prueba de síntesis de proteínas), el retículo endoplásmico, el aparato de Golgi, mitocondrias, vacuolas, desaparición de reservas lipídicas, y síntesis de almidón en cloroplastos. Además incluye la síntesis de polipéptidos presentes únicamente durante la rehidratación, los cuales son producto de un gran número de genes vegetales al momento no identificados, en donde 71% de éstos no se conocen en otros grupos de plantas. Cabe destacar, que cortos períodos de rehidratación entre frecuentes períodos de desecación acaban con los recursos, y son más dañinos que largos períodos de sequía. No obstante, existe el registro del musgo antártico (*Grimmia* sp) que había estado durante más de 15 meses completamente seco, y al ser rehidratado produjo nuevos brotes. Otro dato es de una hepática de herbario (*Riccia macrocarpa*) depositada hace 25 años atrás, recuperó su metabolismo normal tras 9 días de hidratación! (Breuil-Sée, 1994). Lo anterior prueba la importante estrategia de tolerancia a la sequía, que han desarrollado las briofitas a través de su larga historia de vida en la Tierra.

### Microhabitantes

Imagínate que eres una pequeña criatura. Todo al derredor tuyo sería gigante. Pero ahí, en medio de las rocas y las hojas de pino, un bosque miniatura te llama. Es musgo. Tu hogar. Allí donde te sientes seguro, protegido del seco viento y de los calientes rayos del sol. Escondido de las hambrientas aves. Donde encuentras pequeños pedacitos de comida para tu dieta. El "briomundo" está lleno de vida, creando un hábitat como ningún otro (Ramazzotti, 1958).



***Marchantia polymorpha***

Las briofitas ofrecen, debido a su diminuta talla, un espacio limitante para quienes las habitan. Sin embargo, proveen de protección a pequeños organismos de depredadores mayores. Y en atención a su lenta tasa de crecimiento, permiten servir de nodriza para aquellos que son inicialmente pequeños, pero que son forzados a salir cuando alcanzan una talla mayor, antes de que se turnen caníbales y coman a sus propias crías. La condición perenne de las briofitas, mientras que las traqueofitas están ausentes o inhabilitadas para proveer abrigo, ofrecen un adecuado hábitat donde pasar el invierno, desde los pequeños organismos que viven sobre los tallos u hojas de otras plantas, hasta los grandes que viven subterráneamente o los que los usan para hacer sus nidos. Por otro lado, las briofitas típicamente hospedan a una amplia variedad de micro y macroinvertebrados (Ino, 1992; Peck y Moldenke, 1999), lo cual sugiere que sirve de sitio para múltiples vías o rutas en el ciclaje de nutrientes (Merrifield e Ingham, 1998).

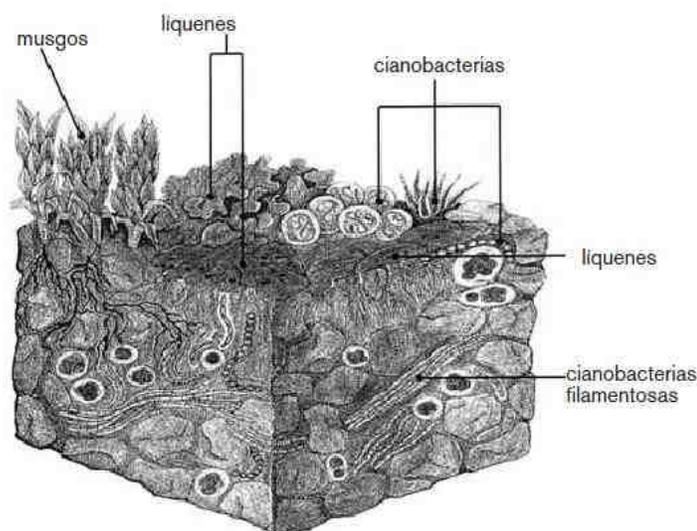
Gerson (1982) dividió a la briofauna en cuatro categorías: briobiontes, que viven exclusivamente asociados a las briofitas; briófilos, asociados a las briofitas pero que pueden encontrarse fuera de ellas; brioxenos, que parte de su ciclo de vida lo pasan en briofitas; y ocasionales, visitantes o encontrados en ocasiones con las briofitas pero no depende de ellas



***Tortula* sp**

para su supervivencia. En orden de abundancia los organismos que habitan las briofitas son nemátodos, rotíferos, tardígrados, ácaros, oligoquetos e insectos (Sayre y Brunson, 1971). Estos diminutos organismo apenas visibles al ojo humano se denominan meiofauna –0.5 a 0.045 mm– los cuales viven sobre la capa de agua que se forma en la superficie de las briofitas, y que pueden alcanzar un estado ametabólico. Estos organismos incluyen a los tardígrados, nemátodos de vida libre y a los rotíferos. El estado criptobiótico o ametabiótico, les permite sincronizarse con la dormancia de las briofitas en el período de desecación o cuando son cubiertas por espesa nieve. Y una vez que las condiciones adversas pasan, se rehidratan hasta alcanzar su estado metabólico normal.

Una particularidad importantísima de las comunidades xerofíticas son las costras criptogámicas (también llamadas costras biológicas) presentes en praderas y desiertos, las cuales son masas de briofitas asociadas a líquenes y algas, habitadas por hongos, bacterias y otros microorganismos. Que en ambientes xéricos pueden llegar a ocupar poco más del 70% de la superficie, lo cual evidencia un importante rol en el ciclaje de nutrientes. Las zonas áridas son altamente vulnerables a la erosión hídrica y eólica puesto que poseen amplias áreas de suelo desprovistas de vegetación, y es ahí donde estas costras contribuyen a estabilizar el suelo y a disminuir la erosión. Las estructuras de fijación de las cianobacterias, musgos y líquenes se



### Costra biológica

entretejen en las capas superficiales del suelo, formando una red que retiene la materia orgánica y partículas minerales, mientras que permite la infiltración del agua, participando así en el ciclo hidrológico (Rivera y Manuell, 2004). Actualmente la información disponible escasea, no obstante, siendo México y particularmente Nuevo León un estado mayormente ocupado por zonas áridas, sería indispensable contar con estudios desde ésta perspectiva, y no sólo para conocer su funcionamiento, sino también para contribuir a su conservación.

### Referencias

- Buck, W y Goffinet, B. 2000. Morphology and classification of mosses. In: Bryophyte Ecology. Eds. Shaw, A. y Goffinet, B. University of Cambridge. Cambridge, UK. 71-71-123 pp.
- Breuil-Sée, A. 1994. Reviviscence of a bryophyte in anhydrobiosis for a quarter of a century: cytological criteria of reviviscenceability in *Riccia macrocarpa* Lev. Compt. Rend. Acad. Sci. (París) Ser. III Sci. Vie. 317: 245-252p.
- Crum, H. 2001. Structural Diversity of Bryophytes. University of Michigan Herbarium. Ann. Arbor. 379p.
- Delgadillo, C. y Cárdenas, M. A. 1993. Manual de briofitas. Cuadernos #8. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 135p.
- Gerson, U. 1969. Moss-arthropod associations. Bryologist 72: 495-500p.
- Glime, J. 2006. Bryophyte Ecology. Vol 1: Physiological Ecology. Michigan Technological University, Botanical Society of America and International Association of Bryologists. Publicado en línea: <http://www.bryoecol.mtu.edu/>
- Gradstein, S. R., Churchill, S. P., and Salazar Allen, N. 2001. Guide to the Bryophytes of Tropical America. Mem. N. Y. Bot. Gard. 86: 1-577p.
- Ino, Y. 1992. Estimation of the net production of moss community at Langhovde, East Antarctica. Antarct. Rec. (Tokyo) 36: 49-59p.
- Merrifield, K. and Ingham, R. E. 1998. Nematodes and other aquatic invertebrates in *Eurhynchium oreganum* (Sull.) Jaeg., from Mary's Peak, Oregon Coast Range. Bryologist 101: 505-511p.
- Oliver, M. J., Mishler, B. D., and Quisenberry, J. E. 1993. Comparative measures of desiccation-tolerance in the *Tortula ruralis* complex. I. Variation in damage control and repair. Amer. J. Bot. 80: 127-136p.
- Peck, J. E. and Moldenke, A. 1999. Describing and estimating the abundance of microinvertebrates in commercially harvestable moss. Eugene District of the Bureau of Land Management, Eugene, Oregon.
- Ramazzotti, G. 1958. Note sulle biocenosi de imuschi. Mem. Ist. Ital. Idrobiol. Dott Marco Marchi 10: 153-206p.
- Renzaglia, K. and Vaughn, K. 2000. Anatomy, development and classification of hornworts. In: Bryophyte Ecology. Eds. Shaw, A. y Goffinet, B. University of Cambridge. Cambridge, UK. 1-20p.
- Rivera, V. Manuell, I. y Godinez, H. 2004. Las costras biológicas del suelo y las zonas áridas. En: Ciencias. 75:24-27p
- Sayre, R. M. and Brunson, L. K. 1971. Microfauna of moss habitats. Amer. Biol. Teacher 33: 100-102, 105p.
- Schuster, R. M. 1984. Evolution, phylogeny and classification of Hepaticae. In: New Manual of bryology. Ed. R.M. Schuster. Hattori Botanical Laboratory, Nichinan, China. 892-1070p.
- Sharp, A., Crum, H. and Eckel, P. 1994. The Moss Flora of Mexico. New York Botanical Garden. Bronx, New York. 1113p+XIII
- Tan, B. and Pócs, T. 2000. Bryogeography and conservation of bryophytes. In: Bryophyte Ecology. Eds. Shaw, A. y Goffinet, B. University of Cambridge. Cambridge, UK. 403-448p.

## PROPAGACIÓN DE CACTÁCEAS USANDO ZEOLITA NATURAL COMO SUSTRATO

Lidia Salas Cruz\*, Rahim Foroughbakhch Pournavab\*, Lourdes Díaz Jimenez\*\*

\*Facultad de Ciencias Biológicas, UANL

\*\* CINVESTAV Unidad Saltillo

Entre las especies que conforman la vasta diversidad de flora en México, la familia Cactaceae destaca de manera especial, debido a que constituyen un grupo de plantas que caracterizan el paisaje en zonas áridas y semiáridas de México. Se trata de un valioso recurso vegetal desde varios puntos de vista: biológico, ecológico, alimenticio, industrial y ornamental, pues desde tiempos prehispánicos y aún en la actualidad, los grupos étnicos de nuestro país utilizan las cactáceas en ceremonias religiosas, como fuente de alimento y medicinal. Sin embargo, en la actualidad, la familia de las cactáceas ha sido seriamente afectada por diversos factores entre los que destacan, cambios de uso de suelo, la extracción para el comercio ilegal de cactus y semillas, plagas y enfermedades.

Hoy por hoy, una alta proporción de especies de cactáceas están amenazadas y han sido incluidas en listas internacionales relacionadas con la protección de la diversidad, como la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN), la Convención Nacional para la Regulación del Comercio de Especies Amenazadas (CITES); y mediante la normatividad mexicana en la NOM-ECOL-059-2001.

Una alternativa para la solución de dicha problemática es el establecimiento de técnicas sencillas y factibles para la multiplicación de las cactáceas, lo que involucra la evaluación de nuevos sustratos que proporcionen los nutrientes adecuados para el óptimo crecimiento de las plantas. Un sustrato que cumple con las características necesarias para el desarrollo de cactáceas entre otras plantas son las zeolitas naturales, aunque actualmente los estudios científicos sobre el uso de dicho mineral como sustrato son mínimos.

### ¿Qué son las zeolitas?

En 1757, Cronstedt descubrió el mineral estilbita. Este perdió agua cuando se calentó con una llama de soplete, un proceso ahora conocido como "intumescencia". Él llamó a dicho mineral "zeolita", del griego "zeo", hervir y "lithos" piedra, ya que muchas zeolitas parecen hervir cuando se calientan. A partir de este descubrimiento las zeolitas se consideran como uno de los grupos de minerales más abundantes sobre la tierra. Hasta ahora se han descubierto cerca de 50 tipos de zeolitas (clinoptilolita, mordenita, chabazita, Phillipsita, Haulandita, etc.), en cada una de ellas varían sus propiedades físicas y químicas originando diferentes densidades, selectividad catiónica y tamaño de poros.

Las zeolitas pertenecen a la familia de los tectosilicatos y son aluminosilicatos cristalinos, con elementos de los grupos I y II como cationes. Consisten en un armazón de tetraedros de  $[\text{SiO}_4]^{4-}$  y  $[\text{AlO}_4]^{5-}$  conectados el uno al otro en las esquinas por medio de átomos de oxígeno (Figura 1).

Las zeolitas son un grupo de minerales, con una estructura especial que les confiere propiedades como la capacidad de intercambio iónico y la habilidad de actuar como tamices moleculares. Debido a estas propiedades las zeolitas tienen un amplio



Jardín botánico del CINVESTAV, Unidad Saltillo

rango de aplicaciones en diversas áreas. Así, por su capacidad de intercambio iónico las zeolitas naturales (Clinoptilolita, Mordenita, Chabazita) pueden usarse para: 1) la reducción de la contaminación ambiental creada por las aguas residuales industriales y municipales; 2) el proceso de reducción de la dureza del agua; 3) el mejoramiento de la productividad agrícola, como fertilizantes.

En México en los años setentas fueron descubiertos las primeras manifestaciones de zeolitas (clinoptilolita) en el Estado de Oaxaca. Luego fueron encontradas grandes reservas de estos importantes minerales tanto en este mismo estado, como en Sonora, Puebla, San Luis Potosí y otros varios estados.

