



Plantas a la defensiva: espinas, aguijones e idioblastos

ANDREW P. VOVIDES Y SONIA GALICIA

RED DE BIOLOGÍA EVOLUTIVA, INSTITUTO DE ECOLOGÍA, A.C., CARRETERA ANTIGUA A
COATEPEC No. 351, EL HAYA, 91073, XALAPA, VERACRUZ, MÉXICO.
andrew.vovides@inecol.mx

Resumen: A lo largo de la historia evolutiva de las plantas para poder sobrevivir, estas han desarrollado sofisticados sistemas de defensa contra la depredación por herbivoría. Defensas mecánicas como espinas y aguijones, y defensas químicas contenidas en células especializadas conocidas como idioblastos, donde albergan a las sustancias tóxicas. Estas sustancias químicas hacen que las hojas no sean palatables, también afectan a los sistemas cutáneo, gastrointestinal, cardíaco y nervioso de los herbívoros. Además, algunas plantas comestibles como las acelgas y el betabel, tienen cristales de oxalato de calcio como mecanismo de defensa.

Palabras clave: Mecanismos de defensa en plantas, neurotoxinas, predadores, toxinas vegetales.



Gobierno de
México

Ciencia y Tecnología
Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación





Las plantas están en la base de la cadena trófica, alimentando a una gran cantidad de organismos desde protozoarios unicelulares hasta vertebrados. Muchas plantas tienen estrategias de defensa contra la herbivoría (la interacción entre la planta y sus consumidores), desde estrategias químicas que incluyen producción de sustancias tóxicas hasta adaptaciones anatómicas como espinas, aguijones, pelos, glándulas, entre otras, que se desarrollan a partir de la modificación de estructuras como hojas, brácteas, tallos y otras partes de la planta (Figura 1). Las plantas han evolucionado para adaptarse a diferentes ambientes; por ejemplo, las espinas del nopal *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. (Cactaceae) y su fruto la tuna, y el de *Nelumbo nucifera* Gaertn. (Nelumbonaceae) son órganos especializados. Las espinas de las plantas también son una manifestación de su adaptación evolutiva a largo plazo a condiciones ambientales y de supervivencia adversas. La picadura de las espinas evita que los animales pisoteen o se alimenten de las plantas y las espinas de la fruta como en algunas variedades de chayote *Sechium edule* (Jacq.) Sw. (Cucurbitaceae) tienen un efecto positivo en la supervivencia de las plantas.

Las modificaciones anatómicas y químicas presentes en las plantas están orientadas a disminuir o evitar su consumo por los herbívoros. Entre las defensas más conocidas y vistas son las espinas y aguijones que son estrategias contra la herbivoría de la mayoría de los mamíferos, pero no contra algunos insectos como langostas y pulgones; los últimos succionan la savia. Otras menos obvias son las toxinas contenidas en la savia de la planta, en los pelos glandulares, ejemplos son las ortigas, *Urtica* spp. (Urticaceae), y ductos asociados con el sistema vascular.

Las espinas de las plantas tienen diferentes orígenes, por ejemplo, de los tallos, hojas, flores y frutos. Se dividen en tres principales tipos según su origen: espina foliar, espinas caulinar y aguijón. La espina foliar, es una hoja o parte de la hoja modificada con tejidos vasculares continuos al tallo y la espina caulinar, son ramas modificadas en puntas, técnicamente hacen lo mismo pero su origen es distinto. Las espinas tienen tejido de conducción en su interior y no resulta fácil desprenderlas del tallo. Las espinas están presentes en muchas familias de plantas, un ejemplo clásico son las cactáceas. En la figura 2A se muestra un corte transversal de una espina de cardo (*Cirsium* sp., Asteraaceae), y se puede observar el tejido vascular.

Los aguijones están formados por células epidérmicas y algunas células corticales sin participación de los tejidos vasculares y son fáciles de arrancar, dejando la superficie lisa. Por ejemplo, los aguijones de los rosales, de algunas solanáceas, ceibas y algunas palmas. En la figura 2B se muestra un corte transversal de un aguijón de una rosa, donde se observa la carencia de tejido vascular. En un estudio de herbivoría por cabras se demostró que la densidad de aguijones y espinas afecta el comportamiento de los animales, donde brotes espinosos que están juntos con brotes sin espinas brindan protección asociativa a vecinas sin espinas.

