

ISSN: 2007-1167



P L A N T A



Año 10, No. 20

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

Septiembre 2015



2005—2015
10° ANIVERSARIO



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN®

Una publicación de la Universidad Autónoma de Nuevo León

Dr. Jesús Ancer Rodríguez

Rector

Ing. Rogelio G. Garza Rivera

Secretario General

Dr. Juan Manuel Alcocer González

Secretario Académico

Lic. Rogelio Villarreal Elizondo

Secretario de Extensión y Cultura

Dr. Celso José Garza Acuña

Director de Publicaciones

Dr. Antonio Guzmán Velasco

Director de la Facultad de Ciencias Biológicas

Dr. José Ignacio González Rojas

Subdirector Académico Fac. C. Biológicas

Dr. Marco Antonio Alvarado Vázquez

Dr. Sergio M. Salcedo Martínez

Dr. Víctor R. Vargas López

Editores Responsables

PLANTA, Año 10, Nº 20, Enero-Junio 2015. Fecha de publicación: 2 de Septiembre de 2015. 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: 15 de Septiembre de 2015, Tiraje: 500 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 2015

Editorial

Diez años han pasado desde que se publicó el primer número de la Revista PLANTA, la cual en sus inicios pretendía simplemente difundir entre la comunidad de la Facultad de Ciencias Biológicas, las actividades que se realizan por el personal que labora en el Departamento de Botánica de la misma.

Al poco tiempo, la revista se integró al conjunto de publicaciones que la Universidad Autónoma de Nuevo León genera y que como meta tienen, la difusión de la cultura y la ciencia hacia la comunidad. Para ello se tramitaron el ISSN y la reserva de derechos de uso exclusivo ante el Instituto Nacional de Derechos de Autor, la licitud de título y contenido ante la Secretaría de Gobernación y el registro de marca ante el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial.

Con el apoyo de las autoridades universitarias y de la dirección de nuestra facultad se ha logrado imprimir al menos un nuevo número cada semestre, alcanzando en cada ocasión un tiraje de 500 ejemplares, los cuales se distribuyen a nivel nacional.

Además, cada uno de los 20 números publicados hasta hoy, se pueden encontrar en las páginas electrónicas de la Facultad de Ciencias Biológicas y de la Universidad Autónoma de Nuevo León, con lo cual la penetración de la revista es ahora global, aumentando así exponencialmente el número de lectores potenciales.

Con esto en mente hacemos extensiva la invitación a estudiantes y colegas nacionales y extranjeros a colaborar con nuestra revista, ya sea como autores de artículos de opinión o científicos e incluso como editorialistas invitados desarrollando un tópico botánico en particular.

También queremos compartir con ustedes algunas de las metas de la revista a corto plazo, figuran el iniciar los trámites para su indexación en bases de datos de amplia difusión, además de ampliar la cartera de revisores de artículos de la revista y obtener un registro ISBN para su publicación en plataforma electrónica. Estamos convencidos de que al aprovechar las bondades de esta herramienta se logrará tener una gestión más eficiente y rápida del proceso editorial, una más amplia difusión, disminuir costos de impresión y alcanzar su indexación en un futuro cercano.

Por nuestra parte, refrendamos el compromiso de enfrentar con ímpetu y optimismo el reto permanente de superar las expectativas de nuestros lectores, ofreciéndoles una revista con contenidos interesantes, novedosos que nos permita seguir disfrutando de su atención.

LOS EDITORES

MAXIMINO MARTÍNEZ (1888-1964)



Profesor normalista y botánico autodidacta. Maximino fue uno de los precursores de la botánica económica y la exploración de los recursos vegetales de México. Nació en la ciudad de Pachuca estado de Hidalgo el 30 de mayo de 1888. Realizó sus estudios elementales en su ciudad natal y cursó estudios para profesor de instrucción primaria en el Instituto Científico y Literario de la ciudad de Pachuca, titulándose en 1907.

En el año de 1914, por sus conocimientos botánicos, ingresó al museo Nacional de Historia Natural, como ayudante y posteriormente a la Dirección de Estudios Biológicos, donde se le nombró Encargado de la Sección Botánica, hasta la desaparición de dicha dirección en 1929. Poco después impartió cátedras a nivel superior en la Escuela Nacional Forestal y en la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional, donde durante la década de los años 40 fundó el Herbario, el cual en la actualidad es el segundo Herbario más importante de México.

El profesor tuvo un papel destacado entre la comunidad botánica nacional e internacional. En 1941 fue el nervio motor en la organización y fundación de la Sociedad Botánica de México, de la que fue Presidente de 1941 a 1944 y Secretario de 1944 hasta el año de su muerte en 1964.

Fue además el fundador y editor del Boletín de la misma sociedad durante catorce años. En 1944, a la edad de 56 años, Maximino Martínez ingresó como Investigador al Departamento de Botánica del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México, donde laboró incansablemente hasta su muerte.

En el año 1956, fue seleccionado como el único miembro iberoamericano entre los 50 botánicos más distinguidos del Continente, por la Sociedad Botánica de América y recibió también el grado de Doctor *Honoris Causa* de la Universidad Latinoamericana de la Habana, Cuba. En su fructífera vida académica, publicó aproximadamente 100 trabajos científicos en dos áreas principales, la taxonomía y la botánica económica. Fueron sus trabajos en esta última línea los que le dieron fama y trascendencia nacional e internacional. Los más importantes son “Catálogo alfabético de nombres vulgares y científicos de plantas que existen en México” publicado entre 1923 y 1929, y en segunda edición en 1937. “Las plantas más útiles que existen en la República Mexicana” editado en tres ediciones sucesivas entre 1928 y 1959; “Las plantas medicinales de México” editada en cuatro ediciones sucesivas entre 1933 y 1959; y finalmente la moderna versión del “Catálogo de Nombres Vulgares y Científicos de Plantas Mexicanas”, editado por el Fondo de Cultura Económica en forma póstuma.

El profesor Maximino describió un género nuevo (*Balmea*), 19 especies, 17 variedades y 11 formas de plantas. El profesor nunca fue un hombre de gran fortaleza física y sobrada de salud, y tal vez por esto él nunca se distinguió por ser un gran explorador botánico.

Sus ejemplares colectados y registrados en los herbarios son muy escasos para la inmensa labor que realizó, ya que por ejemplo, en el Herbario Nacional de México existen sólo más o menos 200 ejemplares colectados por él. Es desconocido si otros herbarios tienen mayor número, en todo caso, su gran labor consistió básicamente en ser un extraordinario compilador de información.

Constituye además un ejemplo de cómo se pueden usar los herbarios y la literatura científica para hacer valiosos aportes al avance del conocimiento.

El Estrés Metálico en Plantas Superiores y su Aprovechamiento

J.L. Hernández-Piñero*, E. Ramos-Cortez, R. Foroughbakhch, A. Rocha-Estrada

Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas
Departamento de Botánica
*johernan59@gmail.com

Si volteamos alrededor cuando estamos en el campo podemos observar diversas formas de vida vegetal habitando y formando parte del paisaje natural en cualquier rincón que observemos y bajo cualquier condición climática. Vemos plantas costeras capaces de enfrentar los embates del viento mediante mecanismos morfológicos que la fijan fuertemente al suelo hasta la elongación de tallos elásticos que evitan los resquebrajamiento al doblarse ante estos fuertes vientos. Encontramos hierbas que crecen en todo tipo de terreno, incluso en escarpados riscos casi verticales o brotando de diminutas grietas entre rocas con cantidades ínfimas del suelo nutritivo; vegetación creciendo en verdaderos humedales o en medio del desierto; o bien sobre los tallos o ramas de otras plantas arbóreas; asimismo, plantas habitando a grandes alturas sobre las cúspides de las montañas más altas recibiendo una alta incidencia de luz ultravioleta y otras longitudes de onda o creciendo en fondos marinos o acuícolas recibiendo apenas muy tenues rayos de sol.

Esta capacidad de las plantas de invadir y adueñarse de prácticamente todos los biomas del planeta se ha logrado mediante complejos mecanismos evolutivos producto de la interacción entre la planta y el ambiente que promueven el desencadenamiento de procesos adaptativos que culminan en un proceso de selección natural que favorece el crecimiento de los individuos seleccionados en ambientes con características muy particulares. Cuando una especie botánica comienza a colonizar un nuevo hábitat enfrenta nuevos ambientes que afectan negativamente su supervivencia generando un “estrés” a la planta que afecta sus funciones biológicas, restándole capacidad a su desarrollo, por lo que se genera entonces una nueva presión evolutiva que promueve la aparición de genes inéditos o combinaciones de genes que favorecen el mejor crecimiento en el ambiente adverso (Figura 1).



Figura 1. Las plantas superiores, como este árbol de *Leucaena leucocephala*, han desarrollado mecanismos que amortiguan los efectos estresantes del ambiente donde se desarrollan.

Sí, las plantas también se estresan

El término “estrés” es usado con mucha frecuencia en la actualidad y parece estar presente en las actividades cotidianas de la mayoría de las personas; pero, ¿sabías que... las plantas también se estresan? Se define al estrés como un conjunto de reacciones orgánicas en el que entran en juego diversos mecanismos de defensa para afrontar una dada situación que se percibe como amenazante. Efectivamente, debido a que las plantas son organismos incapaces de moverse de un lugar a otro en busca del ambiente más adecuado para su crecimiento, están sometidas frecuentemente a situaciones de estrés de diversa índole. En el caso de las plantas los factores estresantes serían de carácter biótico (virus, bacterias, hongos, plagas) y abiótico (variable climática, manejo del cultivo, contaminación

ambiental), mientras que la expresión fenotípica de los genes que restan efecto a las condiciones ambientales adversas puede traducirse como cambios adaptativos en su morfología o en su metabolismo y fisiología. Por ejemplo, en el caso de plantas que colonizan ambientes muy salinos se favorece la aparición de nuevos mecanismos que contrarrestan los efectos adversos de la presencia de sal que han sido ampliamente estudiados. Otros tipos de estrés son el estrés hídrico, osmótico, térmico, lumínico, etc. Entre los diversos tipos de estrés existe el estrés metálico que ocurre sobre las especies botánicas expuestas a sustratos que contienen alto contenido de minerales que afectan la biología de la planta. En la naturaleza las plantas captan y absorben una cierta gama de minerales que utilizan y son esenciales en diversas funciones metabólicas dentro de ciertos rangos de concentración. Algunos de estos minerales son el potasio, magnesio, calcio, azufre, fósforo y nitrógeno, además de los micronutrientes minerales, como el hierro, manganeso, cobre, zinc y otros. Aquellas especies vegetales que fortuitamente llegaron a colonizar suelos con alto contenido de metales de mayor peso molecular desarrollaron mecanismos adaptativos para contrarrestar los efectos nocivos; a estas especies se les denomina especies metaliníferas. Prácticamente todas las familias botánicas contienen al menos un representante de especies metaliníferas. Estas últimas tienen la capacidad de vivir en suelos con contenidos metálicos tan altos que otras especies no podrían sobrevivir.

Relación metal-planta

Por definición, los metales pesados son elementos que tienen un peso específico por encima de 5g cm^{-3} y número atómico superior a 20; sin embargo, el término se refiere comúnmente a los metales tóxicos, por ejemplo Cadmio (Cd), Cobre (Cu), Cromo (Cr), Plomo (Pb), Zinc (Zn), así como los metaloides peligrosos, Arsénico (As), Boro (B), que ejercen efectos negativos sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas. Se debe tener en cuenta una serie de características importantes del sustrato para el entendimiento de la relación de estos metales con las plantas, como son el tipo y composición del suelo, las características de su contenido orgánico e inorgánico, su poder quelante, el valor y rango de pH, así como el estado redox, las cuales ocupan un lugar central en las relaciones de disponibilidad, toxicidad y respuesta de las plantas a la exposición a metales pesados. Si el metal pesado nocivo llegase a los sitios donde se llevan a cabo importantes

reacciones metabólicas en el interior celular, ocurriría una alteración que evitaría la generación de productos críticos para el crecimiento normal de la planta. Es por ello que algunas especies generan diversos mecanismos de tolerancia a altas concentraciones de metales nocivos. En algunos casos, las plantas generan mucílagos y secreciones radiculares especiales que precipitan a los metales disueltos en la rizósfera haciéndolos insolubles, previniendo así su difusión pasiva o activa al interior de la raíz o de los pelos radiculares. Existen también especies que si bien no impiden la absorción de metales, activan mecanismos de producción de sustancias activas que rodean y se asocian a las moléculas de los metales presentes mediante múltiples enlaces que inactivan sus sitios de reacción neutralizándolos por completo. A estos compuestos se les denomina fitoquelatinas y cuando están presentes son regularmente compuestos químicos provenientes del metabolismo del glutatión. Algunos de estos mecanismos permiten también el secuestro de los metales incursores en estructuras inertes donde no tendrán alcance a los sitios metabólicos activos. Estas estructuras o espacios suelen ser las paredes celulares, las vacuolas y en menor grado el núcleo celular.

Aprovechando la relación metal-planta

Los metales pesados dispersos en el ambiente provienen en parte de la aparición de ciertos fenómenos naturales, principalmente las erupciones volcánicas, pero también por causas antropogénicas, especialmente la actividad minera y metalúrgica, así como la agricultura extensiva y la industria energética. Estos metales pesados se introducen a los ecosistemas y a la cadena trófica de alimentación generando alteraciones en la salud de los organismos expuestos. Las labores de saneamiento ambiental en lugares donde la acumulación de metales representa un problema de salud pública consisten por lo general de procesos de remoción o excavación del suelo, su tratamiento por lavado y nuevo entierro o disposición, mientras que en el caso del agua, su bombeo y tratamiento purificador. Estos métodos generalmente implican altos costos de operación y demandan suelos estériles.

La capacidad de las especies botánicas que han desarrollado los mecanismos de tolerancia descritos anteriormente se puede emplear en la depuración de suelos y aguas contaminadas con metales pesados de forma mucho menos costosa que los métodos tradicionales y con mayor grado de aceptación ecológica, ya que la extensión



Figura 2. Los metales pesados pueden provenir de diversas fuentes en áreas urbanas.

y crecimiento de una cubierta vegetal sobre un terreno en tratamiento de remediación es placentero a la percepción pública (Figura 2); además, la fuente de energía para mantener funcionando el sistema de depuración proviene gratuitamente del Sol. Es valiéndonos de estas especies botánicas que se han ideado distintas implementaciones tecnológicas para limpiar suelos y aguas que en su conjunto se les denomina fitorremediación.

Cuando la especie vegetal expuesta a un medio con alto contenido de metales pesados absorbe radicularmente dichos metales y los acumula en algún órgano vegetativo, se puede emplear en estrategias fitorremediadoras de extracción metálica del suelo. En las últimas décadas se han reportado algunas especies vegetales que tienen la capacidad de absorber y tolerar altas concentraciones de estos elementos, son llamadas plantas hiperacumuladoras de metales pesados, las cuales, han desarrollado mecanismos homeostáticos coordinados para regular la captación, movilización y concentración intracelular de iones metálicos tóxicos que alivian los daños del estrés. Se han identificado alrededor de 415 especies de plantas hiperacumuladoras distribuidas en 45 familias botánicas con capacidad para acumular selectivamente alguna especie metálica a niveles de 100 veces mayor que los niveles típicamente medidos en retoños de plantas comunes no acu-

muladoras. Una planta hiperacumuladora puede concentrar más de $10 \mu\text{g g}^{-1}$ Hg; $100 \mu\text{g g}^{-1}$ Cd; $1000 \mu\text{g g}^{-1}$ Co, Cr, Cu, y Pb; $10\ 000 \mu\text{g g}^{-1}$ Zn y Ni. En la mayoría de los casos no se trata de especies poco conocidas, sino de cultivos establecidos, como el girasol (*Heliantus annus*), capaz de absorber grandes cantidades de uranio y otros metales depositados en el suelo; el maíz (*Zea mays*), con un gran potencial para la acumulación de cadmio y plomo, el tabaco (*Nicotiana tabacum*), con una elevada eficiencia de acumulación de Cu y Pb; la mostaza india (*Brassica juncea*), con una alta capacidad de remoción de Zn y Cd del suelo. La capacidad de plantas hiperacumuladoras de recuperar trazas de metales preciosos o valiosos ha dado origen a la fitominería.

Aprovechamiento biotecnológico

Durante las últimas décadas, se ha llevado a cabo una amplia investigación sobre la respuesta que tienen las plantas al estrés por metales pesados con el objetivo de desentrañar los mecanismos de tolerancia, así como investigaciones relacionadas con la genómica que han permitido descifrar en gran medida algunos mecanismos de adaptación y sobrevivencia bajo estas y otras condiciones de estrés. Sin embargo, en el Departamento de Botánica de la

FCB-UANL, un grupo de investigadores hemos tenido la inquietud de conocer lo que ocurre con las especies metálicas una vez que han sido interiorizadas en los diferentes órganos de la planta. Existen reportes que muestran que una gran cantidad de especies botánicas contienen en mayor o menor grado el ambiente químico necesario para llevar a cabo de manera espontánea la reducción de minerales de su forma catiónica a sus especies metálicas en forma de nanopartículas (Figura 3). Estos hallazgos han creado un área de oportunidad en la nanotecnología, ya que el uso de extractos vegetales provee un medio de reacción eficaz para la síntesis de nanopartículas metálicas importantes en la industria manufacturera de dispositivos y sistemas nanotecnológicos. Las síntesis de nanopartículas de plata, oro y otros metales se logra mediante el montaje de un sistema de reacción simple y bastante económico que utiliza compuestos químicos naturales que minimizan el riesgo de afectación de los ecosistemas y de salud de los trabajadores. La forma y tamaño promedio de las nanopartículas sintetizadas usando extractos vegetales puede ser controlada mediante cambios en las características físico-químicas del medio, como el pH, calentamiento, asistencia por microondas, etc. Estas nanopartículas metálicas se pueden luego concentrar, separar por sus dimensiones y proveer como materia prima nanotecnológica en la fabricación de chips, celdas solares, agentes contrastantes, etc. Además de la sencillez de los métodos de síntesis y las ventajas económicas en el uso de extractos vegetales, el producto elaborado posee una gran estabilidad ya que se sintetizan con una cubierta proveniente del contenido orgánico vegetal que estabiliza a las nanopartículas previniendo la coalescencia de unas con otras. Algunas de las nanopartículas sintetizadas gracias a la constitución química de ciertas plantas poseen propiedades antimicrobianas, las cuales, pueden integrarse a ciertos materiales para prevenir el crecimiento bacteriano indeseable, como en telas para la confección de ropa, paredes de refrigeradores, cocinas y fábricas de alimentos, hospitales, material quirúrgico, etc.

El hecho de que los extractos vegetales tengan la capacidad reductora señalada conlleva a pensar que los iones metálicos absorbidos radicalmente por la planta puedan ser transformados y reducidos a nanopartículas en el interior tisular. Efectivamente, existen reportes que muestran la presencia de nanopartículas metálicas biosintetizadas en plantas expuestas a estos metales, aun cuando este porcentaje de transformación es muy bajo para

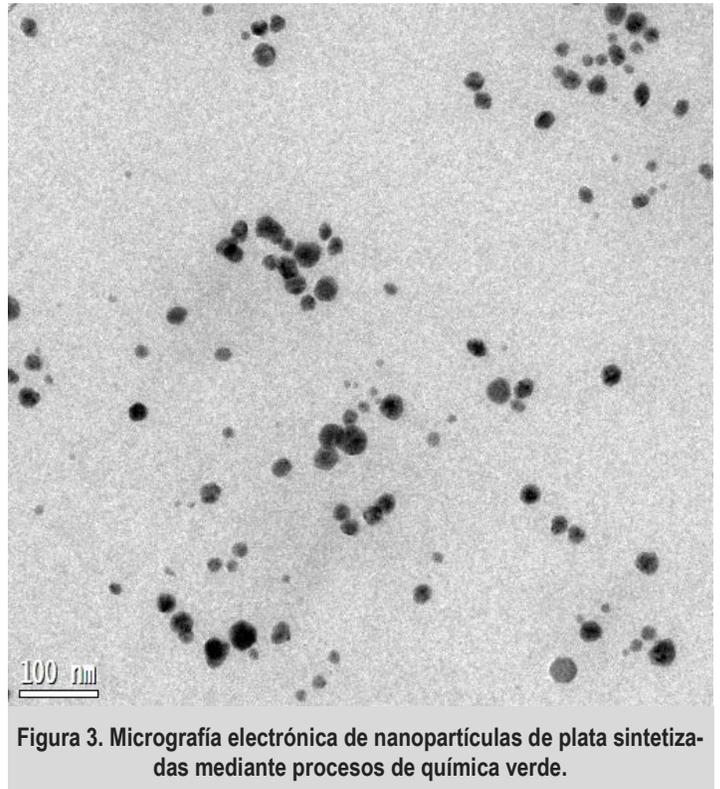


Figura 3. Micrografía electrónica de nanopartículas de plata sintetizadas mediante procesos de química verde.

fines de producción a escala industrial. Sin embargo, las propiedades antimicrobianas y antifúngicas que tienen ciertas nanopartículas permite su posible utilización para el control de fitopatógenos. De este modo, una planta que tenga distribuida en su interior altas concentraciones de nanopartículas metálicas antimicrobianas tendrá una mayor resistencia al ataque de microorganismos patógenos naturales con beneficios para la agricultura o a la industria de la comercialización de plantas de ornato, creando a su vez una menor necesidad de empleo de plaguicidas y su liberación residual al medio. Estas hipótesis están apenas siendo verificadas y en etapas tempranas de investigación para responder a preguntas y cuestionamientos acerca de la conveniencia del uso de nanopartículas metálicas para estos fines y la interacción de las mismas con los diferentes organismos vivientes que las consumen o hacen uso de ellas.

Lecturas complementarias

Terrón, M. Síntesis de Nanopartículas de Plata Mediante Procesos de "Química Verde" (Green Chemistry). Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Nuevo León. 2013.

Kharissova, O.A. et al. (2013). The greener synthesis of nanoparticles. Trends in Biotechnology 31: 240-248.

Hernández-Piñero, J.L. y Foroughbakhch, R. (2010). Fitorremediación en suelos de Nuevo León ¿será posible? Planta No 10: 14-15

Aprovechamiento Potencial del Amaranto

A.R. González-Luna¹, D. Caballero-Hernández² y S. Moreno-Limón¹

Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas
¹Laboratorio de Anatomía y Fisiología Vegetal, ²Laboratorio de Inmunología y Virología

El amaranto es una planta dicotiledónea no gramínea que produce semillas tipo grano, por lo que se considera un pseudocereal. Pertenece a la familia Amaranthaceae, constituida por aproximadamente 70 géneros, de los cuales, el género *Amaranthus* comprende alrededor de 60 especies, siendo solo tres (Figura 1) las que se cultivan para la producción de semillas comestibles: *A. hypochondriacus* L. (México), *A. cruentus* L. (Centroamérica) y *A. caudatus* L. (Sudamérica, principalmente en Perú y Ecuador).

Por otra parte, las especies *A. cruentus* L., *A. dubius* L., *A. hybridus* L. y *A. tricolor* L., conocidas como quelites, son consideradas como buenas productoras de hoja, la cual es empleada en alimentación principalmente en Asia y África. Por esta razón, el amaranto es reconocido como una planta con alto potencial agroalimentario debido al elevado valor nutricional que presenta.

En los últimos años, ha ido en aumento el interés por el

empleo del amaranto como grano o verdura en la alimentación diaria en diversos países. Entre las ventajas que presenta este recurso vegetal respecto a otros cereales se encuentran sus cualidades agronómicas, que lo posicionan como un cultivo promisorio para ser empleado en suelos pobres de nutrientes o bien en suelos con un alto contenido de sales, gracias a la tolerancia que presenta a los climas semiáridos así como a las condiciones poco favorables del ambiente.

Diversos estudios han demostrado que este comportamiento del amaranto se atribuye principalmente a tres características: la primera es la eficiencia del uso del agua (EUA), la cual es superior a la que se presenta en la mayoría de los cultivos de cereales, tanto C3 como C4; la segunda corresponde a su fisiología como planta C4, resaltando la presencia de un hábito de floración no determinado y la capacidad de generar largas raíces principales; y por último, una respuesta metabólica coordinada, que

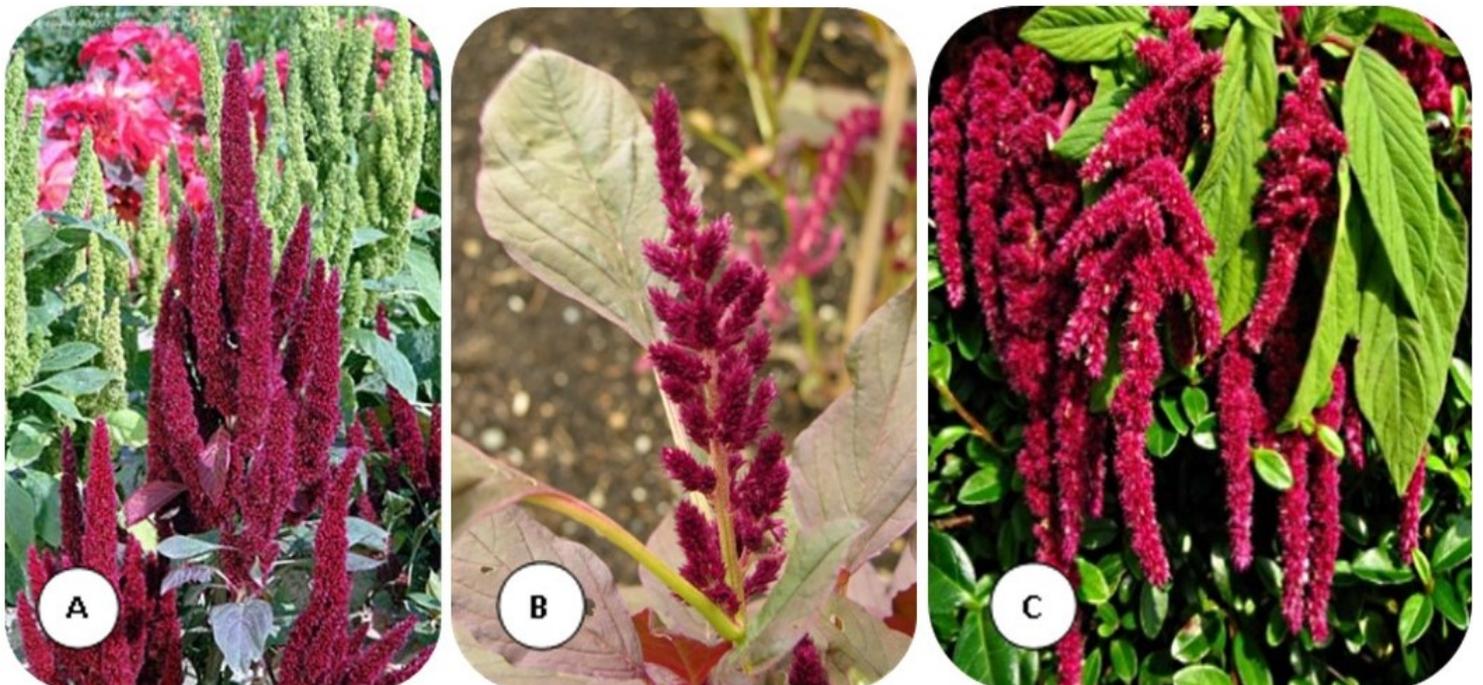


Figura 1. Inflorescencia de: A) *Amaranthus hypochondriacus* L., B) *Amaranthus cruentus* L., C) *Amaranthus caudatus* L.

involucra la acumulación de solutos compatibles, así como la expresión de genes diseñados para prevenir el estrés oxidativo (Figuras 2 y 3).

Usos relevantes

Diversas investigaciones han revelado que las semillas de estas especies presentan niveles elevados de proteína total, así como del aminoácido lisina de alto valor nutricional, el cual es deficiente en la mayoría de los cereales. Por ello la inclusión del amaranto en alimentos procesados, tales como galletas, tortillas y pastas, ha ido en aumento. El empleo del amaranto en transformación genética, principalmente de maíz, trigo y papa, es prometedor debido a que posee globulinas 11S y una albúmina de 35 kDa (AmA1), las cuales contribuyen a incrementar los aminoácidos esenciales presentes, entre ellos la lisina, lo que resulta benéfico para mejorar el balance de aminoácidos y con esto la calidad nutritiva de la especie a la cual se le incorporó dicha proteína.

Por otra parte, se ha demostrado que mediante la hidrólisis de estas proteínas se pueden obtener péptidos biológicamente activos, lo que resalta la importancia de incorporar este pseudocereal en la dieta humana. Hay reportes que mencionan que el amaranto presenta un efecto hipocolesterolémico por lo cual se ha potencializado su empleo en personas con problemas de hipertensión, diabetes y enfermedades cardiovasculares asociadas a hiperlipidemias, entre otras. También se ha utilizado como un sustituto del trigo para la elaboración de alimentos para pacientes con enfermedad celiaca. Además, las hojas contienen altos niveles de proteínas y minerales como calcio, magnesio y fósforo, así como vitaminas, principalmente ácido ascórbico, razón por la cual han sido empleadas como acompañantes de varios platillos en Asia y África.

Propiedades antitumorales de los péptidos bioactivos del amaranto

Informes recientes, han demostrado que péptidos extraídos del amaranto son una alternativa interesante en la búsqueda de nuevos tratamientos contra el cáncer. En 2008, Silva-Sánchez y colaboradores, reportaron la presencia, caracterización y propiedades anti-cancerígenas del péptido lunasin obtenido de las semillas de amaranto. Un resultado similar se encontró para las glutelinas, las cuales después de ser digeridas con tripsina indujeron la

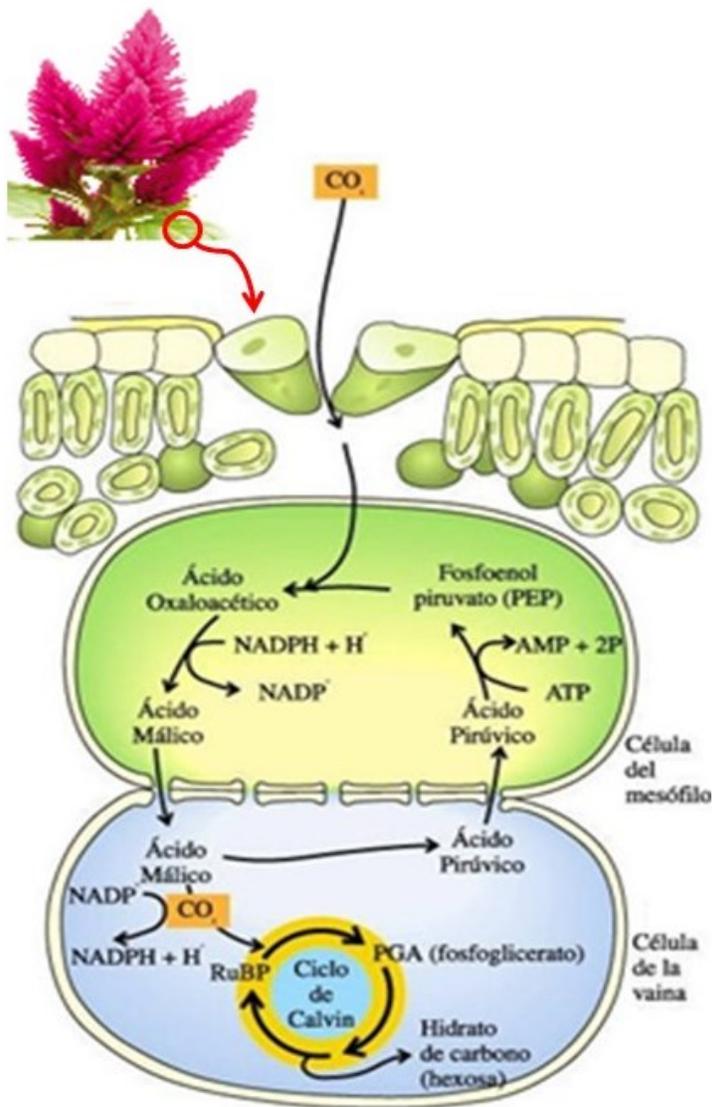


Figura 2. Mecanismo de fijación de CO₂ de una planta C₄ (Lehninger *et al.*, 2000).

apoptosis de células de cáncer cervical HeLa.

Por su parte, otros autores reportan actividad antitumoral en aislados proteicos obtenidos de las semillas de *Amaranthus mantegazzianus* sobre líneas de osteosarcoma de rata, osteoblasto de ratón y adenocarcinoma colorectal humano (Barrio y Añón, 2010). Estos resultados resaltan la importancia de continuar con el estudio de la bioactividad de péptidos extraídos del amaranto, y determinar los compuestos biológicos involucrados en la respuesta antitumoral, así como su mecanismo de acción, lo cual permitirá su uso racional en terapéutica.

Conclusiones y perspectivas

El empleo del amaranto como alternativa agroalimentaria

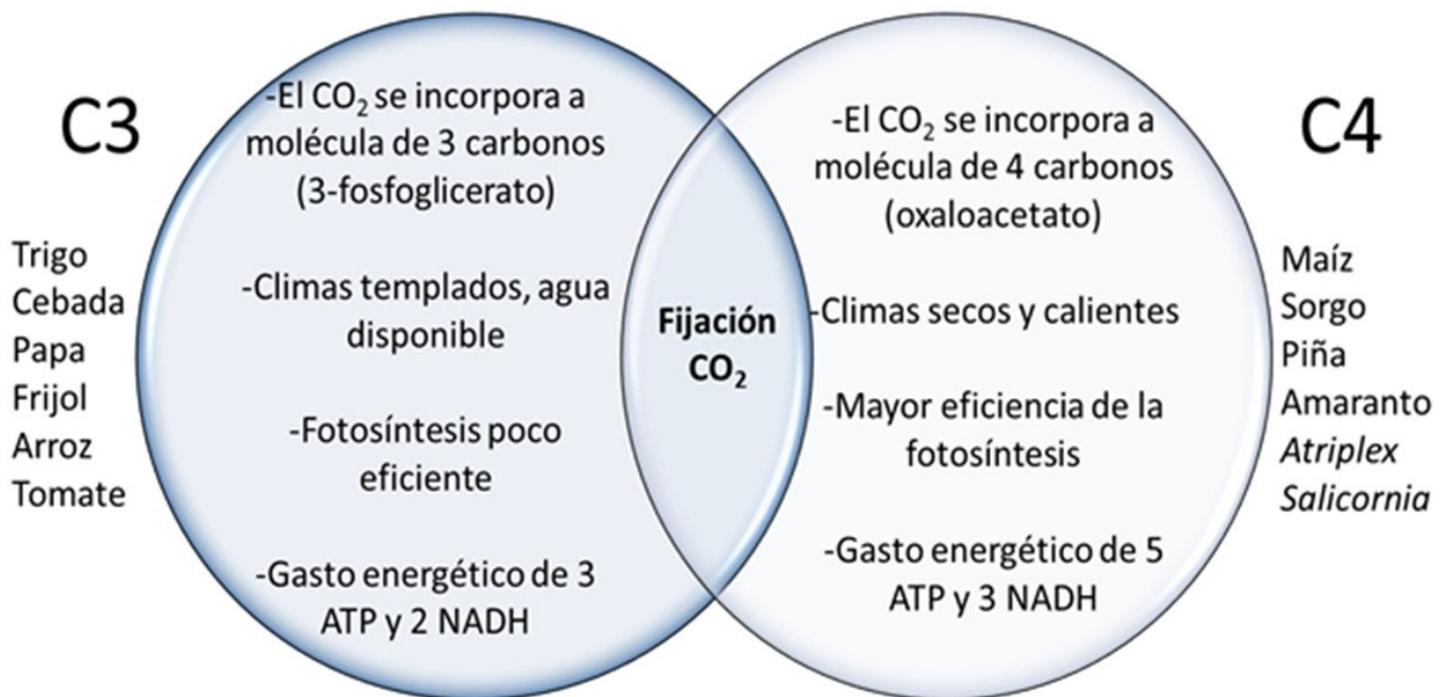


Figura 3. Las plantas C4 surgen posteriormente a las C3, como una adaptación evolutiva que confirió a las plantas un metabolismo más eficiente en un medio de recursos limitados.

es benéfico para la salud por sus aportaciones nutricionales, debidas en parte a su contenido balanceado de aminoácidos. Cabe resaltar que, pese a que el amaranto ha sido utilizado desde varios siglos atrás, sus propiedades no han sido completamente descritas pues presenta importantes características que podrían ser ampliamente explotadas.