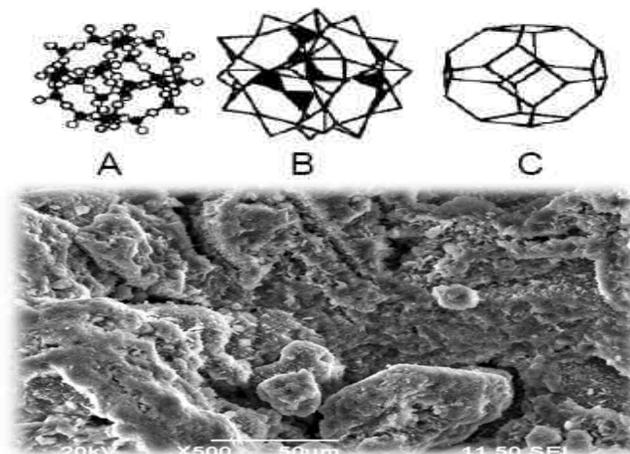


Figura 1. Estructura típica de las zeolitas. A. Atómica, B. Tetraédrica, C. Cristalina y D. Cristales de zeolita en microscopía electrónica de barrido (Tomado de Olguín, 2002).

### Uso de zeolitas en horticultura

El uso de clinoptilolita como el principal constituyente de un suelo artificial fue desarrollado en Bulgaria a finales de los años 70's. El cultivo de plantas en suelos sintéticos consistentes de zeolitas con o sin peat, vermiculita y semejantes, se ha denominado cultivo zeopónico (Mumpton, 1999; Figura 2).

La superficie de intercambio catiónico de las zeolitas está ocupada por Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> y Mg<sup>2+</sup>, los cuales, con excepción del Na<sup>+</sup>, pueden ser aprovechados por las plantas cuando se emplean como sustratos. Entre éstas se encuentra la clinoptilolita, la cual contiene principalmente Na<sup>+</sup>, elemento fitotóxico para las plantas. No obstante, la zeolita puede ser tratada con una solución, para intercambiar el Na<sup>+</sup> por K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> y Mg<sup>2+</sup>.

Algunos de los cultivos en los que ha sido evaluada la adición de zeolitas son: tomate, pepino, trigo, fresa, pimiento, repollo, rábano, cebada, papa, cebada y ajo; logrando incrementar la producción y rendimiento de dichos cultivos; los países en donde se han desarrollado estas investigaciones son Bulgaria, Cuba, Holanda, Lituania y Japón. En nuestro país solo se ha evaluado en jitomate (Urbina et al., 2006) y recientemente en cactáceas (Salas, 2010).

### Cultivo de cactáceas usando zeolitas

Las propiedades de las zeolitas pueden ser aprovechadas para la producción de cactáceas con fines no solo comerciales (para la producción de plantas de ornato) sino también de conservación, dada la complicada situación que amenaza las poblaciones naturales de cactáceas.

Actualmente en el Laboratorio de Manejo Integral de Recursos Vegetales, de la Facultad de Ciencias Biológicas, se lleva a cabo una investigación para evaluar la adición de zeolitas en el cultivo de 12 especies de cactáceas presentes en Áreas Naturales Protegidas del Noreste de México.

Se han reportado las considerables ventajas del uso de este mineral para la germinación, crecimiento y supervivencia de cactáceas representativas del noreste de México, como *Astrophytum capricorne* (mechudo), *Astrophytum myriostigma* (bonete de obispo), *Escobaria dasyacantha* (biznaga de chilitos), *Echinocereus reichenbachii* (huevo de toro), *Mammillaria prolifera* (biznaga blanca) y *Sclerocactus scheeri* (biznaga ganchuda o nido de pájaro) (Figura 3).

En pruebas de germinación bajo condiciones de laboratorio, se confirmó que existe una mejor respuesta de germinación para las cactáceas colocadas en sustrato zeolita (71%) en comparación con los sustratos convencionales, como arena sílica (49%) e inclusive el suelo natural proveniente de las zonas de crecimiento de las cactáceas (49%).

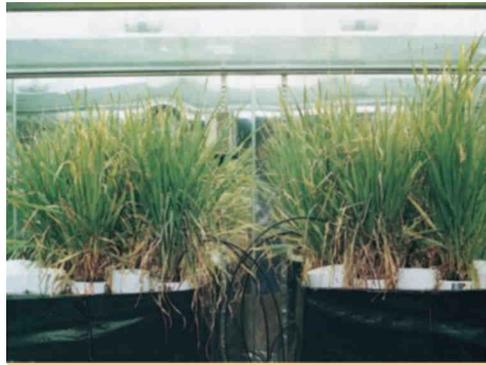


Figura 3. Cultivo zeopónico de trigo usado por la NASA en vuelos y estaciones espaciales, Johnson Space Center, Houston, TX. (tomado de Mumpton, 1999).



Figura 3. Floración de *Mammillaria prolifera* en sustrato zeolita - peat moss.

En cuanto a la supervivencia, igualmente se ha demostrado el marcado incremento en el número de plantas sobrevivientes al usar una mezcla de sustrato conformada por peat moss y zeolita en proporción 50-50 (Figura 4), en comparación con la mezcla comúnmente utilizada en viveros de producción de cactáceas de peat moss - perlita.

Además de las técnicas convencionales de producción de cactáceas, existen las técnicas de cultivo in vitro, que han resultado de gran ayuda para obtener un mayor número de plantas sanas y vigorosas. Bajo estas condiciones el sustrato utilizado es el constituido por agar sólido; sin embargo, se puede sustituir con zeolita obteniendo resultados similares y con la ventaja de reducir el costo de este tipo de producción, puesto que las zeolitas se encuentran en grandes yacimientos a lo largo de México y tienen un costo mínimo en comparación con el agar utilizado en cultivo in vitro.

La zeolita natural como sustrato, ya sea en las pruebas realizadas in vitro o in vivo, han demostrado la conveniencia del uso de dicho mineral para lograr resultados similares a los reportados con sustratos convencionales. Inclusive, se logra mejorar los resultados, incrementando el porcentaje de germinación y acelerando la emergencia y supervivencia de las plántulas al adicionar Ca<sup>2+</sup> y Mg<sup>2+</sup> al sustrato de zeolita. Estos resultados, son de especial importancia para las especies que se encuentran listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2001 como Amenazadas y/o Endémicas y proporcionan una alternativa para propagar de manera simple, eficaz y a bajo costo, este importante grupo de plantas.

### Referencias

Alanís F.G. y Velazco M.C. 2008. Importancia de las cactáceas como recurso natural en el noreste de México. Ciencia UANL. Vol. XI, Núm. 001. Pp 5-11.  
Mumpton F.A. 1999. La roca mágica: Uses of natural zeolites in agriculture and industry. Colloquium Paper. Proc. Natl. Acad. Sci. USA Vol. 96: 3463-3470.

Ostrooumov, M. 2002. Zeolitas de México: diversidad mineralógica y aplicaciones. Sociedad Mexicana de Mineralogía, <http://www.geocities.com/smexmineralogia/zeolitas.htm

Olguín G.M. 2002. Zeolitas: características y propiedades. Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, Depto. de Química. México, D.F. pp. 1-20.

Salas C., L. 2010. Propagación de cactáceas procedentes de áreas naturales protegidas de Nuevo León y Coahuila, utilizando zeolitas naturales como sustrato. Tesis inédita, Maestría en Ciencias. FCB-UANL. 94 p.

Urbina S.E., Baca C.G., Núñez E.R., Colinas L.M., Tijerina C.L. y Tirado T.J. 2006. Cultivo hidropónico de plántulas de jitomate en zeolita cargada con K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> o Mg<sup>2+</sup> y diferente granulometría. Agrociencia. 40: 419-429.

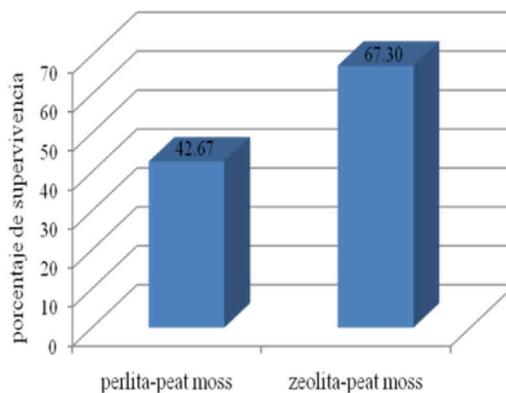


Figura 4. Porcentaje de supervivencia para seis especies de cactáceas cultivadas en dos tipos de sustratos.

# Aplicaciones de la Botánica

## MELISOPALINOLOGÍA: EL ESTUDIO BOTÁNICO DE LA MIEL

Alejandra Rocha Estrada, Marco A. Alvarado Vázquez, Diana E. Aguirre Cavazos y Marco A. Guzmán Lucio

\* Facultad de Ciencias Biológicas, UANL

### La miel

La miel es una solución sobresaturada de azúcares simples donde predominan la fructosa y glucosa y en menor proporción, una mezcla compleja de otros hidratos de carbono, enzimas, aminoácidos, ácidos orgánicos, minerales, sustancias aromáticas, pigmentos, cera y granos de polen. Es elaborada por las abejas a partir del néctar de las flores, el cual recogen, combinan con sustancias específicas, transforman y almacenan en panales para servir posteriormente como alimento energético, además existen en esta solución pigmentos, ácidos y minerales que son responsables de importantes características que conforman las distintas mieles (Polaino et al., 2006).

Podemos encontrar distintas definiciones de este endulzante natural, por ejemplo:

- De acuerdo a la Norma de Codex para la miel (1981), se entiende por miel a la sustancia producida por abejas obreras a partir de néctar de las flores o de secreciones de partes vivas de las plantas o de excreciones de insectos succionadores de plantas que quedan sobre partes vivas de las plantas, que las abejas recogen, transforman y combinan con sustancias específicas propias, almacenan y dejan en el panal para que madure y añeje (SAGARPA, 2008).
- Definición oficial de la Administración de los EUA: la miel es el néctar y las exudaciones dulces de plantas, recolectada, modificada y almacenada en el panal por las abejas (*Apis mellifera* y *A. dorsata*), es levorotatoria (desvía la luz hacia la izquierda), su contenido en agua es menor al 25 %, sus cenizas no mayores de un 0.25% y no contiene más de un 8% de sacarosa”, esta definición fue publicada en 1908 (Polaino et al., 2006).
- Según la Unión Europea (2001), la miel es la sustancia natural dulce producida por la abeja *Apis mellifera* a partir de néctar de plantas, o secreciones de partes vivas de plantas, o de excreciones de insectos chupadores presentes en las partes vivas de la plantas, que las abejas recolectan, transforman combinándolas con sustancias específicas propias, depositan, deshidratan, almacenan y dejan en la colmena para que maduren.

### Tipos de miel

De acuerdo a la Norma mexicana NMX-F-036-1997 ALIMENTOS-MIEL-ESPECIFICACIONES Y MÉTODOS DE PRUEBA, la miel se clasifica en las siguientes modalidades (SAGARPA, 2008):



**Miel de panal:** es la miel que ha sido extraída de su almacén natural de cera y puede consumirse como tal.

**Miel líquida:** es la miel que ha sido extraída de los panales y que se encuentra en estado líquido, sin presentar cristales visibles.

**Miel cristalizada:** es la miel que se encuentra en estado sólido o semisólido granulado como resultado del fenómeno natural de cristalización de los azúcares que la constituyen.

### Características de la miel

Las características organolépticas y fisicoquímicas del producto están muy asociadas con su origen geográfico y botánico (SAGARPA, 2008). El color de la miel varía ampliamente, desde el amarillo pálido, casi blanco, hasta un marrón oscuro, que podríamos denominar casi negro, pasando por toda la gama de ámbar. Esta variación de colores está influenciada por el origen botánico, aunque, esto no es una relación directa, puesto que el clima, los tratamientos posteriores a la cosecha (sobre todo el calor) y el tiempo desde la recolección pueden influir. La consistencia de la miel en sí puede ser líquida, cremosa o sólida; puede estar parcial o totalmente cristalizada. La miel generalmente cristaliza con

el tiempo, este proceso es una característica natural altamente ligada a la composición de azúcares. Así, las mieles con mayor contenido de glucosa, generalmente cristalizan en forma más rápida.



De acuerdo a SAGARPA (2008), la miel deberá presentar las siguientes características relacionadas con la madurez:

Contenido aparente de azúcar reductor expresado en % (g/100g) de azúcar invertido: mínimo 63.83, máximo sin límite. La variación de estos valores puede deberse a adulteraciones, así como al tipo de alimentación que recibe la colmena y a su cosecha prematura.

Humedad, expresada en % (g/100g): máximo 20%. Existen diversas razones por las que puede incrementarse el porcentaje de humedad, la más común es la cosecha de la miel antes de que alcance la humedad adecuada (falta de maduración en el panal), aunque con cierta frecuencia también puede atribuirse al almacenamiento de la misma en condiciones inadecuadas. Un alto porcentaje de agua favorece el desarrollo de mohos y levaduras, por lo que la miel con altos porcentajes de humedad se fermenta fácilmente.

Características relacionadas con la limpieza:

Cenizas (minerales). Expresado en % (g/100g): máximo 0.60. Esta medida se relaciona con problemas de higiene (tierra y arena). La miel adulterada con melaza también puede presentar un alto porcentaje de cenizas.

Sólidos solubles en agua: expresada en % (g/100g): máximo 0.30. La miel es sometida a un proceso de filtración para eliminar restos de insectos, granos de arena, trozos de panal, restos de cera, polvo y otros sólidos insolubles.

