

## Una mirada al mundo de las nebulofitas, caso de estudio: *Tillandsia juncea* (Bromeliaceae), en la selva de Calakmul

La especie epífita *Tillandsia juncea* (Bromeliaceae), completa todo su ciclo de vida sobre el dosel del bosque. Esta especie presenta un diseño evolutivo y localización en el dosel que le permiten captar y absorber agua proveniente de la neblina, ayudándole a sobrellevar la temporada sin lluvia. Pertenece a un grupo funcional llamado “nebulofitas”. En la Reserva de la Biosfera de Calakmul, el 86 % de todos los individuos muestreados de *T. juncea* se distribuyen en los estratos más altos del dosel. Encontramos una asociación entre la nebulofita y el hospedero *Melicoccus oliviformis* (Sapindaceae), comúnmente conocido como “huaya”. Discutimos la relación entre la abundancia de *T. juncea* y características de los hospederos como la altura, el diámetro de los troncos, entre otras.

**Palabras clave:**  
Dosel, epífita, hospedero,  
Reserva de la Biosfera  
Calakmul, *Tillandsia*.

JOSÉ FRANCISCO PAZ GUERRERO\*, CASANDRA REYES GARCÍA,  
CELENE MARISOL ESPADAS MANRIQUE

Unidad de Recursos Naturales, Centro de Investigación Científica de  
Yucatán, A. C. Calle 43 No. 130 x 32 y 34. Col. Chuburná de  
Hidalgo, 97205, Mérida, Yucatán, México.

\* [jpazgro@gmail.com](mailto:jpazgro@gmail.com)

Todas las especies son parte importante de los ecosistemas donde habitan, por ello, para entender su interacción con el ambiente y su rol dentro de una comunidad, una estrategia ha sido incluirlas en grupos funcionales. Estos se conforman de especies que comparten estrategias y son similares ya sea en su forma, fisiología, ecología o fenología. Este tipo de clasificación se basa en la función de las especies en el ecosistema y en su capacidad para aprovechar y responder a los recursos disponibles (Naeem *et al.* 1999, Ballesteros y Pérez-Torres 2016). Un ejemplo son los llamados “árboles caducifolios”, especies que pierden sus hojas durante la estación seca para reducir la pérdida de agua, respecto a los “árboles perennifolios”, que hacen frente a la sequía mediante otros mecanismos.

En México se ha estudiado por años a un grupo funcional llamado plantas rosetófilas, especies características de regiones áridas donde la lluvia escasea la mayor parte del año (Rzedowski 1978). Estas presentan un patrón distintivo en el acomodo de sus hojas, las cuales forman una roseta (Figura 1). Este diseño evolutivo les permite captar y canalizar eficientemente la lluvia, e incluso la neblina, como lo haría un embudo (Gentry 1982). Incluso, se ha documentado que las rosetófilas pueden captar y aprovechar lluvias incluso menores de un milímetro (Ramírez de Arellano 1996).

En algunos ambientes áridos, ciertos días al año, incluso durante la temporada sin lluvia, se forman cantidades masivas y constantes de neblina (Westbeld *et al.* 2009), principalmente



**Figura 1.** Ejemplar de *Agave fourcroydes* Lem. (Asparagaceae) ejemplificando la disposición de las hojas en roseta (Fotografía: Alfredo Dorantes Euán).

cerca del amanecer, cuando las bajas temperaturas y la humedad ambiental favorecen su formación. No obstante, la mayoría de las plantas no pueden aprovechar esta fuente alternativa de agua de la atmósfera. Se ha documentado que las rosetófilas sí lo hacen, gracias a su forma pueden interceptar y escurrir cantidades importantes de neblina, que colisiona con sus hojas y así pueden canalizar el flujo hacia al tallo o raíces para disminuir el estrés hídrico durante los meses más severos del año (Martorell y Ezcurra 2002). Las especies con este patrón en su morfología pertenecen a familias botánicas como Asparagaceae, Arecaceae, Nolinaceae, Crassulaceae y Bromeliaceae y llegan a ser dominantes en ciertas regiones, principalmente donde la neblina es persistente (Walter 1990, Martorell y Ezcurra 2002). Este parecido morfológico entre especies tan poco emparentadas se ha interpretado como una evidencia clara de adaptación al entorno (Ricklefs y Miles 1994).