Por esta razón, el reciente interés científico por las propiedades de los péptidos bioactivos presentes en las semillas de amaranto; tales como la disminución de los niveles de colesterol en plasma, la reducción de los niveles de glucosa en sangre, control de la hipertensión y anemia, ha impulsado la búsqueda de nuevas fuentes de péptidos bioactivos en otras plantas, y así aumentar el arsenal disponible con potencial para la terapia anti-cáncer.

Referencias

Barrio DA, Añón MC. 2010. Potential antitumor properties of a protein isolate obtained from the seeds of *Amaranthus mantegazzianus*. *Eur J Nutr*; 49:73-82.

Belton P, Taylor J. 2002. Pseudocereals and less common cereals. Springer-Verlag. Berlin, Heideberg, Alemania. 261 p.

Brenner D, Baltensperger D, Kulakow P, Lehmann J, Myers R, Slabbert M, Sleugh B. 2000. Genetic resources and breeding of *Amaranthus*. *Plant Breeding Reviews* 19: 227- 285.

Chakraborty S, Chakraborty N, Agrawal L, Ghosh S, Narula K, Shekhar S, Naik PS, Pande PC, Chakraborti SK, Datta A. 2010. Next-generation protein-rich potato expressing the seed protein gene AmA1 is a result of proteome re-balancing in transgenic tuber. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 107:17533- 17538.

Huerta Ocampo JA, Briones Cerecero EP, Mendoza Hernández G, De León Rodríguez A, Barba de la Rosa AP. 2009. Proteomic analysis of amaranth (*Amaranthus hypochondriacus* L.) leaves under drought stress. *International Journal of Plant Sciences* 170: 990-998.

Johnson BL, Henderson TL. 2002. Water use patterns of grain amaranth in the northern Great Plains. *Agronomy Journal* 94: 1437-1443.

Kadereit G, Borsch T, Weising K, Freitag, H. 2003. Phylogeny of Amaranthaceae and Chenopodiaceae and the evolution of C-4 photosynthesis. *International Journal of Plant Sciences* 164: 959-986.

Leegood, RC. 1993. Carbon Dioxide Concentrating Mechanisms. In: P.J. Lea and R.C. Leegood (Eds.). *Plant Biochemistry and Molecular Biology*. John Wiley and Sons, Ltd. Chichester, U.K.

Lehninger A, Nelson D y Cox M. 2000. Principios de bioquímica. Ed. Omega.

Sangameswaran B and Jayakar B. 2008. Anti-diabetic, anti-hyperlipidemic and spermatogenic effects of *Amaranthus spinosus* Linn. on streptozotocin-induced diabetic rats. *Journal of Natural Medicines* 62:79-82.

Silva-Sánchez C, de la Rosa APB, León-Galván MF, de Lumen BO, de León-Rodríguez A, de Mejía EG. 2008. Bioactive peptides in amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) Seed. *J Agric Food Chem*; 56:1233-40.

Tamás C, Kisgyörgy BN, Rakszegi M, Wilkinson MD, Yang MS, Láng L, Tamás L, Bedo Z. 2009. Transgenic approach to improve wheat (*Triticum aestivum* L.) nutritional quality. *Plant Cell Reports* 28:1085-1094.

Sotol Planta del Desierto con Aplicaciones Biotecnológicas

F. Tavares-Carreón, S. De la Torre-Zavala, H. Avilés-Arnaut

Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas
Ciudad Universitaria, San Nicolás de los Garza, N. L.

El sotol una planta multifacética

El género *Agave*, está representado por más de 200 especies y se produce de forma nativa en zonas áridas. El sotol, que significa lirio grueso, es una planta endémica de regiones desérticas, ampliamente distribuida en la región norte del país, como Chihuahua, Coahuila, San Luis Potosí, Nuevo León y Zacatecas. Es una planta considerada como un agave silvestre, sin embargo tiene una relación más directa con las cebollas y los ajos. Crece en forma de roseta desde la base y con una terminal en púa; presenta hojas delgadas con espinas en sus bordes, y es de color grisáceo a verde pálido (Figura 1). La planta se reproduce por medio de semillas del tamaño de una pimienta y se requieren condiciones perfectas para que estas germinen. Al ser una planta desértica debe de subsistir al calor desértico pero al mismo tiempo tener la suficiente cantidad de agua para poder reproducirse. Las flores macho y hembra crecen en diferentes plantas; ambos sexos presentan un escapo (órgano floral) que puede llegar a tener una altura entre 2.5 y 3 metros el cual exhibe una inflorescencia con flores pequeñas.

El nombre científico del sotol es *Dasyilirion* spp, comúnmente conocido como “cuchara del desierto” ya que al secarse, sus hojas adquieren la forma de una cuchara. Sin embargo, el nombre común puede variar dependiendo de la zona donde se localice. Por ejemplo, en Chihuahua es llamado Sereque, que es un nombre indígena. En otras regiones es conocido como Zotol, el cual proviene del vocablo náhuatl Tzotollin. En Coahuila, es nombrado Sotol pero algunas regiones se le llama Varacuate.

Desde épocas precolombinas el sotol ha tenido una gran variedad de usos, entre ellos como planta para forraje, fibra para elaborar cordones, sandalias y canastas; también como ornamento para prácticas religiosas, y ampliamente empleado en la elaboración de bebidas alcohólicas.



Figura 1. Planta de sotol en el Valle de Cuatrociénegas, Coahuila

El sotol como bebida alcohólica

El uso más importante de los Agaves es en la producción de Tequila, pero en la región norte de México se usa el sotol para crear este licor. Esta bebida alcohólica que lleva el mismo nombre de la planta es producida a partir de la fermentación de las piñas de la planta de sotol, ya que presenta alto contenido de azúcares. Los pueblos indígenas de Chihuahua, por ejemplo los Rarámuriz mezclaban el fermentado del sotol con diversas hierbas aromáticas que bebían en forma de pulque o vino durante sus rituales o celebraciones religiosas. Se ha documentado que el sotol fue utilizado desde la época prehispánica por pobladores de Paquimé, al norte del estado de Chihuahua. En este lugar se encontraron hornos para la producción de la bebida. Es por ello que el licor de sotol es considerado como patrimonio cultural, ya que ha sido heredado por muchas generaciones atrás dando significado e identidad cultural a la zona norte del país.

Los estados de Chihuahua y Coahuila son los mayores productores de Sotol, ya que conservan la receta artesanal y original que empleaban los pueblos nativos, además de ser considerado un licor que representa al norte de México. El sotol como bebida es poco conocida y ha sido estigmatizada como una bebida de baja calidad. Sin embargo, en el año 2002 logró obtener el título “denominación de origen” (Diario oficial de la Federación, 2002), lo cual hace a la bebida única para ser producida en México.

Diversos usos del sotol

El sotol ha sido utilizado desde hace 800 años por los pobladores del norte de México, lo que la hace una planta con una estrecha relación a las comunidades desérticas. Los Tarahumaras usaban las hojas de sotol para elaborar sombreros y canastas, y en nuestros días, ese uso sigue conservado en la cestería y confección de flores artificiales por artesanos de la zona.

Tradicionalmente el sotol ha sido utilizado como forraje para el ganado durante las épocas de larga sequía y antiguamente, era empleado como alimento por diferentes comunidades indígenas. Ellos usaban los corazones o la piña de la planta que era cocinada en pozos de tierra cubierta con piedra caliente. Una vez cocidos hacían una harina para preparar pan. Otras comunidades indígenas como los Chiricahuas (comunidad indígena que era localizada al sur de USA), sólo comían las partes más tiernas de la planta de sotol y los Apaches del sureste de Texas y Arizona comían los tallos de las flores como legumbres.

Existe evidencia de que el sotol es una fuente rica de carbohidratos. Actualmente, se sabe que los tallos del sotol

acumulan altos niveles de fructanos (Mancilla-Margalli y López, 2006). Los fructanos son compuestos con una función dual dentro de la planta, como fotosintatos y osmolitos, ayudando a la planta en el estrés hídrico, reteniendo agua en la planta (Spollen y Nelson, 1994). Además los tallos de sotol constituyen una fuente de fibra dietética, ya que son nutritivas y presentan bajo contenido calórico. Adicionalmente, el sotol muestra *in vitro* propiedades nutraceuticas promoviendo actividad de bifidobacterias y lactobacillus (López y Urías-Silvas, 2007). Todavía, hay comunidades que continúan usando el sotol como alimento. El bulbo es hervido para su consumo directo o para hacer harinas, así mismo las flores son guisadas y combinadas con otros alimentos. Dado su amplia distribución en los desiertos de Coahuila y Chihuahua, el sotol está siendo investigado para encontrar nuevos compuestos ya que se ha propuesto como una alternativa alimentaria.

Valle de Cuatrociénegas

La cuenca de Cuatrociénegas, está ubicado en el centro de Coahuila y rodeada de altas cadenas montañosas. Por encontrarse en el desierto de Chihuahua la cuenca es árida y las temperaturas son extremas, pueden ser superiores a los 45°C cuando es verano y descender por debajo de los 0°C en invierno. En esta área prácticamente no llueve, sólo se registran alrededor de 200 milímetros de agua al año entre los meses de mayo a octubre. A pesar de la escasa lluvia que precipita en esta región, Cuatrociénegas tiene pozas que son alimentadas por manantiales subterráneos. La profundidad de las pozas puede variar desde un metro a más de diez.

Las pozas localizadas dentro de Cuatrociénegas tienen una gran importancia biológica, ya que pese a lo árido del ambiente las pozas se han convertido en entidades aisladas y cuyo ecosistema ha evolucionado completamente diferente a si hubieran estado en un medio abierto. Se ha registrado que en las pozas de Cuatrociénegas viven los mismos tipos de microorganismos que habitaban la Tierra hace miles de millones de años, por ejemplo, los estromatolitos. Estos ecosistemas son extremadamente valiosos y es sitio de investigación para aprender sobre la evolución de la vida primitiva en la Tierra y al mismo tiempo averiguar sobre la posibilidad de vida en otros planetas.

Cuatrociénegas es considerado a nivel mundial como un área natural protegida desde 1994 por representar una reserva biológica con abundante flora y fauna endémicas. Debido a sus características geográficas y fisicoquímicas es nido de muchas formas de vida únicas en el planeta que abarca desde bacterias, plantas y animales. Por ejemplo, presenta especies únicas de anfibios, reptiles, crustá-

ceos, peces, moluscos, insectos, alacranes y diversas plantas entre ellas el sotol. Por su alto endemismo ha sido comparado con las islas Galápagos y también considerado como modelo para estudiar la historia de la tierra y su versatilidad.

La causa de la alta diversidad en Cuatrociénegas es debido a la heterogeneidad del ecosistema, como variaciones ambientales, perturbaciones periódicas y el propio aislamiento de la cuenca (Escalante *et al.*, 2008). Aunque también es atribuido a la oligotrofia que presenta la zona, ya que el ambiente ofrece a los organismos que viven ahí muy bajos niveles de nutrientes esenciales para la vida, como el fósforo. El fósforo es un nutriente esencial para múltiples procesos biológicos, como en la síntesis de ADN, ARN y muchas otras vías metabólicas. Sin embargo, en Cuatrociénegas los niveles de fósforo presente son extremadamente bajos (Souza *et al.*, 2008) y aún así muchas especies vegetales y animales son capaces de sobrevivir.

Las micorrizas y el sotol

En las zonas áridas como los desiertos, la planta de sotol cumple con importantes funciones en procesos edáficos e hidrológicos, además da albergue a la vida silvestre de la zona y es parte de la biodiversidad del lugar. Es interesante conocer como el sotol puede llegar a ser una planta abundante en la región de Cuatrociénegas, donde los niveles de fósforo presente en el suelo son muy bajos para que la planta sobreviva.

Las plantas de esta zona endémica resolvieron el problema de adquisición de nutrientes gracias a una simbiosis establecida entre hongos y sus raíces, conocidas como micorrizas. Micorriza viene del griego “mycos”, que significa hongo y “rhiza”, que significa raíz. Esta asociación forma endomicorrizas o micorrizas arbusculares caracterizadas por la entrada de las hifas del hongo dentro de las células de la raíz de la planta, donde forman vesículas alimenticias y formaciones conocidas como arbusculos (del latín “arbusculum”, que significa pequeño árbol) (Figura 2).

Los glomeromycota son los hongos formadores de micorrizas, es un phylum muy antiguo y son organismos inusuales debido a su estilo de vida. Este phylum han existido desde hace 400 millones de años sin ninguna alteración morfológica, por lo que son considerados como fósiles vivientes (Parniske, 2008).

Las micorrizas arbusculares están presentes en aproximadamente el 80% de las plantas vasculares y conectan de manera muy estrecha las raíces de la planta con las hifas del hongo. Esta endosimbiosis está especializada en la adquisición de nutrientes del suelo para

beneficio de la planta, especialmente fósforo, a cambio, la planta le brinda al hongo carbohidratos. Se estima que arriba del 20% de los productos fotosintéticos elaborados por las plantas son consumidos por las micorrizas arbusculares (Bago *et al.*, 2000).

Se ha demostrado que las plantas micorrizadas tienen mayor tolerancia a metales tóxicos, a patógenos, sequía, salinidad y altas temperaturas. Las micorrizas arbusculares también se han encontrado en diversos ecosistemas como selvas, desiertos, dunas y praderas.

Cuando se introduce la agricultura en un ecosistema natural rico en especies vegetales, como un bosque tropical, la conversión de este ecosistema en un campo de cultivo, ya sea para la producción de cultivos redituables o plantaciones forestales, provoca cambios en las características biológicas y químicas del suelo. En estos sitios regularmente se eliminan muchas especies vegetales nativas, y son reemplazadas por siembras de una sola especie. Esta conversión de los ecosistemas contribuye a un deterioro veloz principalmente en las propiedades del suelo, perdiendo gran cantidad de nutrientes. Actualmente, se ha documentado que las micorrizas mejoran la salud y crecimiento de las plantas con importancia agrícola y forestal. La red de hifas que produce la micorriza en el suelo con la planta huésped crea una mayor superficie de absorción de nutrientes y agua, con lo que se asegura un crecimiento estable y exitoso de la planta.

Se ha observado que los hongos que generan micorrizas exhiben muy baja especificidad por su planta huésped en condiciones de laboratorio. Esto significa que una espora

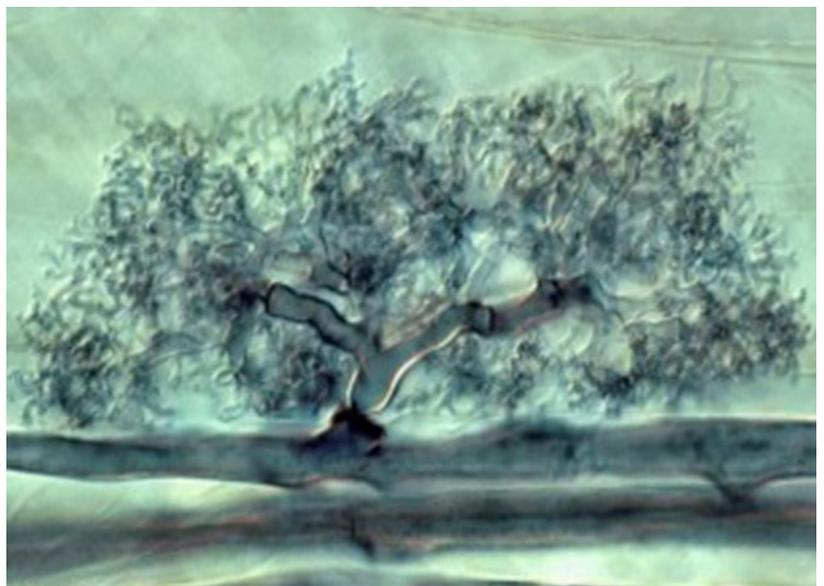


Figura 2. Micorriza arbuscular, se observa el crecimiento de la micorriza dentro de la raíz de la planta formando el típico arbusculo. <http://shachar-hill.plantbiology.msu.edu>

de hongo micorrízico es capaz de infectar diferentes plantas, lo cual es una ventaja cuando se quiere mejorar el crecimiento de plantas con interés agrícola, promoviendo una mejora en el crecimiento de la planta.

Nuestro grupo de trabajo ha observado que el sotol y otras plantas como cactáceas y agaves localizadas alrededor de la poza "El churince" ubicada en Cuatrociénegas presentan alto grado de colonización micorrízica, la cual fue observada mediante tinciones histoquímicas de las raíces (Figura 3). También se han hecho ensayos preliminares en los que se logró separar por tipos, esporas presentes en muestras de la rizósfera y se han inoculado con ella plantas de maíz y tomate para determinar si las esporas micorrízicas aisladas son capaces de establecer una relación simbiótica y al mismo tiempo determinar si son capaces de aumentar las defensas naturales de la planta a factores bióticos y abióticos.

Debido a que hay poca información acerca de las micorrizas de la planta de sotol, el tipo de esporas fúngicas que infecta las raíces de la planta y como se da esta interacción, nuestro grupo de investigación está enfocado en estudiar estos aspectos que son únicos ya que la micorriza del sotol se encuentra en Cuatrociénegas, una zona endémica. Este estudio permitirá conocer muchos aspectos con aplicaciones a corto plazo. Por ejemplo, sabremos aspectos sobre la biología e infección del hongo, se identificará y se podrá contar con un cepario de especies micorrízicas de Cuatrociénegas. Esta simbiosis es importante debido a que está adaptada a vivir en suelos con muy bajos niveles de fósforo. Así mismo, se podrán utilizar estos aislados micorrízicos como bioinoculantes de suelos áridos del norte de México, destinados a la agricultura para potenciar la absorción de nitrógeno y fósforo en la raíz. Adicionalmente, se podrá mitigar el estrés salino, aumentar la tolerancia a la sequía y metales pesados, inducir la producción de acuaporinas (proteínas encargadas de transportar agua), disminuir la susceptibilidad a infecciones por patógenos, mejorar el enraizamiento, desarrollar mayor altura y el área foliar en las plantas. Con estas mejoras se incrementarían los rendimientos entre un 15 y 50% de los cultivos agrícolas y ahorrar hasta la mitad del agua y fertilizantes empleados.

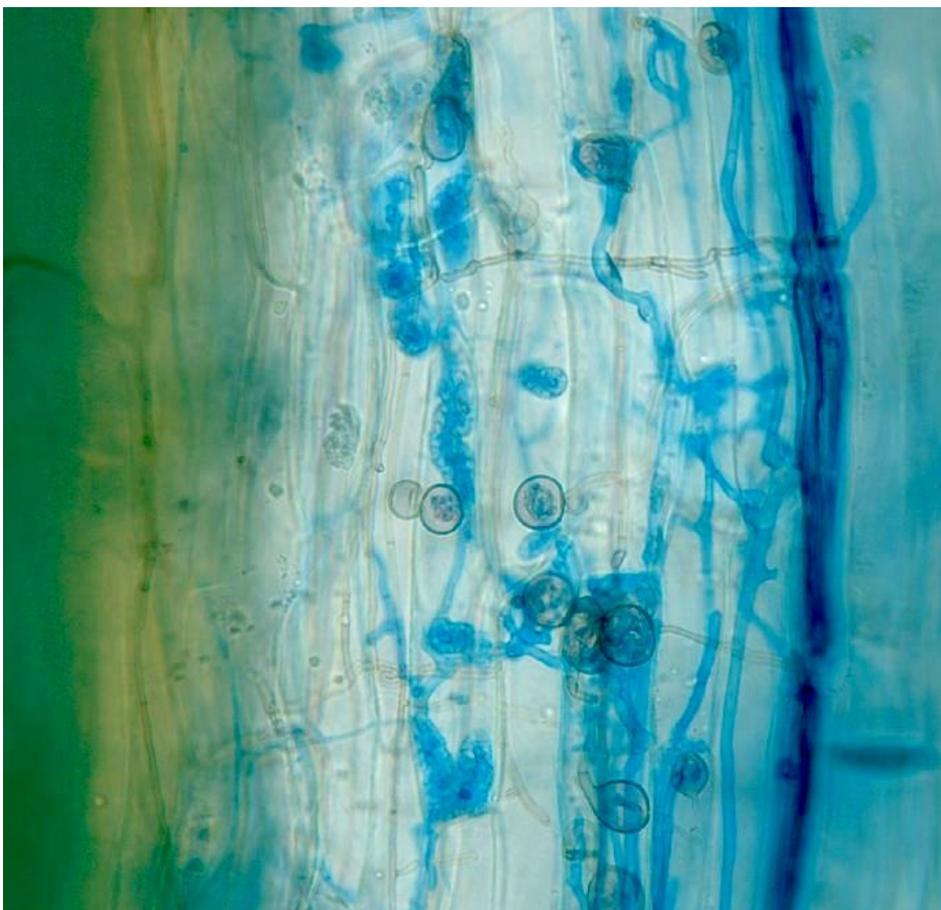


Figura 3. Micorrizas asociados a raíces de plantas de sotol de Cuatrociénegas, Coahuila.

Referencias

- Bago B, Pfeffer PE and Shachar-Hill Y. 2000. Carbon metabolism and transport in arbuscular mycorrhizas. *Plant Physiol.* 194: 949-958.
- Escalante AE, Eguarte LE, Espinosa-Asuar L, Forney LJ, Noguez AM, Saldivar VS. 2008. Diversity of aquatic prokaryotic communities in the cuatro cienegas basin. *FEMS Microbiology Ecology.* 65 (1):50-60.
- Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial. "Declaración de Protección a la Denominación de Origen Sotol". *Diario Oficial de la Federación.* 02 de Agosto de 2002. pp. 95-98.
- López MG, and Urías-Silvas JE. 2007. Agave fructans as prebiotics. In: Norio S, Nouredine B, and Shuichi O (eds). *Advances in fructooligosaccharides research.* Research Signpost. Kerala India. 2-14.
- Mancilla-Margalli NA, and López MG. 2006. Water-soluble carbohydrates and fructan structure patterns from Agave and Dasyliirion species. *J Agric Food Chem.* 54 (20):7832-7839.
- Parniske M. 2008. Arbuscular mycorrhiza: the mother of plant root endosymbioses. *Nat Rev Microbiol.* 6 (10):763-75.
- Souza V, Eguarte LE, Siefert J, and Elser JJ. 2008. Microbial endemism: does phosphorous limitation enhance specialization?. *Nat Rev Microbiol.* 6: 559-564.
- Spollen WG, and Nelson CJ. 1994. Response of fructan to water deficit in growing leaves of tall fescue. *Plant Physiology.* 106 (1): 329-36.

La Serina y sus Implicaciones en el Desarrollo Vegetal

R.A. Garza-Aguirre, *S. Moreno-Limón

Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas,
Departamento de Botánica, San Nicolás De Los Garza, N.L. México.

*sergio.morenoilm@uanl.edu.mx

El metabolismo vegetal y su importancia biotecnológica

En las células, sus compuestos se transforman en otros a través de reacciones mediadas por enzimas. Al conjunto de todas estas reacciones se le conoce como metabolismo, donde el metabolismo primario hace referencia a todas aquellas reacciones que de forma directa intervienen en la supervivencia, crecimiento y reproducción de los organismos. Entre las reacciones pertenecientes al metabolismo primario de las plantas están la fotosíntesis, la respiración, la glicólisis, la síntesis de proteínas, la biosíntesis de aminoácidos y la asimilación de nutrientes (Petiard y Bariaud-Fontanel, 1987).

El conocimiento sobre el metabolismo vegetal, posee un interés potencial aplicado, dado que puede ofrecer beneficios biotecnológicos en la agricultura, la medicina y el medio ambiente. Las enzimas responsables del metabolismo se encuentran codificadas en el genoma (cada tipo de célula expresa un repertorio génico total y lo hace de modo regulado y coordinado), que determina qué cantidad de cada enzima se fabrica en cada momento. La transgénesis permite determinar la función de cada enzima y qué consecuencias tiene para el metabolismo el bloqueo de su expresión o su sobreexpresión. Además, al poder alterar la región promotora, podemos averiguar de qué secuencias depende la expresión del gen, ya que algunos genes responden a la luz, frío y otros a la sequía. Aunque la mayoría de las reacciones del metabolismo primario han sido bioquímicamente caracterizadas, la regulación, las interconexiones y el grado de integración de las distintas rutas hasta la fecha no han sido del todo esclarecidas. La mayor parte de las investigaciones en este campo, basadas en la ingeniería metabólica, han tenido un éxito limitado en la práctica debido a la complejidad del metabolismo vegetal, por lo que si se pretende tener éxito en el futuro se deben generar modelos cuantitativos que interconecten las distintas vías metabólicas.

Función de los plastos en el desarrollo vegetal

En las plantas, la fotosíntesis es la principal vía de entrada de energía, la cual se lleva a cabo en compartimientos subcelulares especializados llamados cloroplastos. En ellos, se utiliza la energía de la luz solar para activar la síntesis de moléculas de carbono ricas en energía, acompañándose el proceso con

la liberación de oxígeno. De estos orgánulos y de su función depende en gran medida la vida sobre la Tierra. Además de la fotosíntesis, los cloroplastos y plastos no fotosintéticos llevan a cabo otras actividades metabólicas que son esenciales para las plantas, incluyendo la síntesis de aminoácidos, cofactores enzimáticos, lípidos y reguladores de crecimiento (Osteryoung y Weber, 2011). Los plastos tienen importancia biotecnológica específicamente en el sector agrícola y de la bioenergética, ya que son responsables de la síntesis de productos como el almidón y aceites vegetales (Maliga y Bock, 2011). Teniendo en cuenta lo descrito, es necesario comprender las funciones básicas de los plastos en las plantas, caracterizar las enzimas que catalizan las reacciones plásticas y elucidar los procesos de regulación de las vías metabólicas, así como su integración con el metabolismo celular (Osteryoung y Weber, 2011).

Función de la serina en las plantas

La serina es uno de los aminoácidos polares que pueden sintetizarse dentro del plasto. En animales, la L-serina se clasifica como un aminoácido no esencial, debido a que este último puede ser sintetizado a través de la ruta fosforilativa de biosíntesis de serina (RFBS). La serina forma parte de la estructura de proteínas y posee funciones catalíticas en muchas enzimas; tanto en animales como en plantas, la L-serina participa en varios procesos esenciales que incluyan la biosíntesis de otros aminoácidos, bases nitrogenadas, fosfolípidos y esfingolípidos. Además, se le ha relacionado en varios procesos celulares como el metabolismo del carbono y las reacciones de metilación de ácidos nucleicos y proteínas a través de la S-adenosil metionina (Kalhan y Hanson, 2012).

La mayor parte del conocimiento sobre las funciones de la serina se ha caracterizado en animales. Las evidencias indican que la L-serina desempeña un papel importante en el mantenimiento de la homeostasis del sistema nervioso, así como durante su desarrollo (Yoshida *et al.*, 2004). Recientemente se ha vinculado a la L-serina en los procesos oncogénicos y del control del ciclo celular (Locasale *et al.*, 2011; Pollari *et al.*, 2011; Possemato *et al.*, 2011).

En plantas, las funciones de la serina son menos conocidas que en animales. La L-serina es un intermediario clave en la fotorrespiración desde el glicolato hasta el 3-fosfoglicerato

(Keys, 1980; Tolbert, 1980; Walton y Woolhouse, 1986). Al igual que en animales, la L-serina es precursor de la síntesis de glicina, triptófano y cisteína, así como en la interconversión de la homocisteína y la metionina (Walton y Woolhouse, 1986). Además, interviene en la síntesis de otras macromoléculas esenciales como esfingolípidos, fosfolípidos y purinas.

En la actualidad se han descrito funciones adicionales de la serina que no son de índole metabólica. Se ha vinculado a la D-serina en algunos procesos de señalización durante el desarrollo del tubo polínico y la morfogénesis (Michard *et al.*, 2011). Yamaoka *et al.* (2011), mostraron que los mutantes en fosfatidilserina sintasa (PSS1), enzima implicada en la síntesis de fosfatidilserina, exhiben un fenotipo de enanismo y disminución de la fertilidad debido a la inhibición de la maduración del polen y una alta tasa de letalidad embrionaria. Actualmente, una investigación en desarrollo dirigida por el Dr. Roc Ros en la Universidad de Valencia, España, sugiere que la serina podría estar involucrada en las respuestas de las plantas a diversos tipos de estrés ambiental (*comunicación personal*). Además, se ha demostrado que las plantas cultivadas en condiciones de baja temperatura y de elevada salinidad presentan altos contenidos en serina (Ho y Saito, 2001). Por otra parte, plantas de *Arabidopsis* con mayores niveles endógenos de serina son más resistentes a estrés salino (Waditee *et al.*, 2007). No se conoce el mecanismo molecular por el cual la serina está relacionada con el aumento de la tolerancia de las plantas a estas formas de estrés, sin embargo se ha especulado que podría estar relacionado con su participación en la biosíntesis de glicina-betaína. Todos los resultados, tanto en animales como en plantas, remarcan el papel fundamental de la serina en el metabolismo y señalización, por lo que es de esperar que la biosíntesis de este aminoácido debe regularse de manera muy precisa para poder controlar correctamente el crecimiento y desarrollo de las plantas.

Rutas de biosíntesis de serina en las plantas

En plantas, se han descrito tres rutas de biosíntesis de serina (Figura 1). Una de ellas, llamada ruta del glicolato, está asociada a la fotorrespiración (Tolbert, 1980; Keys, 1980). Además, se han descrito otras dos rutas llamadas ruta fosforilativa (RFBS) y ruta del glicerato (Bryan, 1988; Kleczkowski y Givan, 1988; Ho y Saito, 2001). Servaites y Ogren (1977), demostraron que inhibiendo químicamente la ruta fotorrespiratoria, la síntesis de serina solo disminuía un 50%, lo que sugería que existían otras vías que podrían ser importantes fuentes de suministro. Basándose en los estudios de inhibi-

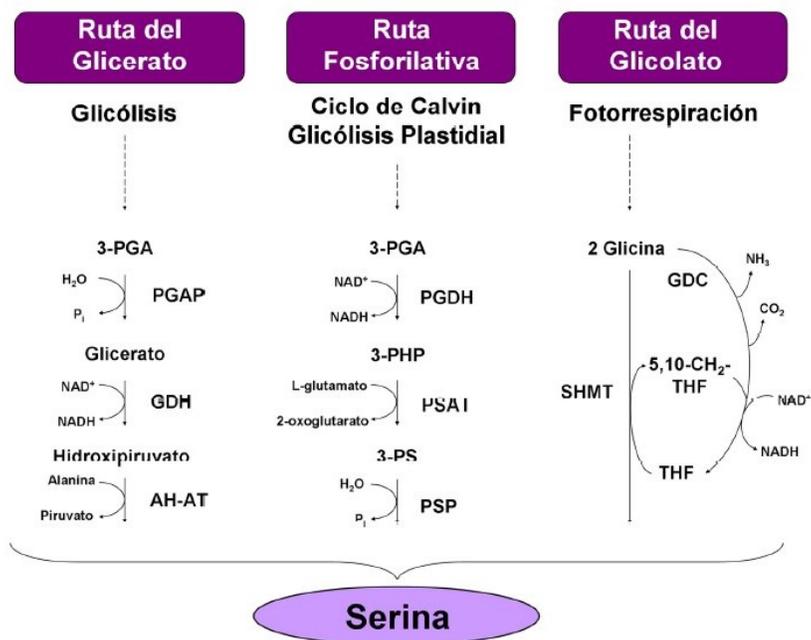


Figura 1. Representación de la biosíntesis de serina en las plantas. Ruta de la fotorrespiración (ruta del glicolato): GDC, glicina descarboxilasa; SHMT, serina hidroximetiltransferasa. Ruta del glicerato: PGAP, 3-fosfoglicerato fosfatasa; GDH, Glicerato deshidrogenasa; AH-AT, Alanina-hidroxipiruvato aminotransferasa. Ruta fosforilativa: PGDH, 3-fosfoglicerato deshidrogenasa; PSAT, 3-fosfoserina aminotransferasa; PSP, 3-fosfoserina fosfatasa, THF, tetrahydrofolato. 5,10 CH₂-THF, 5,10-metileno tetrahydrofolato. 3-PGA, 3-fosfoglicerato. 3-PHP, 3-fosfohidroxipiruvato. 3-PS, 3-fosfoserina. (Extraído y modificado de Cascales-Miñana y col., 2013).

dores, como el ácido isonicotínico de hidrazida, inhibidor del complejo glicina descarboxilasa, así como del butil-2-hidroxi-3-butanoato y del α -hidroxipiridina-metanosulfonato, inhibidores de la glicolato oxidasa (enzimas de la ruta fotorrespiratoria), se pudo determinar que aproximadamente la mitad de la serina se sintetizaba a partir de la vía fotorrespiratoria, mientras que la otra mitad debía de sintetizarse a través de otras rutas cuando se mantienen las plantas en condiciones con niveles normales de CO₂ y O₂ (Hess y Tolbert, 1966; Servaites y Ogren, 1977; Kaminska y Maleszewski, 1992).