Características relacionadas con el deterioro:

Acidez: expresada como miliequivalentes de ácido/kg: máximo 40.00. La acidez indica el grado de frescura de la miel. Se relaciona también con la probable fermentación por desarrollo de microorganismos. Este parámetro también es importante porque en el caso de haberse usado ácido láctico o fórmico para combatir la Varroa, la acidez de la miel aumenta. El sobrecalentamiento es otro factor que se refleja en un alto valor de acidez.

Índice de diastasa - escala de Gothe: mínimo 8,0. Miel con bajo contenido enzimático: mínimo 3 escala de Gothe, con HMF no mayor a 15 mg/kg. hidroximetilfurfural (HMF) en miel envasada de más de 6 meses. Expresada en mg/kg: 80.00.

**Tabla 1. Composición media de las mieles americanas y valores máximos y mínimos (Polaino et al., 2006)**

Componente	Media	Mínimo	Máximo
Agua	17.20	13.40	22.90
Fructosa	38.20	27.20	44.30
Glucosa	31.30	22.00	47.70
Sacarosa	1.30	0.20	7.60
Maltosa	7.30	2.70	16.00
Polisacáridos	1.50	0.10	8.50
Acidos libres	0.43	0.13	0.92
Lactona	0.14	0	0.37
Acidez total	0.57	0.17	1.17
Cenizas	0.17	0.02	1.03
Nitrógeno	0.04	0	0.13
pH	3.91	3.42	6.10
Índice de diastasa	20.80	2.10	61.20

hidroximetilfurfural (HMF) en miel envasada de menos de 6 meses. Expresada en mg/kg: 40.00.

Tanto la actividad distática como los valores de HMF indican el grado de frescura de la miel. Estos dos últimos indicadores también se ven alterados por la acción del calor y el almacenamiento por tiempo prolongado.

La miel recién extraída con buenas prácticas de manipulación contiene un pequeño porcentaje de HMF. Si es sometida a altas temperaturas, parte de los azúcares de la miel se deshidratarán aumentando el valor de HMF. Con el envejecimiento también aumenta su valor, siendo este aumento más pronunciado si la miel es muy ácida. Si es necesario aplicar algún tratamiento térmico, la pasteurización es el proceso adecuado para no alterar significativamente las características de la miel. Con relación a la presencia de microorganismos en la miel, no se debe aceptar la presencia de patógenos tales como Salmonella y Shigella. El límite para bacterias no patógenas es de 1000 UFC/g, mientras que para hongos y levaduras de menos de 100 UFC/g.

### Composición química

La composición química de la miel depende principalmente de las fuentes vegetales de las cuales se deriva (Tablas 1 y 2), pero también de la influencia de factores externos como el clima, el manejo de extracción y almacenamiento (Moguel et al., 2005).

### Palinología y melisopalínología

La palinología es la disciplina que estudia el polen, esporas ya sea en estado actual o fósil por medio de la exina (Callejas, 2006). El estudio del polen contenido en las mieles tuvo sus inicios a fines del siglo XIX, cuando Pfister (1885) observó por primera vez la presencia de polen en las mieles. Esta simple observación lo llevó a proponer una técnica de análisis de polen de las mieles con fines teóricos y prácticos.

**Tabla 2. Nutrientes en la miel en relación con las necesidades humanas (Crane, 1980 en Polaino et al., 2006).**

Concepto	Unidad	Cantidad media por 100 g de miel	Ingesta diaria recomendada
Energía equivalente	Kcal	304	2800
<b>Vitaminas</b>			
A	I.U.	0	5000
B1 (tiamina)	mg	0.004-0.006	1.5
B2 (riboflavina)	mg	0.002-0.06	1.7
Ácido nicotínico (niacina)	mg	0.11-0.36	20
B6 (piridoxina)	mg	0.008-0.32	2
Ácidopantoténico	mg	0.02-0.11	10
Bc (ácido fólico)	mg	0	0.4
B12 (cianobaltamina)	mg	0	6
C (ácido ascórbico)	micras	2.2-2.4	60
D	mg	0	400
E (tocoferol)	I.U.	0	30
H (biotina)	I.U.	0	0.3
<b>Minerales</b>			
Calcio	mg	4.0-30	1000
Cloro	mg	2.0-20	0
Cobre	mg	0.01-0.1	2
Yodo	mg	0	0.15
Hierro	mg	1.0-3.4	18
Magnesio	mg	0.7-13	400
Fósforo	mg	2.0-60	1000
Potasio	mg	10-470	0
Sodio	mg	0.6-40	0
Zinc	mg	0.2-0.5	15

Recién en la década de 1960, luego de diversos aportes científicos se empezó a reconocer una ciencia nueva que dio un impulso a la actividad apícola, la melisopalinología (Tellería, 2001). La melisopalinología es una rama de la palinología que estudia la miel analizando el polen y los elementos de mielada presentes en ella, por extensión, también se encarga del estudio del polen recogido por las abejas para su alimento. Esta ciencia constituye uno de los métodos más eficaces para averiguar el origen geográfico de las mieles, tipificarlas y caracterizarlas desde el punto de vista botánico y geográfico (Girón-Vanderhuck, 1995; La Serna-Ramos, 2000; Avallone et al., 2002; Polaino et al., 2006; Piedras-Gutiérrez y Quiroz-García, 2007).

Esta tendencia a diferenciar productos apícolas (miel y polen en su mayoría), tanto desde el punto de vista botánico como geográfico, ha hecho que en distintas partes del mundo se empiecen a considerar los análisis melisopalinológicos como una técnica importante para llevar a cabo esta tipificación, actualmente en Europa se considera a la Melisopalinología como parte de la cultura apícola, de tal manera que las mieles europeas una vez que han sido extraídas de los panales por centrifugación, son sistemáticamente analizadas por métodos melisopalinológicos. Este conocimiento ha repercu-

tido en el control de calidad de las mieles europeas y sobre todo en los precios de las mieles en el mercado europeo, las cuales se cotizan según su origen geográfico y botánico (Martínez-Hernández y Ramírez-Arriaga, 2004).

La caracterización floral de las mieles aumenta su valor en el mercado nacional e internacional, por lo que es importante fomentar este tipo de estudios que permitan establecer la normatividad melisopalinológica de las mieles mexicanas (Piedras-Gutiérrez y Quiroz-García, 2007).

### Clasificación de la miel de acuerdo al origen botánico

De acuerdo Martínez-Hernández y Ramírez-Arriaga (2004) y Tellería (2001), se establecen las siguientes categorías:

**Mieles monoflorales o uniflorales:** aquellas en cuya composición se encuentre, como mínimo, un 45% de polen de la misma familia, género o especie floral, y posea características organolépticas, fisicoquímicas y microscópicas propias.

**Mieles poliflorales, multiflorales o milflorales:** En su composición se encuentra el néctar de varias especies vegetales, sin que ninguna de ellas pueda considerarse predominante.

**Miel de mielada:** Es la miel obtenida primordialmente a partir de secreciones de las partes vivas de las plantas o de insectos succionadores presentes en ellas.

Dentro de las mieles monoflorales, existen algunas excepciones a las características antes mencionadas y estas son:

**Miel de Citrus:** (*Citrus* sp): Es aquella en cuya composición se encuentra un mínimo de diez a veinte por ciento (10 a 20%) de granos de polen de plantas del género Citrus, permitiéndose hasta un veinte por ciento (20%) de humedad.

**Miel de Eucalipto** (*Eucalyptus* sp): Es aquella en cuya composición se encuentra un mínimo de setenta por ciento (70%) de granos de polen de dicha especie.

**Miel de Tréboles** (*Trifolium* sp): Es aquella en cuya composición se encuentran presentes pólenes de Melilotus, alfalfa (*Medicago sativa*), en su conjunto alcanzando un valor mínimo de cuarenta y cinco por ciento (45%).

**Miel de Alfalfa** (*Medicago sativa*): Es aquella en cuya composición se encuentra un mínimo de veinte por ciento (20%) de granos de polen de dicha especie.

### La flora apícola

Es bien conocido que las familias Asteraceae, Fabaceae y Brassicaceae son intensamente visitadas por las abejas melíferas en diversas partes del mundo. La familia de las leguminosas es una de las más importantes en cuanto a especies con interés melífero y está representada tanto por especies herbáceas como leñosas, también se menciona a los eucaliptos (Mirtáceas). Es importante considerar que las especies nectaríferas y poliníferas que servirán como recurso para producir miel a una abeja pueden variar de acuerdo a la región geográfica en la que se encuentren ubicadas las colmenas (La Serna-Ramos, 2000; Polaino et al., 2006).

De acuerdo a Polaino et al. (2006), se denomina flora apícola al conjunto de especies vegetales que producen o segregan sustancias o elementos que las abejas recolectan para su provecho. Dependiendo del producto que recolectan las abejas de cada planta se pueden clasificar de la siguiente manera:



**Plantas nectaríferas:** de las que se recolecta solo néctar.

**Plantas poliníferas:** de las que se recolecta solo polen.

**Plantas néctar-poliníferas:** de las que las abejas aprovechan tanto el néctar como el polen.

Dentro de cada familia se establecen tipos polínicos los cuales pueden agrupar varias especies de un mismo género o de géneros distintos que presenten afinidad morfológica de los granos de polen. Muchas familias muestran una gran variedad de tipos polínicos, son las llamadas euripalínicas, como Apocynaceae, Araliaceae, Asteraceae, Gentianaceae, Malpighiaceae, Malvaceae, Sapindaceae, Sapotaceae, Simaroubaceae; las diferencias pueden llegar hasta el nivel de especie; otras en cambio, presentan bastante uniformidad en los caracteres del polen, son las denominadas estenopalínicas, tales como Anacardiaceae, Aquifoliaceae, Brassicaceae, Celtidaceae, Meliaceae, Myrtaceae, Rhamnaceae; en éstas se pueden presentar, sin embargo pequeñas diferencias (espesor de la exina, diámetro de las aberturas, tamaño de las esculturas, etc.) que permiten identificar o caracterizar grupos de especies (Pire *et al.*, 2004).

La apicultura en el estado de Nuevo León es una actividad económica que por su calidad y volumen ha permitido a los productores la exportación de mieles a Estados Unidos de América, Bélgica, Japón y Alemania. En 1993 de un total de 22,000 colmenas del estado, el 62% corresponde a Allen de N.L. Sin embargo, es necesaria la caracterización de la misma, para así darle un valor agregado.

Aunado a esto, se menciona que las plantaciones de cítricos en época de floración suponen en palabras de los propios apicultores un "paraíso" para las abejas y, por tanto, con efectos positivos relevantes tanto a nivel de producción de miel como de aumento en el número de abejas. La gran concentración floral en primavera favorece no sólo la existencia de un producto como la miel de azahar con una elevada productividad apícola en relación con otros cultivos, sino también el incremento en el número de abejas en las colmenas consecuencia de la gran actividad recolectora de polen, ya que la abundancia de polen y trabajo favorecerá la procreación.

Esto, que en realidad equivale a un entrenamiento y preparación de las abejas, conllevará también una mayor

productividad cuando, acaba la época de floración de cítricos, las colmenas sean trasladadas a otras zonas para aprovechar otras floraciones. La trashumancia



en el sector apícola es una práctica habitual e importante en el estado de Nuevo León y suele practicarse después de la temporada cítrica instalando las colmenas en montes buscando las flores de labiadas, mezquite y uña de gato.

#### Referencias

- Avallone C. M., C. Chifa, S.B. Montenegro y S.M. Pire. 2002. Calidad polínica de las mieles producidas en el departamento de Gueimes de La Provincia del Chaco. Consultado en Junio del 2010. Disponible en [www.culturaapicola.com.ar/apuntes/polen/](http://www.culturaapicola.com.ar/apuntes/polen/).
- Basilio A.M. y M. Noetinger. 2002. Análisis de mieles de la Región Chaqueña: comparación del origen floral entre las zonas; domo central y esteros, cañadas y selvas de Ribera. RIA, 31 (2): 127-134.
- Callejas M.C. 2006. Desarrollo de la norma técnica para polen en Honduras. Tesis Ingeniero Agroindustrial. Zamorano, Carrera de Agroindustria, Honduras. 74.
- Girón-Vanderhuck M. 1995. Análisis palinológico de la miel y la carga de polen colectada por *Apis mellifera* en el suroeste de Antioquia, Colombia. Bol. Mus. Ent. Univ. Valle 3 (2): 35-54.
- Gola G., G. Negri y C. Cappelletti. 1965. Tratado de botánica. Editorial Labor, S.A. 1160.
- La Serna-Ramos I.E. 2000. Las determinaciones melisopalínológicas en la tipificación de la miel y su aplicación al control de calidad. Consultado en Enero del 2010. Disponible en [www.gobcan.es/agricultura/doc/calidadagr/jornadasy cursos/miel](http://www.gobcan.es/agricultura/doc/calidadagr/jornadasy cursos/miel).
- Martínez-Hernández E. y E. Ramírez-Arriaga. 2004. La Importancia comercial del origen botánico de las mieles. Apitec 10: 27-30.
- Norma de Codex para la miel (Codex stan 12-1981, Rev. 1997). 1-9 Disponible en: [http://www.codexalimentarius.net/web/standard\\_list.do?lang=es](http://www.codexalimentarius.net/web/standard_list.do?lang=es)
- Piedras-Gutiérrez B. y D.L. Quiroz-García. 2007. Estudio melisopalínológico de dos mieles de la porción sur del valle de México. Polibotanica 23: 57-75.
- Pire S.M., L.M. Azóntegui y G.A. Cuadrado. 2004. Estudios palinológicos en el litoral fluvial argentino. Temas de la Biodiversidad del Litoral Fluvial Argentino. 130-151.
- Polaino C., L. Fernández y F. Cobo. 2006. Manual práctico del apicultor. Editorial Cultural, S.A. 512.
- Román L. y J. M. Palma. 2007. Árboles y arbustos tropicales nativos productores de néctar y polen el estado de Colima, México. Rev. AIA. 11(3): 3-24.
- SAGARPA. 2008. Manual de buenas prácticas de producción de miel. Gobierno Federal. 28.
- Tellería M.C. 2001. El polen de las mieles, un indicador de su procedencia botánica y geográfica. Revista de divulgación científica y tecnológica de la asociación Ciencia Hoy. 11(62). Consultado en Mayo, 2010 en: <http://www.cienciahoy.org/hoy62/polen>.
- Vigil-Jiménez A. 2007. Apicultura en el estado de Nuevo León. SAGARPA. Gobierno de Nuevo León. 105.