Se ha comprobado que la neblina puede ser una importante fuente de agua para muchas especies, dada la gran cantidad de agua que provee por unidad de área (pues se ha estimado que  $1\text{ m}^2$  puede contener hasta 2.5 litros de agua) (Jones, 1992, Westbeld *et al.* 2009). Martorell y Ezcurra (2006), estudiaron la relación entre el diseño de las hojas en especies rosetófilas y su capacidad para interceptar neblina. Encontraron que las especies que interceptan neblina con mayor eficiencia presentan numerosas hojas largas, delgadas y flexibles, ya que les permite oscilar con el viento y así ocupar una mayor superficie. Esto es conveniente ya que las microgotas de neblina abarcan una mayor superficie y volumen comparadas con las gotas de lluvia. Concluyeron que estas características foliares aumentan su capacidad para interceptar neblina, en comparación con rosetófilas con menor cantidad de hojas, anchas y rígidas, como los agaves. Las especies más especializadas suelen además distribuirse en zonas altas, expuestas o lejanas al suelo, donde la velocidad del viento se incrementa y ayuda a las partículas de neblina a chocar contra las hojas y promover un flujo de agua a través de ellas. Estos autores acuñaron el término nebulofitas, para todas aquellas especies adaptadas en la intercepción y aprovechamiento de la neblina.

Nuestro interés por este grupo, nos llevó a estudiar a la nebulofita *Tillandsia juncea* (Ruiz y Pav.) Poir. (Figura 2), una especie epífita, de la familia Bromeliaceae, que como muchas especies de la familia absorbe el agua y los nutrientes por medio de sus hojas, a través de células especializadas de la epidermis, llamados tricomas (Benzing 2000), lo cual mejora el aprovechamiento de la neblina interceptada. Estudiamos una población en la Reserva de la Biósfera de Calakmul, Campeche, un continuo de vegetación de más de 723,185 hectáreas, considerada la extensión forestal con mayor biodiversidad del trópico mexicano (CONANP 2018). El sitio de estudio se ubica en una zona de selva mediana subperennifolia (Miranda y Hernández 1963). En esta región es común la formación prematinal de rocío y neblina, incluso durante los meses sin lluvia, lo que ha permitido, entre otros factores, que sea una de las regiones con la mayor diversidad de especies de bromeliáceas epífitas de la península de Yucatán, cuya distribución en el dosel responde a un gradiente vertical de humedad, temperatura, luz y viento (Par-



**Figura 2.** Especie de estudio nebulofita *Tillandsia juncea* (Ruiz & Pav.) Poir. (Bromeliaceae) (Fotografía: Celene Espadas-Manrique).

ker 1995, Zotz 2016). Mientras algunas especies prefieren la sombra profunda del dosel, la distribución de *T. juncea* se limita casi exclusivamente a las partes más altas y expuestas del dosel, donde por una parte sus individuos soportan altas temperaturas y radiación solar durante el día, pero por otra pueden interceptar mayor cantidad de lluvia y beneficiarse de la humedad disponible en forma de rocío o neblina, así como de la mayor disponibilidad de viento que lleva la neblina hacia sus hojas y dispersa sus semillas, respecto al interior de la cerrada vegetación (Graham y Andrade 2004, Reyes-García *et al.* 2011).

Durante los años 2019-2020, realizamos expediciones a la reserva para recopilar datos sobre la distribución de *T. juncea* en los árboles hospederos (Figura 3A), así como sobre su distribución vertical. Tiempo atrás se establecieron cuadrantes en la zona, donde anualmente se registraron todas las especies de bromelias epífitas en 36 hospederos pertenecientes a 11 especies, así como las características de los mismos, como especie, altura, diámetro de los troncos y distancia a claros en la vegetación. Gracias a este esfuerzo logísticamente complejo, donde participaron numerosas personas, reunimos la información en un modelo matemático que nos permitió analizar la abundancia de la nebulofita en función de las características de los hospederos. Los resultados mostraron una relación entre la abundancia de *T. juncea* y las características altura, diámetro del tronco y especie, es decir, que la epífita se distribuye preferencialmente en los árboles más altos (15 metros, máximo 18 y mínimo 12) y gruesos (26 centímetros