La ruta fosforilativa de biosíntesis de serina

En esta ruta, la serina se sintetiza en los plastos a partir del precursor 3-PGA (Handford y Davies, 1958). La evidencia bioquímica que apoyó la ruta fosforilativa en plantas derivó de la caracterización de las actividades enzimáticas de la vía por diferentes autores (Larsson y Albertsson, 1979; Walton y Woolhouse, 1986). Esta vía se conserva tanto en mamíferos como en plantas y define un punto de bifurcación de la glicólisis en el 3-PGA y comprende tres enzimas que catalizan tres reacciones secuenciales: la enzima PGDH, la 3-fosfoserina aminotransferasa (PSAT) y la 3-fosfoserina fosfatasa (PSP). El intermediario glicolítico 3-PGA se oxida por la PGDH utilizando NAD⁺ como cofactor para formar 3-PHP, que a su vez se convierte en 3-PS por PSAT. En el paso final, una desfosfori-

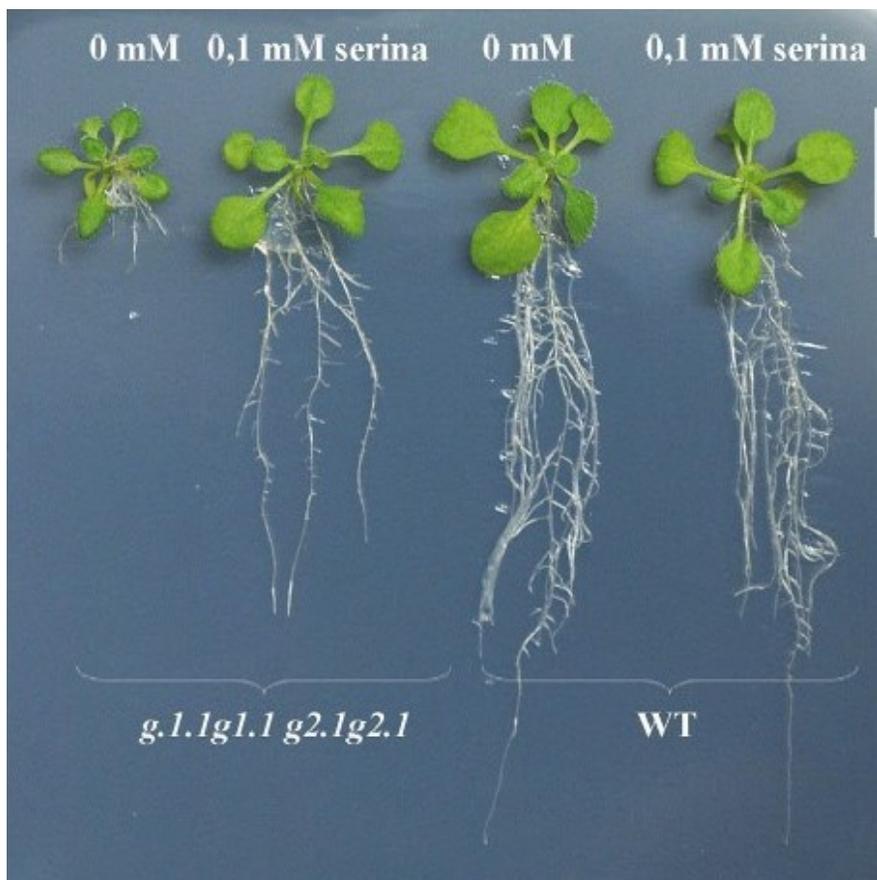


Figura 2. Crecimiento de plántulas *in vitro* de *Arabidopsis thaliana* donde la serina restablece el crecimiento normal de la raíz en el doble mutante *gapcp1gapcp2*. En el experimento, semillas silvestres (WT) y doble mutante *gapcp* (*g1.1g1.1 g2.1g2.1*) se germinaron en un medio de cultivo MS1/5 de 8 a 10 días, para luego ser trasplantadas a un segundo medio suplementado con 0.1 mM de serina. Figura modificada de Muñoz-Bertomeu *et al.*, (2009).

lación de 3-PS por la PSP produce serina (Kleczkowski y Givan, 1988). Posteriormente, con el nacimiento y desarrollo de las técnicas de biología molecular, se logró clonar y caracterizar bioquímicamente tres genes vegetales de la RFBS que codifican para las enzimas PGDH, PSAT y PSP (Ho y Saito, 2001). Sin embargo, esta ruta no fue caracterizada funcionalmente, probablemente debido a que había sido considerada de menor importancia en comparación con la ruta del glicolato. Se sugirió que podría tener un papel relevante en los tejidos o en procesos no fotosintéticos (raíces y desarrollo de semillas). Es de esperar que en los tejidos verdes, durante el día, la ruta fosforilativa tendría una menor importancia, dado que la planta está fotorrespirando. A pesar de que algunos genes de la vía fosforilativa han sido clonados y sus enzimas caracterizadas bioquímicamente en *Arabidopsis* (Ho y Saito, 2001), no existía evidencia genética reciente que proporcionase información sobre la función de estos genes y/o conocimiento sobre la red de regulación que controla esta ruta.

Recientemente Muñoz-Bertomeu *et al.* (2009), caracterizaron funcionalmente la familia glicolítica plastidial de las gliceraldehído 3-fosfato deshidrogenasas (GAPCps) de *Arabi-*

dopsis, mostrando que los dobles mutantes *gapcp1gapcp2* presentan un fenotipo drástico del desarrollo, como son la disminución del crecimiento de la raíz primaria, el enanismo y la esterilidad masculina. Además estos mutantes presentan alteraciones en los niveles de carbono y azúcares. Los autores de este trabajo demostraron que los dobles mutantes *gapcp1gapcp2* son deficientes en serina en las raíces, y que si se suplementa el aminoácido al medio de cultivo se recupera el crecimiento de la raíz (Figura 2), se restauran los niveles de azúcares y las actividades de las enzimas implicadas. Con todos estos resultados, los autores de esta investigación propusieron que la actividad de las GAPCps es esencial para abastecer el precursor 3-PGA a la RFBS en los plastos de los órganos no fotosintéticos.

Conclusiones

La ruta fosforilativa de biosíntesis de serina desempeña un papel importante en el suministro de serina en las plantas, sugiriéndose que las tres rutas implicadas en su biosíntesis deben interactuar con el fin de mantener la homeostasis de este aminoácido en las células. No obstante y aunque la síntesis de serina a través de la ruta del glicolato es considerada la más importante desde el punto de vista cuantitativo, las evidencias y la importancia biológica de la RFBS siguen en aumento. Las investigaciones futuras deberán estar enfocadas a conocer la contribución exacta de la serina a los diferentes tejidos y órganos, la integración de las vías y su regulación.

Referencias

- Bryan JK (1988) Advances in the biochemistry of amino acid biosynthesis. En *The biochemistry of Plants. A Comprehensive Treatise*. Mifflin BJ, Lea PJ (eds.). New York Academic Press, New York. p 175-176.
- Cascales-Miñana B, Muñoz-Bertomeu J, Flores-Tornero M, Anoman AD, Pertusa J, Alaiz M, Osorio S, Fernie AR, Segura J, Ros R (2013) The phosphorylated pathway of serine biosynthesis is essential both for male gametophyte and embryo development and for root growth in *Arabidopsis*. *Plant Cell* 25: 2084-2101.
- Handford J, Davies DD (1958) Formation of phosphoserine from 3-phosphoglycerate in higher plants. *Nature* 182: 532-533.
- Ho CL, Saito K (2001) Molecular biology of the plastidic phosphorylated serine biosynthetic pathway in *Arabidopsis thaliana*. *Amino Acids* 20: 243-259.
- Keys AJ (1980) Amino acids and derivatives. En *The biochemistry of Plants. A Comprehensive Treatise*. Mifflin BJ (ed.). New York Academic Press, New York. p 359-374.
- Kleczkowski LA, Givan CV (1988) Serine formation in leaves by mechanisms other than the glycolate pathway. *Journal of Plant Physiology* 132: 641-652.

Larsson C, Albertsson E (1979) Enzymes related to serine synthesis in spinach chloroplasts. *Physiologia Plantarum* 45: 7-10.

Locasale JW, Grassian AR, Melman T, Lyssiotis CA, Mattaini KR, Bass AJ, Heffron G, Metallo CM, Muranen T, Sharfi H, Sasaki AT, Anastasiou D, Mul-larky E, Vokes NI, Sasaki M, Beroukhim R, Stephanopoulos G, Ligon AH, Meyerson M, Richardson AL, Chin L, Wagner G, Asara JM, Brugge JS, Cant-ley LC, Vander Heiden MG (2011) Phosphoglycerate dehydrogenase diverts glycolytic flux contributes to oncogenesis. *Nature Genetics* 43:869-874.

Maliga P, Bock R (2011) Plastid Biotechnology: Food, Fuel, and Medicine for the 21st Century. *Plant Physiology* 155: 1501-1510.

Michard E, Lima PT, Borges F, Silva AC, Portes MT, Carvalho JE, Gilligham M, Liu LH, Obermeyer G, Feijo JA (2011) Glutamate receptor-like genes form Ca²⁺ channels in pollen tubes and are regulated by pistil D-serine. *Science* 332: 434-437.

Muñoz-Bertomeu J, Cascales-Miñana B, Mulet JM, Baroja-Fernandez E, Pozueta-Romero J, Kuhn JM, Segura J, Ros R (2009) Plastidial glyceralde-hyde-3-phosphate dehydrogenase deficiency leads to altered root develop-ment and affects the sugar and amino acid balance in Arabidopsis. *Plant Physiology* 151:541-558.

Osteryoung KW, Weber APM (2011) Plastid biology: focus on the defining organelle of plants. *Plant Physiology* 155: 1475-1476.

Petiard V, Bariaud-Fontanel A (1987) El cultivo de células. *Mundo Científico* 7:730-736.

Pollari S, Kakonen SM, Edgren H, Wolf M, Kohonen P, Sara H, Guise T, Nees M, Kallioniemi O (2011) Enhanced serine production by bone metastatic breast cancer cells stimulates osteoclastogenesis. *Breast Cancer Research and Treatment* 125: 421-430.

Possemato R, Marks KM, Shaul YD, Pacold ME, Kim D, Birsoy K, Sethuma-dhavan S, Woo HK, Jang HG, Jha AK, Chen WW, Barrett FG, Stransky N, Tsun ZY, Cowley GS, Barretina J, Kalaany NY, Hsu PP, Ottina K, Chan AM, Yuan B, Garraway LA, Root DE, Mino-Kenudson M, Brachtel EF, Driggers EM, Sabatini DM (2011) Functional genomics reveal that the serine synthe-sis pathway is essential in breast cancer. *Nature* 476: 346-U119.

Romero J, Kuhn JM, Segura J, Ros R (2009) Plastidial glyceraldehyde-3-phosphate dehydrogenase deficiency leads to altered root development and affects the sugar and amino acid balance in Arabidopsis. *Plant Physiology* 151:541-558

Servaites JC, Ogren WL (1977) Chemical inhibition of the glycolate pathway in soybean leaf cells. *Plant Physiology* 60: 461-466.

Tolbert NE (1980) Photorespiration. En *The biochemistry of plants, Vol 2*. Davies DD (ed.). Academic Press, New York, pág. 487-523.

Waditee R, Bhuiyan N H, Hirata E, Hibino T, Tanaka Y, Shikata M, Takabe T (2007) Metabolic engineering for betaine accumulation in microbes and plants. *Journal of Biological Chemistry* 282: 34185-34193.

Walton NJ, Woolhouse HW (1986) Enzymes of serine and glycine metabo-lism in leaves and non photosynthetic tissues of *Pisum sativum* L. *Planta* 167: 119-128.

Yamaoka Y, Yu Y, Mizoi J, Fujiki Y, Saito K, Nishijima M, Lee Y, Nishida I (2011) Phosphatidylserine synthase1 is required for microspore development in Arabidopsis thaliana. *Plant Journal* 67: 648-661.

Yoshida K, Furuya S, Osuka S, Mitoma J, Shinoda Y, Watanabe M, Azuma N, Tanaka H, Hashikawa T, Itohara S, Hirabayashia Y (2004) Targeted Dis-ruption of the Mouse 3-Phosphoglycerate Dehydrogenase Gene Causes Severe Neurodevelopmental Defects and Results in Embryonic Lethality. *The Journal of Biological Chemistry* 279: 3573-3577.

Sabías Que . . . ?

El bambú es la planta se-mileñosa de más rápido crecimiento en el mundo, puede crecer hasta 89 cm en un solo día.



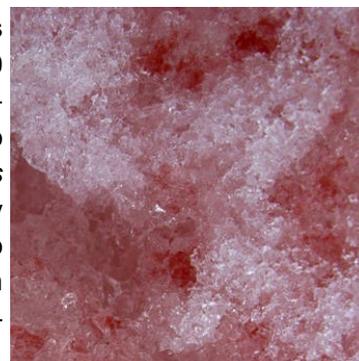
La palabra piña (pineapple en inglés) proviene de los exploradores euro-peos que pensaban que la fruta com-binaba el aspecto de una piña de pino con el de la carne de una manzana. Las piñas son el único miembro co-mestible de la familia de las bromeliá-ceas.

El jugo de tomate es la bebida oficial del estado de Ohio, E.U.A. haciendo hon-or a la parte que A. W. Livingston de Reynolds-burg, Ohio tuvo en popula-rizar el tomate a finales de 1800.



En un metro cuadrado de arena del desierto puedes encontrar hasta 100,000 se-millas de diferentes especies de plantas.

Hay 300 especies de algas que viven en la nieve, y 60 son exclusivas del conti-nente americano como *Chlamydomonas nivalis* que tiñe de rojo la nieve y que fue reportada como nieve roja en 1818 por John Ross, aunque nadie le cre-yó en ese entonces.



Estrés Oxidativo Enfermedades y Antioxidantes

R.M. Rodríguez-Rodríguez¹, W.A. Poot-Poot^{1*}, J.H.T. Silva-Espinoza¹, H. Rodríguez-Rodríguez¹, R. Ventura-Houle¹, M. T.J. Segura-Martínez¹ y J.J. Farach-Covarrubias¹

¹Universidad Autónoma de Tamaulipas, Facultad de Ingeniería y Ciencias, Centro Universitario Adolfo López Mateos, Cd. Victoria, Tamaulipas. C.P. 87145.

**waflaco@yahoo.com.mx*

El ritmo de vida de la humanidad ha cambiado en los últimos años debido a las necesidades de suministrar alimentación, salud y protección a sus familias. Estos cambios han provocado desequilibrios que se manifiestan a nivel de organismo y célula que en su conjunto reflejan el desarrollo de enfermedades.

En condiciones fisiológicas normales, las células de los humanos, plantas y animales se encargan de neutralizar los subproductos formados de las diferentes rutas metabólicas donde participa el oxígeno y de esta forma evitar los daños oxidativos. Sin embargo, cuando se pierde la capacidad neutralizante hablamos de un estrés oxidativo.

El estrés oxidativo ha sido relacionado con diversas afectaciones a nivel celular, peroxidación de lípidos de las membranas, oxidación de proteínas y ácidos nucleicos. Esto ha despertado el interés por comprender los mecanismos de defensa relacionados con el equilibrio homeostático de las especies reactivas de oxígeno (ERO).

Normalmente las células generan ERO durante la respiración celular, actividad bactericida de los fagocitos, autooxidación de las catecolaminas, síntesis de prostaglandinas, oxidación de la hipoxantina y de la xantina. También las ERO son inducidos por agentes externos como la luz ultravioleta, drogas, toxinas, productos químicos carcinogénicos y pesticidas.

Para contrarrestar el efecto nocivo del estrés oxidativo, las células poseen sistemas enzimáticos y compuestos antioxidantes de naturaleza no proteica eficientes (no enzimático), que contribuyen de forma sinérgica a mantener la concentración de las ERO en niveles no tóxico. Uno de estos sistemas está formado por las enzimas: superóxido dismutasa, glutatión peroxidasa y catalasa. El otro está formado por el sistema no enzimático, donde la α -tocoferol, una molécula lipídica interrumpe la reacción en cadena iniciada por radicales libres.

Cada vez existen más evidencias que relacionan los defectos en la función mitocondrial y el estrés oxidativo con la patogénesis de las enfermedades neurodegenerativas. Se sabe que la mitocondria contribuye al envejecimiento mediante la acumulación de mutaciones en el DNA mitocondrial y la producción de especies reactivas de oxígeno (ERO).

El uso de antioxidantes en la alimentación de diferentes organismos (humanos, equinos, ratas, etc.) sugiere que pueden ayudar a mejorar la capacidad de defensa frente al estrés oxidativo. Se ha mencionado que el consumo de productos vegetales ricos en flavonoides, carotenoides y polifenoles reduce la aterosclerosis, el colesterol y previene el daño renal, entre otros.

En este trabajo nos enfocaremos a describir qué son las especies reactivas de oxígeno, dónde se producen, qué es estrés oxidativo, que es un antioxidante y cuáles son las fuentes de antioxidantes.

¿Qué son las especies reactivas de oxígeno (ERO)?

El oxígeno molecular (O_2) es uno de los gases más importantes para los organismos que habitan en la tierra. Por lo mismo, la mayor parte de estos utilizan el oxígeno para respirar y obtener energía. Sin embargo, a partir de esta molécula se forman moléculas más reactivas conocidas como especies reactivas de oxígeno y radicales libres (Figura 1).

En la mayoría de los casos los términos especies reactivas de oxígeno y radicales libres se han utilizado indistintamente dando lugar a confusiones. En la mayoría de los organismos aeróbicos el 90% del oxígeno es reducido a agua a través de la citocromo oxidasa presente en la cadena de transporte de electrones (CTE). Durante su funcionamiento la CTE se acopla con la fosforilación oxidativa para producir energía en forma de ATP (adenosin trifosfato). Del total del oxígeno molecular captado, solo una pequeña porción de este es convertido por reacciones sucesivas a formas más tóxicas, anión superóxido ($O_2^{\cdot-}$), radical hidroxilo (OH^{\cdot}), peróxido de hidrogeno (H_2O_2).

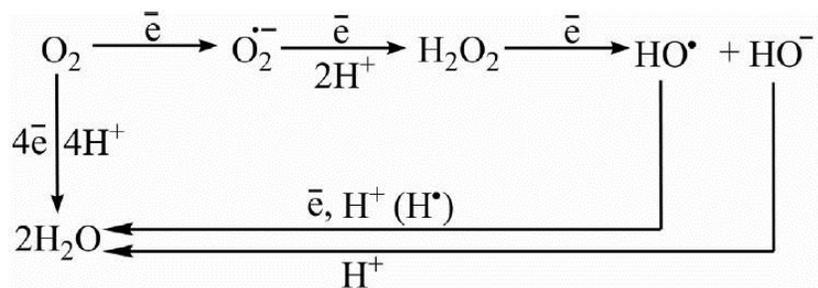


Figura 1. Reducción del oxígeno molecular (Volodymyr-Lushchak, 2014).

Entonces podemos decir que el término especies reactivas del oxígeno (ERO) se aplica de manera colectiva para referirse a moléculas radicales ($O_2^{\cdot-}$, $OH^{\cdot-}$) y no radicales (H_2O_2) con propiedades oxidante y/o son fácilmente convertidos a radicales. Además de las ERO, existen otras formas de especies reactivas (ER), es decir ER del nitrógeno, carbono, azufre y halógenos. Pero en este trabajo nos centraremos únicamente a describir a las ERO.

¿Dónde se producen las ERO?

Las ERO en las células se generan como subproductos de varias rutas metabólicas que se localizan en diferentes compartimentos celulares tales como, mitocondria y peroxisomas (Figura 2). A pesar que cada uno de estos compartimentos presenta diferencias en su estructura. La mitocondria es el principal productor de especies reactivas de oxígeno durante los procesos normales oxidativos del metabolismo, principalmente a través de las reacciones de óxido-reducción que ocurren en los complejos de transferencia de electrones y que tienen al oxígeno como el último aceptador de electrones.

De manera general, se ha detectado que en el sistema nervioso central se forma *in vivo* el anión superóxido ($O_2^{\cdot-}$) como consecuencia de la reducción incompleta del oxígeno en la cadena de transporte de electrones de la mitocondria. El anión superóxido por reacción de la enzima superóxido dismutasa (SOD) da lugar a la generación del peróxido de hidrógeno (H_2O_2), una sustancia poco reactiva pero con capacidad oxidante. El H_2O_2 puede generarse además por la acción de otras enzimas como la monoamina oxidasa (catabolismo de la dopamina). A su vez el $O_2^{\cdot-}$ puede reaccionar en presencia de hierro dando lugar a la formación de radicales hidroxilo ($OH^{\cdot-}$) mediante la reacción de Fenton (Figuras 2 y 3). Asimismo, el H_2O_2 y el $O_2^{\cdot-}$ pueden reaccionar entre sí, en presencia de cationes metálicos, mediante la reacción de Haber-Weiss, generando radicales hidroxilo, que son especies altamente reactivas y oxidantes.

¿Qué es estrés oxidativo?

Hablamos de estrés oxidativo cuando ocurre una sobreproducción de las ERO y los mecanismos celulares enzimáticos y no enzimáticos, no pueden equilibrar la producción y la ruptura de estos. Son diversos los factores que pueden romper el equilibrio de las ERO en las células, entre estos se encuentran luz ultravioleta, dietas desequilibradas, pesticidas, compuestos químicos carcinogénicos, entre otros. El estrés oxidativo es un tópico importante en el sector de la salud.

Es por esto, que el estrés oxidativo se le ha asociado en el humano a muchas enfermedades, como la aterosclerosis, daño renal, obesidad, diabetes y también al envejecimiento. Los daños celulares producidos por estas

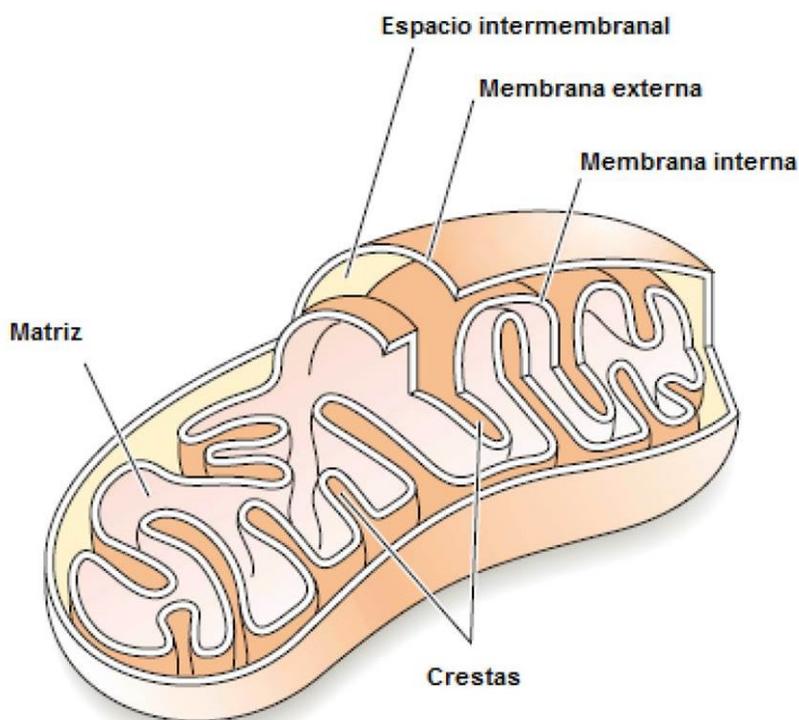


Fig. 2 Mitocondria, tomado de Taíz & Zeiger (2002).

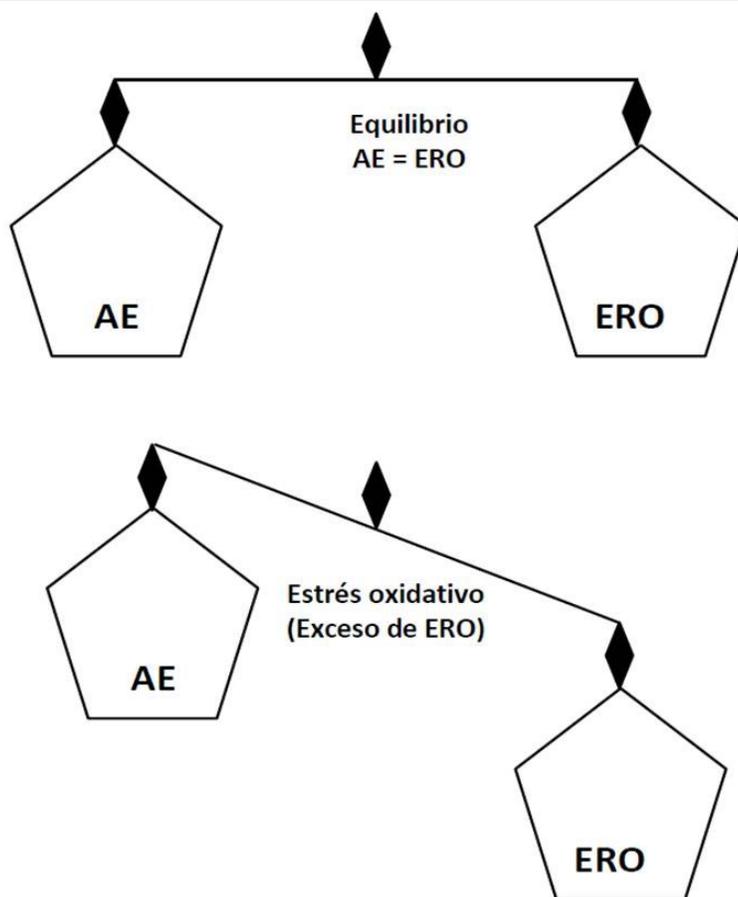


Figura 3. Equilibrio entre AE y ERO, tomado de Gill y Tuteja (2010).

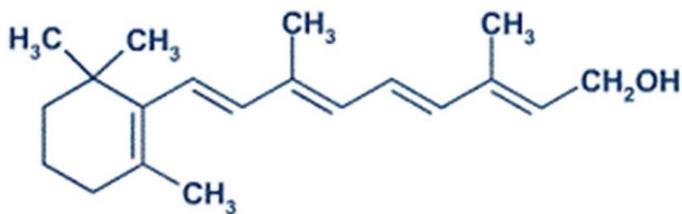


Figura 4. Vitamina A (Badui, 1996).

sustancias son de naturaleza variada y afectan a la estructura del ADN, de los lípidos de membrana y de muchas proteínas. En el sistema nervioso central, se ha descrito la implicación de las especies reactivas de oxígeno en los efectos tóxicos y neurodegenerativos que tienen lugar en patologías como las enfermedades de Parkinson y Alzheimer.

¿Qué es un antioxidante?

Uno de los primeros trabajos que demostraron que el desbalance intracelular de las reacciones de óxido-reducción favorece los problemas patológicos, fue el de la doctora Rebeca Gerschman en 1954, quien mencionó que el desequilibrio entre los agentes oxidantes y antioxidantes da lugar a enfermedades. Asimismo, en este mismo trabajo surgieron los conceptos de antioxidantes endógenos (AE) y exógenos (AEX). Siendo los AE, los que la misma célula sintetiza, mientras que los (AEX) son aquellos que son adquiridos a través de fuentes externas.

Por otra parte, existen muchas sustancias que se encuentran naturalmente en los alimentos, o que se producen durante su procesamiento y que tienen la capacidad impedir o disminuir las reacciones de oxidación. A este tipo de sustancias se les conoce como antioxidantes exógenos.

Al respecto se ha mencionado que los antioxidantes realizan su función a través de la colisión con las ERO cediéndoles un electrón y en consecuencia debilitando su acción. En algunos casos el antioxidante, vitamina A después de colisionar con las ERO puede regenerar su forma original por la acción de otras moléculas antioxidantes, indicando un mecanismo complejo para regular el estrés oxidativo (Figura 4).

¿Cuáles son las fuentes de antioxidantes?

A pesar de que las células cuentan con antioxidantes endógenos, el uso de antioxidantes exógenos ha sido indicado para el tratamiento de algunos padecimientos. Los antioxidantes exógenos provienen de la dieta, y dentro de este grupo se incluyen la vitamina E, la vitamina C y los carotenoides. Recientemente se descubrió en algunos alimentos otros antioxidantes no nutrientes, los compuestos fenólicos (Tabla 1). El licopeno, es el pigmento vegetal que aporta el color rojo característico del tomate y hasta la fecha, es el responsable de la capacidad antioxidante de este. Los estudios afirman que el consumo regular de tomate reduce el riesgo de contraer enfermedades cardiovasculares, cancerígenas y trombóticas.

Tabla 1 Principales fuentes de antioxidantes en vegetales (Bañón y Acosta, 2001).

Antioxidantes	Fuentes dietéticas
Vitamina C	Pimiento, fresa, kiwi, col, brócoli.
Vitamina E	Aceite vegetal y su derivados (margarina, aderezos), nueces, semillas.
Carotenoides	Zanahoria, tomate, durazno, ciruela, y vegetales de hoja verde.
Compuestos fenólicos	Manzana, moras, uvas, apio, col, cebolla, frijol, soya, nueces, vino tinto, té, café, chocolate.

Conclusiones

Los estudios sugieren que el consumo de alimentos ricos en antioxidantes disminuyen los efectos dañinos ocasionados por el estrés oxidativo. De tal manera, que hoy en día existe en el mercado un número enorme de suplementos alimenticios. Sin embargo, la forma más recomendable de adquirir antioxidantes es a través del consumo de frutas y vegetales. En este sentido el tomate es una de las hortalizas más consumida por su alto contenido en licopenos, vitamina E, vitamina C, carotenoides, además de estar indicado en la prevención de enfermedades. No olvide comer un tomate al día para mantener la alegría y la salud.

Referencias

- Bañón, B., Acosta, M. y Cano, A. 2001. Compuestos antioxidantes: parámetros de interés en fruta y hortaliza. *La Horticultura Española* 19:102-109.
- Badui, S. 1996. *Química de los Alimentos*. Longman. México. 600p.
- Céspedes-Cabrera, T. y Sánchez-Serrano, D. 2000. Algunos aspectos sobre el estrés oxidativo, el estado antioxidante y la terapia de suplementación. *Revista Cubana de Cardiología* 14:55-60.
- Halliwell, B. 1992. Reactive oxygen species and the central nervous system. *Journal of Neurochemistry* 59:1609-1623.
- Kinsella, J.E., Frankel, E. German, B. y Kanner, J. 1993. Possible mechanism for age protective role of antioxidants in wine and plants foods. *In Food Technology* 9:85-89.
- Linazasoro, G. 2008. Pathogenesis of Parkinson's disease: Missing the point. *Movement Disorder* 10:78-85.
- Moro, M. A., Almeida A., Bolanos J. P. y Lizasoain I. 2005. Mitochondrial respiratory chain and free radical generation in stroke. *Free radical biology and medicine* 39:1291-1304.
- Sarvajeet, S.G. y Narendra, T. 2010. Reactive oxygen species and antioxidant in abiotic stress tolerance in crop plants. *Plant Physiology and Biochemistry* 48:909-930.
- Sohal, R.S. y Weindruch, R. 1996. Oxidative stress, caloric restriction and aging. *In Science* 273:59-63.
- Taiz, L. y Zeiger, E. 2002. *Plant Physiology*. Sinauer Associates. USA. 690 p.
- Volodymyr, I. 2014. Free radicals, reactive oxygen species, oxidative stress and its classification. *Chemico-Biological Interaction* 224:164-165.

Proteínas de Shock Térmico de Bajo Peso Molecular (sHSP)

O.M. Moreno-Buentello, S. Moreno-Limón¹

Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas,
Departamento de Botánica
¹morenolimon@yahoo.com.mx

Introducción

El estrés se define como cualquier factor ambiental potencialmente desfavorable para los organismos vivos, se produce por factores ambientales externos que distan del óptimo y actúan sobre las plantas una de las consecuencias del estrés es el repliegado inapropiado de proteínas. Los organismos cuentan con mecanismos de defensa, cuando ocurren cambios en su homeostasis ya sean físicos o químicos, una de estas es la producción de diversas proteínas de bajo peso molecular (sHSP).

Las proteínas de shock térmico de bajo peso molecular, poseen un peso de 12 a 30 kDa son ubicuas entre eucariotes, y representan una clase determinada e importante de chaperonas moleculares, que están involucradas en diversos procesos de la fisiología celular, y son especialmente conocidas por ayudar a las células a sobrevivir bajo condiciones de estrés. Una de las principales características de estas proteínas es su capacidad de oligomerizar, modular la estructura cuaternaria uniéndose por su forma monomérica o dimérica formando agregados de alto peso molecular entre el rango de 200 a 400 kDa según estudios bioquímicos realizados *in vivo* (Vierling, 1991). Existe una gran variedad de sHSP que aparecen como homocomplejos de alto peso molecular, y no tanto como heterocomplejos o mezclas de subunidades, se unen e interaccionan más entre ellas que con otras familias. Esto sugiere sutiles y diversas funciones para las sHSP, incluso cuando están presentes en el mismo compartimento celular (Ventura *et al.*, 2011). *In vitro*, las sHSP conservan y facilitan la reactivación de proteínas químicamente desnaturalizadas impidiendo la agregación de proteínas y tienen una función citoprotectora



Figura 1. Diferentes tipos de estrés que pueden provocar la expresión de sHSPs.

bajo situaciones estresantes (Figura 1) (Li *et al.*, 2011). Al contrario de los miembros de las otras clases de chaperonas moleculares, la actividad de las sHSP es ATP independiente.

Las sHSP han sido muy poco estudiadas en comparación con otras proteínas de shock térmico (HSP). No obstante, tienen una especial relevancia en los vegetales, pues son las proteínas que se expresan en mayor cantidad cuando ocurre el shock térmico, frente a otras familias de mayor tamaño que son las HSP mayoritarias en otros eucariotes (Vierling, 1991; Boston *et al.*, 1996; Grigorova, 2012). En animales, por ejemplo, las sHSP son un grupo poco diverso, siendo el miembro mejor caracterizado la α -cristalina (Graw, 1997; Derham y Harding, 1999). La familia de las sHSP presenta en los vegetales una estructura muy diversa. Cada especie suele expresar varias proteínas de esta familia, habiéndose llegado a detectar la expresión de hasta 20 variantes en una misma especie. Sin embargo, se ha estudiado aún poco acerca de su estructura y función (Vierling, 1991; Waters, 1995; Boston *et al.*, 1996).

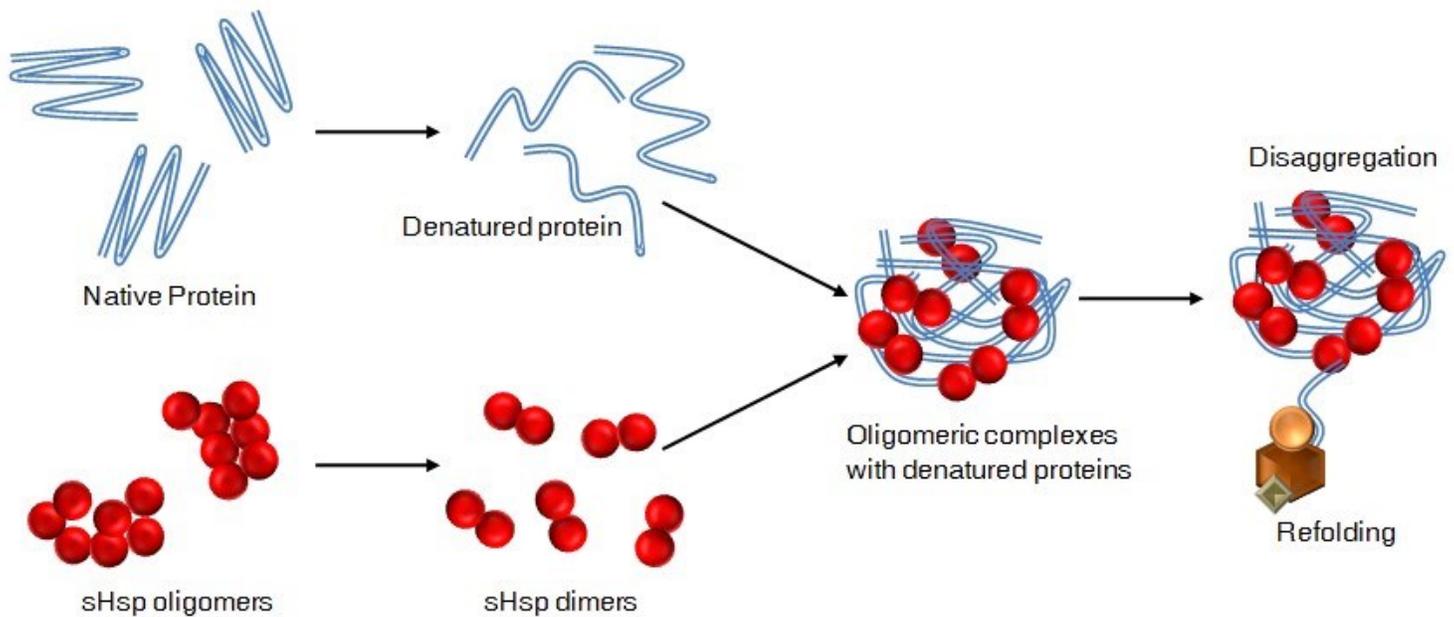


Figura 2. Modo de acción de los complejos oligoméricos de sHSP para prevenir la agregación de proteínas desnaturalizadas. Fuente: HSPiR Heat Shock Protein Information Resource (<http://pdslab.biochem.iisc.ernet.in/hspir/>)

Clases de sHSP

Las sHSP se agrupan en clases, según su función y la similitud de sus secuencias y de la localización subcelular (Vierling, 1991; Waters, 1995). Las clases son: citosólicas de clase I y II, cloroplásticas, mitocondriales y sHSP del retículo endoplásmico. Una de las principales diferencias es la divergencia entre las distintas clases del extremo amino-terminal (Figura 2). Las sHSP del retículo endoplásmico, del cloroplasto y de la mitocondria presentan en esta zona las señales típicas de las proteínas localizadas en dichos orgánulos (Waters, 1995). *In vivo* las sHSP forman complejos globulares de alto peso molecular, de 200 a 800 kDa. Esto se ha probado al expresar sHSP recombinantes en *E. coli* (Lee *et al.*, 1995; Waters, 1995).