## CARACTERIZACIÓN DE AUTOTETRAPLOIDES EN TOMATE DE CÁSCARA

Francisca Ramírez Godina\*, Rahim Foroughbakhch P.\*\*\*, Valentín Robledo Torres\*, Adalberto Benavides Mendoza\*, Marco Antonio Alvarado Vázquez\*\*

\*Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

\*\*Departamento de Botánica, Fac. de Ciencias Biológicas, UANL

### Introducción

El tomate de cáscara es una especie nativa de México y Centroamérica, actualmente es uno de los cultivos hortícolas más importantes de México (Cantwell et al., 1992) ya que ocupa el cuarto lugar en superficie sembrada (47,472 has) entre las hortalizas (SIAP-SAGARPA, 2011), la importancia adquirida por este cultivo es debido al aumento significativo en el consumo per capita (4.5 kg) a nivel nacional; así como al aumento de la exportación a los Estados Unidos de Norteamérica y Canadá (Peña et al., 2002). A pesar de existir amplia variabilidad genética tanto en el tomate silvestre como en el domesticado (Santiaguillo et al., 2004), el rendimiento medio nacional es de 14.17t ha<sup>-1</sup> (SIAP-SAGARPA, 2011), el cual es considerado bajo, de acuerdo al rendimiento potencial de 40 t ha<sup>-1</sup> (Peña y Santiaguillo, 1999). La causa de los bajos rendimientos es la producción de manera empírica y el uso de variedades nativas (Santiaguillo et al., 1998).

La autoploidía es un estado biológico inducible caracterizado por la duplicación del número de genomas de un mismo individuo con lo cual se logra incrementar la variabilidad genética, que puede ser aprovechada por los fitomejoradores. La autoploidía incrementa el tamaño efectivo de la población e incrementa la flexibilidad genómica, facilitando así el manejo de la selección artificial. Los autotetraploides pasan de tres combinaciones posibles con dos alelos de un diploide a cinco combinaciones, además es posible desarrollar plantas más vigorosas (Cubero, 2003), con posibilidades de aumentar los rendimientos en una especie, en la cual la hibridación mediante la utilización de líneas endogámicas no es posible, debido a que presenta autoincompatibilidad (Pandey, 1957). La utilización de autotetraploides previamente caracterizados y seleccionados, podría ser un camino promisorio para obtener nuevas variedades (Hagiwara, 2002). La formación y selección de

tetraploides en *Physalis ixocarpa*, aumenta las posibilidades en la mejora de esta especie, ya que en los autotetraploides formados se ha encontrado alta variabilidad en rendimiento, así como sobre-expresión de características importantes como rendimiento de fruto, tamaño de fruto y frutos por planta (Robledo et al., 2011).

### Materiales y Métodos

El material genético utilizado fueron las cinco mejores poblaciones autotetraploides de *Physalis ixocarpa* de medios hermanos (2,5,11,16 y 20), seleccionadas de poblaciones previamente desarrolladas, mediante la utilización de colchicina (Robledo et al., 2011). El diploide utilizado fue el (19) Variedad Rendidora (del cual se formaron los autotetraploides); La evaluación agronómica de los materiales citados se realizó en el 2009 en el Municipio de General Cepeda, Coahuila (1480 msnm; 25° 23' 02" LN; 101° 27' 10" LO).

Las poblaciones se sembraron en charolas de poliestireno de 200 cavidades, depositando de dos a tres semillas por cavidad, utilizando como sustrato turba y perlita en una proporción de 1:1. Las plántulas se desarrollaron en invernadero, cuando alcanzaron de 10 a 12 cm de altura y dos pares de hojas verdaderas, fueron llevadas a campo para su trasplante. El trasplante en campo se realizó en mayo del mismo año. Las plantas se establecieron en camas de cultivo 1.8 m de ancho, a doble hilera por cama con una separación de 45 cm entre hileras y 60 cm entre plantas dentro de hilera con acolchado plástico, la parcela útil fueron 10 plantas. Las condiciones del cultivo fueron las siguientes: los riegos fueron diarios mediante el uso de cinta de riego con un gasto de un litro por gotero por hora por tres horas, la nutrición se aplicó vía riego tres veces por semana, en las primeras 9 semanas se aplicó una solución compuesta por; N, P, K, Ca y Mg, en cantidades de 2.40, 1.44, 1.47, 0.39 y 0.37 kg•ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Después se cambió a 1.90, 1.85, 2.75, 0.37 y 0.47 kg ha<sup>-1</sup> (N, P, K, Ca y Mg) hasta la semana 15.

Se realizaron estudios preliminares para determinar la autotetraploidía de los materiales a evaluar como sigue:

Para el análisis meiótico se utilizaron 15 plantas de cada población. Para ello cuando las plantas estaban en floración se colectaron botones florales de plantas individuales los cuales se fijaron en una solución 3:1 etanol-ácido acético glacial por 24 horas. Los botones fijados se colocaron en cajas de Petri con agua destilada para extraer las anteras, las cuales se depositaron en portaobjetos con una gota de acetocarmín. Después se cortaron en mitades para liberar los microsporocitos y se eliminaron los restos de tejido, se colocó un cubreobjetos, se calentó la preparación y se presionaron los microsporocitos de forma



Figura 1. Cultivo del tomate de cáscara autotetraploides y el diploide en General Cepeda Coahuila



**Figura 2. Planta y frutos del diploide (19) Rendidora y planta y frutos del autotetraploide (20)**

manual. Las células se analizaron en diacinesis de la meiosis I, en un microscopio compuesto, y se contó el número de cromosomas de 10 células por planta, de acuerdo a resultados se determinó el nivel de ploidía.

En el análisis de citometría de flujo se seleccionaron 5 plántulas de cada tetraploide y el diploide a los 30 días después de la siembra, se utilizaron de 2 a 3 hojas de cada planta para el análisis de acuerdo al siguiente protocolo: De 1 a 3 hoja pequeñas de plántulas de tomate de cáscara se trozaron finamente, con una navaja de rasurar, en una caja Petri, con 400 µl de Buffer de extracción de núcleos, en el que se dejó incubar el tejido por 1 minuto. Una vez disgregado el tejido, se le añadieron 800 µl de una solución Buffer de tinción con 1 mg/l de fluorocromo DAPI (4,6-diamino-2-phenylindole), (DAPI staining solution, Partec) que tiñe el ADN. Tras resuspender la mezcla, se filtró a través de una malla de nylon de 50 µm. La suspensión de núcleos se hizo circular por el circuito de microtubos de un citómetro de flujo (Partec CyStain UV precise P-05-5002)

#### Evaluación de los materiales tetraploide y diploide en campo

Los caracteres medidos fueron: Rendimiento total de fruto (RTF), número de frutos por planta (NFP), estimados de una muestra aleatoria de 10 plantas con competencia completa por tratamiento y de cinco cortes con intervalos de 8 días; firmeza de fruto (FIF), en kg cm<sup>-2</sup>, se midió en tres frutos con un penetrómetro de mano marca FT01 fuerza 500 gr y puntilla de 2.5mm de diámetro; sólidos solubles totales (SST) en °Brix, cuyo valor se obtuvo de tres frutos, con un refractómetro de precisión marca Carl Zeiss® modelo 114280. Diámetro polar y diámetro ecuatorial de fruto (DPF y DEF) en mm, fueron obtenidos en tres fru-

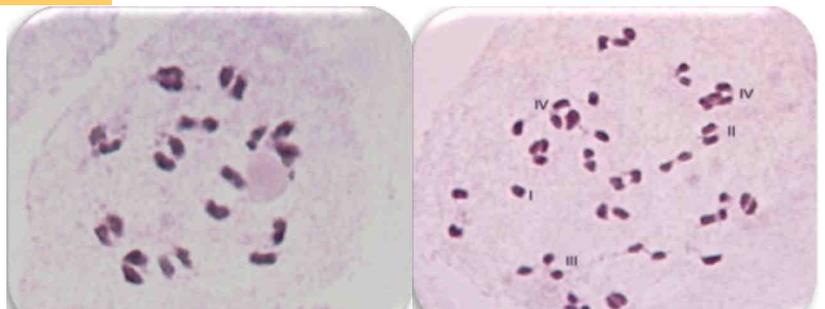
tos mediante un vernier digital de precisión marca Uchida®, modelo MO-1, se obtuvieron promedios de los cortes que se efectuaron a los 84, 93 y 100 días después del trasplante.

Con los valores medios de las variables, se realizaron análisis de varianza y para la comparación de medias se aplicó Tukey (P≤0.01) mediante el programa estadístico SAS versión 9.0.

#### Resultados y Discusión

Análisis meiótico en diacinesis en meiosis I mostró apareamiento bivalente para la variedad rendidora 2n=2x=24, mientras que las plantas autotetraploides exhiben irregularidades de apareamiento, con la presencia de univalentes, bivalentes, trivalentes y cuadrivalentes (Fig. 3). De acuerdo al análisis meiótico se confirmó la condición tetraploide, de las cinco poblaciones autotetraploides ya que en todos los casos mostraron un complemento cromosómico de 2n = 4x = 48.

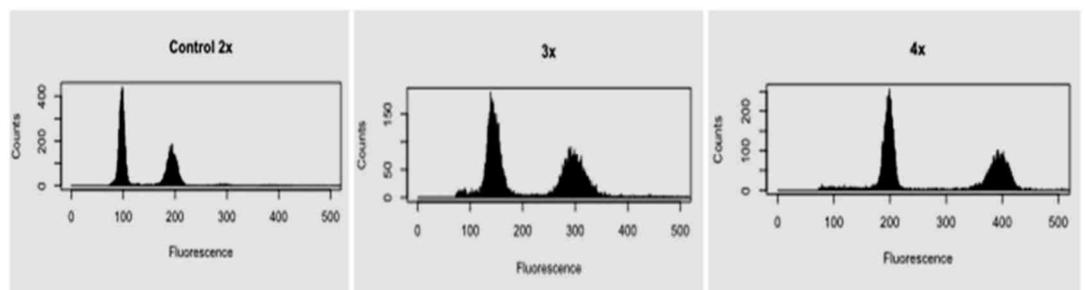
La citometría de flujo se aplicó a 25 plantas cinco tomadas al azar de cada población identificadas citológicamente como tetraploides. De ellas, 20 plantas resultaron ser tetraploides, mientras que cinco plantas mostraron picos indicando una condición de triploide. El cultivar de control rendidora mostró perfiles que indica una condición diploide (Fig.4). La distribución



**Figura 3. Células en diacinesis de la meiosis I, izquierda diploide 2n=2x=24 derecha autotetraploide 2n = 4x = 48**

de la cumbre principal de fluorescencia para citometría de flujo en las 25 plantas experimentales y el grupo diploide de control mostró una clara distinción entre los materiales con las condiciones de 2x, 3x y 4x.

Como se encontraron diferencias estadísticas (p≤ 0.01) entre poblaciones para las características estudiadas, se realizaron comparaciones de medias, donde el tetraploide 5 tuvo un rendimiento superior al del diploide (Cuadro 1), aunque fueron estadísticamente iguales. El tetraploide 5 presentó el mayor rendimiento medio (39.897 t·ha<sup>-1</sup>), similar al reportado por Santiaguillo et al. (2004).



**Figura 4. Histogramas de citometría de flujo para los tres tipos de poliploidía en tomate de**

## Cuadro 1. Rendimiento y calidad de fruto en autotetraploides y el diploide de tomate de cáscara

Poblaciones y su nivel de ploidía	RTF t·ha <sup>-1</sup>	NFP (frutos/planta)	SST °Brix	FIF Kg cm <sup>-2</sup>	DEF (mm)	DPF (mm)
2 Tetraploide	35.341 bcde	65.583 b	6.757 ab	.500 f	41.619 cde	30.372 c
5 Tetraploide	39.897 abc	55.775 b	6.625 ab	1.458 abc	48.109 abcd	33.908 c
11 Tetraploide	37.246 abcd	48.125 b	6.750 ab	1.492 ab	49.205 abcd	34.103 c
16 Tetraploide	37.756 bcde	55.300 b	6.925 ab	1.108 bcde	48.173 abcd	34.177 c
19 Diploide	38.999 abc	62.643 b	6.442 ab	.900 def	42.719 bcde	35.608 bc
20 Tetraploide	36.843 bcde	53.575 b	6.750 ab	1.150 bcd	50.429 ab	35.477 bc
Tukey (0.05)	15.205	36.00	1.437	1.18	8.568	6.03

RTF= Rendimiento total por hectárea; NFP= Número de frutos por planta; SST= Sólidos solubles totales; FIF= Firmeza de fruto; DEF=Diámetro ecuatorial de fruto; DEF=Diámetro polar de fruto; Medias con la misma letra dentro de columna son iguales entre sí.