de diámetro, máximo 30 y mínimo 16), del hospedero *Melicoccus oliviformis* (Kunth) Radlk. (Figura 3B). Encontramos que de un total de 234 individuos registrados de *T. juncea*, el 90 % se halló sobre la especie *M. oliviformis* y sólo el 10 % restante en otras siete especies hospederas. También encontramos que el 86 % de todos los individuos ocuparon los estratos más altos del dosel (12 metros, máximo 16 y mínimo 9). Por lo cual, la altura a la que se desarrollan los individuos de *T. juncea* en el dosel les puede favorecer para la interceptación de agua y de luz, así como para la dispersión de sus semillas (Graham y Andrade 2004, Nathan *et al.* 2005).

Se ha estudiado que los troncos y ramas gruesas, así como la abundancia de una especie hospedera son características relevantes para la abundancia de las epífitas, ya que representan mayor superficie de sustrato disponible para la progenie, así como, la dureza de la madera de un hospedero es también de gran importancia, ya que le permite resistir bien el peso que las epífitas puedan representar (Wagner *et al.* 2015). Así mismo, la emergencia de individuos de *M. oliviformis* sobre el dosel (Obs. Pers.), el tipo de corteza lisa cubierta con líquenes, la forma abierta de su copa y su follaje poco denso con hojas compuestas paripinnadas (Pennington y Sarukhán 2005) (Figura 3C) son rasgos relevantes que lo caracterizan como un hospedero ecológicamente importante, no solo para la epífita nebulofita *T. juncea*, sino, para muchas especies epífitas y otros organismos que soporta. Este tipo de estudios nos permiten conocer mejor los procesos de interacción y las estrategias ecológicas y adaptativas de las especies epífitas en ambientes tan



**Figura 3.** Dosel del bosque en el área de estudio de la Reserva de la Biósfera de Calakmul, Campeche. **A.** Acceso al dosel para el estudio de la estratificación vertical de la nebulofita *Tillandsia juncea* (Ruiz & Pav.) Poir. (Bromeliaceae) en su hospedero principal *Melicococcus oliviformis* Kunt (Sapindaceae). **B.** Espécimen emergente de *Melicococcus oliviformis* Kunt (Sapindaceae) (señalizado con la flecha azul) **C.** Árbol hospedero *Melicococcus oliviformis* Kunt (Sapindaceae), nótese la forma abierta de su copa, baja densidad de follaje, rasgos de su corteza y gran carga de individuos epífitos. Fenotipo característico de la especie en la Reserva de la Biósfera de Calakmul, Campeche (Fotografías: Celene Espadas-Manrique).

complejos y biodiversos como lo es el dosel de las selvas mexicanas, así como la importancia de las características de las especies arbóreas que las hospedan.

**Agradecimiento:** Agradezco sinceramente a todas las personas e instituciones que hicieron posible esta investigación, a mi directora de tesis, técnicos, comité tutorial y profesorado del CICY, al CONAHCYT, CONANP-RB Calakmul, al INAH-Campeche y al Ejido de Nuevo Conhuas.

## Referencias

- Ballesteros C.J y Pérez-Torres J. 2016.** Diversidad funcional: un aspecto clave en la provisión de servicios ecosistémicos. *Revista Colombiana Ciencia Animal* 8(1): 94-111.
- Benzing D.H. 2000.** Bromeliaceae. *Profile of an adaptive radiation*. Cambridge University Press, Cambridge, U.K. 690 pp.
- CONANP [Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas]. 2018.** Reserva de la Biósfera Calak-