Estructura y Función

La proteína más estudiada es el oligómero Mj HSP16.5 de *Methanococcus jannaschii*, (Kim *et al.*, 1998; Sørensen y Mortensen, 2005). El complejo presenta una estructura de esferoide hueco, con ocho "ventanas" triangulares y seis cuadradas en su superficie; el diámetro exterior del esferoide es de unos 120Å, mientras que el interior ronda los 65Å. El oligómero tiene una simetría triaxial, distinguiéndose subunidades de 8 elementos cada una; es un oligómero de 24 subunidades con simetría octaédrica. Los monómeros se unen dos a dos mediante interacciones hidrofóbicas entre sus láminas beta, presentando también múltiples contactos hidrofóbicos con otras subunidades del complejo. La parte

interior de la esfera tiene un carácter más hidrofóbico que la superficie y al parecer alberga las colas N-terminales, mucho más desordenadas que el resto del monómero. Para otras sHSP existe evidencia experimental de un único tipo de oligómero, como el nonámero de Mt HSP16.3 de *Mycobacterium tuberculosis* (Yang *et al.*, 2008) o el dodecámero de la proteína Cs HSP17.5 de *Castanea sativa*. Sin embargo, para otras sHSP se ha descrito la existencia de múltiples formas de oligomerización.

La mayor parte de los trabajos realizados tanto *in vivo* como *in vitro* sugieren que las sHSP no forman hetero-oligómeros funcionales entre subunidades de distintas proteínas (Lee *et al.*, 1995; Waters *et al.*, 1996), se ha descrito, en cambio, la formación de complejos heterogéneos formados por subunidades de HSP25 y α -cristalina de mamíferos, al parecer originados por intercambio de subunidades entre homooligómeros. No obstante, estos complejos se disocian durante el shock térmico, recuperándose los homo-oligómeros funcionales (Kato *et al.*, 1992; Merck *et al.*, 1993; Mymrikov, 2011). Los oligómeros de sHSP tienen la propiedad de agregarse en estructuras mayores, de hasta 1 MDa. Estas estructuras insolubles se denominan habitualmente HSG (*heat shock granules*). Su formación tiene carácter reversible y ocurre fundamentalmente a temperaturas mayores que las que inducen simplemente la síntesis de sHSP. Sin embargo, parece que la actividad funcional *in vivo* es llevada a cabo principalmente por los complejos de 200-300 kDa (Waters *et al.*, 1996; Fink, 1999).

Leroux *et al.* (1997), refieren que la proteína de *Caenorhabditis elegans* Ce HSP16.2 impide *in vitro* la formación de

agregados insolubles de citrato sintasa desnaturalizada química o térmicamente. Yang *et al.* (1999), han señalado esa misma actividad para la proteína Mt HSP16.3 de *Mycobacterium tuberculosis*. Todos estos trabajos señalan la poca especificidad mostrada respecto al sustrato por las sHSP, al igual que la mayoría de las chaperonas de mayor peso molecular (Fink, 1999).

Relaciones estructura-función. Muchas sHSP asumen formas oligoméricas estables, como dodecaedro o 24:43:4 (Figura 3) bajo ciertas circunstancias. Otras muestran polidispersidad en sus formas oligoméricas. Las estructuras oligoméricas son de forma esférica como anillos con cavidades compuestas de unidades diméricas simétricamente empacadas. La forma en que las sHSP interactúan con los sustratos no es bien conocida. En el medio acuoso celular, las proteínas en su conformación nativa exponen regiones hidrofílicas, mientras que, en las proteínas parcialmente desplegadas, ciertas regiones hidrofóbicas quedan al descubierto. En tales condiciones estas regiones tienden a unirse entre sí, adoptando conformaciones a menudo incorrectas e incluso formando agregados insolubles. De acuerdo con la teoría generalmente admitida, las sHSP reconocerían las regiones de la proteína sustrato que no se encuentran en la conformación nativa, uniéndose a las mismas mediante interacciones hidrofóbicas (Waters *et al.*, 1996; Yang *et al.*, 1999; Vanhoudt *et al.*, 2000; Mymrikov, 2011).

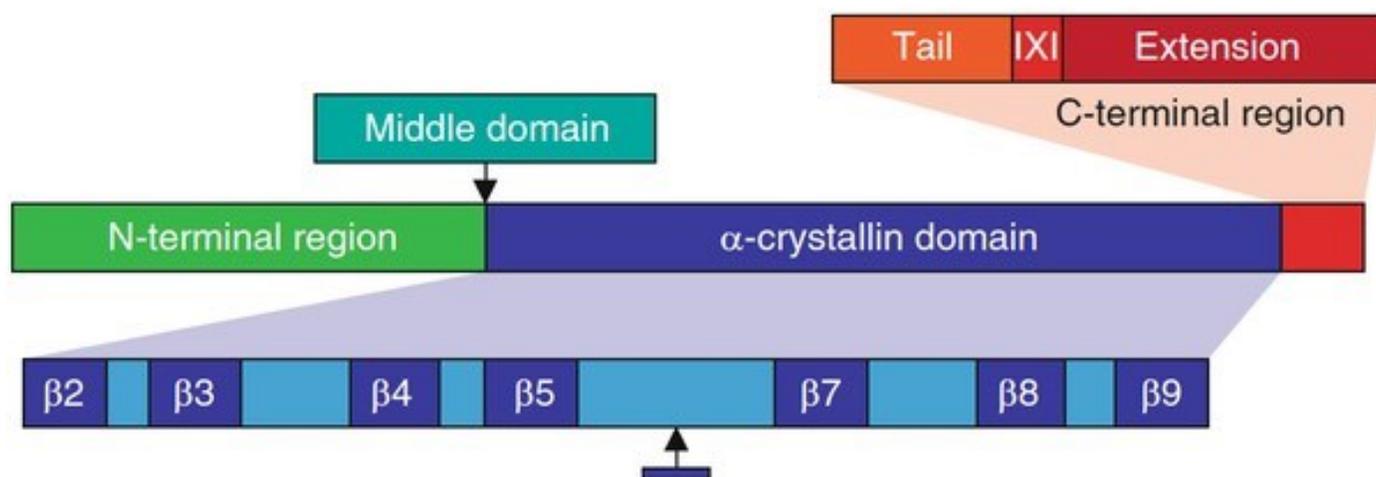
Estudios de las sHSP en plantas. Lee *et al.* (1995), en un estudio con formas recombinantes de las proteínas de guisante Ps HSP17.7 y Ps HSP18.1, demostraron la capacidad de

estas proteínas de renaturalizar *in vitro* enzimas (citrato sintasa y lactato deshidrogenasa) desnaturalizadas químicamente; de la misma manera indican que estas sHSP impiden la formación de agregados insolubles y la inactivación térmica de la citrato sintasa.

Expresión de Proteínas

Expresión del ADN que codifica para sHSP. Estas proteínas se expresan en grandes cantidades cuando las células se encuentran bajo algún tipo de estrés. En plantas superiores, se han descrito seis familias de multigenes nucleares que codifican para sHSPs. Cada familia codifica proteínas que se encuentran en compartimentos celulares distintos, incluyendo el citoplasma, los plástidos, el retículo endoplásmico rugoso, y las mitocondrias (Waters, 1996). Un estudio de los genes para sHSP de *Arabidopsis thaliana* reveló que existen 19 genes codificantes para sHSP y 25 para el dominio alfa cristalino. Además, las sHSPs específicas se expresan durante varias fases del desarrollo vegetal (Boston *et al.*, 1996). Como la sHSP del girasol o hsp17.6 G1. El mRNA de este gen se acumula en las semillas durante las últimas etapas de desecación de la embriogénesis pero no como respuesta a shock térmico. Este promotor tiene poca semejanza con los del shock del calor.

Como se ha demostrado para muchas otras HSP, la regulación de la expresión de las proteínas de shock térmico de bajo peso molecular tiene lugar fundamentalmente en el nivel transcripcional, y presenta ciertos elementos comunes



Source: Hilton GR, Ljoe H, Stengel F, Baldwin AJ, Benesch JL. Small heat-shock proteins: paramedics of the cell. *Top Curr Chem.* 2013; 328:69-98. DOI: 10.1007/128_2012_324. PMID: 22576357.

Figura 3. Arquitectura de los dominios de las sHSP, Fuente: Baldwin AJ, Walsh P, Hansen DF, Hilton GR, Benesch JL, Sharpe S, Kay LE. Probing dynamic conformations of the high-molecular-weight α B-crystallin heat shock protein ensemble by NMR spectroscopy. *Epub* 2012 Sep 7. DOI:10.1021/ja307874r. PMID: 22916679.

con las demás HSP. En el promotor del gen que codifica la HSP se encuentra el denominado elemento de shock térmico (HSE, *heat shock element*), muy conservado en todos los eucariotas. Los HSE consisten en múltiples repeticiones palindrómicas del motivo 5'-nGAAn-3'. Estas secuencias son reconocidas por los factores de transcripción de shock térmico (HSF, *heat shock factor*), que se unen a los mismos, funcionando como activadores transcripcionales. Los HSF se encuentran normalmente inactivos en el citosol; tras penetrar en el núcleo, se unen formando trímeros activos. Posteriormente, la unión de las propias HSP o de otras proteínas como la HSBPI (*heat shock factor binding protein 1*) inactivará el trímero, que, tras abandonar el núcleo se separará de nuevo en monómeros. En todo caso, la ruta de activación de los HSF no es aún bien conocida (Morimoto, 1998).

Estrés térmico. En plantas existen varios genes codificando HSF, y su activación está diferencialmente regulada por el calor. En el medio natural las altas temperaturas se alcanzan de forma progresiva, y diversos estudios demuestran que también es progresiva la síntesis de sHSP. La temperatura a la que comienza a desplegarse la respuesta al shock térmico varía con la ecología de cada especie. Así, para las especies mesofíticas la síntesis de sHSP comienza a temperaturas más bajas que para especies de climas más cálidos (Howarth, 1991; Vierling, 1991; Waters *et al.*, 1996; Frolec *et al.*, 2010). Para las plantas adaptadas a climas templados, la síntesis de sHSP comienza cuando la temperatura de los tejidos supera los 32-33°C (en especies mesofíticas, incluso los 30°C), en los primeros 5 minutos de hipertermia. La síntesis se incrementa proporcionalmente a la temperatura, fabricándose la mayor cantidad de sHSP en los primeros 60-90 minutos. Si la temperatura se estabiliza, la producción de HSP va descendiendo hasta detenerse, y más rápidamente si la temperatura baja a niveles normales. La máxima producción se presenta a temperaturas inmediatamente subletales, dependiendo de la temperatura óptima de crecimiento de cada especie (Waters *et al.*, 1996). Las temperaturas que inducen la síntesis de proteínas de shock térmico se alcanzan más fácilmente en las estructuras vegetales que muestran menos termorregulación. Así, a temperaturas óptimas de crecimiento, las estructuras reproductivas, con menos estomas o con una baja relación superficie-volumen, pueden desencadenar respuestas al shock térmico (Vierling, 1991; Waters *et al.*, 1996; Frolec *et al.*, 2010). La vida media de las sHSP se prolonga hasta 40-50 horas tras el fin del shock térmico, según las especies y las familias de sHSP, lo que se corresponde con el papel atribuido en la recuperación de la hipertermia (Vierling, 1991). Los dímeros de estas proteínas actúan a diferentes temperaturas como la proteína StHsp14.0FKF de *Sulfolobus tokodaii* que en laboratorio mostró que a 50°C prevenía la agregación de la citrato sintasa de corazón de cerdo, y a 25°C prevenía la agregación de la α -albúmina.

Bajo condiciones normales de crecimiento, la mayoría de las sHSPs no se detectan en tejidos vegetales, pero se sintetizan rápidamente en respuesta al calor. Incrementos de temperatura de 10-15 °C sobre la temperatura óptima de crecimiento inducen la respuesta celular al shock térmico, siendo la acumulación de las sHSPs proporcional al aumento de la temperatura y a la duración del estrés (Waters *et al.*, 1996). Se han observado que las sHSPs son bastante estables, con una vida media de 52±12 horas después del estrés, lo que sugiere que la función de estas proteínas es crítica durante el periodo de estrés y durante el periodo de recuperación (Chen *et al.*, 1990).

Estrés osmótico. El shock térmico no es el único estímulo que desencadena la expresión de los genes de sHSPs. Algunas sHSPs se acumulan en respuesta al estrés osmótico: la expresión de los genes de HaHSP17.9 (Clase II) y HaHSP17.6 (Clase I) es inducida por estrés osmótico en girasol (Almoguera *et al.*, 1993), mientras que los genes que codifican las sHSPs de clase II en *Arabidopsis thaliana* (AtHSP17.6A) se expresan por el estrés térmico y por estrés osmótico. Sun *et al.* (2001) y Hamilton *et al.* (2001), demostraron que las sHSPs mitocondriales protegen al Complejo I de la cadena de transporte de electrones durante el estrés osmótico.

Estrés oxidativo. La expresión en arroz de la OsHSP26 (Clase P) se incrementa en respuesta al tratamiento con metilviolágeno y con H₂O₂ (Lee *et al.*, 2000). La expresión de las HSP22 (Clase M) en respuesta al estrés oxidativo se ha observado en cultivos celulares de tomate (Banzet *et al.*, 1998), otras sHSPs de perejil se inducen por el estrés oxidativo causado por el ozono (Eckey-Kaltenbach *et al.*, 1997) y la QsHSP10.4 (Clase CI) del alcornoque se expresa en respuesta al estrés oxidativo endógeno y exógeno. El estrés oxidativo es crucial para las plantas ya que la mayoría de las condiciones ambientales estresantes conducen a la generación de especies reactivas de oxígeno. El efecto protector de las sHSPs frente al estrés oxidativo ha sido demostrado mediante expresión heteróloga en bacterias y sobre expresando la proteína de *Arabidopsis* (Härndahal *et al.*, 1999).

Estrés a bajas temperaturas. La expresión de la CsHSP17.5 (Clase CI) en castaño se incrementa durante el invierno y alcanza los niveles más altos durante el periodo más frío del año, de noviembre a marzo (López-Matas *et al.*, 2004). Además del castaño, la asociación de la síntesis de sHSPs con la aclimatación al frío ha sido descrita en otras especies de árboles, la WAP20 (Clase ER) se acumula durante el invierno en árboles de moreras (Ukaji *et al.*, 1999) y lo mismo ocurre con otras sHSPs que acumulan en ramas de *Acer plantanoides*, *Sambucus nigra* y *Aristolochia macrophylla* (Lubaretz *et al.*, 2002).

Estrés por metales pesados. La transcripción de la MsHSP18

de alfalfa se incrementa por el tratamiento con $CdCl_2$, además de por las elevadas temperaturas y por shock osmótico (Györgyey *et al.*, 1991), las sHSP cloroplastídicas de maíz se inducen en respuesta a la existencia de Cu, Ni, Pb y Zn hasta niveles comparables de los que se alcanzan por estrés térmico (Heckanthon *et al.*, 2004). Estas observaciones indican que las sHSPs tienen un papel protector no sólo frente a las altas temperaturas sino frente a una gran variedad de estreses abióticos.

Las plantas se caracterizan por una especial abundancia y diversidad de sHSPs, lo que está considerado como reflejo de su mayor necesidad de adaptarse a cambios en las condiciones ambientales como la temperatura, la intensidad de luz, el grado de salinidad y de humedad (Sun *et al.*, 2002). Las sHSPs son relevantes en las respuestas al estrés en plantas superiores por varias razones: las sHSPs son las proteínas predominantes durante el estrés térmico en muchas plantas, a diferencia de otras eucariotas donde la proteína que se expresa mayoritariamente en respuesta a esta situación es la HSP 70 (Waters *et al.*, 1996); además, en condiciones de estrés térmico algunas sHSPs pueden llegar a alcanzar hasta el 1% del total de proteínas en las células de hojas y raíces (DeRocher *et al.*, 1991; Hsieh *et al.*, 1992); en tercer lugar, las plantas tienen al menos seis familias de genes que codifican a sHSPs, mientras que otras eucariotas tienen tan sólo de uno a cuatro genes para sHSPs (Waters *et al.*, 1996); finalmente, las plantas son los únicos eucariotas en los que se han descrito sHSPs localizadas en orgánulos subcelulares (Waters *et al.*, 1996).

Conclusiones y Perspectivas

Las proteínas sHSP al no estar completamente estudiadas ofrecen un amplio campo de estudio por descubrir en diferentes campos como la ingeniería genética donde pueden obtener genes candidatos para obtener plantas resistentes a diferentes tipos de estrés; las proteínas son bastante diferente entre especies y familias, sin embargo tienen secuencias conservadas por lo cual podrían ayudar a generar árboles filogenéticos.

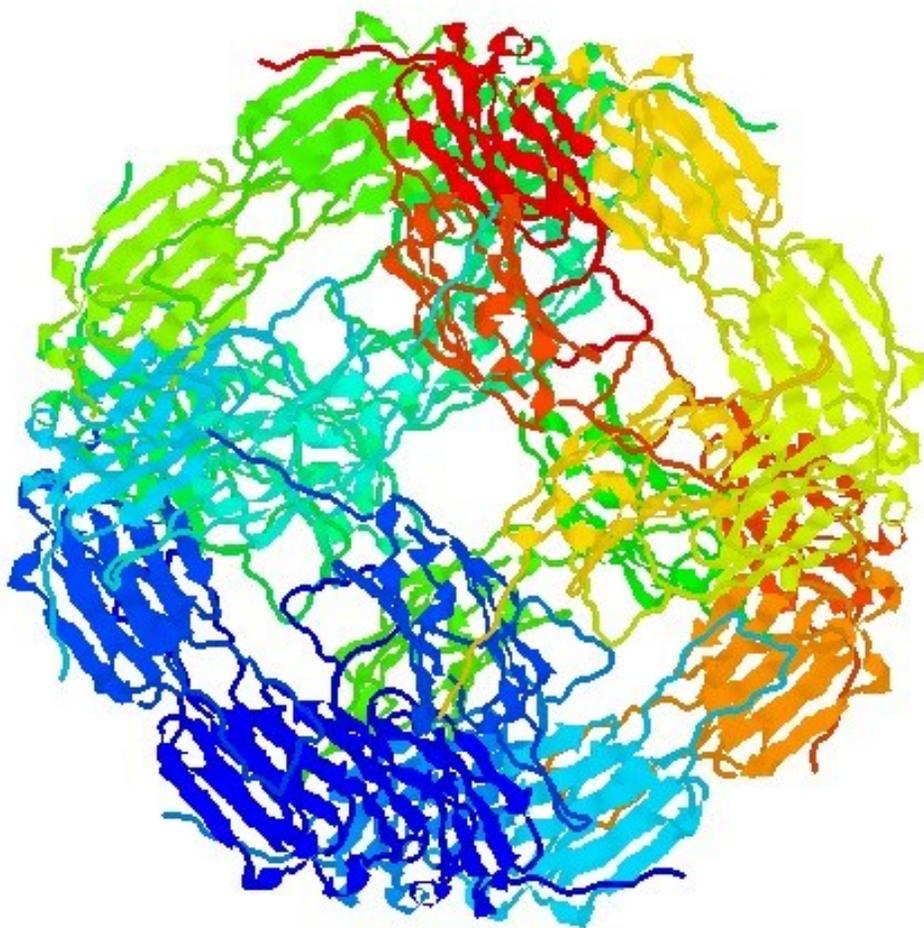


Figura 4. Estructura completa de la sHSP –Estructura de una sHSP de archeobacteria, cuenta con 24 subunidades, cada una con una inmunoglobulina acomodada como un armazón hueco con agujeros (<http://people.cryst.bbk.ac.uk/~ubcg16z/hsplec.html>).

Estas proteínas ayudan directamente a la protección contra el estrés, sin embargo sabemos que estas debieron de pasar por transcripción a ARN desde ADN y de ARN traducidas a proteínas lo cual revelaría como es que se activan los genes cuando la planta está bajo estrés por lo que la interrogante a comprender sería si: ¿es un proceso genético o epigenético la cascada de reacciones moleculares y bioquímicas que ocurren con el estrés?

Referencias

- Almoguera C., Coca M.A., Jordano J. 1993. Tissue-specific expression of sunflower heat shock proteins in response to water stress. *The Plant Journal* 4:947-958.
- Banzet N., C Richaud., Y Deveaux., M Kazmaier., Gagnon J., Triantaphylidés. 1998. Accumulation of small heat shock proteins, including mitochondrial HSP22, induced by oxidative stress and adaptive response in tomato cells. *The Plant Journal* 13:519-527.
- Boston, R. S., P. V Viitanen., y E Vierling,. 1996. Molecular chaperones and protein folding in plants. *Plant Mol Biol* 32, 191-222. Brunt, S., Perdew, G., Toft,

- D. and Silver, J. [<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8980480>] Carranco, R., C. Almoguera., J. Jordano, 1997 "A plant small heat shock protein gene expressed during zygotic embryogenesis but noninducible by heat stress" *J. Biol. Chem.* 272:27470-27475.
- Castonguay, Yves. 2012 Intron-length polymorphism identifies a Y2K4 dehydrin variant linked to superior freezing tolerance in alfalfa. *Theoretical and Applied Genetics* 124 [<http://www.springerlink.com/content/l4g0461v13p02v70/>]
- Chen T.H., N. Murata. 2002. Enhancement of tolerance of abiotic stress by metabolic engineering of betaines and other compatible solutes. *Plant Biol*5:250-257.
- Derham, B.K.; J.J Harding. 1999 "Alpha-crystalline as a molecular chaperone" *Prog. Ret. Eye Res.* 18,463-509. [<http://informahealthcare.com/doi/abs/10.3109/02713689209000754>]
- DeRocher A.E., K.W. Helm., L.M. Lauzon., E. Vierling. 1991. Expression of a conserved family of cytoplasmic low molecular weight heat shock proteins during heat stress and recovery. *Plant Physiology* 96:1038-1047.
- Fink, A.L. 1999 "Chaperone-mediated protein folding" *Physiol. Rev.* 79,425-445. [<http://physrev.physiology.org/content/79/2/425.short>]
- Frolec, J.J. Řebíček, D. Lazár y J. Nauš. 2010; Impact of two different types of heat stress on chloroplast movement and fluorescence signal of tobacco leaves; *Plant cell reports* Volume 29, Number 7, 705-714, DOI: 10.1007/s00299-010-0856-2
- Graw, J. 1997 "The crystallins: genes, proteins and diseases" *Biol. Chem.* 378, 1331-1348. [<http://www.straininfo.net/publications/107618>]
- Grigorova, B. 2012 Drought, high temperature, and their combination affect ultrastructure of chloroplasts and mitochondria in wheat (*Triticum aestivum* L.) leaves. *Journal of Plant Interactions*.
- Györgyey, J, A.Gartner., K. Németh., Z. Magyar., H. Hirt., E. Herberle-Bors., D. Dudits. 1991. Alfalfa heat shock genes are differentially expressed during somatic embryogenesis. *Plant molecular Biology* 16:999-1007
- Hamilton E.W., S.A.Heackathorn 2001 Mitochondrial adaptations to NaCl Complex I is protected by anti-oxidants and small heat shock proteins, whereas complex II is protected by proline and betaine. *Plant Physiology* 126:1266-1274.
- Howarth, C. J. 1991 "Molecular responses of plants to an increased incidence of heat shock" *Plant Cell Environ.* 14, 831-841.[<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-3040.1991.tb01446.x/abstract>]
- Hämдахal U, R.B. Hall., K.1. Osteryoung., E. Vierling., J.F.Bornman., C. Sundby. 1999 The chloroplast small heat shock protein undergoes oxidation-dependent conformational changes and may protect plants from oxidative stress. *Cell & Stress Chaperones* 4:129-138.
- Heckathorn SA, J.K. Muller., S. Laguidice., B. Zhu., T. Barrett., B. Blair., Y. Dong. 2004. Chloroplast small heat-shock proteins protect photosynthesis during heavy metal stress. *American Journal of Botany* 91:1312-1318
- Hsieh M.H., J.T.Chen., T.L. Jinn.,Y.M. Chen., C.Y. Lin. 1992 A class of soybean low molecular weight heat shock proteins, immunological study and quantitation. *Plant Physiology* 99:1279-1284.
- Kato K., H. Shinohara., S. Goto., Y. Inaguma., R. Morishita., T. Asano. 1992 "Copurification of small heat shock protein with alpha B crystallin from human skeletal muscle" *J. Biol Chem.* 267, 7718-7725.
- Kim R., K.K. Kim., H. Yokota., S.H. Kim. 1998 "Small heat shock protein of *Methanococcus jannaschii*, an hyperthermophile." *Proc. Nati. Acad. Sci. USA* 95, 9129-9133.
- Lee, G. J., N. Pokala., E. Vierling. 1995 "Structure and *in vitro* molecular chaperone activity of cytosolic small heat shock proteins from pea" *J. Biol. Chem.* 270, 10432-10438
- Leroux, M.R., Melki, R., Gordon, B., Batelier, G., y Candido, E.P. 1997. Structure-function studies on small heat shock protein oligomeric assembly and interaction with unfolded polypeptides. *J. Biol. Chem.* 272 24646-24656.
- Levitt J. Responses of plant to environmental estresses, Ed. Academic Press, Inglaterra 1980
- Li Dong-Chol, Fan Yang, Bo Lu, Dian-Fu Chen y Wei-Jun Yang; Thermotolerance and molecular chaperone function of the small heat shock protein HSP20 from hyperthermophilic archaeon, *Sulfolobus solfataricus* P2; *Cell stress and chaperones*. Volume 17(a):103-108,
- López-Matas M.A., P. Nuñez., A. Soto., I. Allona., R. Casado., C. Collada., M.A. Guevara., C. Arangocillo., L. Gomez. 2004 Protein cryoprotective activity of a cytosolic small heat shock protein that accumulates constitutively in chestnut stems and is up-regulated by low and high temperatures. *Plant Physiology* 134:1708-1717
- Lubaretz O., U. Z. Nieden. 2002. Accumulation of plant small heat-stress proteins in storage organs. *Planta* 215:220-228.
- Merck K. B., P.J.T.A. Groenen., C.E.M. Voorter., W.A. de Haard-Hoeckman., J. Horwitz. H- Bloemendal.,W.W. de Jong. 1993 "Structural and functional similarities of bovine alpha crystallin and mouse small heat-shock proteins" *J. Biol. Chem.* 268, 1046-1052. [<http://www.nature.com/embiojournal/v16/n3/abs/7590061a.html>]
- Morimoto, R. I. 1998 "Regulation of the heat shock transcriptional response: cross talk between a family of heat shock factors, molecular chaperones and negative regulators." *Genes Develop.* 12, 3788-3796. [<http://genesdev.cshlp.org/content/12/24/3788.short>]
- Mymrikov E.V. S. S. N. Alim., y B.G. Gusev 2011 Heterooligomeric complexes of human small heat shock proteins, Cell stress and chaperones. 17(2):157-169. [<http://www.springerlink.com/content/627681025p624v83/>]
- Sørensen H.P., K.K. Mortensen 2005. Advanced genetic strategies for recombinant protein expression in *Escherichia coli* *Journal of Biotechnology* Volume 115, Issue 2, 26 January, Pages 113-128. [<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168165604004560>]
- Sun W., B.C. Van de Cotte, V.M.M.N. Verbruggen 2001 At-HSP17.6A, encoding a small heat-shock protein in *Arabidopsis*, can enhance osmotolerance upon overexpression. *The Plant Journal for Cell and Molecular Biology* 27:407-415.
- Ukaji N, .C. Kuwabara., D. Takezawa., K. Arakawa., S. Yoshida., S. Fujikawa. 1999, Accumulation of small heat-shock protein homolog in the endoplasmic reticulum of cortical parenchyma cells in mulberry in association with seasonal cold acclimation. *Plant Physiology* 120: 481-489.
- Vanhoudt, J., S. Abar., T. Aerts., J. Clauwaert. 2000 "Native quaternary structure of bovine alpha-crystallin" *Biochemistry* 39, 4483-4492.
- Ventura M., A. Margolles., F. Turroni., A. Zomer., C.G. de los Reyes-Gavilán y D. van Sinderen 2011. Stress Responses of Bifidobacteria. *Food Microbiology and Food Safety*, Part 3, 323-347, DOI: 10.1007/978-0-387-92771-8_14 [<http://www.springerlink.com/content/u5j7gr258r61378m/>]
- Vierling E. 1991. The roles of heat shock proteins in plants. *Annual Review of Plant Physiology Plant Molecular Biology* 42:579-620. [<http://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev.pp.42.060191.003051>]
- Yang Hongmei., Sufang Huang., Hongzheng Dai., Yandao Gong., Changxue Zheng., Zengyi ChanG. 2008 "The *mycobacterium tuberculosis* small heat shock protein Hsp16.3 exposes hydrophobic surfaces at mild conditions: Conformational flexibility and molecular chaperone activity". DOI: 10.1110/ps.8.1.174 [<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1110/ps.8.1.174/abstract>]
- Waters E.R., G.J. Lee, E. Vierling. 1996. Evolution, structure and function of the small heat shock proteins in plants. *Journal of Experimental Botany* 47:325-338

Morfología y Anatomía Foliar de la Petunia Mexicana *Ruellia brittoniana* Leonard

A. Rocha-Estrada*, A.E. Castro-García, M.A. Alvarado Vázquez y M.A. Guzmán Lucio

Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas
Departamento de Botánica, Laboratorio de Anatomía y Fisiología Vegetal
*alejandra.rochaes@uanl.edu.mx

Resumen

Se estudia la morfología y anatomía de la hoja de *Ruellia brittoniana* (Acanthaceae), planta originaria de México conocida comúnmente como petunia mexicana. Para lo cual se realizaron cortes transversales de la lámina, transparentación y maceración de las hojas para caracterizar los diferentes tipos de células. Encontrando que las hojas son de forma lanceolada y opuesta, con estomas tipo dia-cíticos presentes en el haz y envés, mesófilo dorsiventral, vasos helicoidales y fibras libriformes; presencia de tricomas glandulares en la cara adaxial y abaxial de la lámina foliar.

Palabras clave: hoja, mesófilo, México.

Introducción

La especie *Ruellia brittoniana* Leonard conocida como petunia mexicana, pertenece a la familia Acanthaceae, la cual incluye cerca de 250 géneros con unas 2500 especies, principalmente herbáceas, distribuidas en regiones tropicales, subtropicales, en regiones mediterráneas, Australia, Estados Unidos y México (Metcalf y Chalk, 1950; Bailey, 1949; Trease y Evans, 2002). Algunas especies de este género se utilizan con fines medicinales, por ejemplo, para curar la gonorrea, sífilis, infecciones oculares y problemas renales (Kirtikar y Basu, 1975); para la obtención de pigmentos y como plantas de ornato (Bailey, 1949; Metcalf y Chalk, 1950; Rocha Estrada *et al.*, 1998).

La petunia mexicana o petunia silvestre, es oriunda de México, es una herbácea leñosa, que mide entre 90 y 100



Figura 1. Petunia mexicana *R. brittoniana* Leonard

cm de altura, tallos verticales de color púrpura que son muy llamativos cuando se encuentra en plena floración; las hojas son largas de hasta 30 cm de longitud, lanceoladas y de color verde oscuro algo ceniciento, el follaje adquiere una coloración verde metálica que deriva de la exposición directa y persistente del sol. Las flores son grandes, compuestas de 5 pétalos con forma de trompeta que aparecen en los ápices de los tallos, la corola puede ser de color azul celeste, azul púrpura, rosa y blanco (Bailey, 1949). Es una planta muy resistente a las plagas, sin embargo existen reportes de ataque por mosca blanca. Con respecto a estudios morfológicos y anatómicos de la petunia mexicana, están los estudios de Rocha Estrada (1994), Bishay *et al.*, (2009) y Perveen y Qaiser (2010).

Material y Métodos

Se tomaron muestras de la hoja de plantas maduras y se les aplicaron las siguientes técnicas: a) maceración con los métodos de Jeffrey y Schultz (Curtis, 1986), b) transparentación, con los métodos de Foster y Dizeo de Strittmater (D'Ambrogio de Argueso, 1986), c) cortes en parafina de acuerdo a Johansen (1940). Se realizaron 50 mediciones de cada tipo de célula, los criterios empleados para la descripción de tejidos fue de acuerdo a Metcalfe y Chalk (1972); para los patrones de nerviación se utilizó la clasificación de Ellis *et al.*, (2009), para los estomas se tomó como referencia a Baranova (1992) y la determinación taxonómica de la especie se hizo de acuerdo a Bailey (1949).

Resultados y Discusión

En el Cuadro 1 se presentan los valores mínimo, media y desviación estándar y máximo de las variables morfoanatómicas estudiadas en la hoja de *R. brittoniana*.

Morfología. Hojas opuestas, pecioladas y lineales-oblongas a lineales, borde entero a ligeramente ondulado (Figura 1). De color verde oscuro, el haz más oscuro que el envés. Miden de 108.90 mm de largo por 20.31 mm de ancho y con un grosor de 690 μ m en la porción media. El patrón de venación es pinnada reticulada, con

las venas prominentes en el envés, anastomosado cerca del margen. Pecíolo cilíndrico a subcilíndrico y mide cerca de 14.62 mm de largo (Figura 1).

Epidermis. Epidermis uniestratificada hacia ambos lados de la hoja. Las células epidérmicas del haz con paredes sinuosas tienen un tamaño aproximado de 101 μ m de largo por 46.83 μ m de ancho, mientras que las del envés son más pequeñas de 75.67 μ m de largo por 27.32 μ m de ancho. Estomas tipo diacítico (cariofiláceos) presentes en el haz y envés. Epidermis con dos tipos de pelos, tricomas glandulares uniseriados multicelulares con 5 células y glandulares con una cabeza globosa con 6 células (Figura 2). Estos resultados coinciden con el estudio realizado por Bishay *et al.* (2009) para esta misma especie cultivada en Egipto.

Mesófilo. La hoja presenta un parénquima dorsiventral, con una capa de parénquima empalizada hacia el haz, en donde las células son alargadas, de tamaño homogéneo y arreglo compacto; mientras que el parénquima esponjoso está localizado hacia el envés y sus células son lobuladas con espacios aéreos (Figura 3). Esto concuerda con Esaú (1976), quien menciona que en muchas dicotiledóneas del tipo mesomórfico, el mesófilo se halla comúnmente diferenciado en parénquima esponjoso y en empalizada.

Haces vasculares. La nervadura principal prominente hacia el envés. Xilema y floema bien diferenciados, el xilema está orientado hacia el haz de la hoja y el floema hacia el envés. Los vasos son del tipo helicoidal, presencia de fibras y células de parénquima escasas asociadas a los tejidos vasculares (Figura 4).

Conclusiones

La petunia mexicana presenta hojas opuestas y pecioladas y lineales-oblongas a lineales, borde entero a ligeramente ondulado. Las hojas con parénquima dorsiventral, epidermis uniestratificada en el haz y envés. Estomas diacíticos en la cara adaxial y abaxial; tricomas de dos tipos glandulares y glandulares en ambos lados de la hoja; presencia de vasos helicoidales, fibras y escaso parénquima.