El tetraploide 5 superó en 181% el rendimiento medio nacional de 14.17 t·ha<sup>-1</sup> reportado por SAGARPA (2011), mientras que el diploide (38.999 t·ha<sup>-1</sup>) superó el rendimiento medio nacional en 175 %. Considerando los rendimientos observados en algunas plantas individuales, se puede indicar que es posible lograr rendimientos superiores a 60 t·ha<sup>-1</sup>, por lo que es importante realizar un proceso de selección en los tetraploides.

En relación al número de frutos por planta, no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre poblaciones, aunque la población 2 presentó un valor alto, ligeramente superior al diploide. En cuanto a la variable, sólidos solubles totales el diploide fue el que presentó el menor valor, aunque todos los genotipos fueron estadísticamente iguales. En firmeza de fruto, se encontró que la población 5 y 11 fueron estadísticamente superiores al diploide por lo tanto se puede concluir que el incremento en el nivel de ploidía permitió incrementar la firmeza de fruto, característica importante que está relacionada con la vida de anaquel. Se encontraron cuatro tetraploides que tuvieron un diámetro ecuatorial estadísticamente superior al diploide, por lo tanto se puede decir que el incremento del nivel de ploidía incrementó esta variable. En el diámetro polar de fruto el tetraploide 20 presentó el valores más alto, por lo tanto el nivel de ploidía modificó el tamaño del fruto. Los datos de diámetro ecuatorial y polar indican que la mayoría de frutos tienden a una forma más aplanada que ancha, y preferentemente se deberían de buscar formas redondeadas. Considerando las variables analizadas las cinco poblaciones tetraploides fueron sobresalientes en cuanto a rendimiento y calidad de fruto. La diversidad que existe en las poblaciones diploides de tomate de cáscara puede ser incrementada de manera importante con la formación de autotetraploides, y esta variabilidad puede ser aprovechada para realizar un proceso de selección y desarrollar poblaciones con mayores rendimientos (Fig. 2 y 5).



Figura 5. Planta y frutos de autotetraploides en *Physalis ixocarpa* Brot.

## Conclusiones

En las poblaciones bajo estudio se encontró amplia variabilidad, por lo tanto con posibilidades de realizar selección con fines de mejoramiento genético. La duplicidad cromosómica en tomate de cáscara contribuyó a la modificación de la forma de frutos, resultando frutos grandes pero achatados de los polos, característica que puede ser mejorada seleccionando plantas con estabilidad en apareamiento meiótico que permitan el desarrollo de cultivares uniformes y productivos. Los materiales estudiados superan ampliamente los rendimientos medios nacionales y se observaron rendimientos muy cercanos al rendimiento potencial señalado para este cultivo.

## Referencias

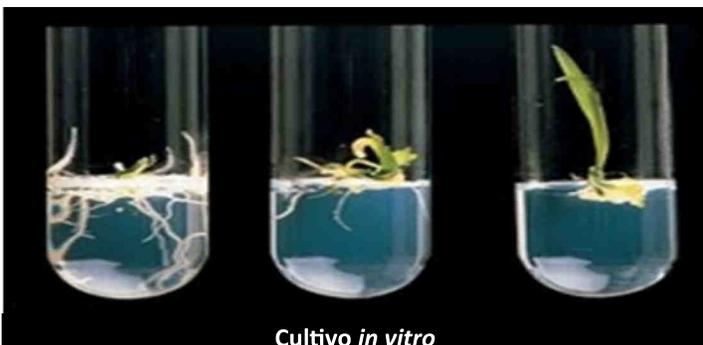
- Cantwell, M., Flores J., Trejo A. 1992. Developmental changes and postharvest physiology of tomatillo fruits (*Physalis ixocarpa* Brot.). Sci. Hortic-Amsterdam. 50: 59-70.
- Cubero, J.I. 2003. Introducción a la mejora genética vegetal (2 ed.). Ediciones Mundi-Prensa. España. 365 p.
- Hagiwara, J. C., Kato, C. A., García, L. E. A., Mori, M., Greppi, J., 2002. Obtención de poliploides en *Calibracoa pygmaea* mediante el uso de colchicina in vitro. En: 1er.Congreso Argentino de Floricultura y Plantas Ornamentales y 4tas. Jornadas Nacionales de Floricultura Bs.As. p.90.
- Pandey, K. K. 1957. Genetics of self-incompatibility in *Physalis ixocarpa* Brot. A new system. American Journal of Botany 44: 879-887.
- Peña, L. A., Santiaguillo, H. J. F. 1999. Variabilidad genética de tomate de cáscara en México. Boletín Técnico #2. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx. 26
- Peña, L.A., Molina G.J.D, Márquez S.F., Sahagún C.J., Ortiz C.J., Cervantes S.T. 2002. Respuestas estimadas y observadas de tres métodos de selección en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) Revista Fitotecnia Mexicana 25:171-178.
- Robledo, T. V., Ramírez, G. F., Foroughbakhck, P. R., Benavides, M. A., Hernández G. G., Reyes, V. M.H., 2011. Development of tomatillo (*Physalis ixocarpa* Brot.) autotetraploids and their chromosome and phenotypic characterization. Breeding Sci. 61: 288-293.
- Santiaguillo, H. J. F., Peña, L. A., Montalvo, D., 1998. Evaluación de variedades de tomate de cáscara (*Physalis* spp) en Tlajomulco de Zuñiga, Jalisco. Revista Chapingo Serie Horticultura. 4(2); 83-88.
- Santiaguillo, H. J. F., Cervantes, S. T., Peña, L. A., 2004. Selección para rendimiento y calidad de fruto de cruza planta x planta entre variedades de tomate de cáscara. Revista Fitotecnia Mexicana 27: 85-91.
- SIAP-SAGARPA. 2011. Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera. www.siap.sagarpa.gob.mx.

## VARIACIÓN SOMACLONAL COMO FUENTE DE FITOMEJORAMIENTO

Sergio Moreno Limón y Raúl Alejandro Garza Aguirre  
Departamento de Botánica, Fac. de Ciencias Biológicas, UANL

### Introducción

El funcionamiento biológico de una célula vegetal es el resultado de una compleja cascada de programas bioquímicos y genéticos sensibles a sufrir alteraciones por estrés biótico y abiótico. El cultivo *in vitro* por sí mismo puede ser muy estresante para las células vegetales e involucra procesos mutagénicos durante el establecimiento del explante, la inducción de callo, la formación de embriones y la regeneración de plantas. Por este método es posible obtener variación, de índole nuclear y citoplasmática, resultando en algunos casos útil para el mejoramiento vegetal (Kaeppler y Phillips, 1993).



Cultivo *in vitro*

Este proceso, denominado variación somaclonal por Larkin y Scowcroft (1981), involucra cambios en las plantas regeneradas que son transmitidos a la progenie. Asimismo, existe la ocurrencia *in vitro* de cambios no específicos que no generan una variación estable y transmisible, pero que conducen a cambios en la expresión génica (Kaeppler, 2000). Los mecanismos por los cuales ocurre la variación somaclonal no han sido completamente dilucidados, pero entre sus causas se mencionan alteraciones en el cariotipo, mutaciones puntuales, recombinación somática e intercambio de cromátidas hermanas, rearrreglos génicos somáticos, elementos genéticos transponibles, metilación de genes y cambios en el ADN de algunos organelos. No obstante, aunque los caracteres morfológicos son fáciles de evaluar, muchos aspectos de la variación suceden sin manifestarse en cambios morfológicos visibles.

La aparición ocasional de caracteres no encontrados en las poblaciones naturales y que representan una ventaja desde el punto de vista agronómico permite utilizar este fenómeno en programas de mejora vegetal (Geier, 1991). Se ha utilizado en algunos casos para conferir caracteres deseables a cultivares de importancia económica, entre los que destacan la resistencia a enfermedades y tolerancia a salinidad (Kaeppler, 2000).

Un ejemplo muy citado es el caso de somaclones de pas-



Daños causados por fitopatógenos



Oruga militar (*Pseudaletia unipuncta*)

to bermuda, *Cynodon dactylon*, donde se encontró resistencia a la oruga militar en un cultivar que reunía otras buenas características, dando origen al cultivar Brazos-R3 (Croughan, 1994).

Desde el punto de vista práctico no resulta ser una técnica muy eficiente en todos los casos, debido a que no es posible predecir ni dirigir el tipo de variación además de tener la desventaja de trabajar con grandes poblaciones de plantas, por ello es necesaria la comprensión del mecanismo para evitarlo en casos donde se quiere una alta calidad genética, como en la micropropagación y la conservación de germoplasma (Phillips, 1990). En algunos casos, puede representar una fuente rápida y accesible de variación para ser utilizada en programas de mejoramiento, especialmente para especies con sistemas genéticos limitados y/o de base genética estrecha, como en el caso de la

apomixis, donde la variabilidad dentro de las poblaciones naturales o cultivadas es limitada (Krikorian, 1991). El fenómeno ha sido observado en monocotiledóneas como caña de azúcar, trigo, maíz, avena, arroz, pasto miel (*Paspalum dilatatum*) y pasto llorón (*Eragrostis curvula*) y en dicotiledóneas como papa, tabaco, tomate, zanahoria y col, entre otras especies (Duncan, 1997).

#### Factores relacionados con la aparición de variación somaclonal

**Genotipo.** En general se asume que la frecuencia de cambios dependerá de variaciones preexistentes en el genotipo y de las interacciones que surgen entre el genotipo y el proceso de cultivo. En arroz, ciertas variedades estables muestran niveles de variación que oscilan entre el 0 y el 1%, mientras que en otras, consideradas inestables, oscilan entre el 10 y el 27%. En *Kalanchoe*, la variación somaclonal es genotipo dependiente y se utiliza para la obtención de variedades (Peschke, 1992).

**Nivel de ploidía.** En ryegrás (*Lolium multiflorum*) y en papa se observó que las variedades diploides muestran estabilidad, mientras que las tetraploides tienden a generar aneuploidías durante el cultivo de tejidos. La explicación más razonable es que los tetraploides, con más de dos juegos completos de cromosomas, están «tamponados», y por lo tanto toleran la ganancia o pérdida de cromosomas. En los diploides, la pérdida o la alteración de cromosomas que llevan genes vitales impedirá la regeneración de las plantas, llegando con éxito a esta etapa sólo aquellos explantos que tengan su complemento cromosómico completo (Peschke, 1992).

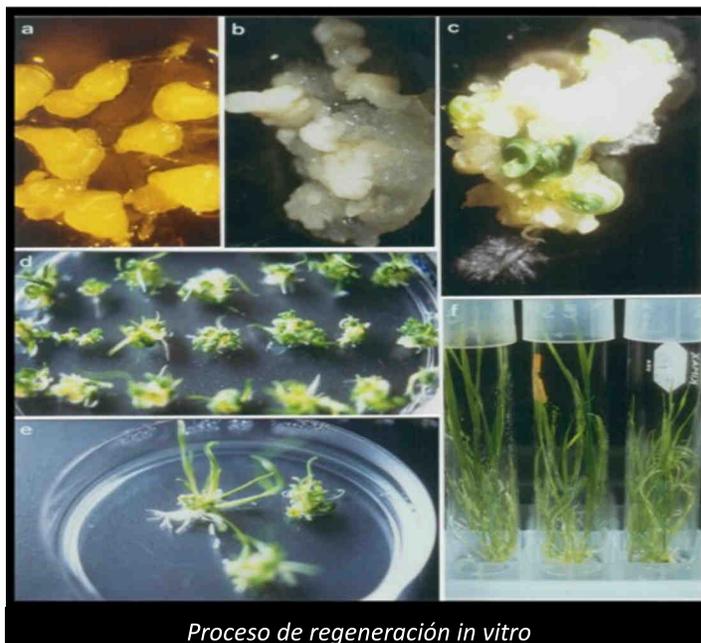
**Explante.** Dentro de una misma planta existen células con diferente constitución genética (quimeras), debido a una serie de cambios producidos durante el desarrollo en el ADN nuclear. Si estos tejidos se utilizan como explantos y sus células son inducidas a dividirse y rediferenciarse, podrían entonces dar origen a plantas genéticamente diferentes. Sin embargo, la recuperación de quimeras a partir de explantos no quiméricos es un fenómeno frecuente que puede ocurrir a partir de procesos organogénicos (Peschke, 1992).

La utilización de explantes con tejidos organizados como esquejes radicales o caulinares sería una buena opción si es necesario mantener estabilidad genética durante el cultivo in vitro. Sin embargo, diferentes genotipos reaccionan de manera distinta, aún con explantes seguros. Parecería que el cultivo de meristemas aislados sería la mejor opción para minimizar el riesgo de variación somaclonal. Sin embargo, esto no debería tomarse como regla.

El cultivo de protoplastos parecería inducir, en ocasiones, inestabilidad genética, como fue observado en papa y Nicotiana. Esto, en ocasiones, ha sido asociado a los mayores tiempos en cultivo involucrados en la regeneración de plantas a partir de explantos tan pequeños (Olmos, 2002).