Durante el proceso evolutivo de las plantas, éstas han creado sistemas de defensa químicos en contra de sus depredadores. Estos compuestos químicos son conocidos como metabolitos secundarios, que no son imprescindibles para la sobrevivencia de la planta, pero son importantes como mecanismos de defensa ante el estrés ambiental y en la defensa contra depredadores y patógenos. Estos compuestos



Figura 1. Espinas y aguijones. **A-B.** Aguijones de *Senegalia riparia* (Kunth) Britton & Rose ex Britton & Killip. **C.** *Senegalia gaumeri* (S.F. Blake) Britton & Rose. **D.** *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn. (Fotografías: Alfredo Dorantes Euán).

pueden provocar irritación al contacto, afectar los sistemas gastrointestinal, cardíaco y nervioso de los herbívoros; el nivel de toxicidad es variable pero incluso pueden ocasionar la muerte. Existen más de 50,000 metabolitos secundarios en las plantas, lo que refleja su gran diversidad. Este mecanismo de defensa química de las plantas puede ser producido o

almacenado en glándulas, ductos, células especializadas e idioblastos.

Muchos tejidos vegetales contienen células que difieren notablemente de las células vecinas, estas se conocen como idioblastos.

Tienen varias funciones, como almacenamiento de reserva, materiales excretorios, pigmentos y minerales. Algunos idioblastos con-

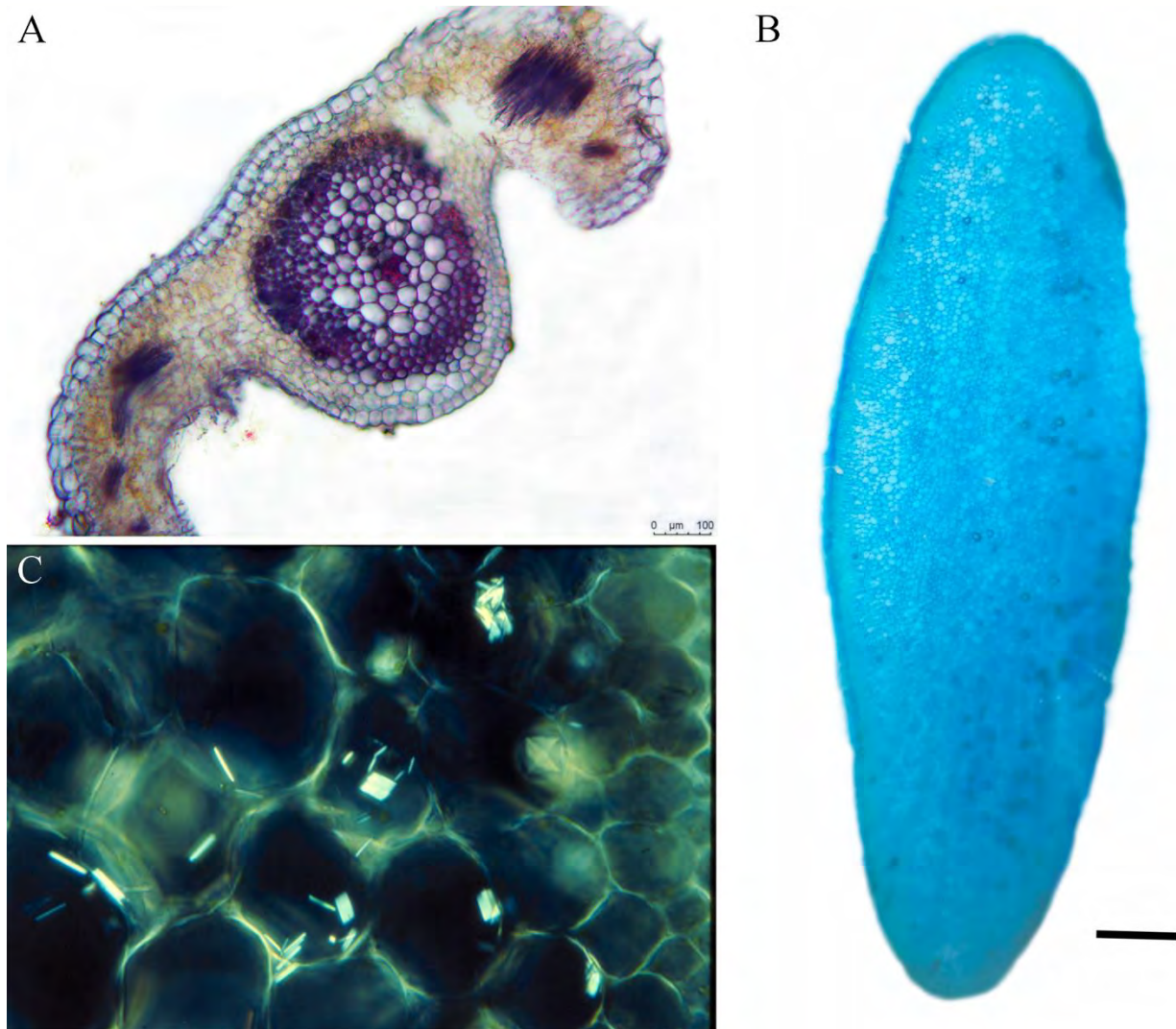


Figura 2A. Corte transversal de la espina de cardo *Cirsium* sp. mostrando el sistema vascular. Imagen confocal. Escala 100 μ m. **B.** Corte transversal de un aguijón de rosal *Rosa* sp. carente de sistema vascular. Tinción azul de toluidina. Escala 0.5 mm. **C.** Cristales de oxalato de calcio en cícadras, en formas de ráfidas, drusas y rombos. Microscopía de polarización. (Fotografías: **A.** O. Velázquez. **B.** S. Galicia. **C.** A. Vovides).