Cuadro 1. Variables morfoanatómicas estudiadas en la hoja de *R. brittoniana*

Variable	Valor mínimo	Media ± D.E.	Valor máximo
Largo de hoja (mm)	73	108.90 ± 22.40	151
Ancho de hoja (mm)	16	20.31 ± 3.04	26
Largo de peciolo (mm)	6	14.62 ± 4.92	23
Largo de células parénquima en empalizada	37.5	54.16 ± 7.48	67.5
Ancho de células parénquima en empalizada	15	18.25 ± 2.98	25
Largo de células parénquima esponjoso	20	26.16 ± 5.73	35
Ancho de células parénquima esponjoso	15	17.6 ± 2.90	25
Grosor de células epidérmicas en el haz	30	38.16 ± 3.59	42.5
Grosor de células epidérmicas en el envés	25	28.66 ± 3.88	37.5
Largo de células epidérmicas en el haz	60	101.00 ± 24.54	170
Ancho de células epidérmicas en el haz	20	46.83 ± 13.57	80
Largo de células epidérmicas en el envés	32.5	75.67 ± 19.46	117.5
Ancho de células epidérmicas en el envés	17.5	27.32 ± 6.81	42
Largo de células oclusivas del estoma en el haz	32.5	46.83 ± 6.85	62.5
Ancho de células oclusivas del estoma en el haz	5	8.67 ± 1.57	12.5
Largo de células oclusivas del estoma en el envés	30	43.82 ± 7.71	62.5
Ancho de células oclusivas del estoma en el envés	17.5	32.83 ± 8.32	62.5
Largo de células anexas en el haz	20	38.42 ± 8.08	50
Ancho de células anexas en el haz	5	10.5 ± 4.07	25
Largo de células anexas en el envés	20	39.67 ± 12.83	75
Ancho de células anexas en el envés	7.5	11.58 ± 5.15	30
Diámetro de tricomas glandulares en el haz	35	42.29 ± 4.70	50
Diámetro de tricomas glandulares en el envés	15	39.03 ± 8.54	52.5
Largo de fibras	200	411.33 ± 121.76	670
Ancho de fibras	12.5	19.08 ± 4.89	32.5
Largo de vasos helicoidales	175	514.50 ± 186.92	750
Ancho de vasos helicoidales	15	25.00 ± 5.98	37.5

Nota: medidas presentadas en µm; D.E. Desviación Estándar

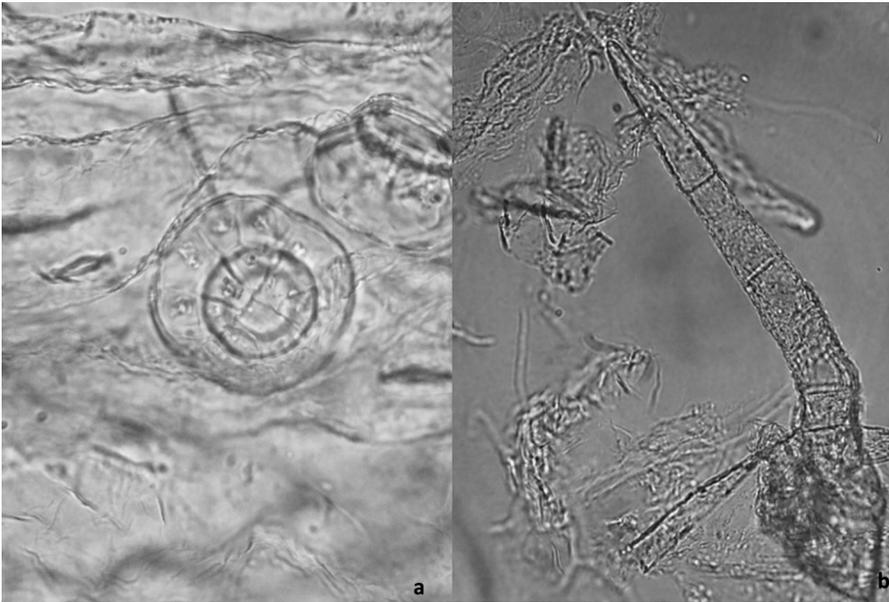


Figura 2. Tricomas glandulares y eglandulares en la petunia mexicana, a y b.

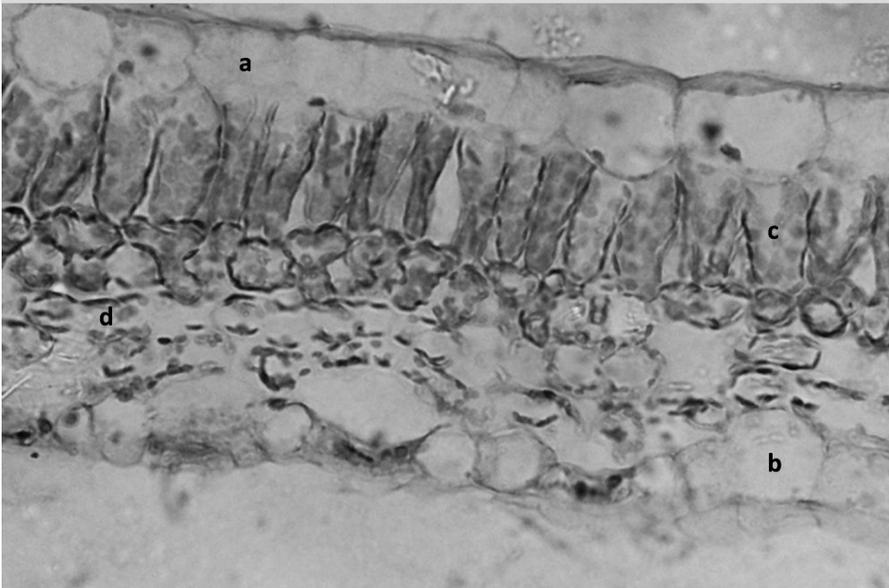


Figura 3. Corte transversal de la hoja de petunia mexicana. Epidermis adaxial a, epidermis abaxial b, parénquima en empalizada c y parénquima esponjoso d.



Figura 4. Vaso helicoidal en la hoja de petunia mexicana.

Referencias

- Bailey LH. 1949. Manual of cultivated plants. MacMillan Company, New York. 917-918.
- Baranova M. 1992. Principles of comparative stomatographic studies of flowering plants. Bot Rev 5B: 49-99.
- Bishay DW, AM Abdel-Baky, SA El-Moghazy and G Gobraeil. 2009. Macro- and micromorphology of the leaf and stem of *Ruellia brittoniana* Leonard cultivated in Egypt. Bull. Pharm. Sci. Vol 32(2): 279-300.
- D'Ambrogio de Argueso A. 1986. Manual de técnicas en histología vegetal. Primera edición. Editorial Hemisferio sur S.A., Argentina. 79.
- Ellis B, DC Daly, LJ Hickey, KR Johnson, JD Mitchell, P Wilf and SL Wing. 2009. Manual of leaf architecture. Comstock Publishing Associates a division of Cornell University Press. Ithaca, New York. 190.
- Esau K. 1976. Anatomía vegetal. Tercera edición. Ediciones Omega, S.A. Barcelona. 458-459.
- Johansen DA. 1940. Plant microtechnique. McGraw-Hill Book Company, INC. New York and London. 522.
- Kirtikar KR and BD Basu. 1975. Indian medicinal plants. Vol III. Second edition. Jayyed Press, Delhi. 1861-1867.
- Metcalf CR and L Chalk. 1950. Anatomy of dicotyledons. Vol II. Clarendon Press Oxford. 1014-1023.
- Perveen A and M Qaiser. 2010. Pollen flora of Pakistan-LXVII: Acanthaceae. Pak. J. Bot., Special Issue (S.I. Ali Festschrift) 42: 175-191.
- Rocha Estrada A, TE Torres Cepeda, Ma. del C González de la Rosa, SJ Martínez Lozano y MA Alvarado Vázquez. 1998. Flora ornamental en plazas y jardines públicos del área metropolitana de Monterrey, México. SIDA 18(2): 579-586.
- Rocha Estrada A. 1994. Contribución a la palinología de las plantas ornamentales del área metropolitana de Monterrey, Nuevo León. Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias Biológicas, UANL. 60 pp.
- Trease GE and WC Evans. 2002. Pharmacognosy. 15th edition. Baillere and Tindall Press, London. 471.

Tratamientos Pregerminativos Aplicados a Semillas de Guapinol (*Hymenaea courbaril* L. Fabaceae)

C.A. Ríos-García*, M.E. Pérez-Pimentel, J. Ramírez-Ramírez, M.A. López-López, C. Orantes-García

Instituto de Ciencias Biológicas, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, Libramiento Norte Poniente núm. 1155, Colonia Lajas Maciel, C.P. 29039, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas; México.
*carlos_garcia2009@hotmail.com

Resumen

Se evaluó la germinación de semillas de guapinol (*Hymenaea courbaril* L.) mediante la exposición de tratamientos pregerminativos de escarificación mecánica lijando el lado opuesto al micrópilo, física mediante la exposición a agua caliente y química remojadas en H_2O_2 . Se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, de acuerdo al porcentaje de germinación y germinación acumulada presentado durante 60 días de observaciones. El tratamiento de escarificación mecánica presentó 88.46% de germinación final comparado con el testigo que fue de 11.53%. Esto nos indica que la aplicación de tratamientos influye en el proceso germinativo de las semillas de esta especie.

Introducción

Las semillas son las unidades de dispersión y reproducción por excelencia en las plantas.

Elas permiten tanto la continuidad de la especie, mediante la reproducción sexual, como la posibilidad de introducir variabilidad genética de una generación a la siguiente, es con frecuencia, un órgano de resistencia prácticamente inerte, hasta que se presenten las condiciones que le permitan iniciar su actividad y dar nacimiento a una joven planta. Este reinicio de actividad metabólica, que origina una nueva generación, constituye el fenómeno de germinación (Herrera *et al.*, 2006), el cual incorpora eventos que comienzan con la captación de agua por la semilla seca en reposo y terminan con el alargamiento del eje embrionario y la protrusión de la radícula (Vivancos, 2013).

Sin embargo, un gran número de especies forestales no germinan debido a que la testa o cubierta seminal es dura e impide la entrada de agua, lo cual es denominado latencia física (Varela y Arana, 2011). Por lo que muchas especies requieren tratamientos pregerminativos para optimi-



Figura 1. Frutos y semillas de guapinol.

zar el porcentaje y el vigor de germinación, ya que estimulan muy significativamente el metabolismo de la semilla (Trujillo, 1995).

El guapinol (*Hymenaea courbaril* L.), es principalmente un árbol maderero, una leguminosa fijadora de nitrógeno que aumenta la fertilidad del suelo. Su madera es fuerte y dura, durable y muy resistente (Gómez y Toro, 2008). Es una especie con potencial para la reforestación productiva en zonas degradadas de selva (Poulsen y Stubaard, 2000). Además de ser utilizada de manera artesanal en la manufactura de mangos de herramienta, las ramas se usan para leña y carbón. Es un árbol utilizado en la medicina tradicional, además de ser útil en la manufactura de barniz e incienso. La corteza en decocción es utilizada como laxativo, las hojas producen resina tóxica con efectos repelentes sobre insectos y la pulpa de los frutos se utiliza para hacer refrescos y como agente anti-diarreico (Gómez y Toro, 2008).



Figura 2. a) Semillas de guapinol sumergidas en H₂O a 80°C, b) Semillas expuestas a H₂O₂, c) Semillas sometidas al tratamiento mecánico.

El presente proyecto tuvo como objetivo evaluar diferentes tratamientos en el proceso germinativo en semillas de *H. courbaril* como base informativa sobre la propagación de esta especie.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en el periodo de Agosto-Octubre del 2013, en instalaciones del Laboratorio de Germoplasma vegetal y Banco de semillas de la SEMAHN, quienes nos proporcionaron las semillas utilizadas para el estudio (Figura 1), las cuales pertenecen al lote: IHNE/BESEFO/INT/02/07 (Figura 1).

Los tratamientos pregerminativos aplicados a las semillas fueron los consultados en Camacho-Morfin (1994):

a) Físico: Las semillas fueron sumergidas en H₂O a 80°C durante 1 minuto con ayuda de gases, seguido de 1 minuto más en agua a temperatura ambiente, repitiéndose el mismo procedimiento 5 veces (Figura 2a).

b) Químico: Las semillas fueron sumergidas en H₂O₂ al 3.5% durante 20 minutos con ayuda de una gasa (Figura 2b).

c) Mecánico: Las semillas fueron lijadas en el lado opuesto al micrópilo, hasta dejar descubierto el cotiledón (Figura 2c).

d) Control: Las semillas no fueron sometidas a ningún tipo de tratamiento.

El diseño experimental fue en bloques al azar, con arreglo factorial de 4x2x13, dando un total de 104 semillas.

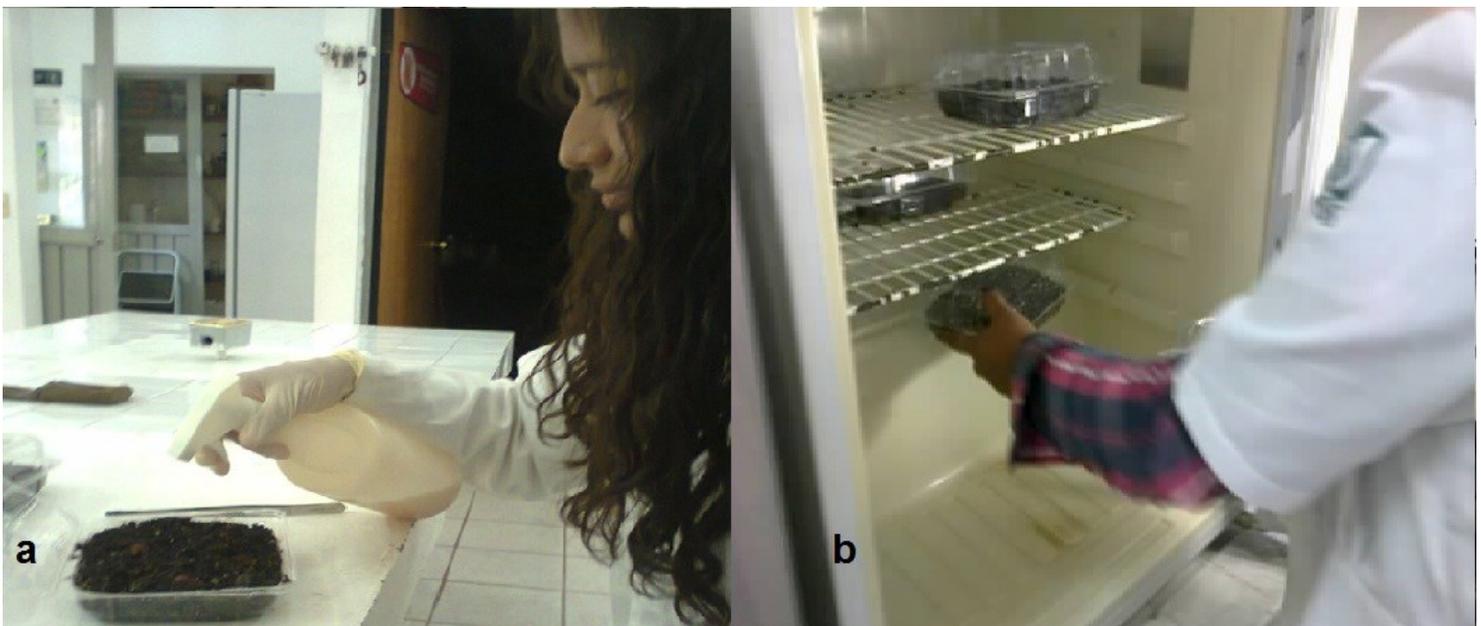


Figura 3. a) Control fúngico de semillas con solución de Captan® al 2%, b) Charolas colocadas dentro de la germinadora.



Figura 4. Emergencia de la radícula en semillas de guapinol.

Antes de realizarse los tratamientos las semillas fueron desinfectadas en solución de cloro al 2% por 20 minutos y después de aplicar el tratamiento pregerminativo se sembraron las semillas con ayuda de pinzas en charolas de plástico con Peat Moss desinfectado. Dicho sustrato fue esterilizado en microondas durante 5 minutos, y posteriormente se dejó enfriar a temperatura ambiente.

Las charolas con las semillas fueron rociadas con una solución fungicida de captan al 2% (p/v) (Figura 3a) y se metieron a la germinadora a una temperatura de 26°C con luz constante (Figura 3b). Se vigiló la humedad en la germinadora para evitar hongos o deshidratación.

Las observaciones se tomaron cada 3 días durante 60 días. Se consideraron semillas germinadas cuando estas presentaron emergencia de 1 cm de radícula sobre el sustrato (Hartmann y Kester, 1994) (Figura 4).

Para analizar el nivel germinativo de los diferentes tratamientos, se evaluó la germinación acumulada y porcentaje de germinación (González-Zertuche y Orozco-Segovia, 1996). Para el análisis de los datos y la realización de gráficas se utilizaron el programa estadístico SPSS 15.0. y Microsoft Excel.

Resultados y discusión

El tratamiento mecánico tuvo un 88.46% de germinación final, seguido del remojo en agua caliente con 76.92%, las semillas con H₂O₂ presentaron 23.07% y el testigo 11.53%. La germinación en las semillas escarificadas inició al día 9 después de la siembra y el testigo a los 33 días (Figura

5). En el análisis de varianza (ANOVA) se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ($p=0.05$).

La escarificación mecánica presentó el mayor porcentaje de germinación final al igual que López-Hernández *et al.* (2010) quienes determinaron que la escarificación mecánica es el mejor tratamiento para guapinol, ya que durante el experimento, presentaron mayor número de semillas germinadas. Varela y Arana, (2011) mencionan que las semillas de un gran número de especies forestales no germinan debido a que presentan latencia física, por lo que requieren escarificación, proceso que adelgaza la testa y las hace permeables al agua y al paso de oxígeno, de manera que el embrión puede comenzar a desarrollarse y diferenciarse (Willan, 1990). La latencia física presentada en semillas forestales, también puede superarse por la aplicación de tratamientos físicos o con temperaturas elevadas (Varela y Arana, 2011), ya que la temperatura elevada permite activar enzimas o sustancias químicas (Godínez-Álvarez y Flores-Martínez, 1999). El tratamiento físico aplicado fue útil, sin embargo la germinación no fue tan alta, lo cual puede verse modificado si la semilla es expuesta durante más tiempo al agua caliente o se expone a una mayor temperatura. De acuerdo a esto se encontró que los tratamientos pregerminativos tienen efectos positivos en la germinación de guapinol, lo cual se reafirmó con el análisis de ANOVA, el cual reveló una diferencia significativa entre los tratamientos de $p=0.05$ lo que indica que la capacidad germinativa puede ser acelerada por la aplicación de tratamientos pregerminativos (López-Hernández *et al.*, 2010).

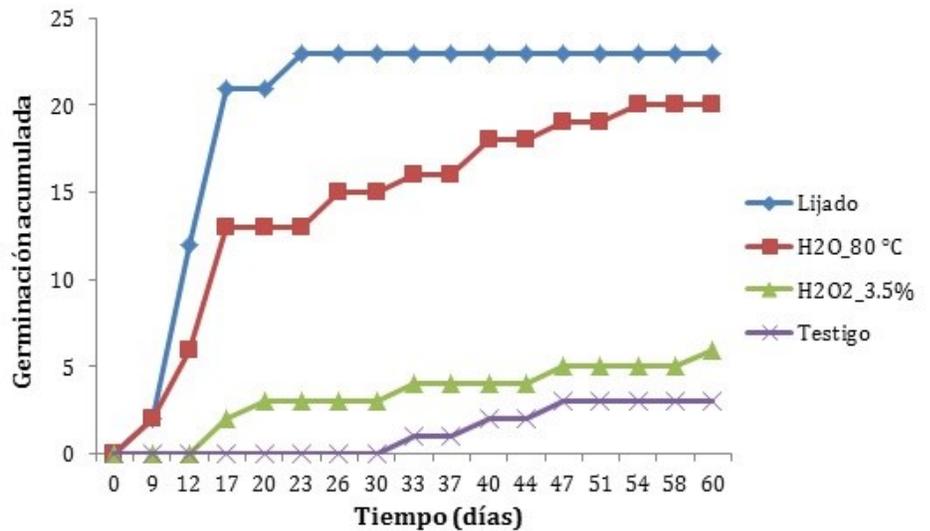


Figura 5. Germinación acumulada en semillas de guapinol (*H. courbaril*), sometidas a diferentes tratamientos.

Conclusiones

Con el tratamiento de escarificación mecánica se aceleró el proceso germinativo de las semillas y se obtuvo un 88.46% de germinación final. Esto puede deberse a que *H. courbaril* presenta una cubierta seminal la cual tiene un efecto sobre la regulación de la germinación, que puede ser superada por tratamientos pregerminativos.

Agradecimientos

Al Biol. Emerit Meléndez López, director del departamento de Laboratorio de Germoplasma vegetal y Banco de semillas de la SEMAHN, por las facilidades otorgadas para realizar este proyecto en especial por la donación de semillas de (*H. courbaril*).

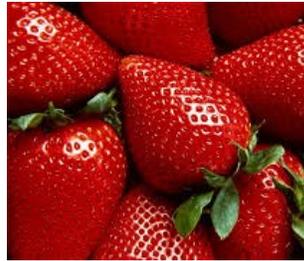
A la Ingeniero agrónomo fitotecnista Elizabeth Reyes Álvarez por todos sus consejos, recomendaciones y apoyo incondicional en la realización del proyecto.

Referencias

- Camacho-Morfin, F. 1994. Dormición de semillas; causas y tratamientos. Trillas. México. 125 pp.
- Godínez-Álvarez, H. y Flores-Martínez, A. 1999. Germinación de semillas de 32 especies de plantas de la costa de Guerrero: su utilidad para la restauración ecológica. Polibotánica. México. (11): 1-19.
- Gómez, M.L. y Toro, J.L. 2008. Manejo de las semillas y la propagación de diez especies forestales del bosque seco tropical. Boletín técnico biodiversidad. Medellín, Colombia. 3 (1): 73.
- González-Zertuche, L. y Orozco-Segovia, A. 1996. Métodos de análisis de datos en la germinación de semillas, un ejemplo: *Manfreda Brachystachya*. Boletín de la Sociedad Botánica de México. 58: 15-30.
- Hartmann, H. y Kester, D., 1994. Propagación de Plantas: principios y prácticas. CECSA. México. D. F. 760 p.
- Herrera, J., Alizaga, R., Guevara, E. y Jiménez, V. 2006. Germinación y crecimiento de la planta. Editorial Universidad de Costa Rica. Costa Rica, San José. 113 p.
- López-Hernández, D., Hernández-Shilón, J.A., Rodríguez-Ballinas, P.B.; Orantes-García, C. y Garrido-Ramírez, E.R. Eduardo. 2010. Efecto de la escarificación mecánica e inmersión en agua caliente, sobre el letargo de semillas de guapinol (*Hymenaea courbaril* L. Fabaceae). Lacandonia. 2 (4): 37-51.
- Poulsen, K. y Stubaard, F. 2000. Técnicas para la escarificación de semillas forestales. Centro agronómico tropical de investigación y enseñanza (CATIE) 36: 60 p.
- Trujillo, E. 1995. Manejo de semillas forestales: Guía técnica para el extensionista forestal. Editorial CATIE. Costa Rica, Turrialba. 48 p.
- Varela, S. y Arana, V. 2011. Latencia y germinación de semillas. Tratamientos pregerminativos. INTA. Buenos Aires, Argentina. (3): 1-10.
- Vivancos, D. Pedro. 2013. Agua oxigenada y germinación de semillas. CEBAS-CSIC. México. 3 p.
- Willan, R.L. 1990. Pre-tratamiento de semillas. Trad. "seed pretreatment". Humlebael. Denmark. Danida Forest seed Centre. 19 p.

Sabías Que ...?

Las pequeñas bolsas de aire dentro de los frutos de los arándanos causan que floten y reboten en el agua, haciendo más fácil su selección.



Una fresa tiene en su parte externa un promedio de 200 aqueñios (fruto y semilla soldados) y botánicamente se clasifica como un fruto agregado o etéreo (poliaqueño).

El número de plantas que son consideradas como medicinales asciende a 70,000 y sólo en el 1% de las que provienen del bosque de lluvia se ha explorado su potencial medicinal.



El durian es conocido como el mejor fruto del mundo (*Durio zibethinus*, Malvaceae) por sus propiedades alimenticias y medicinales. Sin embargo, tiene un olor tan desagradable que su consumo esta prohibido en muchos lugares.



Diphylleia grayi (Berberidaceae) es una planta con flores blancas que se vuelve transparente al contacto con el agua. Cuando llueve parece que las flores se transforman en flores de cristal. Por esto es conocida como flor esqueleto. Crece en laderas húmedas y frías de Japón y China.



Desarrollo de Albahaca (*Ocimum basilicum* L.) *in vitro* Bajo Estrés Osmótico

J.A. Guerra-Cantú¹, A. Rocha-Estrada¹, D. Quistian-Martinez¹, M.L. Cárdenas-Ávila², S. Moreno-Limón^{1*}

¹Departamento de Botánica, ²Departamento de Biología Celular y Genética
Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de los Garza, NL.

*sergio.morenoilm@uanl.edu.mx

Introducción

El albahaca, *Ocimum basilicum* L. es una hierba anual aromática, de 0.3-0.5 metros de altura, pero algunas variedades pueden alcanzar hasta 1 m. Las hojas son ovadas, frecuentemente arrugadas, flores blancas o rosadas, y los frutos tienen cuatro nuececillas pequeñas, que son mucilaginosas cuando se mojan (Kew, 2014). Distribuida en Asia tropical y subtropical así como en el sudeste de Asia y en África (Flora of Pakistan, 2014); se cultiva en todo México, sobre todo a nivel doméstico (CONAFOR, 2010).

El potencial atractivo de la albahaca (*O. basilicum*) es su sabor que ha llevado a su cultivo y profunda participación en rituales folklóricos y religiosos, además, posee glándulas que producen aceites aromáticos, que imparten olores y sabores característicos. Su aceite tiene mezclas esenciales extremadamente variables, contiene más comúnmente linolol, chavicol de metilo, y eugenol con muchos otros componentes normalmente presentes (Darrah, 1974).

En diversos trabajos científicos se ha observado una extensa lista de usos y aplicaciones conferida a los compuestos que están presentes en esta especie aromática, entre los que podemos destacar que es ampliamente utilizada en la cocina mediterránea (Ozcan y Chalchat, 2002). Es bien conocida como una planta de un valor medicinal popular y como tal es aceptado oficialmente en una serie de países (Lawrence, 1985). Las hojas de albahaca se utilizan para uso diurético y por sus propiedades estimulantes, en la producción de perfume (Baytop, 1984; Barिताux *et al.*, 1992; Khatri *et al.*, 1995). Se conoce que el aceite de al-

bahaca es beneficioso para el alivio de la fatiga mental, resfríos, espasmos, rinitis, y como primeros auxilios para las picaduras de avispas y las mordeduras de serpientes (Martins *et al.*, 1999).

La actividad antimicrobiana *in vitro* sobre *Propionibacterium acnes* indica la posibilidad de utilizar su aceite en formulaciones adecuadas para el cuidado de la piel (Viyoch *et al.*, 2006). Además se ha reportado que los extractos acuosos de *O. basilicum* L. pueden inhibir o retrasar el crecimiento micelial *in vitro* de *Sclerotium rolfisii* y *Thielaviopsis basicola* (Pire *et al.*, 2005).

Existen además, estudios donde el aceite esencial de *O. basilicum* L., puede ser útil para el control de ciertas plagas (*Cryptolestes pusillus*) de arroz obteniendo el 100% de mortalidad al paso de 24 horas de exposición (López, 2008). También se ha reportado que las infusiones de albahaca en diclorometano tienen efectos significativos sobre la mortalidad a la dieta de larvas de primer estadio de *Tribolium castaneum* insecto de granos almacenados (Ferraro *et al.*, 2003).

Por otra parte, las plantas desde etapas tempranas deben enfrentar condiciones de estrés abiótico, principalmente la sequía que influye en la germinación y emergencia (Mokhberdorán *et al.*, 2009). Otro factor al que están expuestas las plantas es la salinidad, desarrollando tolerancia para mantener las funciones fisiológicas y el rendimiento de producción bajo tensión (Shannon y Grieve, 1999). La capacidad de soportar la concentración de sal elevada en la zona de la raíz y generar el producto agrícola comercializable en las plantas agrícolas, define la resis-

tencia o tolerancia a la salinidad (Steppuhn *et al.*, 2005). Además se sabe que el estrés (en condiciones controladas) puede alterar el crecimiento en las plantas y aumentar, en cierta medida, la producción de estos recursos (Camejo y Torres, 2000; Alfonso, 2006). Se ha planteado que la respuesta de las plantas ante situaciones de estrés, puede estar definida por una serie de procesos, que se caracterizan por modificaciones fisiológicas donde destaca el metabolismo intermedio de los vegetales, como es la acumulación de solutos osmoprotectores tales como betaína, manitol, sorbitol y trealosa, entre otros, los cuales son constituyentes comunes de las células, pero particularmente aminoácidos libres como prolina (Taiz y Zeiger, 2007). Sin embargo, poca atención se ha puesto en conocer la respuesta de especies aromáticas como, *O. basilicum*, y su adaptación a condiciones áridas y semi-áridas en condiciones climáticas y edáficas adversas para su desarrollo.

Por lo que el objetivo del presente estudio fue establecer las condiciones mínimas de estrés hídrico y salino en condiciones *in vitro* para identificar marcadores morfológicos y bioquímicos que evidencien la tolerancia a condiciones adversas.

Material y Métodos

Condiciones de crecimiento y siembra *in vitro*

Medios de cultivo MS (Murashige y Skoog, 1962) con fitogel suplementados con concentraciones de 0, 25, 50 y 75 mM de cloruro de sodio (NaCl) y 0, 2, 4 y 6% de polietilenglicol (PEG 3350) fueron preparados como tratamientos de sequía y salinidad respectivamente. Diez semillas desinfectadas de *O. basilicum* (albahaca) se colocaron en cada frasco con medio MS, con diferentes concentraciones de PEG 3350 y NaCl en diez repeticiones por tratamiento. Los frascos de cultivo se colocaron bajo un diseño completamente al azar con siete repeticiones en una cámara bioclimática (LAB-LINE) en condiciones de 12 horas de luz y 27 °C ± 2°C durante 30 días. Al final del bioensayo se evaluaron los siguientes parámetros: Porcentaje de germinación (PG), Altura de plántula (AP), longitud de raíz

(LR), Número de hojas (NH), Largo de hoja (LH), Ancho de hoja (AH), Peso fresco de plántula (PFP), peso seco de plántula (PSP), el contenido de pigmentos (carotenos y clorofila) y el contenido de prolina libre como indicador de estrés en la plántula. El análisis se realizó con el paquete estadístico SPSS.

Determinación de pigmentos

A partir de un gramo de muestra (provenientes de hojas de la parte apical, medio y base), se maceró en un mortero y se pasó a filtrar dos veces (papel Whatman No. 4), y se aforó a 25 mL con acetona al 80%.

A partir de las soluciones obtenidas, se tomaron 2mL y se realizaron por triplicados lecturas de absorbancia en el espectrofotómetro (Spectrophotometer BioMate TM 3) en longitudes de onda de 648nm-663nm para clorofila (Godwing, 1976), 480nm-750nm para carotenos totales (Strickland y Parsons, 1972; Britton, 1985), 450nm-508nm para carotenos amarillos y rojos (Fekete *et al.*, 1976; Haspel-Horvatovic y Horickova, 1976).

Se prosiguió a realizar los cálculos, mediante la utilización de las siguientes formulas:

Determinación de clorofila

$$\text{mg/g peso fresco de la clorofila total} = (20.2)(A_{648}) + (8.02)(A_{663})$$

$$\text{mg/g peso fresco de la clorofila } \alpha = (12.7)(A_{663}) + (2.69)(A_{648})$$

$$\text{mg/g peso fresco de la clorofila } \beta = (22.9)(A_{648}) - (4.68)(A_{663})$$

Carotenos totales

$$\text{Carotenoides totales (g/L)} = (A_{480} - A_{750}) * \text{vol. Extracto (en mL)} / ((100 * E_{1\text{cm}}^{1\%}) * (\text{Vol filtrado en L}))$$

$E_{1\text{cm}}^{1\%} = 2500$ (100mL g⁻¹ cm⁻¹) coeficiente de extinción específico para los carotenoides totales a 480nm en acetona 90%.

Tabla 1. Valores promedio de los parámetros morfológicos para determinar estrés de salinidad y sequía *in vitro* en plántulas de *O. basilicum* L. de 30 días de desarrollo.

Parámetros	Salinidad				Sequía			
	Control	25 mM NaCl	50 mM NaCl	75 mM NaCl	Control	2% PEG 3350	4% PEG 3350	6% PEG 3350
Porcentaje de Germinación (%)	63 ± 11.60 a	55 ± 14.34 a	52 ± 13.98 a	59 ± 17.92 a	63 ± 11.60 a	55 ± 14.34 a	52 ± 13.98 a	59 ± 17.92 a
Altura de tallo (mm)	1.54 ± 0.65 a	1.67 ± 0.67 a	1.66 ± 0.66 a	2.08 ± 1.80 a	1.44 ± 0.59 a	1.66 ± 0.55 a	1.54 ± 0.90 a	1.16 ± 0.49 a
Longitud de raíz (mm)	2.39 ± 0.96 a	2.72 ± 1.14 a	2.88 ± 1.10 a	2.68 ± 1.88 a	3.07 ± 1.31 a	3.19 ± 1.08 a	3.55 ± 2.30 a	3.17 ± 1.75 a
Número de hojas	1.89 ± 1.11 a	1.36 ± 0.70 a	1.49 ± 0.61 a	2.94 ± 2.79 a	1.58 ± 0.70 a	1.62 ± 1.30 a	1.60 ± 1.15 a	1.46 ± 0.72 a
Ancho de hoja (mm)	4.04 ± 1.83 a	4.32 ± 1.68 a	3.71 ± 1.45 a	3.80 ± 2.32 a	4.56 ± 2.21 b	2.72 ± 1.34 ab	2.21 ± 1.62 a	2.89 ± 1.84 ab
Largo de hoja (mm)	6.22 ± 3.11 a	7.06 ± 2.60 a	5.80 ± 2.17 a	6.19 ± 3.77 a	6.81 ± 2.86 a	4.14 ± 2.31 a	3.58 ± 3.01 a	4.25 ± 2.89 a

Nota: Letras diferentes en una misma fila indican diferencia significativa.

Contenido de grupos carotenos

C= Absorbancia del extracto de cada muestra (Ab)/ peso seco de la muestra en gramos.

Donde C= a la *concentración* de carotenos (R) o (A).

Determinación de prolina

La determinación de prolina se realizó por el método de Bates *et al.* (1973), con ligeras modificaciones. Los cálculos correspondientes para medir la concentración de prolina en plántulas de *O. basilicum*, se calcularon con base en la curva de calibración que se determinó a concentraciones entre 0,01 y 1000 ppm.

Resultados y Discusión

Los resultados para los parámetros morfofisiológicos de *O. basilicum* en respuesta a los tratamientos de salinidad y sequía, y obtenidos a través del Análisis de varianza y Comparación Múltiple de Medias se presentan en la Tabla 1, donde podemos observar que en relación a la salinidad no existe diferencia significativa ($P < 0.01$) entre los tratamientos para ninguno de los parámetros evaluados, sin embargo el porcentaje de germinación (52%), el ancho de la hoja (3.71 mm) y el largo de la hoja (5.80 mm) en com-

paración con el control, tienden a disminuir en respuesta a la salinidad, siendo más acentuada esta disminución con el tratamiento de 50 mM de NaCl, mientras que la altura del tallo, la longitud de la raíz y el número de hojas tienden a incrementarse en respuesta a este mismo tratamiento. Respecto a la sequía, solamente el ancho de la hoja mostró diferencia significativa ($P > 0.01$), siendo los valores del tratamiento de 6% PEG 3350 estadísticamente iguales a los obtenidos con el control, mientras que con 2 y 4% PEG existe una disminución en este parámetro. La altura del tallo, longitud de la raíz y el número de hojas tienden a incrementarse, o al menos no se ven afectadas significativamente con respecto al control. Estos resultados difieren de lo reportado por Bernstein *et al.* (2009), quienes al trabajar con plantas de *Ocimum basilicum* L. (variedad sweet) observaron que la salinidad de 1 a 100 mM de NaCl redujo la longitud de la raíz en un 47% siendo evidente a partir de 25 mM de NaCl.