**Vía de regeneración.** En especies de los géneros *Pennisetum*, *Panicum*, y *Lolium* la variación observada en cultivos embriogénicos es relativamente menor que la que aparece en cultivos organogénicos. Esto probablemente se debe a la presión de selección impuesta en la formación de los embriones, mayor que la requerida en la formación de vástagos. Se postula que el

gran número de genes requeridos para la iniciación y maduración de embriones cigóticos y somáticos impediría la acumulación de mutaciones deletéreas. Sin embargo, se observaron variantes en plantas de café, apio y caña de azúcar regeneradas a través de embriogénesis somática. En estos casos, algunos fenotipos anormales se asemejan a los mutantes del desarrollo embrionario obtenidos en *Arabidopsis* y maíz. La mayor parte de la variación obtenida in vitro parece provenir de la fase de callo (Molina, 1998).



La iniciación de un callo puede ser análoga a la respuesta de las plantas a heridas, que se sabe que activan elementos transponibles y estimulan la inducción de enzimas y productos específicos que se inducen también en situaciones de estrés. La variación que ocurre en los números cromosómicos en la primera fase de la inducción del callo sería el resultado de fragmentación nuclear seguida por mitosis de los fragmentos nucleares, combinada con la mitosis normal de los núcleos intactos (núcleos euploides) (Geier, 1991).

**Naturaleza del callo.** Un callo verdadero es una masa de células desdiferenciadas que proliferan desorganizadamente, lo cual probablemente genera considerable variación. En varias monocotiledóneas, el callo representa, a menudo, una masa de órganos suprimidos o proembriones más que un tejido completamente desorganizado. Este tipo de callo mantiene un alto grado de estabilidad genética, como se ha observado en espárrago (Olmos, 2002).

En *Cymbopogon* se observó que muchas de las plantas regeneradas a partir de callos de semilla fueron anormales, mientras que las obtenidas por callos de inflorescencias fueron muy semejantes a las plantas de las cuales provenían los explantos. También fue posible observar variación en plantas obtenidas por regeneración directa, es decir, sin que medie un proceso previo de desdiferenciación celular y formación de callo (Krikorian, 1991).

**Medio de cultivo.** Un mismo explante puede tener diferente

comportamiento si se cultiva en medio sólido o líquido. Otro factor importante es la temperatura, que puede inducir inestabilidad cariotípica o puede incrementar el número de plantas albinas (Phillips, 1994).

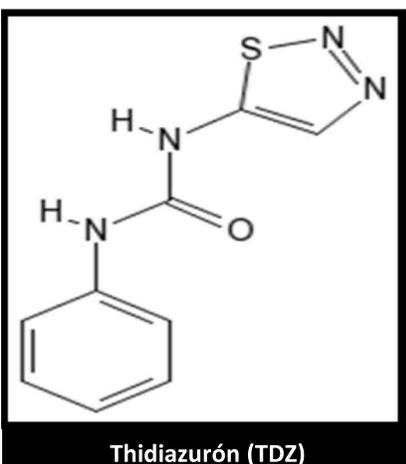
**Reguladores de crecimiento.** Ejercen profundos efectos sobre la respiración celular, el consumo de azúcares y en el control de la división celular. Por ello se especula acerca de su rol indirecto en la inducción de cambios en el metabolismo celular y tisular de plantas creciendo *in vitro*. El 2,4-D, aparentemente involucra un incremento sustancial en la transcripción que puede alterar la estructura de la cromatina, siendo utilizado en gramíneas como inductor de aneuploidías. Algunos autores sugieren que el 2,4-D induce desdiferenciación y este proceso sería el generador de los cambios (Phillips, 1994).

La fragmentación nuclear amitótica en algunas plantas regeneradas también se reconoce como causa de aneuploidía. Este fenómeno es causado por una relación especial auxina:citocinina. El 2,4-D, el AIA (ácido indolacético) y el ANA (ácido naftalenacético) han sido señalados como los responsables de los incrementos en la metilación de la citosina que tiene lugar durante el cultivo *in vitro*. Los sectores en el ADN, donde la citosina se encuentra metilada en posición 5 son considerados puntos calientes de mutación, ya que la desaminación de una 5-metil citocina resulta en un cambio de la base de citocina (Peschke, 1992).

Los efectos de los reguladores de crecimiento sobre la regeneración de plantas a partir de protoplastos de papa, indicaron que la variación en el tipo y concentración de reguladores de crecimiento en los estadios iniciales de cultivo no generaría variación genética. Sin embargo, si el cambio en la composición de los reguladores ocurre en el estadio que va desde el crecimiento del callo a la iniciación de los vástagos, se generan elevados niveles de variación genética. Estos datos sugieren que la fase de callo sería un período sensible en el cual la manipulación hormonal afecta la estabilidad de las plantas regeneradas, de manera que las hormonas inducirían la inestabilidad genética sin ser, necesariamente, el origen de la misma.

**Deficiencia o exceso de minerales.** Se ha observado que las deficiencias o excesos de azufre, fósforo, nitrógeno, calcio y magnesio pueden resultar en cambios genómicos.

En la variedad de lino «Stortmont Cyrrus» se detectaron cambios genéticos estables y heredables inducidos por una alta fertilización del suelo con fósforo o con nitrógeno. Varias líneas estables, fundamentalmente se caracterizaron por poseer diferentes contenidos de ADN nuclear, de ADN repetitivo y diferencias a nivel del ADN ribosomal (Linacero, 2000).



Thidiazurón (TDZ)

## La variación somaclonal y su aplicación en el mejoramiento genético de las plantas

El mejoramiento genético es el resultado de la optimización de las interacciones génicas. Para llevar a cabo combinaciones génicas óptimas o superiores se requiere de diversidad genética. Esta diversidad, que se encuentra normalmente en las poblaciones de individuos, puede provenir de cruzamientos sexuales, mutaciones inducidas, hibridación somática y transformación genética. La variación somaclonal proveería una fuente adicional de variabilidad genética, utilizable en programas convencionales de mejoramiento.

### Ventajas de la variación somaclonal

- Es relativamente poco costoso generarla: requiere de un laboratorio de rutina y facilidades de campo.
- Constituye una forma rápida de generar variabilidad genética, particularmente para cultivos con base genética estrecha y que son difíciles de mejorar a través de técnicas tradicionales.
- Es exitosa para eliminar uno o pocos defectos en cultivares bien adaptados.
- Puede utilizarse para mejorar especies de propagación sexual y vegetativa.
- Las tasas de mutación son relativamente altas si se comparan con las tasas de mutaciones espontáneas. La variación somaclonal ocurre con una frecuencia de 1 mutación cada 100 plantas regeneradas, en contraste con la tasa esperada de mutación espontánea de  $10^{-7}$  –  $10^{-9}$  mutaciones por par de nucleótidos por generación.
- El conocimiento de las condiciones que generan inestabilidad genética durante el cultivo *in vitro* permitiría utilizar el fenómeno como estrategia de mejoramiento y permitiría eludirlo en aquellos casos en que se requiera estabilidad genética, como en la micropropagación, la conservación de germoplasma y la transformación genética.
- El nivel de cambios no deseados es menor que cuando se utilizan mutágenos químicos o físicos, ya que, en el caso de la variación somaclonal, la mayoría de los cambios deletéreos producidos son eliminados por el filtro que representa la regeneración de plantas (Phillips et al., 1990).

### Desventajas de la variación somaclonal

- En algunos casos, las variantes somaclonales no han avanzado de la etapa de laboratorio o invernáculo, probablemente debido a que el material seleccionado tiene poca importancia práctica.
  - La escasa regeneración de plantas en cultivos de largo término. Generalmente en estos casos existe pérdida de la capacidad morfogénica.
  - La regeneración está limitada a genotipos específicos que pueden no ser de mucho interés para los mejoradores.
  - Algunos somaclones son inestables.
  - Presencia de alteraciones no deseables como aneuploidía, esterilidad.
- Desde el punto de vista productivo y comercial la variación so-

maclonal debe considerar:

- Involucrar caracteres agronómicamente útiles.
- El nivel de expresión del carácter debe superar al de sus progenitores.
- El carácter mejorado debe estar combinado con todos los otros caracteres agronómicos de la variedad que son importantes para el cultivo.
- La variación debe ser heredable en las generaciones subsiguientes.

### Conclusión

En general, los mejoradores buscan en los somaclones caracteres de importancia práctica. La estrategia es utilizar cultivares altamente adaptados para modificar unos pocos caracteres, ya que resulta más sencillo mejorar selectivamente una variedad corriente que crear una nueva. Debido a su bajo costo, sencillez y eficacia éste es un proceso biotecnológico de amplio potencial para los países en desarrollo, en especial para su aplicación en germoplasmas con reservas genéticas estrechas.

### Referencias

- CROUGHAN, S.; S. QUISENBERRY; M. EICHHORN; JR., P. COLYER AND T. BROWN. 1994. Registration of Brazos- R3 bermuda grass germplasm. *Crop Science*. 34:542.
- DUNCAN, R. 1997. Tissue Culture-Induced variation and crop improvement. *Advances in Agronomy* 58:201-240.
- GEIER, T. 1991. Chromosome, variability in callus produced plants. In *Genetics and Breeding of Ornamental Species*. 79-106. Harding & Mol. eds.
- KAEPLER S, KAEPLER H, and Y. RHEE. 2000. Epigenetic aspects of somaclonal variation in plants. *Plant Molecular Biology*. 43:179-188.
- KAEPLER, S. M. & PHILLIPS, R. L. 1993 *In Vitro Cell Dev. Biol.* 29:125-130.
- KRIKORIAN, A. 1991. Estabilidad genotípica en células, tejidos y plantas derivados del cultivo in vitro. En *Cultivos de tejidos en la Agricultura*. CIAT. Roca W. y Mroginsky L. Eds.
- LARKIN, P.; SCOWCROFT. W. 1981. Somaclonal variation - a novel source of variability from cells cultures from plant improvement. *Theor. Appl. Genet.* 60:197, 214.
- LINACERO R.; FREITAS ALVES E.; VASQUEZ A. 2000. Hot spots of DNA instability revealed through the study of somaclonal variation in rye. *Theor Appl Genet.* 100:506-511.
- MOLINA, M.; GARCÍA, M. 1998. Analysis of genetic variability in long-term callus cultures and regenerated plants of maize. *Cytologia*. 63:183-190.
- OLMOS, S.; G. LAVIA, M. DIRENZO, L. MROGINSKI and V. ECHENIQUE. 2002. Genetic analysis of variation in micropropagated plants of *Melia azedarach* L. *In Vitro Cellular & Developmental Biology Plant*. 38:617-622.
- PESCHKE V.M.; PHILLIPS, R.L. 1992. Genetic implications of somaclonal variation in plants. *Adv. Genet.* 30:41-75. Scandalios & Wright eds.
- PHILLIPS, R.L.; KAEPLER, S.M.; OLHOFF, P. 1994. Genetic instability of plant tissue cultures: Breakdown of normal controls. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 91:5222-5226.
- PHILLIPS, R.L.; KAEPLER, S.M.; PESCHKE, V.M. 1990. Do we understand somaclonal variation? En: *Progress in plant cellular and molecular biology*. Nijkamp, H.J.J.; Van Der Plas, L.H.W.; Van Aartrijk, J. (eds.). Amsterdam: Kuwer Academic Publishers. pp. 131-141.

## Sabías Qué...

- \* Los frijolitos saltarines mexicanos deben su movimiento al desplazamiento de larvas de la palomilla *Carpocapsa saltitans* dentro de la semilla del arbusto *Euphorbia sebastiana*, lo que hace que el centro de gravedad cambie. Los "saltos" son estimulados por el calor del sol o de la palma de la mano.
- \* La primera patente de una planta en los Estados Unidos (U.S. Plant Patent No. 1) fue otorgada a un paisajista llamado Henry F. Bosenberg el 18 de Agosto de 1931 por una variedad de rosa trepadora.
- \* Ciertos árboles, como los manzanos, pueden ser injertados hasta con cinco variedades diferentes y cada variedad da flores y frutos diferentes en el mismo árbol.
- \* El pH óptimo para el crecimiento de las plantas oscila entre 6 y 7.5, ya que algunos de los nutrientes que requiere la planta en mayor proporción, como fósforo, calcio y magnesio están disponibles como iones solubles, que las raíces pueden intercambiar con la solución del suelo.
- \* El anís fue usado como moneda por los egipcios para pagar tributo a los conquistadores romanos, quienes lo introdujeron a Europa donde hasta la fecha es utilizado para dar sabor a pasteles, galletas, pan y dulces.
- \* El hombre le ha dado cierto significado a las plantas, por ejemplo: los helechos simbolizan sinceridad; la manzanilla paciencia; la rosa el amor y la sábila sanación, protección y afecto.
- \* La hiedra venenosa no se debe quemar, ya que el humo y sus cenizas pueden causar irritación en las partes expuestas de la piel, ojos, nariz y pulmones.
- \* El Sulfóxido de tiopropanal es la sustancia que, contenida en la cebolla que nos "hace llorar".
- \* El 99% de la Antártida está cubierto de hielo, y este representa el 90% del hielo total en el mundo. En estas condiciones solo sobreviven 3 especies de plantas fanerógamas, entre ellas el pasto antártico *Deschampsia antarctica* y el clavelito antártico *Colobanthus quitensis*.
- \* En los océanos hay sal suficiente como para cubrir la superficie terrestre con una capa de 150 m.
- \* Las hojas de la palma de rafia *Raphia farinifera*, originaria de Madagascar miden 22 m de largo.

# Plantas como Fuente de Alimento

## TALLOS Y RAÍCES ESPECIALIZADOS COMO FUENTE DE ALIMENTO PARA EL HOMBRE

Rogelio Bersosa Chávez

Estudiante del 6o. semestre de la carrera de Biólogo y colaborador del Departamento de Botánica, Fac. de Ciencias Biológicas, UANL

Al escuchar las palabras tallo o raíz generalmente se asocian a órganos de las plantas, el primero generalmente aéreo o superficial, que comprende la parte de la planta que le da soporte y siempre o casi siempre se encuentra erguido; y el segundo, que se encuentra por debajo de la superficie de la tierra, y se encarga de fijar agua y nutrientes del suelo para la planta.