tienen un arsenal defensivo de venenos y cristales puntiagudos. Entre los idioblastos más comunes se encuentran los que sintetizan cristales de oxalato de calcio, también llamados

idioblastos de cristal; los cristales tienen diferentes formas (Figura 2C), simples o múltiples en forma de drusas, agujas o rafidios. En las angiospermas, la formación de cristales de oxa-

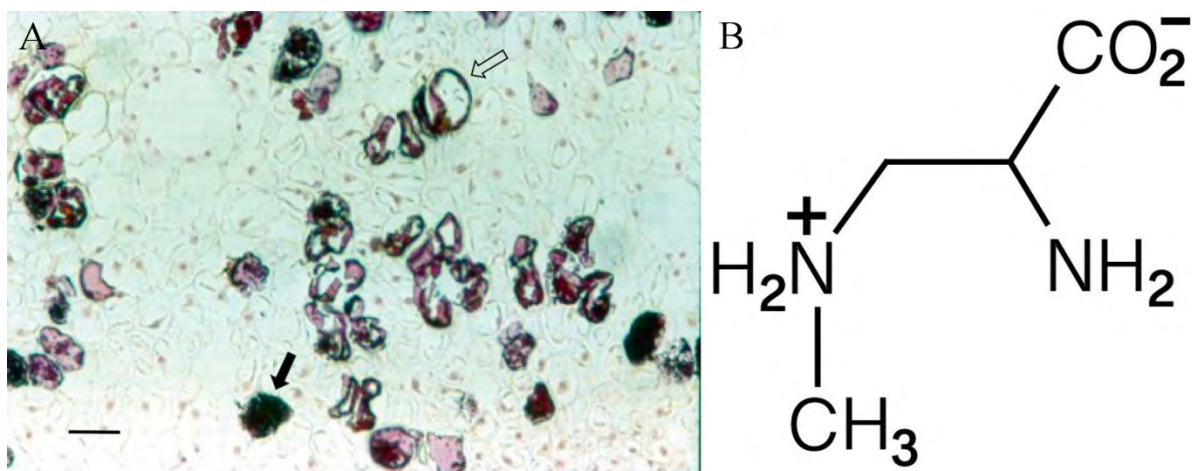


Figura 3A. Idioblastos deshisos $\uparrow$ y enteros $\uparrow$ en tejidos de cono femenino receptivo de la cícada *Zamia furfuracea* L.f. (Zamiaceae). Tinción de ninhidrina-Schiff. **B.** Estructura química de L-BMAA (beta-metilamino-L-alanina). (Fotografías: **A.** A. Vovides. **B.** Fotografía: Tomada de Nunn & Ponnusamy 1993).

lato de calcio es generalmente intracelular y los cristales se forman dentro de las vacuolas de los idioblastos. Los cristales de oxalato de calcio son comunes en plantas como las balsaminas *Impatiens* spp. (Balsaminaceae) en las aráceas como la piñanona (*Monstera deliciosa* Liebm.), las mafafas (*Xanthosoma* spp.), y *Arisaema triphyllum* (L.) Schott, entre muchas otras aráceas. Estos cristales también están presentes en muchos vegetales comestibles como las acelgas y betabel, y en las aráceas como malanga (*Colocasia esculenta* (L.) Schott), y algunas especies de mafafa comestibles. Cuando se ingieren plantas con cristales de oxalato de calcio provocan daños en los tejidos bucales o sensación de picazón, disuadiendo a los herbívoros.

Un caso especial lo conforman las cícadas (Gymnospermae), que son plantas con semillas, pero sin flores y evolutivamente muy antiguas, se supone que ya existían en el pérmico hace casi 300 millones de años. En el caso de las cícadas, sus idioblastos (Figura 3A) son

verdaderas bombas tóxicas, la cuales contienen cicasinas, macrozaminas y un agente neurotóxico L-BMAA (beta-metilamino-L-alanina) (Figura 3B). En la Mapería (noreste de México) se consumen varios productos derivados de las cícadas como memelas, tamales y otras golosinas sin ningún trastorno de la salud, dado que el proceso de nixtamalización de las semillas elimina las toxinas.