En cuanto a pigmentos, observamos los resultados en las Figuras 1 y 2 donde podemos apreciar que se presentaron diferencias significativas ($P < 0.01$) en los tratamientos de salinidad y sequía, donde tanto la clorofila total como la clorofila a se presenta mayor contenido de estos pigmentos a 75 mM de NaCl, siendo 1.97 mg/g y 1.23 mg/g, respectivamente. En cuanto al contenido de clorofila a aumentó en el tratamiento a 25 mM de NaCl (1.20 mg/g) y el contenido de carotenos totales, carotenos del grupo



Figura 1. Contenido de clorofila (mg/g) en muestras frescas de *O. basilicum*, bajo diferentes tratamientos de salinidad.

amarillo y rojo aumentaron su contenido a una concentración en 75 mM de NaCl (0.022 g/L, 0.05 g/L y 0.16 g/L, respectivamente). Este comportamiento es reportado por Argentel *et al.* (2006), quienes mencionan que se debe a la destrucción de los cloroplastos y a un aumento de la actividad de la enzima clorofilasa. En las Figuras 3 y 4, se observaron también diferencias significativas en el contenido de pigmentos bajo los tratamientos de sequía (P<0.01) reportándose que en todos los pigmentos se encontró un alto contenido al tratarse con PEG 3350 al 4% con respecto al control.

En las Figuras 5 y 6 se muestran los valores de prolina libre, donde se presentaron diferencias significativas (P<0.01) en todos los tratamientos, observando en los tratamientos severos el mayor contenido de prolina libre, que varía 21.99 ppm a 75 mM de NaCl y 34.26 ppm a 6% PEG 3350. En general, se puede confirmar que para estos tipos de estrés (hídrico y salino) se produce una inhibición

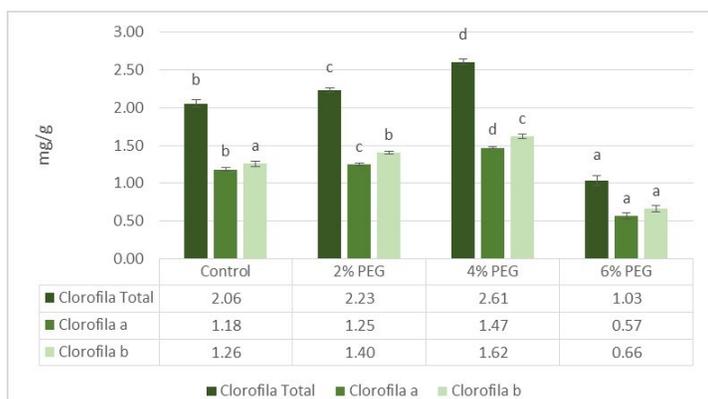


Figura 3. Contenido de clorofila (mg/g) en muestras frescas de *O. basilicum*, bajo diferentes tratamientos de sequía.

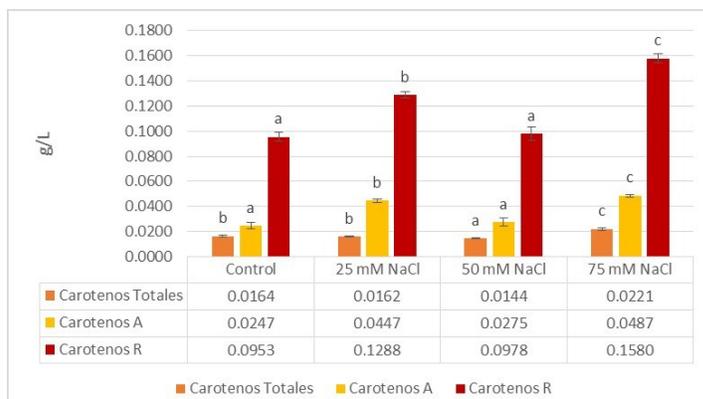


Figura 2. Contenido de carotenos (g/L) en muestras frescas de *O. basilicum*, bajo diferentes tratamientos de salinidad.

drástica de la actividad en la enzima piruvato deshidrogenasa (PDH) donde la prolina podría actuar como un compuesto osmorregulador, coincidiendo con Claussen (2005).

Conclusiones

La respuesta morfológica de *O. basilicum* L., al estrés osmótico es favorable ya que no se sufren alteraciones morfológicas considerables, en cuanto a los parámetros bioquímicos se ven influenciados por las condiciones de sequía y salinidad aplicadas. Mediante el empleo del PEG 3350 y la aplicación de soluciones salinas, se detectó la producción de prolina como osmorregulador permitiendo realizar el ajuste osmótico y por lo tanto presentar niveles de tolerancia al estrés impuesto.

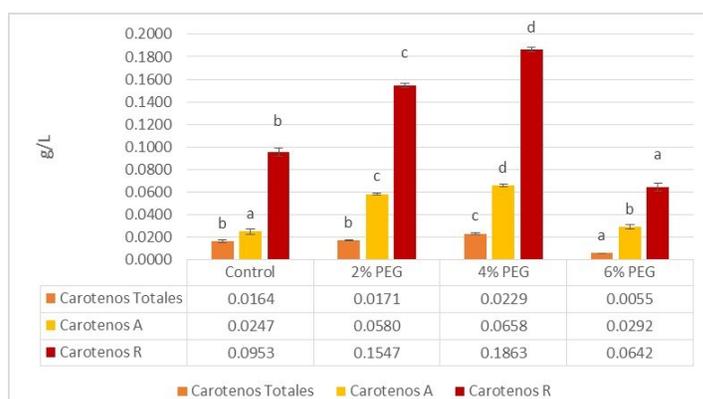


Figura 4. Contenido de carotenos (g/L) en muestras frescas de *O. basilicum*, bajo diferentes tratamientos de sequía.

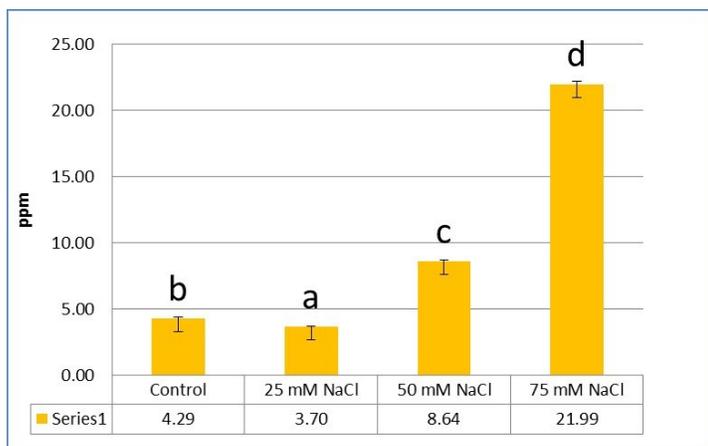


Figura 5. Contenido de prolina (ppm) en muestras frescas de *O. basilicum*, bajo diferentes tratamientos de salinidad.

Referencias

- Alfonso, R. 2006. Mejoramiento para la Resistencia a la Sequía en el Cultivo del Arroz. I Curso de capacitación en mejoramiento genético en arroz. Sancti Spiritus, Cuba. 25 pp.
- Argentel, L, González LM, Ávila C y Aguilera, R. 2006. Comportamiento del contenido relativo de agua y la concentración de pigmentos fotosintéticos de variedades de trigo cultivadas en condiciones de salinidad. *Cultivos Tropicales*. 27(3):49-53.
- Baritau, O, Richard, H, Touche, J, & Derbesy, M. 1992. Effects of drying and storage of herbs and spices on the essential oil. Part I. Basil, *Ocimum basilicum* L. *Flavour and Fragrance Journal*. 7:267-271
- Bates, L., Waldren, RP, Teare, ID. 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant Soil*. 39:205-207.
- Baytop, T. 1984. Treatment with plants in Turkey. Istanbul: Istanbul Univ. Publ. No. 3255 [in Turkish].
- Bernstein, N, Kravchik, M, Dudai, N. 2009. Salinity-induced changes in essential oil, pigments and salts accumulation in sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) in relation to alterations of morphological development. *Ann. Appl. Biol.* 156(2):167-177.
- Britton, G. 1985. General carotenoid method. In: methods in enzymology. Academic Press inc. Ed: J.H. Law and H.C. Rilling. No. 111:113-149.
- Camejo, D y Torres, W. 2000. La salinidad y su efecto en los estadios iniciales del desarrollo de dos cultivares de tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill). *Cultivos Tropicales*. 21(2): 23-26.
- Claussen, W. 2005. Proline as a measure of stress in tomato plants. *Plant Sci*. 168:241-248.
- Darrah, H. 1974. Investigation of the cultivars of the basil (*Ocimum*). *Economic Botany*, 28, 63-67.
- Fekete, M, Kozmal L, Huszka, T. 1976. Spectrophotometric method for determining the pigment content of ground paprika. *Z. Lebensm Unters Forsch.* (161):31-3.
- Ferraro, G, Martino V, Clemente S, Mareggiani G & Broussalis, A. 2003. Insecticidal effects of Lamiaceae species against stored products insects. *Boletín de sanidad vegetal. Plagas*, 29, 421-426.
- Godwing, TW. 1976. Chemistry and biochemistry of plants pigments. 1 y 2. Academic Press Inc. New York. USA.
- Haspel-Horvatovic, E y Horickova, B. 1976. Spectrophotometrical determination of paprika-pigments. *Z. Lebensm Unters Forsch.* 160: 275-276.
- Khatri, LM, Nasir, MKA, Saleem R & Noor, F. 1995. Evaluation of Pakistani sweet basil oil of for commercial explosion. *Pakistan Journal of Science and Industrial Research*. (38):281-282.

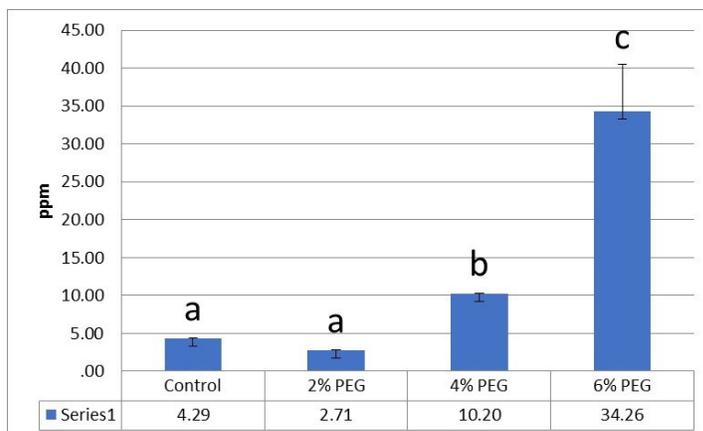


Figura 6. Contenido de prolina (ppm) en muestras frescas de *O. basilicum*, bajo diferentes tratamientos de sequía.

- Lee, SJ, Umamo K, Shibamoto T, Lee, KG. 2005. Identification of volatile components in basil (*Ocimum basilicum* L.) and thyme leaves (*Thymus vulgaris* L.) and their antioxidant properties. *Food Chem* 91:131-137.
- López-Belchí MD, Pascual-Villalobos MJ, Madrid-Vicente, R. 2008. Toxicidad volátil de monoterpenoides y mecanismos bioquímicos en insectos plaga del arroz almacenado.
- Martins, AP, Salgueiro LR, Vila R, Tomi F, Conigueral S, Casanova, J. 1999. Composition of the essential oils of *Ocimum canum*, *O. gratissimum* and *O. minimum*. *Planta Medica* 65:187-189.
- Mokhberdorran, F, Nabavi KSM, Sadrabadi, HR. 2009. Effect of temperature iso-Osmotic concentrations of NaCl and PEG agents on germination and some seeding growth yield components in rice (*Oryza sativa* L.). *Asian J. Plant Sci*. 8(6):409-416.
- Murashige, T & Skoog, F. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco cultures. *Physiol. Plant*. 15:473-497.
- Ozcan, M & Chalchat, JC. 2002. Essential oil composition of *Ocimum basilicum* L. And *Ocimum minimum* L. in Turkey. *Czech Journal of Food Science*. 20(6):223-228.
- Pire, A, Vargas N. & Alcalá De Marcano, D. 2005. Efecto de extractos vegetales y fungicidas sintéticos sobre el crecimiento micelial *in vitro* de *Sclerotium rolfsii* y *Thielaviopsis basicola*. *Revista de la Facultad de Agronomía de La Universidad del Zulia*. 22:315-323.
- Shannon, MC, Grieve, C.M. 1999. Tolerance of vegetable crops to salinity. *Sci. Horticult.* 78:5-38.
- Steppuhn, H, Van-Genuchten MTh, Grieve, C.M. 2005. Root-zone salinity: I. Selecting a product-yield index and response function for crop tolerance. *Crop Sci*. 45:209-220.
- Strickland, JDH and Parsons, TR. 1972. A practical handbook of seawaters analysis. Bull. Fish. Res. Bd. Can. 167:1-20.
- Taiz L, Zeiger, E. 2007. Fisiología Vegetal. Universidad Jaime ed. II. pp. 1775-1778.
- Viyoch J, Pisutthanan N, Faikreua A, Nupangta K, Wangtorpol K & Ngokkuen, J. 2006. Evaluation of *in vitro* antimicrobial activity of Thai basil oils and their micro-emulsion formulas against *Propionibacterium acnes*. *International Journal of Cosmetic Science*, 281:25-133.
- Flora of Pakistan. Disponible en URL: http://www.efloras.org/florataxon.aspx?flora_id=5&taxon_id=200019914 (23 de abril de 2014).
- Comisión Nacional Forestal. Disponible en URL: http://www.conafor.gob.mx/biblioteca/plantas_medicinales_de_la_farmacia_viviente-conafor.pdf (3 de mayo de 2010).
- Royal Botanic Gardens Kew. Disponible en URL: <http://www.kew.org/science-conservation/plants-fungi/ocimum-basilicum-basil> (12 de marzo de 2014).

La Paleopalinología como Herramienta en la Reconstrucción de Paisajes del Pasado

D. Hernández-Cortés y L.E. Silva-Martínez

Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas
Laboratorio de Paleobiología

Los granos de polen y esporas representan una parte del ciclo de vida de las plantas embriofitas, en el que desarrollan estas estructuras con una envoltura de esporopolenina (politerpeno impermeable resistente a los agentes químicos que se encuentran en la pared de las esporas y la exina del grano de polen). Las esporas son el medio de propagación de muchos microorganismos: bacterias, hongos y protistas, que pueden ser susceptibles al ataque microbiano, a los procesos sedimentarios, al metamorfismo, a los procesos de oxidación-reducción y así, su potencial de fosilización es bajo. Por el contrario, las esporas de las plantas vasculares (que con frecuencia se encuentran en el registro fósil) poseen una pared más resistente conformada por moléculas orgánicas resistentes a la degradación, como son la esporopolenina, la quitina o la pseudoquitina.

La Palinología es una disciplina botánica que se encarga del estudio de granos de polen y esporas actuales; mientras que después de sufrir el proceso de fosilización se convierten en objeto de estudio de la Paleopalinología. Con frecuencia se considera la Paleopalinología como una subdisciplina micropaleontológica, que estudia microfósiles orgánicos, también llamados palinomorfos. Bajo este término se agrupan además los granos de polen y esporas, acritarcos, dinoflagelados, las algas microscópicas e incluso microforaminíferos de pared orgánica.

Antecedentes

Las primeras esporas de helechos surgen en el Silúrico; en el Carbonífero se le suman las gimnospermas y a finales de la era Mesozoica surgen las angiospermas, que colonizan la tierra en un tiempo relativamente corto.

Estos granos son de estructura y ornamentación simple y no se asemejan a los de ninguna planta actual, por lo que sólo se pueden plantear posibles afinidades con órdenes de plantas actuales; sólo a finales del Cretácico, es posible identificar géneros actuales. O sea, en la medida que transcurre el tiempo, aparecen tipos polínicos más elaborados que se asemejan a los actuales (Behre, 1988).

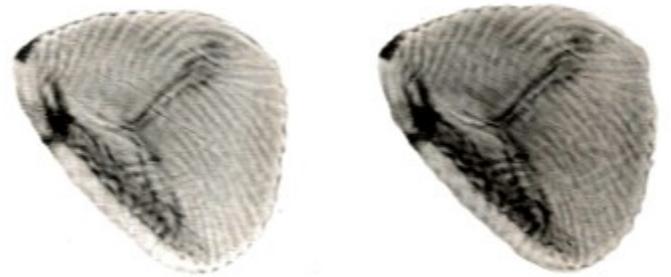


Figura 1. Palinomorfo correspondiente al género *Cicatricosisporites coahuilensis*, Potonié y Galletich, 1933. Familia Schizaeaceae (helecho del Cretácico Superior).

El polen fue conocido desde tiempos muy remotos, fenicios y asirios conocían el papel que el polen tenía en la fecundación de las plantas. Pero, no fue hasta el siglo XVII, gracias al descubrimiento del microscopio cuando Grew y Malpighi estudiaron la morfología del grano de polen (Dupre, 1988 en Canudo, 2002). En el siglo XIX los estudios sobre polen alcanzaron su máximo interés con los trabajos de Bauer que dibujó el polen de 181 plantas; Purkinje estudió el tejido de los sacos polínicos y la estructura del grano de polen; Fritzsche diferenció y dio nombre a las partes de la cubierta del grano de polen exina e intina; Ficher describió 2,200 tipos distintos de polen según la exina y los lugares de salida del tubo polínico.

La Palinología aplicada a la Arqueología se ha constituido ciencia eficaz en la reconstrucción paleoambiental de los yacimientos arqueológicos (Martín-Consuegra *et al.*, 2003), y ha permitido dilucidar pautas de evolución de la vegetación a escala regional, así como inferir hipótesis de tipo paleoclimático (López García, 1986).

A finales del siglo XIX Goppert y Ehrenberg observaron granos de polen fósil contenido en turberas y depósitos pre-cuaternarios por lo que los estudios de polen se incorporaron a los estudios geológicos. Pero los primeros en utilizar el polen en depósitos post-glaciales fueron Geinitz y Weber, aunque realizaron observaciones cualitativas más que un análisis polínico.

A principios del siglo XX, Langerhein fue el primero en realizar un verdadero cálculo porcentual. Pero sin duda el fundador del análisis de polen moderno fue Von Post en 1916, que inspirado en los trabajos de Sernander y Langerhein, desarrolló un método de análisis polínico para explicar cambios climáticos y de vegetación habidos en Escandinavia durante el cuaternario final. Von Post sentó las bases del análisis polínico y éstas a su vez, fueron seguidas por sus discípulos Sandegren, Halden y Sundelin.

En un principio el análisis polínico se utilizó como técnica de datación, posteriormente se ha ido transformando en el principal método de investigación sobre la evolución de la vegetación, el clima del cuaternario y/o la actividad humana.

En los últimos años, los palinomorfos han demostrado ser una excelente herramienta bioestratigráfica y biocronológica. Sin embargo, el potencial bioestratigráfico del contenido restante de materia orgánica en las muestras palinológicas no ha sido completamente aprovechado. El estudio de estas partículas (palinofacies), puede proporcionar información correspondiente a la historia deposicional de la roca (Batten, 2002), y constituye una herramienta complementaria en la caracterización de secuencias. Las palinofacies han sido empleadas en diferentes cuencas petrolíferas del mundo para definir ciclos estratigráficos. Esta herramienta también ha sido usada en reconstrucciones paleoambientales y en la evaluación de parámetros geoquímicos, mostrando ser una herramienta bastante útil.

El Rancho labreano fue establecido por Savage en 1951, recibe el nombre de su localidad tipo en Rancho La Brea, California, EUA, y fue definido en base a la presencia de la fauna inmigrante euroasiática, el género *Bison*.

La abundancia de polen y esporas tanto en los lignitos como en las rocas encajonantes de la Cuenca de Burgos en el noreste de México, ha facilitado fechar y correlacionar estratos, jugando de esta manera la palinología un papel importante en el programa de exploración carbonífera que la Comisión Federal de Electricidad ha venido desarrollando en los Estados de Nuevo León y Tamaulipas (Martínez et al., 1980).

En los continentes, aparte de la información sobre temperaturas que ofrecen los glaciares de montaña, la mayor parte de datos paleoclimáticos proviene de los restos de plantas. La vegetación está en sintonía con su entorno, y cambios en la humedad y/o temperatura actuarán modificando la composición y la distribución de las comunidades vegetales. Para los ambientes terrestres, los sedimentos

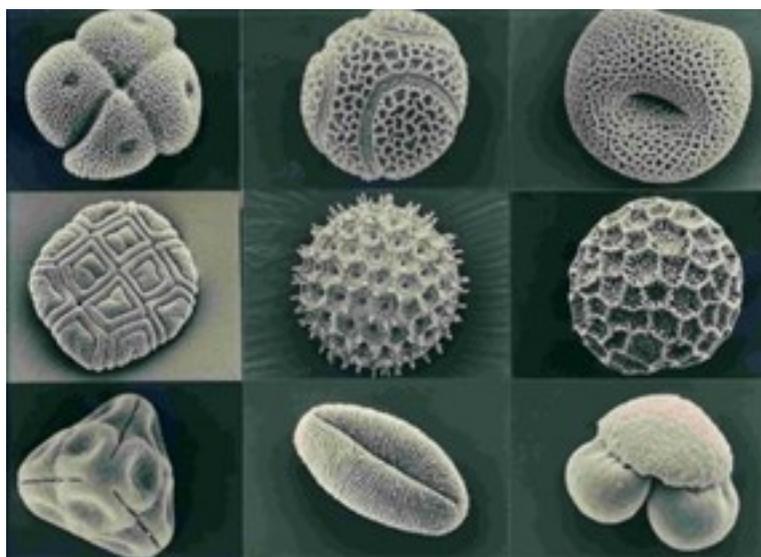


Figura 2. Diferentes tipos de palinomorfos.

que se depositan en los fondos de los lagos son una valiosa fuente de información paleoclimática y paleoecológica. Dichos sedimentos lacustres poseen un conjunto de datos o líneas de evidencia sobre el cambio climático.

El polen es un indicador de cambio climático ampliamente usado en las investigaciones sobre la historia de la vegetación de los últimos miles de años. Estos microfósiles abundan en los sedimentos lacustres y están presentes en secuencias estratigráficas donde registran los cambios de la vegetación de manera continua durante largos periodos. La vegetación de un sitio produce granos de polen y esporas, los cuales son liberados al aire o a la tierra, para posteriormente ser transportados a un sitio de depósito, donde son preservados, archivándose el registro de la vegetación. La composición de los conjuntos polínicos o lluvia de polen variará dependiendo de la comunidad vegetal que los produzca (Figura 1). Existen diferencias en la producción y dispersión de polen entre las plantas, por lo que su representación en los depósitos puede variar. Para resolver este problema se analizan las lluvias de polen de la vegetación productora y se establecen las relaciones entre los datos polínicos y la frecuencia de las plantas por medio de métodos estadísticos. Los conjuntos polínicos son un reflejo de la vegetación productora, y ésta se desarrolla bajo ciertas condiciones climáticas. Estos datos polínicos, que son porcentajes de polen, son entonces utilizados para calibrar las lluvias de polen fósiles que se recuperan de los depósitos, posibilitando por lo tanto hacer inferencias sobre los climas pasados.

No obstante, se han realizado trabajos donde se aplica la Palinología con fines geológicos en prospecciones petroleras (investigaciones realizadas por la compañía petrolera

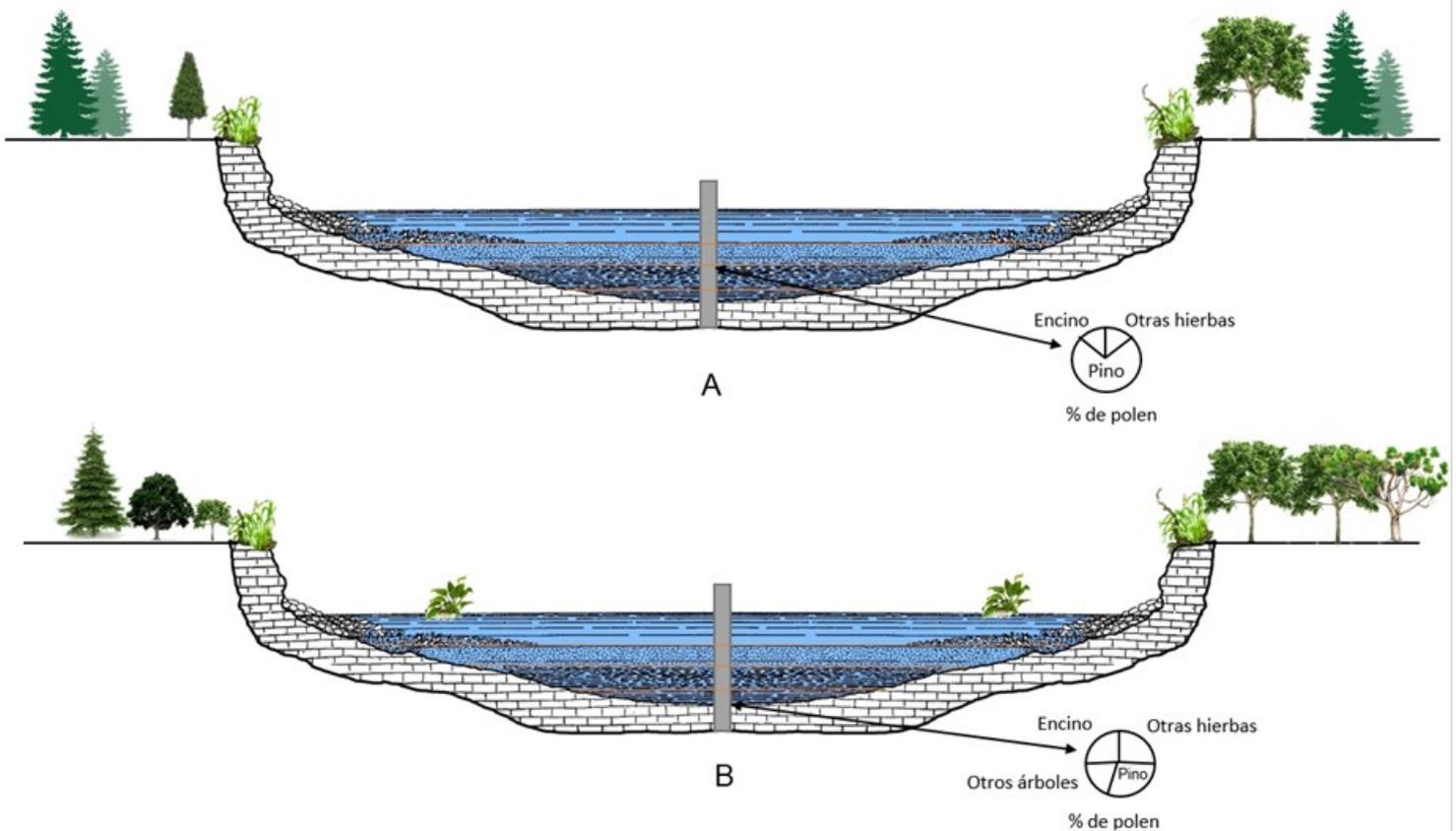


Figura 3. (A) Espectro palinológico de una comunidad donde dominan los pinos, obtenido de sedimentos superficiales del lago. (B) Reconstrucción de la vegetación con base en el análisis palinológico, que considera las proporciones relativas de los granos de polen y esporas depositados en el pasado en el lago.

NEDECO en 1959; Fernández *et al.*, 1974; Díaz *et al.*, 1988; Areces-Mallea, 1988, 1989; García *et al.*, 1989; Moncada *et al.*, 1990-91).

Respecto a las metodologías empleadas para las reconstrucciones de la vegetación del pasado existen diversos métodos, siendo uno de los más usados el diagrama polínico. Este método no implica una representación exacta de la paleoflora, ya que hay factores de dispersión, de producción o de estacionalidad que lo impiden. Sólo la presencia de un taxón es significativa, sin embargo su abundancia sólo puede tener interés cuando las condiciones sedimentológicas se han mantenido constantes, dentro de ciertos parámetros.

Con base en los datos palinológicos se ha reconstruido la vegetación de vastas zonas del planeta, en periodos clave para comprender el funcionamiento del sistema climático.

Metodología empleada en paleopalinología

El trabajo se lleva a cabo en tres etapas que consisten en orden de desarrollo: 1) Gabinete 1, 2) Campo, 3) Laboratorio y 4) Gabinete 2.

1) Gabinete 1

Consiste en una revisión bibliográfica concerniente a los tipos y descripciones de los palinomorfos de las plantas reportadas para el Pleistoceno en el noreste de México. Ubicación y conocimiento de área de estudio en base a la cartografía proporcionada por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI).

2) Campo

Para llevar a cabo esta etapa se necesitan materiales tales como: Nucleadora portátil de gasolina con taladro de 2" de diámetro, libreta de campo, bolsas de polietileno, marcadores de tinta permanente, etiquetas para identificar la (s) muestra(s), cinta métrica.

Para realizar la colecta de muestras las manos deberán de estar completamente limpias antes de hacer el muestreo y durante ésta se debe evitar fumar, comer o manipular materiales contaminantes que caigan a la muestra de suelo. Así teniendo en cuenta estas consideraciones:

Se recorre y delimita el área haciendo un plano o croquis sencillo de las superficies más o menos homogéneas, se-

parando el área en lotes o capas uniformes de acuerdo a su fisiografía y otras características físicas.

Una vez que se ha definido los límites de cada lote se procede a tomar las submuestras al inicio de la capa, en un punto intermedio y al final de la capa, excavando en cada uno de los puntos de muestreo un núcleo de aproximadamente 30 cm de profundidad.

En cada sitio de muestreo se recomienda remover las plantas y hojarasca fresca (1-3 cm.) de un área de 40 cm x 40 cm, y luego introducir la barreta a la profundidad deseada y depositar aproximadamente un kilogramo de muestra a una doble bolsa plástica y colocar una etiqueta de modo que quede entre las dos bolsas al medio.

Realizar esta operación en cada uno de los puntos y extraer el mismo volumen de suelo para la submuestras. En cualquier caso se debe remover piedras, raíces gruesas, lombrices e insectos del suelo.

Finalmente llevar la muestra compuesta al laboratorio de suelos para su análisis.

3) Laboratorio

Se utiliza la técnica de extracción polínica para sedimentos (Adam y Mehninger, 1975), modificada en el LPP, que consiste en el sometimiento de la muestra a la acción de ácidos y bases fuertes para la desintegración del sustrato o matriz mineral y orgánica en las cuales se encuentra incluido el polen antiguo.

Esta técnica consiste en:

Tomar 10 g de muestra y colocarla en tubos de centrífuga con agua destilada.

Posteriormente se incluye al ácido clorhídrico al 10% para eliminar los carbonatos, se centrifuga por 3 minutos a 3000 rpm, se decanta la muestra y se lava con agua destilada.

Se adiciona hidróxido de potasio (KOH) al 10% para concentrar el polen. Se centrifuga y decanta.

Para romper los agregados arcillosos se le agrega un detergente (pirofosfato de sodio al 5%) en agua caliente por 20 minutos.

Se tamiza la muestra utilizando una malla del número 200 (74 μm de apertura), se recupera la fracción fina, se lava con agua destilada.

Se agrega ácido fluorhídrico (HF) al 48-51% y se deja actuar de 12 a 24 horas para la eliminación de los silicatos.

Se descarta el HF, se lava con agua destilada y se repiten los pasos con HCl al 10% y de KOH al 10%, para la eliminación de los remanentes.

Se lava la muestra con agua destilada y alcohol absoluto, se recupera y se guarda el producto final de la extracción en frascos pequeños de vidrio con glicerol.

Una vez finalizado el proceso de extracción y separación, la muestra se incluye en gelatina glicerizada, se monta en laminillas para su observación, identificación y conteo en el microscopio óptico, opcionalmente se tiñe con fucsina ácida (afín a la exina del polen), para su observación e identificación con el microscopio óptico con la ayuda de manuales y claves fotográficas especializadas.

4) Gabinete 2

Se integran los resultados obtenidos durante las etapas anteriores. Se comparan y se discuten, con el fin de cumplir con los objetivos ya establecidos.

Referencias

- Areces-Mallea, A. (1988a). Palinomorfos de la costa del Golfo de Norteamérica en el Eoceno Medio de Cuba. *Rev. Tecnológica XVIII* (1): 15-25.
- Areces-Mallea, A. (1989). Transdanubialpollenites magnus Kedves et Porcutz (Nyctaginaceae) en el Eoceno Medio de Cuba centro-oriental. *Boletín Sociedad Cubana de Geología*: 51-61.
- Behre, K. E. (1988). The role of man in Europe vegetation history. In: B. Huntley and T. Webb (eds.). *Vegetation History*, pp. 633-672. Kluwer Acad. London.
- Díaz, M. L.; A. Areces-Mallea; M. Príncipe; V. Martínez y J. A. Alonso (1988). Estudio Geoquímico de la materia orgánica presente en muestras de pozos de Pinar del Río. *Serie Geológica* 1: 19-33.
- Estévez, Y.; J. M. Pajón (2006). Consideraciones del análisis palinológico en reconstrucciones paleoambientales aplicadas a las investigaciones arqueológicas. VIII Conferencia Internacional Antropología '2006 "La Antropología Ante Los Nuevos Retos De La Humanidad" Ciudad de La Habana, Cuba.
- García, R.; G. Fernández y A. Areces-Mallea (1989). Nuevos Aspectos bioestratigráficos y paleoambientales de la depresión Los Palacios. *Rev. Tecnológica XIX* (4): 8-15.
- López García, P. (1986). Estudios palinológicos del Holoceno español a través del análisis de yacimientos arqueológicos. *Trab. Prehist.* 43: 143-158.
- Fernández, J., A. Areces-Mallea y M. L. Díaz (1974). Estratigrafía del área de Los Arroyos, provincia de Pinar del Río, basados en datos de perforación profunda. *Memorias del III Encuentro Científico-Técnico de Geología*: 51-56.
- Martín-Consuegra, E.; J. L. Ubera y A. Romo (2003). Estudio palinológico del yacimiento arqueológico de la palza Virgen de Los Reyes, Sevilla. *Rev. Polen* 13: 143-154.
- Moncada, M.; C. E. Hernández y M. Cabrera (1990-91). Análisis polínico de sedimentos marinos del occidente de la Isla de la Juventud (Cuba). *Acta Botánica Hungárica* 36 (1-4): 145-161.

Percepción Infantil del Arbolado Urbano en Monterrey, N. L., Estudio Preliminar

M.A. Alvarado-Vázquez, E. de la Cruz-Arévalo, A. Rocha-Estrada, S.M. Salcedo-Martínez, M.A. Guzmán-Lucio

Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas
Departamento de Botánica
marco.alvaradovz@uanl.edu.mx

“Sin árboles, las ciudades serían paisajes estériles, de concreto, ladrillo y acero; con ellos, las ciudades se hacen habitables, pues los árboles añaden belleza, armonía, beneficios naturales y crean un ambiente adecuado para nuestra salud física y mental”

Introducción

Los árboles han sido importantes para el hombre desde sus primeras civilizaciones. Las culturas egipcia, persa, fenicia, china, romana y azteca tenían a los árboles en alta estima. Ejemplo de esto es que el árbol en la cultura prehispánica fue considerado como un ser de carácter sagrado y por sus características biológicas con sus ritmos estacionales y su regeneración representó la vida, el tiempo y la eternidad.