En una gran variedad de especies vegetales, estos órganos presentan modificaciones, que les permiten constituirse en importantes órganos de almacenamiento de sustancias elaboradas, lo que les confiere gran importancia biológica y comercial. En el presente ensayo se abordará la forma en que son utilizados en la naturaleza por la planta, así como su forma de aprovechamiento por el hombre en la alimentación; no sin antes dar una definición, tanto de lo que es un tallo y una raíz, como los tipos de éstos, sus partes y funciones.

### Pero ¿qué es un tallo?

El tallo es el órgano vegetativo que sostiene las hojas y permite que se distribuyan de tal manera que puedan absorber libremente de la atmósfera los gases esenciales, y recibir gran cantidad de energía radiante solar. Conduce también, de la raíz a las hojas, agua y nutrientes del suelo, y transporta alimento a las diferentes partes de la planta (Holman y Robbins, 1961). Presentan geotropismo o gravitropismo (movimiento de los órganos de una planta orientados por acción de la gravedad) negativo, ya que crecen "en contra" de la gravedad.

### Morfología externa

Un tallo se compone exteriormente (Figura 1) de: nudo, que es la región donde está adherida la hoja; entrenudo se denomina a la parte del tallo que se encuentra entre dos nudos sucesivos; la yema axilar es llamada a la parte comprendida en el ángulo formado por el peciolo de la hoja y el entrenudo inmediato superior, de donde puede surgir una rama; y la punta del tallo está ocupada ordinariamente por el meristemo apical. Dicho meristemo y sus hojas protectoras dan lugar a la yema terminal (Figura 1).

### Morfología interna

Los tallos desarrollan tanto tejidos primarios como secundarios, de acuerdo con Fahn (1978), la disposición de los tejidos primarios es de la siguiente manera (desde afuera hacia adentro): la epidermis, el córtex o corteza, la endodermis, los haces vasculares y finalmente la médula.

Epidermis: sus principales funciones son retardar la evaporación del agua de los tejidos internos y proveer hasta cierto punto de protección contra daños mecánicos e infecciones.

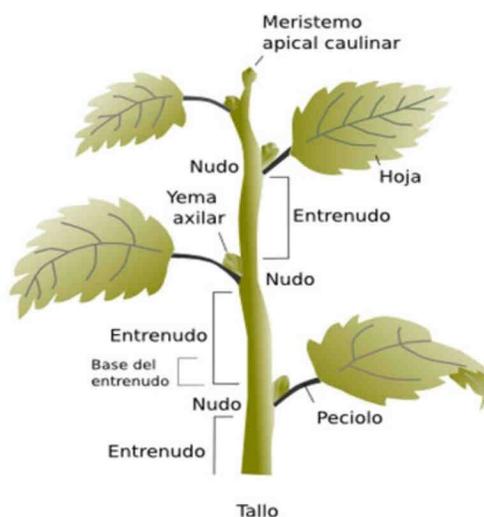


Figura 1. Morfología externa de un tallo

Corteza: la protección mecánica es su función primordial, consta de células de parénquima (tejido que muestra poca especialización) que sirve para efectuar fotosíntesis, debido a que algunas o todas las partes exteriores de dicho tejido contienen cloroplastos.

Endodermis: a pesar de que en el tallo no se desarrolla de manera clara una capa de células con especialización que delimite al córtex y al cilindro vascular, realiza ésta función.

Haces vasculares: que sin ahondar en sus diferentes disposiciones respecto al otro, se distingue el xilema, cuya función principal es el transporte de agua y solutos. Y floema, que transporta fundamentalmente los productos de la fotosíntesis.

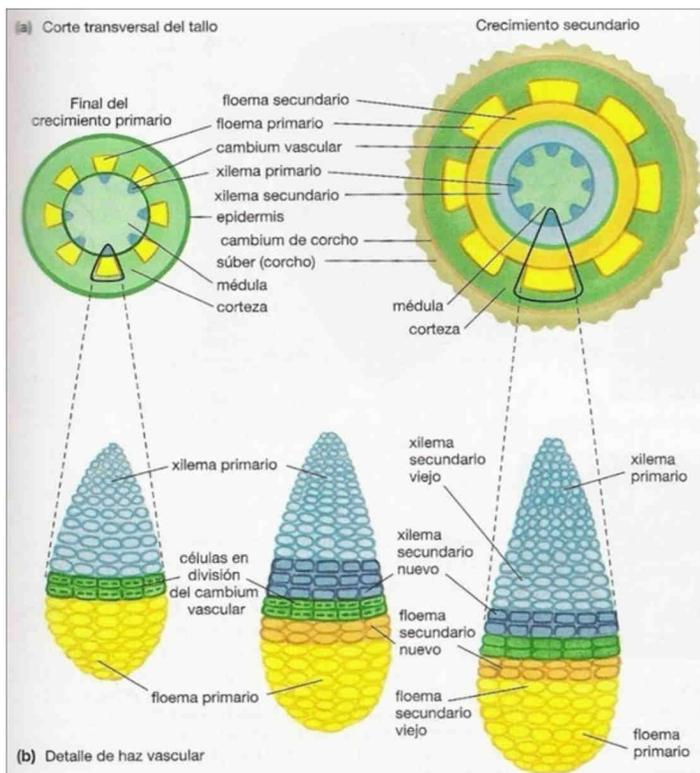
Médula: que lleva a cabo el almacenamiento de alimentos como su principal función, cuyo origen es tejido meristemático, y se compone de parénquima con espacios entre sus células relativamente grandes.

Para que se lleve a cabo el crecimiento de tejido secundario en el tallo (Figura 2), es necesaria la formación de un cámbium vascular (meristema lateral que adopta la estructura de cordones longitudinales) entre el xilema primario y el floema primario. Cuando las células del cámbium entran en división, las células resultantes que se forman en el lado interior del cámbium se diferencian, produciendo xilema secundario; mientras que las que se forman en la parte exterior se diferencian para producir floema secundario (Figura 2).

### Y ¿qué es una raíz?

Las raíces son los órganos vegetativos característicos, subterráneos de las plantas vasculares. Contrario a los tallos, éstas presentan geotropismo positivo, es decir, que crecen en dirección de la gravedad.

Las dos principales funciones de este órgano son el anclaje al suelo o sustrato, y la absorción y conducción de agua y minerales del suelo, para ser llevados a lo largo de la planta a través del xilema.



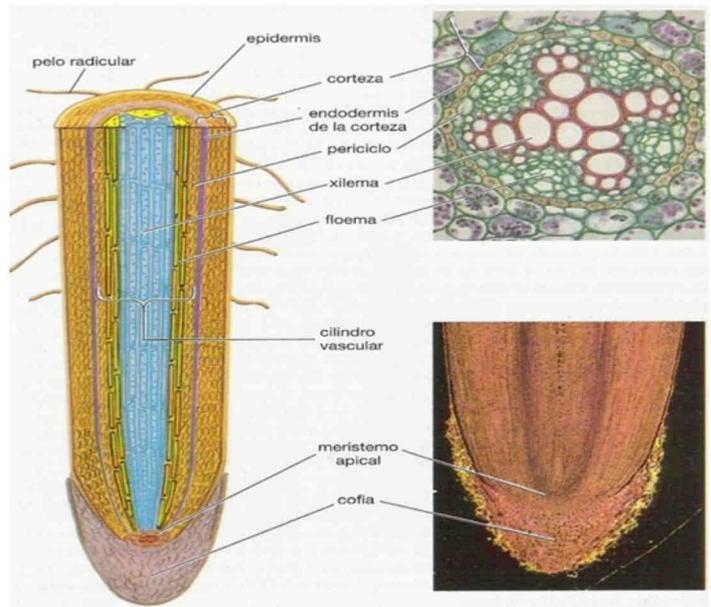
**Fig. 2. Corte transversal de tallo mostrando su estructura interna**

### Morfología externa

De acuerdo a Cronquist (1977), la región superficial de la raíz comprende cuatro regiones, que son: 1) la región de elongación, se caracteriza por un agrandamiento de las células, y por que se lleva acabo el principio de diferenciación de los varios tipos de células, ésta región se funde en el extremo posterior con el meristema apical y en el otro, con la región de maduración; 2) la región de maduración, aquí, las células han alcanzado su tamaño completo y se ha determinado su función. A esta región se le denomina también zona pilífera, ya que en ella nacen los pelos radicales de muchas de las células epidérmicas; 3) la región de tejidos primarios maduros; y 4) región de los tejidos secundarios.

### Morfología interna

Así como los tallos, las raíces también presentan tejidos primarios y secundarios. De acuerdo con Fahn (1978), en la raíz internamente, se pueden distinguir de afuera hacia adentro las siguientes regiones: la cofia o caliptra, que se encuentra situada en los extremos de las raíces, se compone de células de parénquima, que en su superficie exterior tienen paredes con mucílago (fibra soluble de naturaleza viscosa), lo que les ayuda a penetrar el suelo, y cuyas funciones principales son protección y control del crecimiento geotrópico de la raíz; la epidermis, cuyas paredes son delgadas y carecen de cutícula, y su característica mas representativa es la producción de pelos radicales; el córtex radicular, en la mayoría de las plantas está constituido por células parenquimatosas, aunque también se diferencia esclerénquima, el córtex de raíz es mas ancho que el del tallo, por lo que tiene un papel mas destacado en el almacenamiento; exodermis que es un tejido protector, y en que sus paredes se



**Figura 3. Corte radial de raíz con su estructura interna**

puede depositar lignina; la endodermis consta de un cilindro celular uniseriado y se desarrolla en las raíces de todas las plantas vasculares; el cilindro vascular ocupa la porción central de la raíz, el tejido vascular está rodeado por una región de células que forman el periciclo, que está compuesto generalmente de una o mas capas de células parenquimáticas de paredes delgadas, en el cuerpo primario de la raíz (Figura 3).

### Tipos de tallos especializados y raíces modificadas

Existen muchas modificaciones de tallos que difieren tanto en forma, y otros aspectos, de los tipos ordinarios, que es difícil reconocerlos, necesiándose a veces un cuidadoso estudio de su origen y su estructura para lograrlo (Cronquist, 1977).

### Tubérculos

Son rizomas (un tipo de tallo especializado, pero que no es comestible), gruesos en comparación, cortos y carnosos. Se caracterizan porque sus entrenudos son relativamente cortos y la ausencia habitual de raíces; contienen una serie de escamas que producen yemas, y a partir de estas yemas se originan nuevos brotes o tallos que originarán plantas nuevas. Mientras la planta crece se alimenta del tubérculo, hasta que sus nutrientes se agotan y se descompone; cuando se desarrollan hojas y tallos verdes, consigue producir su alimento gracias a la fotosíntesis, y que serán almacenados en nuevos tubérculos producidos en los entrenudos.

Son tubérculos comestibles: la papa (*Solanum tuberosum*) (Figura 4), el ñame (*Dioscorea alata*), el tupinambo (*Heliantus tuberosus*) y la chufa (*Cyperus esculentus*).

La papa es el tubérculo más conocido y consumido en México, algunos elementos de su composición nutritiva por cada 100g de parte comestible cruda son: 79 kcal, 2.07 proteínas, 1.6 g de fibra, 6 g de sodio, 7mg de calcio, 0.76 mg de hierro, 46 mg de fósforo. Se utiliza generalmente en la gastronomía para la elaboración de guisos, ensaladas y purés (Foroughbakhch Pournavab et al., 2010).

## Bulbos

Consiste en un tallo subterráneo corto, aplastado o en forma de disco, con muchas hojas carnosas y escamosas llenas de alimento almacenado. Una proporción muy pequeña de un bulbo es tejido de tallo, y un bulbo es más bien un conjunto modificado de las partes aéreas de la planta. En la parte inferior del tallo en forma de disco, existen raíces adventicias (raíz que tiene su origen en cualquier otro lugar que no sea la radícula) rudimentarias que se desarrollan cuando hay suficiente humedad.



Fig. 4 Tubérculo de papa

La yema terminal da origen a la porción de tallo aéreo y las yemas axilares dan lugar a nuevos bulbos. El carbohidrato de reserva de la mayoría de los bulbos no es almidón, sino el azúcar. Algunos ejemplos de bulbos comestibles son: la cebolla (*Allium cepa*) (Fig. 5), el ajo (*Allium sativum*), la cebolleta y el cebollino (*Allium fistulosum*).

La cebolla es rica en flavonoides (metabolitos secundarios de las plantas), sustancias que impiden la formación de coágulos y favorecen la circulación sanguínea. Contiene entre otros componentes: proteínas, fibra, sodio, calcio, hierro, fósforo, potasio, magnesio, vitamina A, B1, B2, B3, B6, C y E. Se utiliza principalmente para sazonar diversos guisos.

Los ajos tienen un alto contenido en proteínas e hidratos. Es rico en minerales (potasio, fósforo, magnesio, zinc y yodo) y vitaminas principalmente en vitaminas B1, B3, B6 y discretas cantidades de vitamina C y E (Foroughbakhch Pournavab et al., 2010).

## Cormos

Un cormo es un tallo subterráneo con alimento almacenado engrosado, corto, sólido y vertical, ésta última es la característica que lo diferencia de un tubérculo. Generalmente son aplanados y tienen un manojo de gruesas raíces fibrosas en la cara inferior, y uno de hojas en la superior. Un ejemplo de un cormo comestible (como lo muestra la Fig. 6) es el taro.