- mul. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Consultado el 18 de mayo de 2018 <http://calakmul.conanp.gob.mx/>.
- Gentry H.S. 1982.** Agaves of Continental North America. *University of Arizona Press*, Tucson, AZ.
- Graham E. y Andrade J.L. 2004.** Drought tolerance associated with vertical stratification of two co-occurring epiphytic bromeliads in a tropical dry forest. *American Journal of Botany* 91: 699-706. <https://doi.org/10.3732/ajb.91.5.699>.
- Jones H.G. 1992.** Plants and microclimate. *A quantitative approach to environmental plant physiology*, 2a ed. Cambridge University Press, Cambridge, U.K. 428 pp.
- Martorell C. y Ezcurra E. 2002.** Rosette scrub occurrence and fog availability in arid mountains of Mexico. *Journal of Vegetation Science* 13: 651-662. <https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2002.tb02093.x>
- Martorell C. y Ezcurra E. 2006.** The narrow leaf syndrome: a functional and evolutionary approach to the form of fog harvesting rosette plants. *Oecología* 151: 561-573. <https://doi.org/10.1007/s00442-006-0614-x>
- Miranda F. y Hernández X.E. 1963.** Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 28: 29-179.
- Naeem S., Chair F., Chapin I., Robert C., Ehrlich P.R., Golley F., Hooper D.U., Lawton J.H., Robert V., O'Neill H., Mooney A., Sala O.E., Symstad A.J. y Tilman D. 1999.** La biodiversidad y el funcionamiento de los ecosistemas: manteniendo los procesos naturales que sustentan la vida. *Tópicos en Ecología* 4:1-11.
- Nathan R., Katul G.G., Horn H.S., Thomas S.V., Oren R., Avissar R., Pacala S.W. y Levin S.A. 2005** Mechanisms of long-distance dispersal of seeds by wind. *Nature* 418 (6896): 409-413. <https://doi.org/10.1038/nature00844>
- Parker G.G. 1995.** Structure and microclimate of forest canopies. In: Lowman M.D. y Nadkarni N. M. Eds. *Forest Canopies*, pp. 73-106. Academic Press, San Diego.
- Pennington T.D. y Sarukhán J. 2005** Árboles tropicales de México. Manual para la identificación de las principales especies. 3a Edición. Universidad Autónoma de México y Fondo de Cultura Económica. 523 pp.
- Ramírez de Arellano F. 1996.** Escurrimiento caular y eficiencia arquitectónica para la captación de agua en cinco especies de plantas del Valle de Zapotitlán Salinas, Puebla. Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México.
- Reyes-García C., Mejía-Chang M. y Griffiths H. 2011.** High but not dry: diverse epiphytic bromeliads adaptations to exposure within a seasonally dry tropical forest community. *New Phytologist* 193: 745-754. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2011.03946.x>
- Ricklefs R.E. y Miles D.B. 1994.** Ecological and evolutionary inferences from morphology: An ecological perspective. Wainwright, P.C. y Reilly, S.M. Eds. *Ecological morphology: Integrative organismal biology*, pp. 13-41. University of Chicago Press, Chicago.
- Rzedowski J. 1978.** *La vegetación de México*. Limusa, México. 432 pp.
- Walter H. 1990.** *Vegetation und Klimazone*. Ulmer, Stuttgart. 333 pp.
- Wagner K., Mendieta-Leyva G. y Zotz G. 2015.** Host specificity in vascular epiphytes: a review of methodology, empirical evidence and potential mechanisms. *AoB Plants*. <https://doi.org/10.1093%2Faobpla%2Fp1u092>
- Westbeld A., Klemm O, Grießbaum F., Sträter E., Larrain H., Osses P., y Cereceda P. 2009.** Fog deposition to a *Tillandsia* carpet, in Atacama Desert. *Annales Geophysicae* 27: 3571- 3576. <https://doi.org/10.5194/angeo-27-3571-2009>
- Zotz G. 2016.** *Plants on Plants. The Biology of Vascular Epiphytes*. Springer. Switzerland. pp. 292.

**Desde el Herbario CICY, 16: 141-146 (11-julio-2024)**, 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/](http://www.cicy.mx/Sitios/Desde_Herbario/), [webmas@cicy.mx](mailto:webmas@cicy.mx). Editores responsables: Rodrigo Duno de Stefano, Patricia Rivera Pérez y Lilia Lorena Can Itzá. 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: 11 de julio de 2024. 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.