En la ciudad contemporánea, a mayor complejidad, menor consideración del valor ecológico de las plantas. Paradójicamente las ciudades actuales, que son la expresión más acabada del ambiente humano, constituyen un medio hostil para los árboles, esto por razones microclimáticas, edáficas y de contaminación ambiental. Sin embargo, es precisamente la existencia de vegetación la que puede contribuir a mejorar estas condiciones negativas, y propiciar a mayor superficie urbana con vegetación, mejores condiciones de calidad de vida para todos los habitantes.

Por ejemplo, cada día se produce en una hectárea arbolada, el oxígeno suficiente para 52 personas. Esa misma superficie en un año puede absorber el bióxido de carbono que produce un auto al recorrer 72,000 km. Un árbol saludable de tamaño mediano puede almacenar alrededor de 5 kg de carbono cada año, con un equivalente por hectárea de varias toneladas.

Sin embargo, estos no son todos los beneficios ecológicos del arbolado urbano, ya que muchos de ellos no se perciben de una manera precisa y directa, pero llegan a ser determinantes en la calidad de vida de las poblaciones urbanas. Entre los principales valores ecológicos de los árboles urbanos (Ulrich, 1979; Miller, 1997; Nowak 1997, 2002; Rocha-Estrada *et al.* 1998; Alvarado-Vázquez *et al.* 2000, 2010; Kuo, 2003; Alanís-Flores *et al.*, 2004; Cruz-Rubio, 2006; Mendoza Villarreal, 2008; Reyes-Rodríguez, 2010; De León-Alanís, 2014) tenemos:

- * Constituyen barreras contra el viento
- * Interceptan la radiación solar
- * Producen sombra que protege la infraestructura urbana
- * Disminuyen la erosión del suelo
- * Favorecen las precipitaciones
- * Previenen inundaciones y evitan pérdida del suelo
- * Favorecen la humedad ambiental y el microclima
- * Regulan la temperatura ambiental
- * Amortiguan los ruidos
- * Proveen abrigo y alimentación a la fauna silvestre
- * Filtran agentes contaminantes y partículas suspendidas del aire
- * Favorecen la infiltración del agua de lluvia a los mantos freáticos
- * Absorben dióxido de carbono y otros contaminantes atmosféricos
- * Disminuyen el efecto invernadero, contribuyendo a evitar el calentamiento global
- * Producen oxígeno, elemento vital para los seres vivos
- * Son elementos arquitectónicos que contribuyen al ordenamiento de la ciudad
- * Son activos de las ciudades, pues sus beneficios se pueden capitalizar en términos económicos
- * Contribuyen a dar identidad y orgullo a las comunidades
- * Los espacios arbolados sirven de descanso y esparcimiento
- * Crean un entorno del paisaje agradable y armónico en áreas urbanas

Por otra parte, el arbolado impacta profundamente los estados de ánimo y las emociones del ser humano; los beneficios psicológicos y sociales son incalculables: crean sensación de relajación y bienestar, proveen privacidad, sentido de recogimiento y seguridad, de libertad e independencia; contribuyen al desarrollo de las actividades sociales, deportivas y culturales, además de favorecer el aprendizaje de los niños y ayudar a desarrollar una condición física sana.

Percepción sobre el Arbolado Urbano

Una encuesta realizada por la organización civil OIKOS de Mendoza, Argentina (2003) para conocer la percepción ciudadana sobre los problemas prioritarios, arrojó resultados muy interesantes. Luego del agua y de los residuos urbanos, los mendocinos colocaron el estado del arbolado público como objeto del mayor interés. Los mendocinos ven en el árbol urbano un emblema del esfuerzo del hombre que llevó a convertir en oasis enormes territorios.

Por su parte la FAO (2006), menciona que la población urbana concede cada vez más importancia a los árboles y la vegetación, y no sólo por su aportación visual al paisaje urbano. En muchas ciudades, cuyas principales avenidas están cubiertas de árboles y flores, la revitalización de los espacios verdes se puede atribuir a las actividades conjuntas de la FAO, las autoridades municipales y las comunidades locales, que se han ocupado de divulgar los beneficios de unas buenas prácticas forestales urbanas. Además del valor estético que ofrece la arboricultura urbana, los árboles y otros tipos de vegetación pueden hacer una considerable contribución a la seguridad alimentaria, el bienestar y la salud, además de enriquecer la calidad de la vida al diversificar los ingresos de las familias.

Torres-Catrill (2006), realiza un estudio sobre percepción del arbolado urbano en una población de 18 a 82 años en la Comuna de la Reina, Santiago de Chile y sus resultados muestran que los habitantes desean que el arbolado de su barrio sea: (1) bello, (2) entregue abundante sombra, (3) sea fácil de mantener, (4) que no arroje grandes cantidades de hojas o tengan frutas y (5) debe ser mantenido por la municipalidad; y (c) El manejo del arbolado de la comuna realizado por la municipalidad fue calificado como regular y la respuesta de la autoridad fue caracterizada como lenta y burocrática.

Por su parte, Alcalá *et al.* (2007) mencionan que el conocimiento de los recursos naturales es un aspecto clave para el avance del hombre, jugando un papel importante para el desarrollo de comunidades tanto a nivel rural como urbano. Los autores diseñaron un cuestionario que fue aplicado a 1,268 personas en la ciudad de Chihuahua, para determinar el grado de conocimiento e interés que la población tiene sobre aspectos relacionados al tema de flora y fauna en el ámbito urbano. Se identificó que la población reconoce la importancia del uso de estos recursos,



Figura 1. *Ehretia anacua*, árbol nativo de la región.

principalmente para la alimentación y la salud, así mismo se considera necesaria la atención al control y mantenimiento de la flora y fauna urbana. Finalmente, percibe que una medida para obtener mayor conocimiento sobre los recursos naturales del Municipio sea a través de la educación ambiental.

En otro estudio, Camacho-Cervantes *et al.* (2014), evaluaron la percepción de la gente respecto al arbolado urbano en la ciudad de Morelia, Michoacán. Los autores reportan que a la población le agradan tanto las especies nativas como exóticas, aunque rechaza principalmente las últimas. La preferencia por los árboles está determinada por los atributos de los mismos como el tamaño. No les agradan los árboles que tiran hojas. El beneficio más reportado es la producción de oxígeno, seguido de la sombra. El daño más mencionado fueron los accidentes y los daños a infraestructura. La mayoría de los encuestados preferían los árboles cercanos a su casa y en áreas verdes. La mayoría coincide en la necesidad de más árboles en la ciudad. En general, la población reconoce que los árboles pueden causar daños,

pero son mayores los beneficios. Se recomienda tomar en cuenta la opinión de los ciudadanos al planear nuevos espacios verdes independientemente del tipo o tamaño.

Como podemos ver se han realizado, diversos estudios para conocer la percepción del arbolado en la población adulta, pero existe muy poca evidencia acerca de la opinión de la población infantil. Uno de los pocos estudios realizados es el de Johnson & Monear (1994), en la ciudad de Minnesota, EUA, donde participaron 120 niños de educación básica de zonas rurales y urbanas. El propósito era determinar el papel que los bosques urbanos tienen en la vida de los niños. Para esto proveyeron de cámaras fotográficas a los niños y se les pidió que captaran las cosas que les gustaran o fueran importantes para ellos; las cámaras no tenían flash, por lo que las tomas debían ser en exteriores. Se observó que en un 92.1% de las fotografías urbanas y el 95.7% de las rurales tenían elementos verdes, y en un alto porcentaje se trataba de árboles. El porcentaje de fotografías con presencia de árboles se incrementó directamente con el grado de estudios (primero a sexto grado).

Tomando en cuenta lo anterior, en el presente trabajo se pretende hacer una evaluación preliminar acerca de la opinión de los niños acerca de los árboles.

Material y Métodos

Para la realización de este estudio y con la colaboración de estudiantes del curso de Dasonomía Urbana impartido a estudiantes de la carrera de Biólogo, se diseñó una encuesta para niños de educación primaria (6 a 12 años) con 7 preguntas, las cuales fueron:

- 1.- ¿Qué tanto te gustan las plantas?
 - a) Mucho
 - b) Poco
 - c) Nada
- 2.- Menciona algo en lo que nos ayudan los árboles (Pregunta abierta).
- 3.- ¿Qué no te gusta de los árboles? (Pregunta abierta)
- 4.- ¿Cada cuánto tiempo visitas los parques? (Pregunta abierta)
- 5.- ¿Qué sientes al estar en un lugar con muchos árboles?
 - a) Tranquilidad
 - b) Alegría
 - c) Relajación
 - d) Inseguridad
 - e) Tristeza
 - f) Incomodidad
 - g) Otro _____

¿Qué tanto te gustan las plantas?

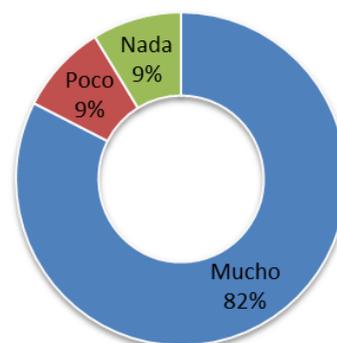


Figura 2. Respuestas obtenidas a la pregunta de ¿Qué tanto te gustan las plantas?

¿Qué sientes al estar en un lugar con árboles?

■ Tranquilidad ■ Alegría ■ Relajación ■ Incomodidad ■ Otro

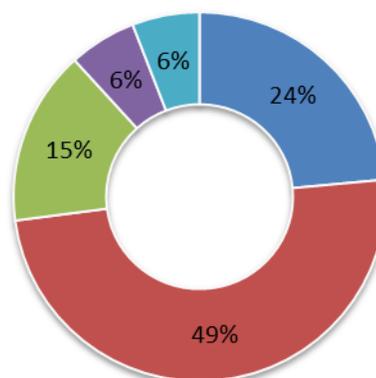


Figura 3. Respuestas obtenidas a la pregunta de ¿Qué sientes al estar en un lugar con árboles?

¿Cada cuánto visitas los parques?

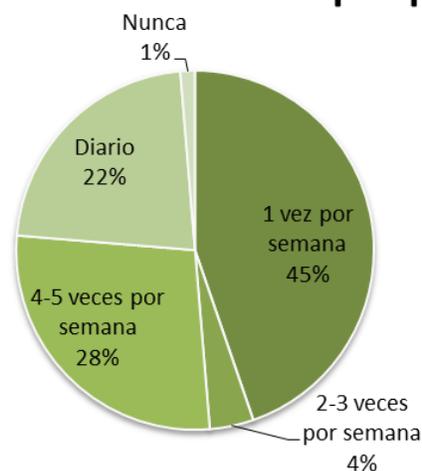


Figura 4. Respuestas obtenidas a la pregunta de ¿Con qué frecuencia visitas los parques?

6.- ¿Crees que cerca de tu casa se necesitan más árboles?

- a) Si
- b) No

Si la respuesta anterior fue Si, menciona que árboles plantarías y donde ((sección abierta).

7.- Sabes que es una Planta Nativa

- a) Si
- b) No

Si tu respuesta fue Si, cuales conoces (Sección abierta).

La encuesta se aplicó en diversos planteles educativos del área metropolitana de Monterrey con el permiso previo de las autoridades de los planteles. Se descartaron aquellas encuestas incompletas o con información no concreta o confusa, por lo que para el análisis de la información se contó con una muestra de 80 niños encuestados. Las encuestas descartadas correspondieron principalmente a niños de 6 y 7 años que posiblemente tuvieron dificultad en la escritura y/o la redacción de las respuestas.

Resultados y Discusión

Del total de 80 infantes encuestados, con edades de entre 8 y 12 años, un 53% corresponde a niñas, y un 47% a niños, lo que supone una muestra equilibrada en cuanto a sexo de los participantes.

Las respuestas en general reflejan un gusto por las áreas verdes pero una falta de conocimiento al respecto. 82% de los niños mencionan que le gustan mucho las plantas, mientras que un 9% respondió que no les gustan nada (Figura 2).

Respecto a las sensaciones que provoca en los niños el estar en un área arbolada, el 49% dijo sentir alegría, seguido de tranquilidad (24%) y relajación (15%). En tanto que un 6% mencionó sentirse incómodo (Figura 3). Otros sentimientos reportados fueron paz y amor.

El contacto con las áreas verdes al parecer es algo común entre los niños, puesto que el 22% dicen visitar parques diariamente, un 28 % va de 4 a 5 veces por semana, un 45% al menos una vez por semana y solo un 1% dice no ir nunca a los parques o áreas verdes (Figura 4).

En cuanto a los aspectos negativos de los árboles, las dos principales molestias, que en conjunto suponen más de la mitad de las respuestas, son la falta de sombra y las hojas secas que tiran. Aquí es importante mencionar que un 4% de los niños mencionaron que no hay ningún aspecto negativo en los árboles (Figura 5).

En cuanto a los beneficios de los árboles, 62.5 % mencionaron la producción de oxígeno, 15% la sombra, y 8.75% que son comestibles (Figura 6).

¿Qué no te gusta de los arboles?



Figura 5. Respuestas obtenidas a la pregunta de ¿Qué no te gusta de los árboles?

Menciona algo en que nos ayudan los árboles

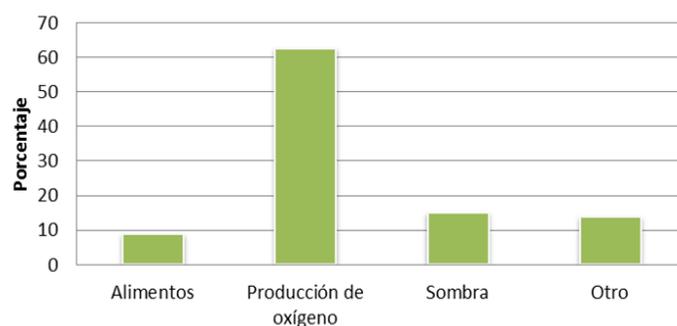


Figura 6. Respuestas obtenidas a la pregunta acerca de ¿Qué Beneficios nos proporcionan los árboles?

¿Qué arboles plantarías?

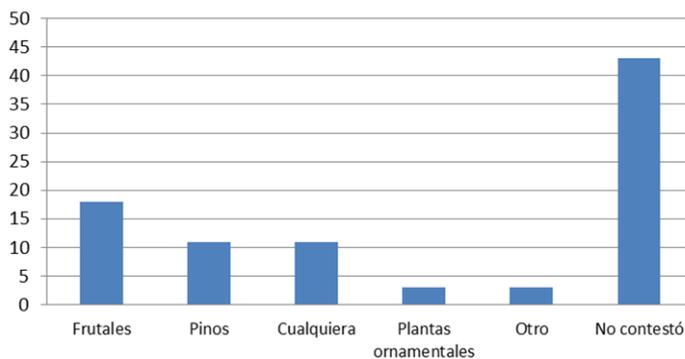


Figura 7. Respuestas obtenidas a la pregunta de ¿Qué árboles plantarías?

De los 80 niños encuestados, 66 creen que es necesario plantar más árboles en su comunidad, pero menos de la mitad respondieron qué tipo de árbol y en dónde. 18 mencionaron que plantarían árboles frutales, principalmente limón y naranja, 11 sugirieron pinos y 11 más respondieron que cualquier tipo de árbol (Figura 7).

En cuanto a el lugar en que los plantarían 54 niños no respondieron, 16 dijeron en su casa, 10 en un parque o plaza, y 3 que en la acera.

Al preguntarles si sabían qué es una planta nativa, 79 niños indicaron que no y solo una niña de 12 años dijo que sí, mencionando el roble, un nombre común para los árboles de género *Quercus*, muy empleados en parques y plazas públicas; aunque en la región es más común denominar encinos a las especies de este género. Otras plantas que mencionaron, aunque sin saber si eran nativos o no, fueron el ébano, el girasol, el agave, el bambú, las enredaderas, los rosales, etc.

Aunque se trata de un estudio preliminar, con una muestra limitada, estos resultados indican que los niños tienen aprecio por las plantas y tienen también un entendimiento básico (esto es comprensible dada la edad de la población estudiada) acerca de su importancia y las aportaciones en el medio urbano.

Por otra parte, los resultados evidenciaron la falta de conocimiento entre los alumnos respecto a la diversidad de flora local y conceptos como el de especie nativa. Hace falta también hacer énfasis acerca de la importancia de la participación de la comunidad en las actividades de plantación, mantenimiento y cuidado de las plantas en el ambiente urbano.

Esto representa un área de oportunidad en los programas de educación ambiental de las escuelas, particularmente en este grupo de edad en que los niños son altamente receptivos a la información y tienen interés en su ambiente, y ellos pueden marcar la diferencia en el futuro de nuestras ciudades.

Agradecimientos

A los alumnos de los cursos de Dasonomía Urbana, materia optativa de la carrera de Biólogo por su participación en la aplicación de las encuestas.

Referencias

Alanís-Flores G.J., R. Foughbakhch-Pournavab, M.A. Alvarado-Vázquez y A. Rocha-Estrada. 2004. El arbolado urbano del área metropolitana de Monterrey, Nuevo León, México. *Arborea*: 14-26.

Alcalá, J., R. Soto, T. Lebgue y Manuel Sosa. 2007. Percepción comunitaria de la flora y fauna urbana en la ciudad de Chihuahua, México. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*, 3 (1): 58-64.

Alvarado-Vázquez, M.A., A. Rocha-Estrada, M.A. Guzmán-Lucio, R. Foughbakhch-Pournavab y G.J. Alanís-Flores. 2010. Plantas nativas de

Nuevo León con valor ornamental. De la lechuguilla a las biopelículas vegetales, las plantas útiles de Nuevo León. 145-160.

Alvarado-Vázquez, M.A., A. Rocha-Estrada, E. Jurado-Ybarra, T.E. Torres-Cepeda, M.A. Guzmán Lucio y Ma. del C. González-de la Rosa. 2000. Plantas ornamentales en jardines públicos del área metropolitana de Monterrey, N.L.: Una evaluación preliminar. 10ª conferencia de los Estados fronterizos México/E.U.A sobre recreación, áreas protegidas y vida silvestre. *Memorias*, N.L. México. 38.

Camacho-Cervantes, M., J.E. Schondube, A. Castillo y I. MacGregor-Fors. 2014. How do people perceive urban trees? Assessing likes and dislikes in relation to the trees of a city. *Urban Ecosyst* (2014) 17:761-773

Cruz-Rubio, M.J. 2006. Evaluación y propuesta de valoración económica del arbolado urbano en el área metropolitana de Monterrey, N.L., México. Tesis Biólogo. Facultad de Ciencias Biológicas, UANL.

De León-Alanís, P.M. 2014. Valoración biológica del arbolado urbano en el área metropolitana de Monterrey, N.L., México. Tesis Biólogo. Facultad de Ciencias Biológicas, UANL.

FAO. 2006. Ciudades más verdes. El desarrollo de la arboricultura urbana ofrece numerosos beneficios. www.fao.org/newsroom/es/news/2006/1000340/index.html

Johnson, G.R. y J. Monear. 1994. A Child's view of the urban forest. *Journal of Arboriculture* 20(6): 336-340.

Kuo, E. 2003. The role of arboriculture in a healthy social ecology. *Arboriculture & Urban Forestry*; ProQuest Agriculture Journals. 148.

Martínez, G. L. y H.A. Chacalo. 1994. Los árboles de la ciudad de México. Edit. Eón. Universidad Autónoma Metropolitana. México, D.F. 351.

McPherson, E.G. and J.R. Simpson. 2002. A comparison of municipal forest benefits and costs in Modesto and Santa Monica, California, USA. *Urban For. Urban Green*. 1: 61-74.

Mendoza-Villarreal, B.D. 2008. Catálogo gráfico de árboles y arbustos para el Área Metropolitana de Monterrey. Tesis Biol. FCB, UANL.

Miller, W.M. 1997. *Urban Forestry Planning and Managing Urban Greenspaces*. 2da. ed. Prentice Hall. E.U.A. 502.

Nowak, D.J., D. E. Crane. 2002. Carbon storage and sequestration by urban trees in the USA. *Environmental Pollution* 116: 381-389.

Nowak D.J., J.F. Dwyer y G. Childs. 1997. Los beneficios y costos del enverdecimiento urbano. *Áreas Verdes Urbanas en Latinoamérica y el Caribe*. 17-38.

OIKOS Red Ambiental. 2003. www.oikosredambiental.org.ar/documentos/Informe06DCA.pdf

Reséndiz-Infante, C.G. 2003. Evaluación del arbolado urbano del municipio de Monterrey, N.L., México. Tesis Biol. FCB, UANL. 56.

Reyes-Rodríguez, C. 2010. El arbolado de ciudad universitaria, a 50 años de su fundación, densidad, condición y otros aspectos ecológicos. Tesis. Biól. Universidad Autónoma de Nuevo León, México.

Rivas-Torres, D. 2005. Planeación, espacios verdes y sustentabilidad en el Distrito Federal. Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma Metropolitana, Azcapotzalco, México, D.F.

Rocha-Estrada, A., T.E. Torres-Cepeda, Ma. del C. González de la Rosa, S.J. Martínez Lozano y M.A. Alvarado-Vázquez. 1998. Flora ornamental en plazas y jardines públicos del área metropolitana de Monterrey, México. *SIDA* 18(2): 579-586.

Torres-Catril, D.A. 2006. Manejo y estado del arbolado urbano de la Comuna de la Reina, desde la perspectiva de sus habitantes. Memoria para optar al título de Ingeniero Forestal. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Chile. 56 p.

Ulrich, R.S. 1979. Visual landscape and psychological wellbeing. *Landscape Res* 4: 17-23.

Reportes de *Clathrus crispus* y *Clathrus ruber* en el Estado de Nuevo León

M. Méndez-Puente*, S. Moreno-Limón

Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas
Departamento de Botánica, Laboratorio de Anatomía y Fisiología Vegetal
*m_mendez_puente@hotmail.com

Resumen

hongos de la familia Clathraceae se caracterizan principalmente por sus cuerpos fructíferos vistosos, con apariencia esponjosa y por presentar una gleba o masa mucilaginosa que contiene las esporas, la cual desprende un olor fétido, por lo que se han ganado el nombre de hongos apestosos. Su hedor es similar al de la carroña y es utilizado para atraer insectos, por lo regular dípteros que sirven de medio de dispersión de esporas.

La aparición del género *Clathrus* es más frecuente en regiones tropicales, sin embargo existen reportes de este en varios municipios del estado de Nuevo León, como lo son Guadalupe, Monterrey, Santiago, San Nicolás de los Garza y Santa Catarina. La importancia de la micoflora local contribuye al conocimiento de las especies que pueden tener valor potencial tanto en el área de la industria alimenticia como en la medicinal.

Al igual que otros hongos que pasan desapercibidos a simple vista por su vida efímera, el género *Clathrus* es poco común de observar ya que sus fructificaciones son delicuescentes y sólo duran unos cuantos días, solo son percibidos por su característico olor, y pueden aparecer después de largas lluvias, en jardines, zonas urbanas y perturbadas, por lo que podría usarse como un indicador biológico.

Introducción

Debido a los avances moleculares, se han realizado nuevas modificaciones en el sistema de clasificación en diversas ramas de la biología. En lo que respecta al área de la micología, muchas de las familias que se reconocían por sus características micro y macroscópicas ahora son reordenadas de acuerdo a los resultados de sus análisis moleculares filogenéticos. En este sentido el orden Phallales originalmente descrito por Fish en 1898 con dos familias Clathraceae con 9 géneros (*Laternea* y *Clathrus* los más comunes) y Phallaceae con siete géneros se ha modificado. Recientemente y usando análisis filogenéticos y estudios moleculares, Hosaka *et al.* (2006), propusieron la Clase Agaricomycetes, Subclase Phallomycetidae y dividió el orden en seis familias; Clathraceae, Claustulaceae, Lysuriaceae, Phalla-

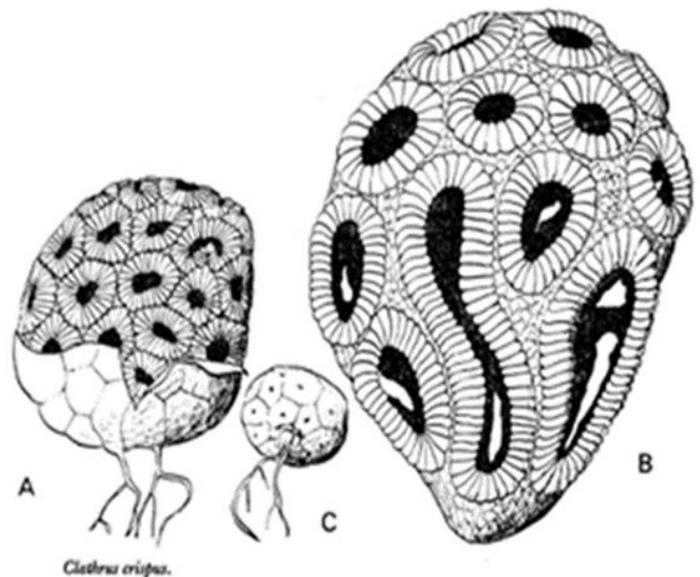


Figura 1. *Clathrus crispus* A y B. Receptáculo maduro (nótese membrana corrugada que rodea la malla) C. Receptáculo dentro del velo universal (huevo) (Dring, 1980).

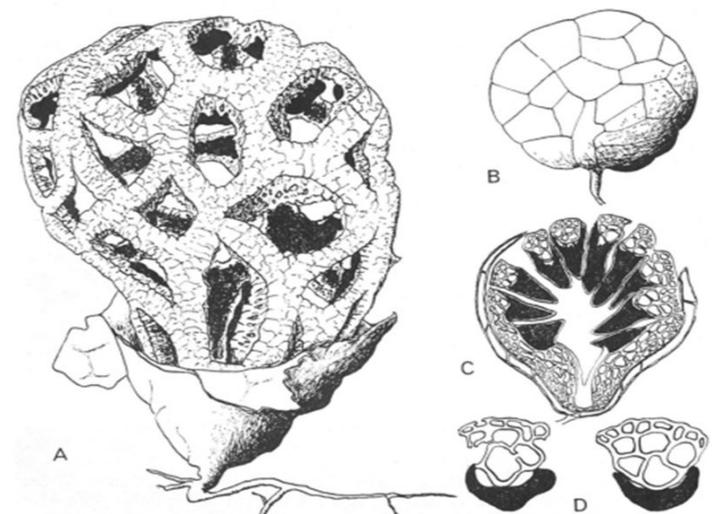


Figura 2. *Clathrus ruber* A. Receptáculo maduro B. Receptáculo dentro del velo universal (huevo) (Tomado de Dring, 1980).

Tabla 1. Lista de reportes del genero *Clathrus* realizados por ciudadanos.

No.	Reportado por:	Sitio	Observaciones
1	Martha Alanís (2013) Figura 4c.	Calle Cristales, Colonia Villa la Rioja, coordenadas: 25° 32' 19.99" N, 100° 12' 21.78" O, elevación 588 msnm	Tres o cuatro especímenes, con hábito gregario de fructificación en el mes de Septiembre del 2013, en un jardín de residencia de la zona urbana
2	Rubén Medina (2014) Figura 5a	Calle Golfo de Vizcaya, Colonia Misión de Las villas, Santa Catarina, Nuevo León, coordenadas: 25° 42' 04.27" N 100° 27' 07.02 O elevación 768 m	Hábito de crecimiento solitario, en jardín, bajo un árbol de encino, fructificación en el mes de Octubre de 2013
3	Daniel A. López Chapa (2015) Figuras 4a y 4b.	Calle Norte América, Colonia Vista Hermosa, Monterrey, Nuevo León	Hábito de crecimiento solitario, en jardín sobre <i>Cynodon dactylon</i> , fructificación en el mes de Septiembre de 2013
4	José Ángel Alanís Villalón (2015) Figura 5b y c	Cola de Caballo, coordenadas: 38° 31' 88.46" m E - 280° 74' 86.01" m N	Hábito de crecimiento gregario, fructificación en el mes de junio de 2013. Colectado e identificado por José Ángel Alanís Villalón, en el 2013
5	Karen Castillo, Noviembre 2014 y en Mayo de 2015 Figura 6	Calle Juan Francisco Escamilla, Colonia Gloria Mendiola, Monterrey, Nuevo León	Aún en la volva; con desprendimiento apical del peridio, en jardín conviviendo con <i>Yucca filifera</i> , <i>Cucurbita sp.</i> y <i>Carica papaya</i> . Colectado por Mendez y Álvarez el 24 de Mayo, 2015

ceae, Protophallaceae, y Trappeaceae. Reubicándolas en el clado Gomphoide-Phalloide el cual agrupa a los hongos gasteroides, asignados tradicionalmente como Gasteromycetes, que incluyen los géneros *Hysteragium*, *Gastrum* y *Phallus*.

De acuerdo con Castillo (1987), los Gasteromycetes, ahora considerados sólo como un grupo morfológico, incluyen a la familia Clathraceae (Subdivisión Phallomycetidae), que son basidiomicetes que se caracterizan por tener receptáculo sésil o estipitado, inicialmente encerrado en el interior de un peridio ó volva y cuando maduro tiene forma elipsoide, de hasta 10 X 15cm, (dependiendo de la especie), constituido por ramas anastomosadas o dispuestas a manera de brazos o columnas, que pueden estar libres o unidas en el ápice, o en forma de mallas entrelazadas, con diferentes coloraciones que van de blanco, rosado al color rojo escarlata. Su micelio es septado, con o sin fibrillas. Estos hongos saprobios crecen sobre mantillo o madera podrida. En su estado inmaduro presentan un saco en forma de huevo (volva) que en su parte inferior basal lleva gruesos rizomorfos. Cuando fértil, los glebíferos situados en las oquedades o en la superficie interior del receptáculo, producen una masa mucilaginoso llamada gleba, de color verde oliváceo que despiden un olor fétido parecido a carroña, debido a los ácidos butanoico, 2-metilbutanoico, acético y propanoico, los cuales son componentes similares a los presentes en heces de caninos y murinos en descomposición (Johnson y Jürgens, 2010). El fenómeno de producir estos olores, conocido como sapromiofilia (utilizado también en plantas con flores para su polinización, por ejemplo *Rafflesia arnoldii*) es utilizado por estos hongos

como medio de atracción para la dispersión de las esporas por insectos, regularmente dípteros (Tuno, 1998). Las esporas pueden ser usualmente de 4-8 por basidio, hialinas, bacilares y lisas de 2-6 x 1.5-2 µ, fueron descritas por Burk (1982).

En Nuevo León existen pocos reportes de este grupo, en especial de la familia Clathraceae, la cual ha sido poco estudiada; Urista (1985), reporta varias especies de Gasteromicetes, entre ellos *Clathrus ruber*, algunos de estos ejemplares se encuentran en el herbario UNL.



Figura 3. Difusión para la búsqueda de *Clathrus* en Nuevo León en red social Facebook.



Fig. 4 a, b y c. *Clathrus crispus*. Fotografías de Daniel A López Chapa (a y b) y Martha Alanís (c).

Calonge (2004), reporta a *Clathrus crispus* en los municipios de San Nicolás de los Garza y Guadalupe, de los cuales solo del primero ha ejemplares resguardados en el herbario UNL. La poca información sobre este grupo en particular puede ser debido al poco interés sobre estos organismos y el que sus cuerpos fructíferos son efímeros y en ocasiones sólo son percibidos por el olor desagradable que despiden; además que se tiene muy poca y/o errónea información sobre ellos; algunas personas los consideran peligrosos, venenosos y que su gleba es alta-

mente irritante, sin embargo, no hay estudios que respalden que ésta cuente con algún tipo de sustancia perjudicial para la piel.

El presente trabajo pretende difundir la información sobre la distribución de *Clathrus crispus* y *Clathrus ruber* en el estado de Nuevo León, tomando como base la revisión de la colección del herbario regional UNL, de la Facultad de Ciencias Biológicas, UANL y reportes ciudadanos que habitan en las zonas urbanas de diferentes localidades de los municipios de Nuevo León.

Tabla 2. Ejemplares de *Clathrus* contenidos en el herbario UNL de la Facultad de Biología de la UANL

Especie	Colector	Fecha	Sitio	Observaciones
<i>C. crispus</i>	Edgar Peinado	4/11/1978	Leopoldo Lugones Esquina con Fray L. León Col. Anáhuac, San Nicolás de los Garza, N. L.,	Ficha No. 3024/No. 24 Esporas, 1-1.5 X 4.6 μ Determinó Jesús García
<i>C. crispus</i>	A. Contreras Ramos y cols.	20/09/1986	El Faisán, Santiago, N.L.	
<i>C. crispus</i>	Ernesto Urista Leal	09/1983	Cola de Caballo, Santiago Nuevo León, a 700 msnm	En suelo con arbustos
<i>C. crispus</i>	Arturo Cueva Ramos	2/11/1977	Cerro de las Mitras, Monterrey, N. L.	En humus Determinó A. Cueva Ramos
<i>C. ruber</i>	Gabriel B. Martínez	11/10/1979	Industrias del Vidrio, Municipio de Monterrey, Nuevo León	En mantillo de jardín
<i>C. ruber</i>	Ernesto Urista Leal	09/1983	Cola de Caballo, Santiago, N. L.	
<i>C. ruber</i>	Arturo Cueva Ramos	2/11/1977	Cerro de las Mitras	En humus. Determinó: Ernesto Urista Leal



Fig. 5 a, b y c. *Clathrus ruber*. Fotografías de Rubén Medina (a) y José A. Alanís Villalón (b y c).

Generalidades de la familia Clathraceae Fisher (1900) y de las especies *C. crispus* y *C. ruber*

Familia Clathraceae

Cuerpo fructífero inmaduro en un "huevo" consistiendo de un velo universal o peridio, que rodea un estrato gelatinoso el cual encierra el receptáculo comprimido y una masa firme de esporas (gleba), suturas peridionales membranosas atraviesan la capa gelatinosa y conectan el receptáculo con el peridio. En la madurez el peridio se divide y permanece en la base del cuerpo fructífero como la volva, el receptáculo se expande y presenta suturas discontinuas, en ocasiones muy anastomosado y perforado con apariencia de ser un tejido esponjoso, sésil o estipitado, con brazos, diversas columnas unidas en una red o ramas divergentes. La gleba color café oliváceo, delicuescente, fétida, naciendo en la cara axial de los brazos y algunas veces también en sus caras laterales. Basidiosporas muy pequeñas lisas, elipsoides a subcilíndricas, individuales de color marrón claro a casi hialinas (Dring, 1980). El receptáculo maduro del género *Clathrus* es esférico, sésil y de consistencia esponjosa, fértil en su totalidad, de coloraciones que van de blanco, rosa a rojo escarlata. La volva presenta rizoides y se conserva a manera de copa en la parte basal de la fructificación (Herrera y Ulloa, 2004). El olor fétido de la gleba atrae a los insectos, principalmente dípteros, que al posarse sobre la gleba pegajosa que contiene las esporas del hongo, es adherida al cuerpo y se sugiere que de esta manera las disemina, aunque Tuno (1998) sugiere que las esporas son consumidas junto con la gleba y que pueden germinar una vez que han pasado a través del sistema digestivo de éstas, sobre todo en las familias Calliphoridae, Sarcophagidae y Muscidae.

Clathrus crispus

Descripción original: Turpin 1820

Sinonimia: *Clathrus crispus* Turpin, Dict. Sci. Nat. Atlas Acoty: t. 49 f. 3 (1820), *Clathrus crispus* var. *obovatus* Berk., Annals and Magazine of Natural History 9: 446 (1842), *Clathrus americanus* Lloyd: 65, t. 71 (1909), *Clathrus pseudocrispus* Lloyd: 59, t. 77 (1909).