Las raíces de muchas plantas almacenan alimento y agua, tales raíces pueden volverse grandes y carnosas, lo que se considera una modificación o especialización. Los carbohidratos, especialmente almidón y sacarosa, son el alimento principalmente almacenado.



Figura 5. Bulbo de cebolla.

Muchas plantas bianuales producen una raíz axonomorfa carnosa de almacenamiento durante el primer año, y utilizan el alimento almacenado al año siguiente cuando se forman las flores y las semillas.

Algunos ejemplos

de raíces comestibles: camote o batata (*Ipomea batatas*), betabel o remolacha (*Beta vulgaris*), nabo (*Brassica rapa*), rábano (*Raphanus sativus*), y una de las más conocidas, la zanahoria (*Daucus carota*).

Primordialmente la zanahoria destaca por su valor nutritivo y vitamínico. Carece de grasas, presenta un bajo índice calórico y contiene proteínas y carbohidratos de forma balanceada, además de abundancia de minerales (sodio, calcio, magnesio y potasio) y vitaminas A, B y C.

En la composición del betabel destaca la elevada proporción de carbohidratos como la sacarosa y la fructosa, que puede llegar hasta el 10% de su peso. Algunos elementos que los componen nutritivamente por cada 100 g de parte comestible cruda son: 45 kcal, 1.6 g de proteínas, 2.8 g de fibra, 70 mg de sodio, 23 mg de magnesio, 340 mg de potasio (Foroughbakhch Pournavab et al., 2010)



Figura 6. Cormo de taro



Figura 7. Raíz de Zanahoria

## Conclusiones y perspectivas

Los órganos comestibles de las plantas aquí mencionados, quizá no sean específicamente la base de la dieta de los mexicanos, ya que son cereales y alimentos de origen animal los más consumidos, pero deben ser considerados de suma importancia como una manera sana de alimentación por su aportación nutricional.

Es entonces que los tallos y raíces comestibles son importantes, no solo en el aspecto comercial que representa para el hombre como fuente de alimento, sino también en el ámbito anatómico-fisiológico para la planta, ya que constituyen su principal fuente de almacenamiento de nutrientes y alimento (sino es que el único) para las que los(as) presentan.

## Referencias

- Cronquist A. 1977. Introducción a la botánica. 2da. Edición. Compañía Editorial Continental, S.A. México. pp 428-473.
- Fahn A. 1978. Anatomía vegetal. 1er. Edición. H. Blume Ediciones. España. pp 221-333.
- Foroughbakhch, R., J.L. Hernández, A.C. Parra, J.F. López, O.G. Villegas. 2010. Hortalizas de Nuevo León. 1er. Edición. Universidad Autónoma de Nuevo León. Mexico. pp 16-142.
- Holman, R.M. y W.W. Robbins 1961. Botánica general. 1er. Edición. Unión Topográfica Editorial Hispano Americana. México. pp: 87-171.
- Linares, E., R. Bye., D. Rosa-Ramírez, y R. Pereda-Miranda. 2008. El camote. CONABIO. Biodiversitas. 81: 11-15.

## Mensaje de los estudiantes de la Facultad de Ciencias Biológicas a la Generación 2011

**C**iertamente, es para la facultad una gran alegría que todos ustedes hayan concluido de manera exitosa sus estudios y de haber compartido experiencias únicas y miles de sueños a los que como ustedes, nosotros también aspiramos y anhelamos.

En la actualidad, existen diversos conflictos que la sociedad enfrenta, sin embargo, nuestros maestros, amigos y compañeros, han puesto en manos de cada uno de ustedes una gran responsabilidad y capacidad de generar respuestas para cumplir con el objetivo del cual muchos estamos comprometidos: servir a la sociedad.

De cierta forma, la ciencia y la investigación han ido avanzando con el paso del tiempo y con ello la necesidad cada vez más de obtener nuevos conocimientos y dar solución a interrogantes sobre diferentes aspectos que nos afectan cotidianamente.

Ustedes, como auténticos universitarios y profesionales, nunca pierdan la sensibilidad con la que nos enseñan en esta facultad a realizar las cosas, y así con la minuciosidad que caracteriza a todo científico, hagan de esta cualidad una herramienta para producir bienes que beneficien a la humanidad.

Ahora hay un gran camino, al cual no fue fácil llegar y en el que les toca poner en práctica sus experiencias, y así transmitir íntegramente sus conocimientos profesionales. Es entonces, tiempo de laborar, trabajar en equipo, cumplir metas, compartir virtudes y valores que hacen de las personas grandes seres humanos.

Que el trabajo, no sea sólo un medio de sustento, que sea la razón por la cual ustedes sientan la misma pasión y fascinación que sintieron al momento de elegir estudiar en una facultad de ciencias. Espero de todo corazón, que la costumbre no se apodere de ustedes, siempre vayan más allá, no dejen que la monotonía y el aburrimiento entre a sus vidas.

Se cierra un ciclo, pero el conocimiento es un continuo aprendizaje que no se termina en una graduación, sino que se prolonga por el resto de la vida.

**¡Felicidades Egresados!**

Mónica Liliana Montelongo Robledo  
Estudiante del 6o. Semestre de la carrera de Biólogo

**Q**ueridos compañeros, becarios, tutores, y sobre todo amigos.... Llegó el momento de concluir esta etapa de la vida y salir a enfrentarse al mundo con las herramientas que han ido formando a lo largo de estos cuatro años y medio, y a lo largo de sus vidas. Llegó la hora de probarse a sí mismos y volar tan alto como se los permita su voluntad y esfuerzo.

A veces es difícil imaginarse en la inmensidad de retos que se encuentran allá afuera, ante las decisiones que se tendrán que tomar y las derrotas que inevitablemente se sufrirán de vez en cuando. Pero no hay que perder de vista ni siquiera un instante, las metas y los sueños que los hicieron estar en este camino, que los hicieron escoger ser biólogos. Porque lo más importante para ser feliz es la pasión con la vivimos, la pasión con la que hagamos nuestro trabajo y la pasión que nos impulse a alcanzar aquello que anhelamos.

Es verdad que siempre van a haber carencias o problemas de algún tipo, pero éstos nos obligan a ser más creativos, nos obligan a superarnos a nosotros mismos y nos hacen crecer.

Es por eso que les deseo problemas para resolver, obstáculos para vencer, y metas que lograr; les deseo que lo único que los pueda derrotar sea su propia actitud, y que nada los desvíe de realizar lo que más disfruten hacer.

Ahora más que nunca el mundo necesita Biólogos, ¡Oh! ¡Pero qué conveniente, el mundo solamente necesita que sean ustedes mismos!

Gabriela Rendón Herrera  
Estudiante del 6o. Semestre de la carrera de Biólogo



## Mensaje de la Generación 2011 a los estudiantes de la Facultad de Ciencias Biológicas

*V*ivimos de sueños que se alimentan de otros sueños y el día de hoy la generación de este 2011 quiere dar un mensaje precisamente de esto. Hoy vemos cumplido un sueño que fue anhelo durante cuatro años y medio, para algunos fue el sueño de su vida. Esta felicidad solo es resultado de una concatenación de esfuerzos impulsados por el amor a la vida y a la ciencia, pasión que compartimos los estudiantes de esta facultad.

Dicen que el deseo y la felicidad no pueden vivir juntos, cumplir los objetivos es una misión que requiere siempre un gran esfuerzo, sin embargo, los resultados siempre son mayores a los esperados. La gratificación está en ese día en que se da la transición de ser un aprendiz, a ser un aprendiz que además también comparte y aplica conocimiento bajo cualquier papel que nos toque desempeñar laboral o socialmente.

El talento de la observación que como científicos o futuros científicos hemos desarrollado no me ha permitido sino figurarme una imagen de que los que ocupamos este nicho en la facultad somos locos! Locos que con alegría y determinación quieren prepararse para luchar por el progreso, por

la salud humana, la de todas las especies, y por la salud ambiental, por el bienestar en general, locos que quieren combatir situaciones adversas que en la actualidad son cosa común, locos que salen del patrón de normalidad con que a veces se tiende a ver la difícil realidad.

Hoy nos toca a todos, egresados y futuros egresados ser el ejemplo, canalizar nuestra energía y entusiasmo en la búsqueda de soluciones, de nuevos métodos de encontrar avances que beneficien la armonía de la vida y ese papel comienza por los que amamos la biología. La fuerza sin ciencia es energía gastada en vano y definitivamente lo que nos debe caracterizar son impulsar nuestras habilidades para que el árbol de la investigación rinda frutos.

Esta experiencia se tornará un manantial de recuerdos que saciará la sed de nuestros deseos y que nos reconfortará para seguir adelante sabiendo que podemos lograr lo que nos proponemos.

Cinco minutos bastan para soñar una vida entera, así de relativo es el tiempo y bajo esa misma relatividad, en poco tiempo también ustedes serán orgullosos egresados de nuestra hermosa Facultad de Ciencias Biológicas.

# AGENDA BOTÁNICA

## Neurospora 2012 Meeting

Fecha: 8 al 11 de Marzo, 2012  
Lugar: Asilomar, CA

## 11th European Conference on Fungal Genetics

Fecha: 30 Marzo al 2 Abril, 2012  
Lugar: Marburg, Alemania

## Mid-Atlantic States Mycological Conference (MASMC)

Fecha: 13 al 15 de Abril, 2012  
Lugar: University of Tennessee. Knoxville, Tennessee

## X Simposio Internacional de Biotecnología Vegetal

Fecha: 17 al 19 de Abril, 2012  
Lugar: Instituto Biotecnología de las Plantas. Villa Clara, Cuba.

## V Conferencia sobre Desarrollo Agropecuario y Sostenibilidad

Fecha: 17 al 19 de Abril, 2012  
Lugar: Facultad Ciencias Agropecuarias. Villa Clara, Cuba.

## VIII Congreso Mexicano de Etnobiología

Fecha: 23 a 27 de abril de 2012  
Lugar: Villahermosa, Tabasco, México

## Convención Tropico 2012., V Congreso Iberoamericano de Estudios Territoriales y IV Congreso de agricultura Tropical

Fecha: 14 al 18 de mayo, 2012  
Lugar: Palacio de Convenciones de La Habana. La Habana, Cuba.

## IX Encuentro de Agricultura Orgánica y Sostenible

Fecha: 21 al 24 Mayo, 2012  
Lugar: Hotel Nacional de Cuba. La Habana, Cuba

## 8vo. Congreso de Biotecnología Vegetal

Fecha: 21 al 25 de mayo, 2012  
Lugar: Colombo, Sri Lanka

## 3rd International Conference on Modelling, Monitoring and Management of Forest Fires: "Forest Fires 2012"

Fecha: 22 al 24 de mayo, 2012  
Lugar: New Forest, UK

## 18th Congress of the International Society of Human and Animal Mycology

Fecha: 11 al 15 de Junio, 2012  
Lugar: Berlin, Alemania

## 49th Annual Meeting of the Association for Tropical Biology and Conservation "Ecology, Evolution and Sustainable Use of Tropical Biodiversity"

Fecha: 19-22 de junio 2012  
Lugar: Bonito, Mato Grosso do Sul, Brasil.

## Introduction to Food- and Air-Borne Fungi

Fecha: 18 al 22 Junio, 2012  
Lugar: Ottawa, Canada

## XXXII Congreso de la Organización Internacional para el Estudio de las Plantas Suculentas

Fecha: 3 al 6 de Julio, 2012  
Lugar: Hotel Ambos Mundos. San Cristóbal, La Habana, Cuba

## The Next Generation: Botany 2012

Fecha: 7 al 11 de Julio, 2012  
Lugar: Columbus, Ohio, E.U.A.

# Contenido

EDITORIAL.....	2
PERSONAJES	
Casiano Conzatti Bortolametti.....	3
ALGO PARA MEDITAR.....	4
EN PELIGRO	
En busca de la sustentabilidad: El Ecoturismo como Alternativa.....	5
CONOCE TU FLORA	
La Familia Amaranthaceae en el Estado de Nuevo León.....	7
EL SORPRENDENTE MUNDO DE LAS PLANTAS	
Estrategias de Defensa Vegetal.....	10
PLANTAS EN ÁREAS URBANAS	
<i>Cycas circinalis</i> en el Área Metropolitana de Monterrey.....	14
EVENTOS	
Cursos Organizados por el CA BOTÁNICA.....	16
DIVERSIDAD EN EL REINO VEGETAL	
Las Briofitas.....	18
TÉCNICAS DE CULTIVO	
Propagación de Cactáceas Usando Zeolita Natural como Sustrato.....	22
APLICACIONES DE LA BOTÁNICA	
Melisopalinología: El Estudio Botánico de la Miel .....	24
SOLO CIENCIA	
Caracterización de Autotetraploides en Tomate de Cáscara.....	28
AMBIENTE Y CIENCIA	
Variación Somaclonal como Fuente de Fitomejoramiento.....	31
SABIAS QUE.....	34
PLANTAS COMO FUENTE DE ALIMENTO	
Tallos y Raíces Especializados como Fuente de Alimento para el Hombre.....	35
TU ESPACIO	
Mensaje de los estudiantes de la FCB a la Generación 2011.....	38
Mensaje de la Generación 2011 a los estudiantes de la FCB.....	39
AGENDA BOTÁNICA.....	40

Imagen Portada: *Marchantia polymorpha* L., Hepática de la Reserva de la Biosfera El Cielo, Tamaulipas, México. Foto: Anwar Israel Medina Villarreal.