En conclusión, como se ha mencionado anteriormente, las plantas han desarrollado diversos mecanismos como defensa contra la herbivoría, tanto mecánicos (aguijones y espinas) como químicos (metabolitos secundarios) lo que resulta en un factor determinante para su supervivencia. Por otra parte, los herbívoros han tenido que desarrollar diversos mecanismos para minimizar o evadir dichos mecanismos, un ejemplo son las larvas del lepidóptero *Eumaeus* spp., el cual consume las hojas de las cícadas con impunidad, donde secuestra las toxinas en la parte trasera de su ducto digestivo. También el ratón de campo (*Peromyscus mexi-*



canus Saussure, 1860) consume semillas de *Dioon edule* Lindl. (Zamiaceae) sin ningún efecto tóxico.

Referencias

- Bonta M., Pulido M.T, Vargas T., Vite Reyes A., Vovides A.P., & Cibrián-Jaramillo A. 2019. Ethnobotany of Mexican and northern Central American cycads (Zamiaceae). *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 15(4): 1–34.
<https://doi.org/10.1186/s13002-018-0282-z>
- Calonje M., Stevenson D.W., & Osborne, R. 2024. The World List of Cycads, online edition (internet). 2013–2024. Cited 2024 May 17.
<http://www.cycadlist.org>
- González-Christen A. 1990. Algunas interacciones entre *Dioon edule* (Zamiaceae) y *Peromyscus mexicanus* (Rodentia: Cricetidae). *La Ciencia y el Hombre* 5: 77–92. Universidad Veracruzana, Xalapa.
https://www.researchgate.net/publication/279656093_Algunas_interacciones_entre_Dioon_Edule_Zamiaceae_y_Peromyscus_Mexicanus_Rodentia_Cricetidae
- Gowda J.H. 1996. Spines of *Acacia tortilis*: what do they defend and how. *Oikos* 77: 279–284.
<https://doi.org/10.2307/3546066>
- Huiyan Pei, Yaqiong Wu, Wenlong Wu, Lianfei Lyu, & Weilin Li. 2024. A review of the types, functions and regulatory mechanisms of plant spines. *Plant Science* 341
<https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2024.112010>
- Jáuregui-Zúñiga D., & Cárcamo A.M. 2004. La biomineralización del oxalato de calcio en plantas: retos y potencial. *Revista de Educación Bioquímica* 23(1): 18–23.
- Kellogg A.A., T.J., Branaman, N.M. Jones, C.Z. Little, & J-D. Swanson. 2011. Morphological studies of developing *Rubus* prickles suggest that they are modified glandular trichomes, *Botany* 89: 217–226.
<https://doi.org/10.1139/b11-008>
- Nunn P.B., Ponnusamy M. 1993. α -Amino- β -Methylaminopropionic Acid: a neurotoxin from *Cycas* species. In: Stevenson, D.W. & K.J. Norstog (eds); *Proceedings of Cycad 90, the second International Conference on Cycad Biology*. Palm & Cycad Societies of Australia Ltd. Milton, pp 51–56.
- Vovides A.P., Norstog K.J., Fawcett P.K.S., Duncan M.W., Nash R.J., Molsen D.V. 1993. Histological changes during maturation in male and female cones of the cycad *Zamia furfuracea* and their significance in relation to pollination biology. *Botanical Journal of the Linnean Society* 111: 241–252.
<https://doi.org/10.1006/bojl.1993.1017>



Desde el Herbario CICY, 17: 31-37 (6-febrero-2025), es una publicación semanal editada por el Herbario CICY del Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C., con oficinas en Calle 43 x 32 y 34 No. 130, Col. Chuburná de Hidalgo, C.P. 97205, Mérida, Yucatán, México. Tel. 52 (999) 942-8330 Ext. 110, www.cicy.mx/Sitios/Desde_Herbario/, webmas@cicy.mx. Editores responsables: Germán Carnevali, Patricia Rivera Pérez y José Luis Tapia Muñoz. Reserva de Derechos al Título Exclusivo No. 04-2016-041413195700-203, otorgado por el Instituto Nacional del Derecho de Autor, ISSN: 2395-8790. Responsable de la publicación: José Fernely Aguilar Cruz, Calle 43 x 32 y 34 No. 130, Col. Chuburná de Hidalgo, C.P. 97205, Mérida, Yucatán, México. Fecha de última modificación: 6 de febrero de 2025. Las opiniones expuestas por los autores no necesariamente expresan la postura del editor de la publicación. De la misma manera, la responsabilidad sobre la veracidad y la precisión de los contenidos, le corresponde totalmente a los autores de los ensayos.