Descripción: De acuerdo con Dring (1980) la volva es de color blanco, hasta de 7 cm de diámetro, globosa a ovoide, marcada por un retículo de ranuras, su apertura irregular por división en el ápice. Receptáculo elipsoide, de hasta 10 X 15 cm, color rojo escarlata, más pálida por debajo de la volva, las mallas del receptáculo cada una rodeada por una estructura en forma de corona, de hasta 50 mallas u oquedades, isodiamétricas, más o menos alargadas; los brazos abundantes, de hasta 1 centímetro de amplitud, unidos a la base en una estructura obcónica, la gleba adherida a los ángulos exteriores de cada brazo en forma de corona y la formación de una membrana regularmente corrugada y plisada que rodea la malla. Gleba con olor fétido. Los basidios fueron descritos por Wright (1949), las esporas lisas elíptico-cilíndricas, coloración ligeramente verdosa, 3.8-4.2 x 1.8-2.2 μm (Figura 1). Saprófitos, crecen solos o gregarios sobre restos de madera, también crecen en pastizales, entre la hierba o en jardines de las regiones tropicales del país, principalmente en la época de lluvias.

Nombres comunes: Colador de brujo, caca de luna.

Usos: Desde épocas pasadas es conocido como "el colador del brujo" (Guzmán, 2003) y ha sido utilizado en la medicina tradicional, como un remedio para tratar las infecciones oculares, como conjuntivitis.

Distribución: EE.UU. (Florida), las Antillas. En México, en las sierras de Puebla, Tlaxcala, Veracruz y Yucatán.



Fig. 6. *Clathrus* sp. aún envuelto en peridio

Clathrus ruber

Descripción original: P. Micheli ex Pers., (1801)

Sinonimia: *Clathrus americanus* Lloyd: 65, t. 71 (1909), *Clathrus crispus* Turpin, Dict. Sci. Nat. Atlas Acotyl.: t. 49 f. 3 (1820), *Clathrus crispus* var. *obovatus* Berk., Annals and Magazine of Natural History 9:446(1842).

Descripción: En México se puede encontrar en zonas tropicales degradadas (Calonge, 2004). De acuerdo con Dring (1980), la volva puede ser sub-globosa a ovoide hasta de 6cm de diámetro, color crema a crema grisáceo, superficie suave pero marcada por reticulaciones, rizomas formados por gruesas hebras miceliales, dehiscencia irregular desde el ápice, dejando las mallas inferiores del receptáculo encerrados en la volva y peridio delgado. Receptáculo expandido desde 12 x 9 cm ovoide, con más o menos una red regular de mallas, con numeración cerca de 30, más o menos isodiamétricas en la parte de arriba, pero a menudo alargadas verticalmente debajo, en donde parcialmente se oculta por la volva. Brazos color rosa salmón en la parte exterior, sombreado en color escarlata de hasta 15 cm de ancho en la parte superior del receptáculo, adelgazando en el extremo de la base, la cara exterior casi plana, sin ventanas, pero ligeramente rugosa con una tendencia a ser transversalmente arrugado, a veces con una tenue ranura longitudinal, las caras laterales ligeramente curvadas, con frecuencia presenta grandes aberturas al exterior. El contexto de los brazos aparentemente esponjoso, gleba adherida al interior de las caras de los brazos, uniformemente por todo el receptáculo, excepto cerca de la base, ahí está ausente, su color es verde oliva antes de la dehiscencia, convirtiéndose después en oliva-marrón, de un olor fuerte similar al de carne podrida. Las esporas oblongo-

elípticas, lisas y casi hialinas, de 4-6 X 1.5-2 μm (Figura 2).

Nombres comunes: *Clathrus cancellatus*. En ocasiones es confundido con *C. crispus*.

Distribución: Oficialmente una especie europea, se encuentra con cierta regularidad en el norte de California.

Clasificación: De acuerdo con la Asociación Internacional de Micología y Mycobank la clasificación taxonómica para estas especies es la siguiente:

Reino: Fungi

División: Basidiomycota

Subdivisión: Agaricomycotina

Clase: Agaricomycetes

Subclase: Phallomycetidae

Orden: Phallales

Familia: Clathraceae

Género: *Clathrus*

Especies: *C. crispus*

C. ruber

Material y Métodos

Área de estudio

El estado de Nuevo León queda comprendido dentro de las provincias fisiográficas de la Llanura Costera del Golfo Norte, la Sierra Madre Oriental y la Gran Llanura Norteamericana. La precipitación pluvial es muy escasa en el estado, sin embargo, cuenta con pequeñas zonas ubicadas en la Llanura Costera del Golfo que registran lluvias anuales altas. De acuerdo con datos de la Comisión Nacional del Agua, la precipitación anual promedio entre los años 1886 a 2011, fue de 580 mm en los meses de septiembre a noviembre.

De estas provincias fisiográficas la más importante para el presente estudio es la Llanura Costera del Golfo Norte presenta un clima semicálido, en el cual la temperatura media anual mayor es de 18°C, debido a que el estado de Nuevo León, se ubica dentro de esta Llanura, es considerada un área subtropical y estas características ambientales son un elemento importante para el desarrollo y fructificación de estos hongos, otra hipótesis a considerar de la presencia de este género es que las esporas en latencia, hayan sido introducidas en nuestro estado por medio de plantas exóticas traídas de zonas tropicales y comercializadas en los diferentes viveros de la localidad.

Se solicitó autorización para realizar la revisión de la colección de hongos de la Facultad de Ciencias Biológicas y se analizaron ocho especímenes del género *Clathrus* que se encontraban en seco, los cuales ya estaban identificados. Además de la revisión del herbario, se realizó difusión por medio de fotografías en la red social de Facebook, (Figura 3) ya que se habían realizado reportes por este medio sobre la inquietud de los cuerpos fructíferos en jardines de la zona urbana.

Resultados y Discusión

Revisión de ejemplares del Herbario UNL. La colección micológica UNL de la Facultad de Ciencias Biológicas de la UANL, tiene alrededor de 50 años, es una colección de referencia constituida por cuerpos fructíferos colectados en la región noreste y otros estados del país. Para el 2007 la colección contaba con 8,100 ejemplares de hongos y líquenes, el número actual no tiene una estimación exacta. El grupo de basidiomicetos representados en la Colección UNL es comprendido por 57 familias, 135 géneros y 437 especies (Salcedo-Martínez *et al.*, 2007).

Acorde con la revisión de la colección del Herbario UNL, la familia Clathraceae cuenta cuatro especímenes del género *Clathrus crispus* y cuatro de *Clathrus ruber*. En relación a los reportes se lograron identificar como el género *Clathrus*, por medio de fotografías, cinco reportes de ciudadanos de Nuevo León, estos se realizaron tres en el municipio de Monterrey, uno en Santa Catarina y otro en Santiago.

Conclusiones

Las condiciones subtropicales en la región central del estado de Nuevo León favorecen el desarrollo de *Clathrus*, los reportes que se realizaron fueron realizados por medio de la difusión de las redes sociales y en los cuales las personas tenían poco conocimiento sobre estos organismos, en algunos de los casos creían ser venenosos, se brindó información sobre el ciclo de vida y método de dispersión de este género, con el fin de aclarar sus dudas. El conocimiento sobre la diversidad fungística del estado es importante, específicamente para los géneros de la familia Clathraceae como *Clathrus*, su importancia destaca en diferentes aspectos, como el conocimiento del ciclo de vida y su distribución, indicadores de zonas perturbadas, así como también para posibles investigaciones sobre la evolución convergente entre estos géneros y algunos dípteros como lo son las moscas azules de la familia Calliphoridae, moscas de la carne de la familia Sarcophagidae y moscas domésticas de la familia Muscidae, además del uso y aprovechamiento comestible, que aunque el olor del cuerpo fructífero maduro puede ser poco apetecible, se dice que cuando está aun dentro del velo universal tiene un sabor parecido al de un rábano y finalmente la propiedad medicinal que se dice tiene contra la conjuntivitis, que no ha sido investigada. De acuerdo con la información recabada y reportes analizados se postula que la permanencia de *Clathrus crispus*, y *Clathrus ruber* probablemente se debe a que las esporas permanecieron en latencia, ya que fue reportado en 1983 en la localidad de la Cola de Caballo en el municipio de Santiago, Nuevo León, y se colectaron ambas especies por Urista Leal y posteriormente *C. ruber* es colectado e identificado por el Ing. José Ángel Alanís Villalón en Junio de 2013.

Referencias

- Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana. UNAM.
- Burk R., Flegler L. & Hess M. (1982). Ultrastructural Studies of Clathraceae and Phallaceae (Gasteromycetes) Spores. *Mycologia*, 74(1): 166-168.
- Castillo J. (1987). *Micología General*, México, D. F.: Editorial Limusa, 518p.
- Dring D. M. (1980). Contributions towards a Rational Arrangement of the Clathraceae. *Kew Bulletin*, 35(1): 1-96.
- Calonge F., Guzmán G. y Ramírez F. (2004). Observaciones sobre los gasteromicetos de México depositados en los herbarios XALA y XALU. *Bol. Soc. Micol.* 28: 1-35.
- Guzmán G. (1983). Los hongos de la Península de Yucatán II. *Biótica* 8:71-100.
- Guzmán G. (2003). Fungi in the Maya Culture: Past, Present and Future, en Fedick S., Allen M., Jiménez-Osornio J., Gomez-Pompa A. *The Lowland Maya Area: Three Millennia at the Human-Wildland Interface*. pp. 315-325, CRC Press.
- Herrera T. y Ulloa M. (2004). Introducción a la Micología Médica. Fondo de Cultura Económica, 338-339.
- Hosaka K., Bates S.T., Beever M.A., Castellano M.A., Domínguez Ls., Nouhra E. R., Geml J., Giachini A. J., Kenney S. R., Simpson N. B., Stapafora J. W & Trappe J. M., (2006). "Molecular phylogenetics of the gomphoid-phalloid fungi with an establishment of the new subclass Phallomycetidae and two new orders". *Mycologia* 98(6): 949-959.
- Instituto del Agua de Nuevo León. (2011). Diagnóstico sobre la gestión y el uso del agua en el sector agropecuario de Nuevo León. ISBN: 978-607-9203-00-9.
- Johnson S.D. y Jürgens A. 2010. Convergent evolution of carrion and faecal scent mimicry in fly-pollinated angiosperm flowers and stinkhorn fungus. *South African Journal of Botany* 76:796-807.
- Kuo M. (2006). *Clathrus crispus* recuperado el 20 de Marzo 2014 disponible en: http://www.mushroomexpert.com/clathrus_crispus.html
- Mycobank. International Mycological Association. Recuperado el 15 Agosto 2014. Disponible en: *Clathrus crispus* HYPERLINK <http://www.mycobank.org/Mycotaxo.aspx?Link=T&Rec=200227>" Turpin 1820.
- Mycobank. International Mycological Association. Recuperado el 15 Agosto 2014 disponible: en: <http://www.mycobank.org/BioMICS.aspx?Table=Mycobank&Rec=104824&Fields=All>
- Maldonado S. y Torres H. (2005). *Caribbean Journal of Science* 41(2): 357-9.
- Ortega D. (2011). Diagnóstico sobre la gestión y el uso del agua en el sector Agropecuario de Nuevo León, Primera Edición, primera parte Aspectos fisiográficos de Nuevo León, 44-49.
- San Román I., Alonso M., Bartolomé L. Alonso R. y Fañanás R. (2014). Analytical strategies based on multiple headspace extraction for the quantitative analysis of aroma components in mushrooms. *Talanta* 123: 207-217.
- Salcedo S., González M, García J., Gutiérrez G., Cortina I. y Hernández C. (2007). Formación de una colección de hongos nativos del noreste de México y Explotación de su potencial socioeconómico: en *Tópicos selectos de Botánica* 3. González M. & Salcedo S. Editores, UANL. 183-195.
- Tuno N., (1998). Spore dispersal of Dictyophora fungi (Phallaceae) by flies. *Ecological Research* 13, 7-15.
- Urista Leal E. (1985). Taxonomía y aspectos ecológicos de algunas especies de Gasteromycetes (Basidiomicetes) en diversas localidades de los estados de Nuevo León, Coahuila, Durango y Tamaulipas. Tesis de Licenciatura. UANL, Monterrey, México.

INSTRUCCIONES A LOS AUTORES QUE DESEAN SOMETER ARTÍCULOS O CONTRIBUCIONES PARA SU PUBLICACIÓN EN LA REVISTA PLANTA DE LA UANL (ISSN 2007-1167)

PLANTA UANL es el órgano de difusión del Cuerpo Académico y departamento de Botánica de la Facultad de Ciencias Biológicas, UANL. El objetivo principal de la revista es difundir el conocimiento botánico del noreste de México en la comunidad académico-científica e interesar al público en general en los temas botánicos. La revista recibe para su publicación todo tipo de artículos que aborden algún aspecto de la Botánica, tanto conocimiento empírico, como resultados de estudios científicos, noticias, técnicas, etc. sin discriminación de algún tipo respecto a las ideologías, creencias, raza o filiación política de los autores para su publicación.

ESPECIFICACIONES

Para someter un artículo o participación en la revista, todos los escritos deberán elaborarse en procesador de textos con formato Microsoft WORD. El título deberá ser acorde al contenido del artículo o contribución. El título de los artículos debe ser breve, su longitud no deberá ser mayor a dos renglones al escribirlo en mayúsculas con letra: **ARIAL EN NEGRITAS Y TAMAÑO 14**. El cuerpo del artículo deberá presentarse en hoja tamaño carta con márgenes normales (superior e inferior 2.5 cm, izquierdo y derecho de 3 cm) e interlineado de 1.5 renglones, con un espacio entre párrafos y sin sangría al inicio del párrafo. La letra a usar en el texto será: Calibri tamaño 12 sin negrita y éste deberá justificarse en ambos márgenes.

A excepción del editorial y la agenda botánica todas las secciones de la revista deben contener apoyos visuales (gráficos, ilustraciones, tablas o fotografías) que atraigan la atención del lector y faciliten la comprensión de la lectura. El número sugerido de estos apoyos visuales es de uno por página como mínimo. En el caso de gráficos, fotografías o ilustraciones, éstas se agruparán bajo el término genérico de Figuras. Todas ellas deberán contar con un pie de figura que contenga el número de la misma y su descripción como sigue: **Fig. 1 En letra Calibri 10 en negritas**. A diferencia de las figuras, las tablas tendrán una numeración independiente, consecutiva de acuerdo a su aparición y contarán con una descripción en la parte superior de la misma. Esta descripción tendrá el mismo formato que las figuras. Los pies de figuras deberán aparecer al final del artículo, al igual que las tablas con sus encabezados. Su posición deberá especificarse claramente en el texto. Todas las figuras, sin importar el formato deberán incluirse en archivo aparte (El formato de las figuras debe ser JPEG, GIF, BMP, TIF o similar), no deberá tener ningún tipo de liga con páginas de la red y deberá estar plenamente identificada. Para cada imagen deberá indicarse si proviene de un archivo propiedad del autor y de no ser así, deberá especificarse su procedencia y autor. Se

sugiere identificar los archivos de imágenes con el número de figura, por ejemplo figura1.jpg, figura2.bmp, etc.

TIPOS DE CONTRIBUCIÓN

A continuación se presenta un listado de las secciones básicas de que consta la revista y posteriormente se presenta una descripción del contenido que se incluye en cada una de ellas. Favor de indicar en que sección desea que se incluya su contribución al momento de enviarla a los editores.

__Editorial, __ Personajes, __Conoce tu flora, __En Peligro, __Desde la Trinchera, __Ciencia, __En palabras de, __Tu espacio, __ Etnobotánica, __ El urbanita verde, __Sabías que..., __Humor verde, __ Noticias del reino vegetal, __Para reflexionar, __Agenda botánica, __Otro, __Imagen

Editorial

Comúnmente la extensión de esta sección es de una cuartilla o menos. Aunque la labor de edición de la revista es responsabilidad de los editores y comúnmente son ellos los que escriben el editorial de cada número, Ud. puede ser editorialista invitado si así lo desea y hacer llegar su propuesta por escrito a nuestro correo, junto con el mensaje, reflexión u opinión personal sobre algún aspecto de la Ciencia Botánica, referente a su estado actual o algún aspecto relacionado con su ejercicio como profesión, su regulación, desarrollo, tendencia, etc. El escrito será revisado por los editores y se le hará saber si resulta aprobado para su publicación y el número en el que aparecerá. También puede coordinar la edición de un número completo de la revista, ya sea: a) proponiendo el tema principal e invitando a los autores que participarán aportando el material para cada una de las secciones en el mismo, o bien b) desarrollando un número especial, en cuyo caso pueden aparecer sólo algunas de las secciones como son la agenda y otras acordes al tema de ese número.

Personajes

Comprende biografías cortas de personas que han contribuido de una manera importante al desarrollo de la Botánica (a nivel local, regional, nacional, continental o mundial). La extensión mínima del escrito para esta sección deberá ser dos cuartillas. Algunas imágenes sugeridas para acompañarlo son: un retrato de la persona, las portadas de sus contribuciones, fotografías de ejemplares que fueron su objeto de estudio o de productos y procesos derivados de sus investigaciones.

Conoce tu flora

Comprende escritos principalmente, aunque no exclusivamente

te, sobre especies vegetales que habitan el noreste de México. En ellos se debe incluir al menos una diagnosis o descripción breve de la especie, grupo o tipo de vegetación que se aborda, su distribución y resaltar su importancia ecológica, etnobotánica, comercial, industrial o de otra índole. Se sugiere acompañar las contribuciones para esta sección con imágenes acordes al objeto de estudio.

En Peligro

Es una sección donde se puede explicar leyes o reglamentos vigentes, o bien dar su punto de vista personal sobre ellos o señalar sus aplicaciones y sugerir mejoras a las mismas. También en esta sección se puede: a) señalar la publicación o revisión de nuevas leyes o reglamentos (federales, estatales o municipales) que nos atañen como ciudadanos en general o como científicos o Botánicos en particular; b) describir formas de contribuir a elevar el número de individuos, mejorar los ambientes donde habitan o indicar faltantes a los listados de especies en la NOM-059 o exponer razones por las que algunas especies no deberían estar enlistadas; c) abordar cualquier reglamento o ley en particular y proponer cambios, exponiendo las razones de las propuestas; d) denuncia pública de casos particulares donde especies, comunidades o ecosistemas presenten situaciones de riesgo que demanden atención.

Solo Ciencia...

En esta sección se publican contribuciones relacionadas con la botánica en todas sus áreas (taxonomía, sistemática, morfología, anatomía, fisiología, genética, biotecnología, reproducción, ecología, fitogeografía, aprovechamiento, usos, etc.). Son por lo general trabajos originales donde se presentan resultados de investigación o revisiones bibliográficas de temas botánicos o afines. La extensión puede ser variable, pero se sugieren al menos seis cuartillas incluyendo tablas y figuras. Ver plantilla anexa para elaboración de manuscrito. Los artículos de esta sección son revisados inicialmente por los editores en términos de formato y pertinencia de la contribución, si el trabajo es adecuado para la revista se turna para su revisión a dos árbitros especialistas y de reconocida trayectoria científica, quienes emitirán un dictamen respecto al trabajo en cuestión.

La estructura recomendada para estos artículos es la siguiente:

- 1.- Título (mayúsculas, letra Arial negrita tamaño 14)
- 2.- Autores (altas y bajas, letra Arial negrita tamaño 12)
- 3.- Adscripción de los autores (altas y bajas, letra Arial normal tamaño 12)
- 4.- Autor para correspondencia con datos de contacto (altas y bajas, letra Arial normal tamaño 12)
- 5.- Resumen (letra Calibri normal tamaño 12, interlineado 1.5 espacios, justificado, subtítulo de la sección en negrita: **Resumen**)
- 6.- Introducción*

7.- Material y Métodos*

8.- Resultados y discusión*

9.- Conclusiones*

10.- Literatura Citada*.

* El formato y tipografía de estas secciones es similar al del Resumen. Dejar un espacio entre párrafos y no utilizar sangría al inicio de los mismos. En caso de que sean necesarios subtítulos dentro de las secciones de introducción, material y métodos y Resultados y discusión se sugiere utilizar letra Calibri normal tamaño 12.

En palabras de

En esta sección se incluyen ensayos técnico-científicos que muestren un enfoque particular o perspectiva personal sobre un tema relacionado con la botánica. La extensión puede ser variable, pero se sugieren al menos cuatro cuartillas. La estructura del documento es libre, aunque se recomienda que incluya al menos: introducción, desarrollo del tema, conclusiones y literatura citada.

Desde la trinchera

Es un espacio versátil cuya intención es mostrar el quehacer de la comunidad científica en sus múltiples ámbitos. En esta sección se pueden incluir entre otras cosas: a) resultados parciales o preliminares de investigaciones que estamos desarrollando, b).- reseñas de actividades desarrolladas durante salidas a campo, c) resúmenes de trabajos de tesis en proceso o recién concluidas, d) programas de Servicio Social, e) proyectos de investigación, f) resúmenes de eventos realizados recientemente (simposio, jornada, congreso, etc.), g) reseñas de libros publicados recientemente y h) Entrevistas a investigadores relacionados con el estudio de las plantas o la aplicación del conocimiento botánico. La extensión de estas contribuciones es variable, pudiendo ir desde media cuartilla a tres cuartillas.

Etnobotánica

Las contribuciones para esta sección comprenden descripciones de una o más plantas y los beneficios o perjuicios que representa(n) para el hombre o sus animales domésticos, ya sea que se trate de plantas de uso tradicional en rituales o ceremonias, comestibles, medicinales, tóxicas, o de las que se extraen productos, como fibras, resinas, aceites, etc.

El urbanita verde

Aborda cualquier descripción de las técnicas de cultivo de plantas domesticadas, preferentemente en áreas urbanas. Contempla desde el diseño y la siembra hasta el señalamiento del valor ecológico y económico de las especies y jardines.

Sabías que...

Son párrafos de dos a seis renglones que resaltan un dato curioso de algún vegetal, ya sea sobre su longevidad, tipo de reproducción, función ecológica, su valor económico, etc.

Humor verde

Cualquier dato chusco o chiste corto relacionado con la ciencia botánica o la vegetación es bien recibido en esta sección.

Tu espacio

Este es un espacio irrestricto para las contribuciones de la comunidad estudiantil, particularmente destinado a la difusión de las actividades de los estudiantes de toda la FCB.

Noticias del reino vegetal

Cualquier evento o suceso científico trascendente (preferentemente, pero no exclusivamente botánico), digno de resaltar, acaecido en la región, el país o en el orbe y que tenga un impacto social, político o económico. La extensión puede variar dependiendo de si solamente se trasmite la noticia o se analiza, desde algunos renglones a una o dos cuartillas.

Para reflexionar

Pensamientos de toda índole que nos hagan reflexionar acerca de nuestra condición humana. Comúnmente la extensión será de dos cuartillas.

Agenda botánica

Son recordatorios acerca de eventos relacionados con la botánica que se llevarán a cabo en los siguientes meses, comprenden Seminarios, Cursos, Congresos, Cierres de convocatorias a concursos (becas, financiamiento de proyectos, talento o conocimiento, etc.).

Imágenes

Son fotografías o imágenes artísticas inéditas que pueden utilizarse en la portada de la revista o para ilustrar alguna sección. El requisito principal es que sean originales propiedad de quien las envía y tengan una calidad adecuada para su publicación. Adicionalmente debe incluirse la mayor información posible de la misma (descripción de la fotografía o imagen, escala o magnificación en caso de microfotografías, autor, fecha, lugar, etc.).

ENVIO DE TRABAJOS Y/O CONTRIBUCIONES

Preparar su documento en formato WORD (*.DOC, preferentemente versión 2003) de acuerdo a las especificaciones antes mencionadas y enviarlo junto con los archivos de figuras a planta.fcb@gmail.com, una vez recibido se le enviará una confirmación de recibido en un plazo no mayor a tres días hábiles.

EDITORES

Dr. Marco Antonio Alvarado Vázquez, Dr. Sergio Manuel Salcedo Martínez y Dr. Víctor Ramón Vargas López

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

Teléfono de contacto: 8329-4110 ext. 6456 y 8298-2126

E-mail: planta.fcb@gmail.com

Desafíos Mentales

1.- Si usted tiene un solo fósforo y entra en una habitación en la que hay una lámpara de petróleo, una chimenea y una estufa de leña ¿qué es lo que debe encender primero?

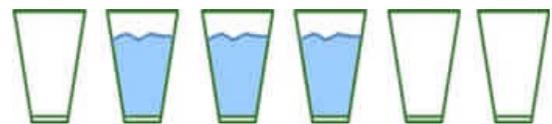
2.- Usted tiene dos relojes de arena, uno de siete minutos y el otro de cuatro. Desea medir nueve minutos ¿Cómo lo consigue?

3.- Después de un naufragio, cuatro hombres y cuatro mujeres quedan varados en una isla desierta. Al final, cada uno se enamora del otro y es, a su vez, amado por otra persona. John se enamora de una muchacha que, por desgracia, ama a Jim. Arthur ama a una muchacha que ama al hombre que ama Ellen. A Mary la ama el hombre al que ama la muchacha a la que ama Bruce. Gloria odia a Bruce y la odia el Hombre al que ama Hazel ¿Quién ama a Arthur?

4.- Estaban Pedro y Juan charlando sobre los viejos tiempos, cuando de pronto Pedro le pregunta a Juan sobre su hijo Juanito, diciendo: "tienes un hijo, pero no recuerdo cuantos años tiene ahora".

Juan le contesta: Si quieres saber su edad de te diré: "anteayer él tenía 9 años y el año que viene él cumplirá 12 años". ¿Como es esto posible?

5.- Observe la imagen inferior donde hay 6 vasos, 3 de ellos llenos con agua y los otros 3 vacíos, de que manera podrías ordenarlos de forma que los vasos queden intercalados?. Es decir, que junto a cada vaso lleno este un vaso vacío. Todo esto debe hacerse moviendo un solo vaso.



RESPUESTAS:

- 1.- Hay que encender primero el fósforo.
2. Respuesta: Ponga en funcionamiento ambos relojes. Cuando el reloj de cuatro se detiene, invértalo (han pasado cuatro minutos). Cuando el reloj de siete se detiene, invértalo (han pasado siete minutos). Cuando el reloj de cuatro minutos se detiene por segunda vez (han pasado ocho minutos), el reloj de siete minutos ha funcionado durante un minuto. Invértalo una vez más. Cuando se detiene, han transcurrido nueve minutos.
- 3.- Gloria ama a Arthur.
- 4.- La plática ocurre el primero de enero y el cumpleaños de su hijo es el 31 de diciembre.
- 5.- Se toma el tercer vaso (lleno) y se vacía el contenido en el vaso número 6.

"Ningún Éxito en la Vida, Justifica el Fracaso en la Familia"

En 1972, un avión militar con 40 pasajeros y cinco tripulantes se estrelló en la Cordillera de los Andes en ruta hacia Santiago de Chile. Uno de los pasajeros era Fernando Parrado. De las 45 personas que iban en el avión, 12 murieron en el accidente (entre ellas la madre de Fernando Parrado); 5 murieron al otro día, y a los 8 días muere Susana Parrado (hermana de Fernando) debido a sus lesiones. A los 16 días, una avalancha se llevó la vida de ocho más, y dos jóvenes murieron a mediados de noviembre por las infecciones de sus lesiones. Los demás, completaron 72 días en la montaña, hasta que fueron rescatados. Este es un extracto de una conferencia que dio Fernando Parrado, sobreviviente de los Andes:

"NINGÚN ÉXITO EN LA VIDA JUSTIFICA EL FRACASO EN LA FAMILIA"

¿Qué conferencista logra hoy colmar un auditorio de 2,500 ejecutivos y empresarios, muchos con sus mujeres e hijos, y hablar durante una hora y media sin que nadie pierda detalle del tema?

Fernando Parrado, uno de los 16 sobrevivientes de la tragedia de los Andes, a 36 años de aquella historia que asombró al mundo, Fue durante la jornada de cierre de Expo Management 2008. Su presentación, un monólogo sin golpes bajos acompañado por videos e imágenes de la montaña, tuvo dos etapas bien diferentes.

En la primera narró, con un relato íntimo repleto de anécdotas, los momentos que lo marcaron de aquella odisea a 4000 metros de altura en la que perdió a buena parte de sus amigos, además de su madre y su hermana.

¿'Cómo es posible sobrevivir donde no se sobrevive?', se preguntó.

'Sobrevivimos porque hubo liderazgos, toma de decisiones y espíritu de equipo, porque nos conocíamos desde mucho antes', dijo.

Y arrojó un primer disparador.

"En la vida el factor suerte es fundamental"

Cuando llegué al aeropuerto de Montevideo no daban número de asiento para el avión. A mí me tocó, de casualidad, la fila 9, junto a mi mejor amigo. Cuando el avión chocó en la montaña, se partió en dos. De la fila 9 para atrás no quedó nada.

Los 29 sobrevivientes al primer impacto viajaban en la parte que quedó a salvo.' De ellos, dijo, 24 no sufrieron un rasguño. Así, los menos golpeados empezaron a ayudar, actuando como un verdadero equipo. Administramos barritas de chocolate y maní al punto de comer un grano por horas cada uno. Marcelo, nuestro capitán y líder, asumió su rol para contarnos cuando le preguntábamos qué pasaba porque no llegaba el rescate.

Decidimos aguantar. Pero días después el líder se desmoronó. La radio trajo la noticia de que había concluido el rescate.

¿'Cómo hubieran reaccionado ustedes?'

El líder se quiebra, se deprime y deja de serlo. Imagínense que yo cierro esta sala, bajo la temperatura a -14 grados sin agua ni comida a esperar quién muere primero.'

Se hace un Silencio estremecedor de la primera a la última fila.

'Ahí me di cuenta de que al universo no le importa qué nos pasa. Mañana saldrá el sol y se pondrá como siempre. Por lo tanto, tuvimos que tomar decisiones.

En la noche 12 o 13 nos dijimos con uno de los chicos: « ¿Qué estás pensando? » «Lo mismo que vos. Tenemos que comer, y las proteínas están en los cuerpos.» Hicimos un pacto entre nosotros, era la única opción. Nos enfrentamos a una verdad cruda e inhumana.'

Desde la primera fila, decenas de chicos llevados por sus padres escuchaban boquiabiertos. Parrado apeló a conceptos típicos del mundo empresarial.

'Hubo planificación, estrategia, desarrollo. Cada uno empezó a hacer algo útil, que nos ayudara a seguir vivos: zapatos, bastones, pequeñas expediciones humanas. Fuimos conociendo nuestra prisión de hielo. Hasta que me eligieron para la expedición final, porque la montaña nos estaba matando, nos debilitaba, se nos acababa la comida. Subí aterrado a la cima de la montaña con Roberto Canessa. Pensábamos ver desde allí los valles verdes de Chile y nos encontramos con nieve y montañas a 360 grados. Ahí decidí que moriría caminando hacia algún lugar.' Entonces sobrevino el momento más inesperado. Pero "Esta no es la historia que vine a contar", avisó.

Y contó que su verdadera historia empezó al regresar a su casa, sin su madre ni su hermana, sin sus amigos de la infancia y con su padre con una nueva pareja.

¿'Crisis? ¿De qué crisis me hablan? ¿Estrés? ¿Qué estrés? Estrés es estar muerto a 4000 metros de altura sin agua ni comida', enfatizó.

Recordó un diálogo fundamental que tuvo con su padre, que le dijo:

'Mira para adelante, para adelante, anda tras esa chica que te gusta, ten una vida, trabaja. Yo cometí el error de no decirle a tu madre tantas cosas por estar tan ocupado, de no compartir tantas festividades con tu hermana, no darme el tiempo de platicar con ellas mis vivencias, no decirles cuanto las amaba'.

Y cerró, determinado:

'Las empresas son importantes, el trabajo lo es, pero lo verdaderamente valioso está en casa después de trabajar: la familia.

Mi vida cambio, pero lo más valioso que perdí fue ese hogar que ya no existía al regresar. No se olviden de quien tienen al lado, porque no saben lo que va a pasar mañana.

Una interminable ovación lo despidió de pie...

"NINGUN ÉXITO EN LA VIDA, JUSTIFICA EL FRACASO EN LA FAMILIA"

Si TÚ tienes un cálido hogar, piensa que al igual que Yo: ¡Eres una persona con Suerte! Te tocó de la fila 9 hacia adelante, y créeme, la mayoría viaja de la 9 para atrás.

AGENDA BOTÁNICA

XI Congreso Venezolano de Ecología

Fecha: 9 al 13 de Noviembre del 2015

Lugar: Isla Margarita, Venezuela

<http://xicve.org.ve>

Conferencia Internacional en Hidrometeorología, riesgo y cambio climático

Fecha: 11 al 13 de Noviembre del 2015.

Lugar: Cholula, Puebla, México

Universidad de las Américas Puebla

<http://web.udlap.mx/ingenieria/ichrcc/>

Congreso Nacional de Conservación y Restauración de Humedales 2015

Fecha: 12 al 14 de Noviembre del 2015

Lugares: Jerez de la Frontera, Cádiz España

[Www.magrama.gob.es](http://www.magrama.gob.es)

VIII Congreso de Ecología y Manejo de ecosistemas acuáticos pampeanos

Fecha: 18 al 20 de Noviembre del 2015

Lugar: Museo Argentino de Ciencias Naturales

"Bernardino Rivadavia", Buenos Aires, Argentina

[https://mega.co.nz/#!iEIADR5a!](https://mega.co.nz/#!iEIADR5a!rCtBIId3IxdF7PqutzPP2DMaOG4e1cBRNJbQrIzDwTAs)

[rCtBIId3IxdF7PqutzPP2DMaOG4e1cBRNJbQrIzDwTAs](https://mega.co.nz/#!iEIADR5a!rCtBIId3IxdF7PqutzPP2DMaOG4e1cBRNJbQrIzDwTAs)

Congreso Internacional de Recursos Forestales México 2015

Fecha: 23 al 27 de Noviembre del 2015

Lugar: Ixtapan de la Sal

cirf.org.mx/es/

Congreso_somerefo2015@chapingo.mx

II Encuentro Nacional sobre Biotecnología

Fecha: 6 al 9 de Diciembre del 2015

Lugar: Universidad autónoma de Tlaxcala

biotecnologiauatx@hotmail.com

<http://www.encuentrobiotecnologiauatx.com>

Fall Meeting

Fecha: 14 al 18 de Diciembre del 2015.

Lugar: San Francisco, California, USA. American Geophysical Union.

<http://meetings.agu.org/>

2º Congreso Interamericano de Cambio Climático (CICC 2016)

Fecha: 14 al 16 de Marzo del 2016.

Lugar: Gran Hotel de la Ciudad de México

agarciag@iingen.unam.mx

Contenido

EDITORIAL.....	2
PERSONAJES	
Maximino Martínez (1884-1962)	3
HABLEMOS DE...	
El Estrés Metálico en Plantas Superiores y su aprovechamiento.....	4
Aprovechamiento Potencial del Amaranto.....	8
Sotol, Planta del Desierto con Aplicaciones Biotecnológicas	11
SÓLO CIENCIA...	
La Serina y sus Implicaciones en el Desarrollo Vegetal.....	15
Estrés Oxidativo Enfermedades y Antioxidantes.....	19
Proteínas de Shock Térmico de Bajo Peso Molecular (sHSP)	22
Morfología y Anatomía Foliar de la Petunia Mexicana <i>Ruellia brittoniana</i> Leonard	28
Tratamientos Pregerminativos Aplicados a Semillas de Guapinol (<i>Hymenaea courbaril</i> L. FABACEAE).....	32
Desarrollo de Albahaca (<i>Ocimum basilicum</i> L.) in vitro Bajo Estrés Osmótico.....	36
La Paleopalínología como Herramienta en la Reconstrucción de Paisajes del Pasado.....	41
Percepción Infantil del Arbolado Urbana en el Área Metropolitana de Monterrey, N. L.....	45
Reportes de <i>Clathrus crispus</i> y <i>Clathrus ruber</i> en el Estado de Nuevo León.....	50
INSTRUCCIONES A LOS AUTORES.....	56
PARA REFLEXIONAR.....	59
AGENDA BOTÁNICA.....	60

Imagen Portada: Ejemplar de Palma Pita en el noreste de México *Yucca filifera* (Chabaud, 1976). Foto: Marco A. Alvarado Vázquez.